



Estruturas de madeira — Critérios de classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira

APRESENTAÇÃO

1) Este Projeto foi elaborado pela Comissão de Estudo de Estruturas de Madeiras (CE-002:126.010) do Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), com número de Texto-Base 002:126.010-001, nas reuniões de:

06.10.2014	03.11.2014	02.03.2015
01.06.2015	09.11.2015	07.03.2016
06.06.2016	07.11.2016	06.03.2017
05.06.2017	25.10.2018	06.11.2018
21.11.2018	08.08.2019	07.07.2020
17.08.2020		

a) não tem valor normativo.

2) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória.

3) Analista ABNT – Michelly Oliveira.



Estruturas de madeira — Critérios de classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira

Wooden structures — Criteria for visual and mechanical grading of structural wooden parts

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 17020 foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), pela Comissão de Estudo de Estruturas de Madeiras (CE-002:126.010). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 17020 é o seguinte:

Scope

This Standard establishes the criteria for visual and mechanical grading of lumber pieces of coniferous and hardwood from planted forests for structural use.

It aims to assign a strength class to each of the pieces that make up the batch of wood to be used classification by piece.

This Standard applies to wood pieces whose maximum dimensions of the cross section do not exceed the limits of 60 mm for the smallest dimension and 300 mm for the largest dimension.



Estruturas de madeira — Critérios de classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira

1 Escopo

Esta Norma estabelece os critérios para a classificação visual e mecânica de peças de madeira serrada de coníferas e folhosas de florestas plantadas, destinadas a uso estrutural.

Esta Norma atribui uma classe de resistência a cada uma das peças que compõem o lote de madeira a ser utilizada.

Esta Norma se aplica a peças de madeira cujas dimensões máximas da seção transversal não ultrapassem os limites de 60 mm para a menor dimensão e 300 mm para a maior dimensão.

2 Referência normativa

O documento a seguir é citado no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 12551, *Madeira serrada – Terminologia*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

aplainamento

operação que proporciona uma superfície lisa às faces e/ou bordas de uma peça de madeira, ao longo de todo seu comprimento

3.2

borda

cada uma das duas menores superfícies longitudinais de uma peça de madeira conforme a ABNT NBR 12551

3.3

empenamento

deformação na forma geométrica inicial da peça de madeira, devida ao desdobro, secagem ou armazenamento

3.4

esmoado

ausência de madeira, originada por qualquer motivo, na quina de uma peça de madeira serrada; quina morta



3.5

face

cada uma das duas maiores superfícies longitudinais de uma peça de madeira ou cada uma das quatro superfícies longitudinais, caso suas áreas sejam iguais ou aproximadamente iguais

3.6

fendilhado

pequena fissura superficial, longitudinal paralela à grã que surge durante a secagem da madeira, fissura superficial

3.7

fissura

qualquer separação ou descontinuidade da madeira, motivada por contração diferencial, tensões internas de secagem ou tensões de crescimento

3.8

fissura não passante

fissura longitudinal, paralela à grã, com desenvolvimento radial através dos anéis de crescimento ao longo da seção transversal, com extensão menor que a largura da peça

3.9

fissura passante

fendilhado de topo

fissura longitudinal, paralela à grã, com desenvolvimento radial através dos anéis de crescimento ao longo da seção transversal, estendendo-se de uma face à outra da peça

3.10

lenho

madeira

tecido de sustentação da árvore e de água e fotossintatos

3.11

madeira de reação

madeira formada em condições particulares de crescimento da árvore, em reação a forças que atuam no tronco, como ventos fortes, copa e galhos assimétricos, normalmente caracterizada pela presença de medula excêntrica no fuste da árvore

3.12

medula

região central do tronco da árvore, constituída de tecidos menos resistentes que o restante do lenho (ver Figura A.1)

3.13

nó

parte de um galho ou ramo inserido no lenho durante o crescimento da árvore, constituído por um tecido lenhoso, cujos caracteres diferem daqueles da madeira que o circunda

3.14

nó cariado

nó que se encontra parcialmente deteriorado por agente biológico ou mecânico



3.15

nó de gravata

conjunto de dois nós de formas alongadas e que convergem para o mesmo ponto na face da peça

3.16

nó de quina

nó que aparece na borda e na face de uma peça que contém a intersecção destas superfícies longitudinais

3.17

nó firme

nó que se mantém firmemente retido à madeira seca e não mostra nenhuma indicação de deterioração

3.18

nó solto

nó que, normalmente, não se mantém retido à madeira durante ou após a secagem

3.19

nó vazado

orifício na peça de madeira provocado pela falta do nó; orifício remanescente de um nó suprimido

3.20

racha

racha anelar

fissura com ocorrência predominante entre os anéis do crescimento

3.21

topo

superfície plana correspondente à seção transversal de uma peça de madeira conforme a ABNT NBR 12551

4 Símbolos

4.1 Letras romanas maiúsculas

A área

L comprimento ou vão

D diâmetro do nó

D1 e *D2* diâmetros de nós concorrentes em uma mesma seção transversal

U Umidade da madeira

4.2 Letras romanas minúsculas

b espessura da seção transversal da peça

h largura da seção transversal da peça

4.3 Letra grega

ρ densidade da madeira

5 Requisitos

5.1 Aspectos gerais

A atribuição de uma classe de resistência a cada uma das peças que compõem o lote de madeira a ser empregado é realizada a partir da classificação visual e mecânica das peças e da mensuração da densidade da madeira.

A classificação visual é conduzida com a inspeção visual das duas faces e das duas bordas de cada peça. É realizada por pessoa qualificada e treinada ou por equipamentos, que qualificam e quantificam os defeitos presentes em todo o comprimento da peça. Com base nos defeitos presentes e sua severidade, é atribuída uma classe visual para cada peça.

A classificação mecânica é conduzida com a avaliação do módulo de elasticidade (E_0) e densidade da madeira de cada peça. O módulo de elasticidade deve ser obtido por meio de ensaio estático de flexão ou ensaio dinâmico de comprovada acurácia e precisão, realizado com a peça em seu comprimento e seção transversal integrais. Com base nos valores de E_0 e de densidade da madeira, é atribuída uma classe mecânica para cada peça.

A classe de resistência de cada uma das peças que compõem o lote de madeira é considerada a menor das duas classes – visual e mecânica – atribuídas. Para efeitos de projeto estrutural, a cada classe de resistência são associados valores referenciais de densidade aparente e módulo de elasticidade, além de resistências características à flexão ($f_{m,k}$), à compressão paralela às fibras ($f_{c0,k}$) e ao cisalhamento ($f_{v,k}$).

5.2 Classificação visual

A classificação visual é realizada a partir da inspeção visual das duas faces e das duas bordas de cada peça com relação à presença de defeitos, desconsiderando-se aqueles com ocorrência exclusiva nos topos.

Se a classificação visual for realizada antes do aplainamento das peças de madeira, para propósitos de classificação visual, devem ser consideradas as dimensões da peça após o aplainamento. As reduções máximas na dimensão da face de peças aplainadas são as apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Redução máxima da dimensão da face com o aplainamento

Dimensão da face	Até 49 mm	De 50 mm até 150 mm	Acima de 150 mm
Redução máxima	4 mm	5 mm	6 mm

Se a madeira já classificada for posteriormente cortada em partes menores, estas partes devem ser objeto de nova classificação visual.

Para os efeitos desta Norma, os defeitos que são considerados na classificação visual de peças de madeira serrada são: presença de medula, nós, inclinação excessiva das fibras, fissuras passantes e não passantes, distorções dimensionais (encurvamento, arqueamento, encanoamento, torcimento, esmoado), ataques biológicos, danos mecânicos ou bolsas de resina.

Em função dos defeitos presentes e de suas severidades, avaliados de acordo com o especificado na Seção 6, atribui-se uma classe visual à peça serrada de madeira de florestas plantadas: Classe 1, Classe 2 ou Classe 3.

As Tabelas A.1 a A.6 apresentam os requisitos para cada uma das classes visuais de alguns grupamentos de madeiras comerciais.

5.3 Classificação mecânica

A classificação mecânica é realizada a partir da avaliação do módulo de elasticidade (E_0) e densidade aparente da madeira de cada peça.

O módulo de elasticidade deve ser obtido por meio de ensaio não destrutivo de flexão, realizado com a peça em seu comprimento e seção transversal integrais.

O ensaio de flexão estática deve ser realizado com a madeira na condição referencial de umidade de 12 %. Para ensaios realizados com a madeira em outras condições de umidade, compreendidas no intervalo entre 10 % e 20 %, admite-se a aplicação de variação de 2 % no valor da propriedade para cada 1 ponto percentual de variação da umidade.

Almejando a automação na classificação mecânica recomenda-se a obtenção do módulo de elasticidade por métodos não destrutivos vibracionais ou de propagação de ondas. O tipo e detalhamento do método vibracional ou de propagação de ondas utilizado deve ser reportado em relatório, com descrição da precisão obtida em ensaios de calibração, por meio do coeficiente de determinação de regressão entre o módulo de elasticidade do método vibracional ou de propagação de ondas (E_{din}) e o módulo de elasticidade referencial, obtido conforme Seção 7, devendo este ser superior a 0,8. Para efeitos de classificação mecânica, é utilizado o módulo de elasticidade referencial, obtido a partir do modelo de regressão

A densidade aparente da madeira é avaliada para cada peça, contabilizando-se seu comprimento total e sua seção transversal após aplainamento, na condição referencial de umidade de 12 %. É obtida pela razão entre a massa e o volume nesse teor de umidade. Para ensaios realizados com a madeira em outras condições de umidade, compreendidas no intervalo entre 10 % e 20 %, admite-se o uso de expressão teórica de correção do valor da densidade na umidade inicial de ensaio (ρ_{test}) para a condição referencial de umidade (ρ_{12}) na seguinte conformidade:

$$\rho_{12} = \rho_{test} (1 - 0,5(U - 0,12))$$

onde

ρ_{12} é a densidade da madeira a 12 % de umidade;

ρ_{test} é a densidade da madeira na umidade inicial de ensaio;

U é a umidade na condição inicial de ensaio, expressa na forma decimal, avaliada com amostra da peça, pelo método da secagem completa em estufa até constância de massa.

Alternativamente, é permitido o uso de medidor portátil de umidade, baseado na medição de resistência elétrica, desde que esteja calibrado ao método referencial da secagem completa em estufa até constância de massa.

Em função dos valores do módulo de elasticidade E_0 e da densidade aparente da madeira da peça, atribui-se uma classe mecânica à peça serrada de madeira de florestas plantadas: Classe 1, Classe 2 ou Classe 3.

As Tabelas A.1 a A.6 apresentam os requisitos para cada uma das classes mecânicas de alguns grupamentos de madeiras comerciais.

5.4 Classes de resistência

A classe de resistência de cada uma das peças que compõem o lote de madeira é considerada a menor das duas classes – visual e mecânica – atribuídas.

Para os efeitos de projeto estrutural, a cada classe de resistência – Classe 1, Classe 2 e Classe 3 – são associados valores referenciais de densidade aparente e módulo de elasticidade, além de resistências características à flexão ($f_{m,k}$), à compressão paralela às fibras ($f_{c0,k}$) e ao cisalhamento ($f_{v,k}$).

As Tabelas A.1 a A.6 apresentam as classes de resistência de alguns grupamentos de madeiras comerciais.

6 Classificação visual – Defeitos de medição

6.1 Nós

Para os efeitos desta Norma são avaliados apenas os nós firmes. A ocorrência de nós cariados, soltos ou vazados em uma peça é motivo de seu descarte para uso estrutural.

Os nós são avaliados exclusivamente nas duas faces e nas duas bordas da peça, excluindo-se o topo. É mensurado somente o nó mais crítico, aquele cujo diâmetro (D), avaliado na direção perpendicular ao eixo principal da peça ocupa a maior porcentagem da largura (h) da face da peça (ver Figura 1) ou a maior porcentagem da espessura da borda.

A ocorrência do nó é expressa em termos da relação entre o seu diâmetro (D) e a dimensão da face ou borda considerada e expressa em $\text{mm}.\text{mm}^{-1}$.

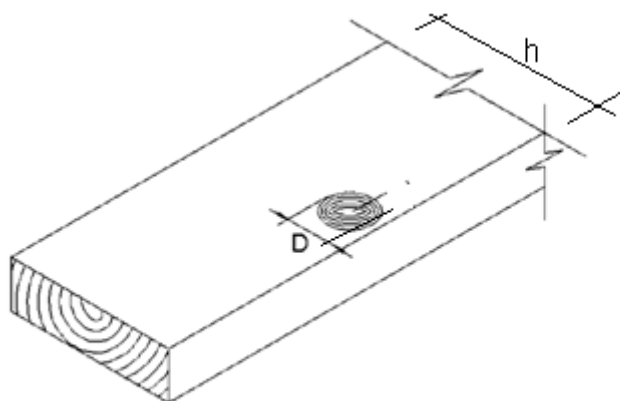


Figura 1 – Medição de um nó na face

Um conjunto de nós é medido como um nó individual. Adota-se como o diâmetro de um conjunto de nós aquele definido por limites mais extremos do conjunto (ver Figura 2).

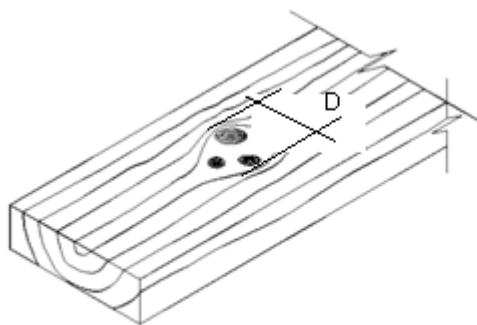


Figura 2 – Conjunto de nós

Dois ou mais nós próximos, mas com fibras inclinadas em torno de cada nó, devem ser considerados isoladamente.

Quando a ocorrência de nós próximos se der em uma mesma seção transversal, o diâmetro é obtido pela soma dos diâmetros individuais ($D = D1 + D2$) (ver Figura 3).

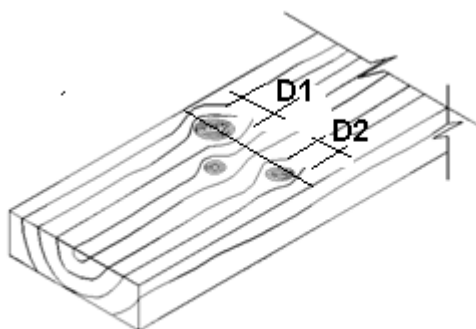


Figura 3 – Nós individuais próximos, com ocorrência de dois destes na mesma seção transversal

6.2 Inclinação das fibras

A inclinação das fibras (i) é avaliada ao longo das faces da peça, na zona que apresentar a maior inclinação, desconsiderando-se os desvios em torno dos nós. É expressa em termos de proporção (1:3; 1:6, ... ; 1:12) com base na relação apresentada na Figura 4.

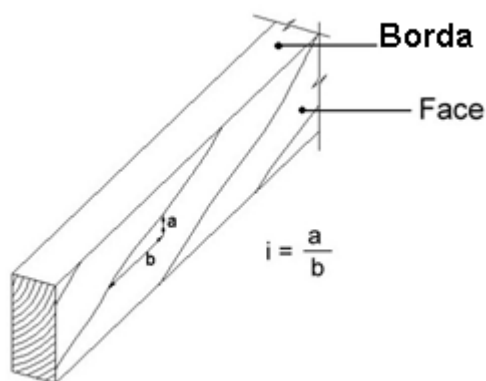


Figura 4 – Medição da inclinação das fibras da madeira na face de uma peça

6.3 Fissuras

As fissuras compreendem aquelas passantes e não passantes, os fendilhados e as rachas.

Seus comprimentos (L) são mensurados paralelamente ao comprimento da peça (ver Figura 5). Suas larguras são mensuradas ao longo da seção transversal da peça.

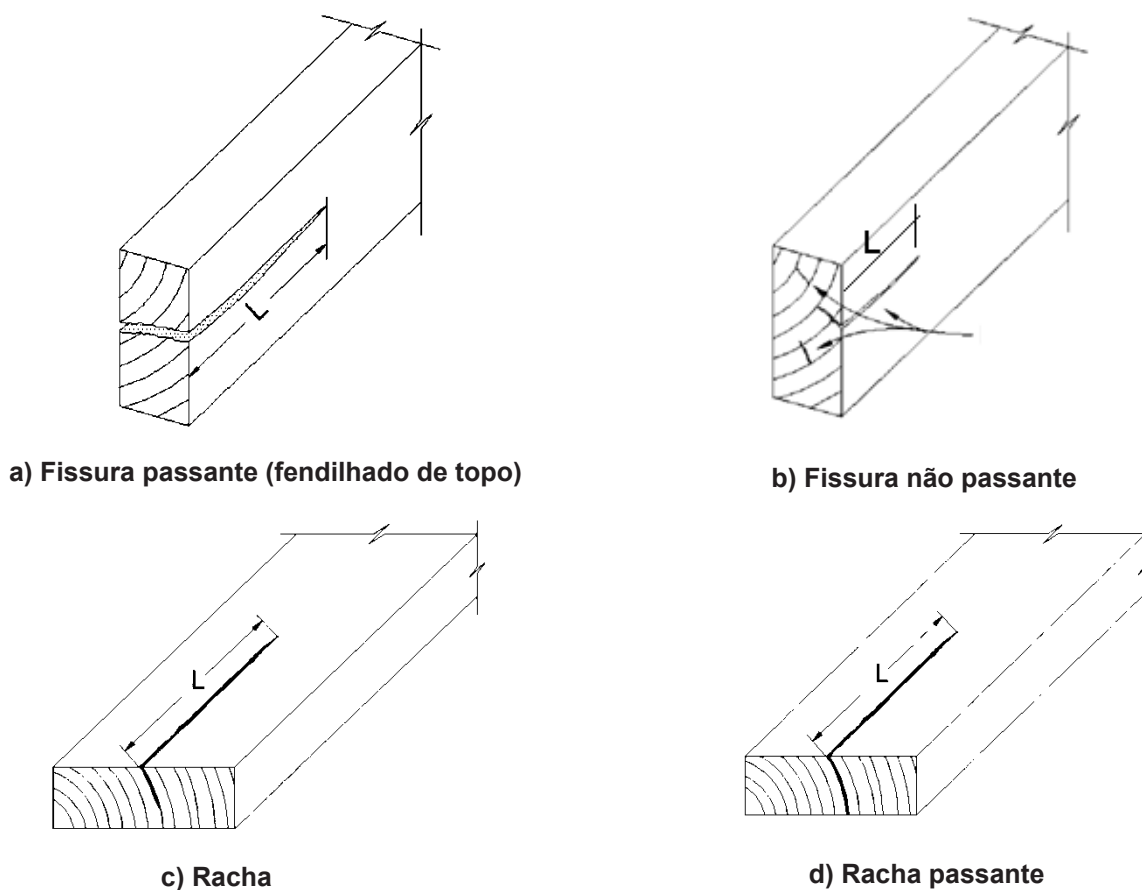


Figura 5 – Medição do comprimento de fissuras

6.4 Encurvamento

É um empenamento da peça em relação ao seu eixo de menor inércia (ver Figura 6). Deve ser medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta que une as duas extremidades da peça.

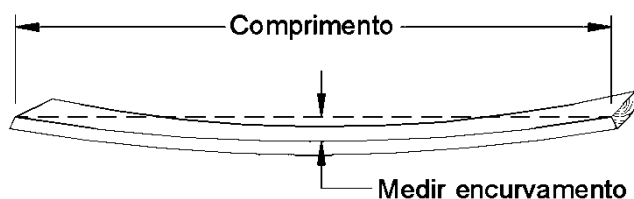


Figura 6 – Medição do encurvamento

6.5 Encanoamento

É um empenamento da peça de madeira, configurando uma face côncava e outra convexa (ver Figura 7). Deve ser medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta que une as duas bordas da peça.

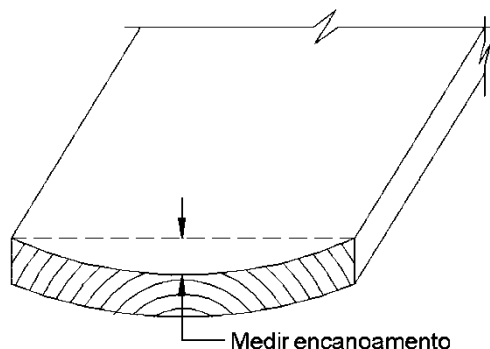


Figura 7 – Medição do encanoamento

6.6 Arqueamento

É um empenamento em relação ao eixo de maior inércia de uma peça de madeira (ver Figura 8). Deve ser medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta que une as duas extremidades da peça.

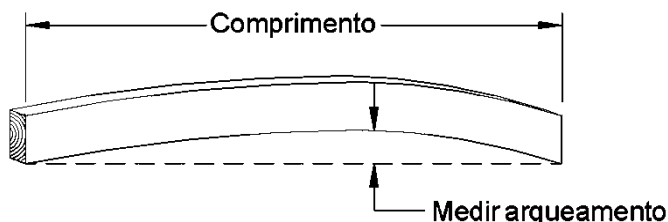


Figura 8 – Medição do arqueamento

6.7 Torcimento

É uma combinação de empenamentos em relação aos eixos de maior e de menor inércia fazendo com que a peça de madeira fique com forma espiralada (ver Figura 9).



Figura 9 – Medição do torcimento

6.8 Esmoadado

É a ausência de madeira, causada por qualquer motivo, na quina de uma peça de madeira serrada. Seu comprimento (L) é mensurado paralelamente ao comprimento da peça (ver Figura 10). Suas dimensões transversais são mensuradas ao longo da espessura e largura da seção transversal.

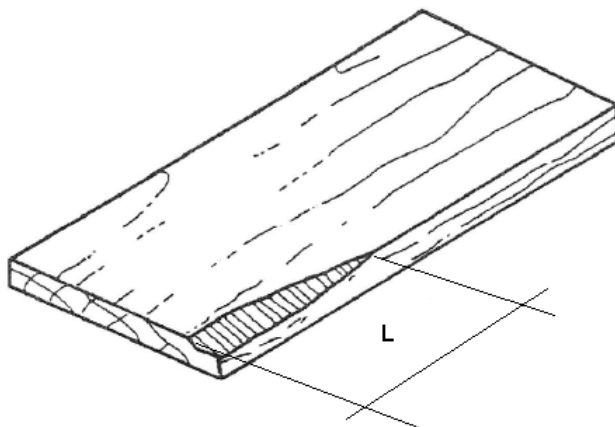


Figura 10 – Medição do comprimento do esmoado

7 Classificação mecânica

Para fins de classificação mecânica, o ensaio referencial para avaliação do módulo de elasticidade (E_0) de cada peça que compõe o lote de madeira a ser empregada é o de flexão estática a 3 pontos – força concentrada no meio do vão livre – com mensuração da flecha no meio do vão.

A peça deve ser ensaiada com seu comprimento e seção transversal integrais, na posição de menor inércia (deitada), mantendo-se um vão livre de 18 vezes a espessura nominal da seção transversal (b). Sempre que justificável, por representar uma condição mais desfavorável de desempenho estrutural, o posicionamento da peça no dispositivo de ensaio pode resultar em balanços laterais assimétricos. A borda tracionada da peça deve ser escolhida aleatoriamente (ver Figura 11).

O carregamento deve ser monotônico crescente, de forma a propiciar acréscimos de tensão nas bordas da peça de $10 \text{ MPa} \cdot \text{min}^{-1}$. O deslocamento deve ser avaliado no centro do vão livre, com medidores de deslocamento com exatidão de $0,01 \text{ mm}$.

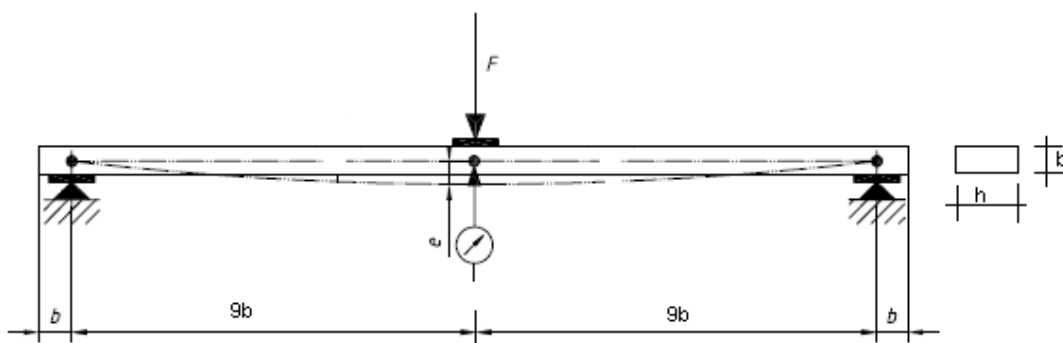


Figura 11 – Ensaio à flexão



O módulo de elasticidade à flexão (E_0) é determinado no regime elástico-linear do diagrama força × deslocamento (normalmente localizado no intervalo de 10 % a 40 % da força máxima) pela seguinte equação:

$$E_0 = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{L}{b}\right)^3 \cdot \left(\frac{\Delta F}{\Delta e}\right) \cdot \frac{1}{h}$$

onde

E_0 é o módulo de elasticidade à flexão estática, expresso em megapascals (Mpa);

b é a espessura nominal da peça, expressa em milímetros (mm);

h é a largura nominal da peça, expressa em milímetros (mm);

L é o vão de ensaio da peça, expresso em milímetros (mm);

ΔF é o incremento de carga, expresso em Newtons (N);

Δe é o incremento de deslocamento, expresso em milímetros (mm).

Anexo A (normativo)

Classes visuais, mecânicas e de resistência para grupamentos comerciais de madeiras serradas de florestas plantadas

A.1 Classes para *Pinus spp*

Nas Tabelas A.1 a A.3, os requisitos para as classificações visual e mecânica e propriedades das classes de resistência são apresentados.

Tabela A.1 – Classificações visual das classes para *Pinus spp*

Defeito	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Medula	Não se admite		
Nós na face	$\leq 1/4$	$\leq 1/3$	$\leq 1/2$
Nós na borda	$\leq 1/5$	$\leq 1/4$	$\leq 1/3$
Inclinação das fibras (mm/mm)	$\leq 1:9$	$\leq 1:6$	$\leq 1:3$
Fissuras não passantes (m)	O comprimento das fissuras não pode ser maior que 1,0 m e nem $\frac{1}{4}$ do comprimento da peça		
Fissuras passantes (m)	Somente são permitidas as fissuras passantes nos extremos e o comprimento não pode ser maior do que a largura da peça		
Encurvamento (mm)	Menor que 8 mm para cada 3 m de comprimento		
Arqueamento (mm)	Menor que 3 mm para cada 2 m de comprimento		
Torcimento (mm/m)	Menor que 5 mm para cada 1 m de comprimento		
Encanoamento (mm)	Sem restrições		
Esmoadado (mm/mm)	Transversalmente menor que $\frac{1}{4}$ da espessura ou largura da peça Sem restrições para o comprimento		
Ataques biológicos	Não se admitem zonas atacadas por fungos causadores de podridão Admitem-se zonas atacadas por fungos cromógenos Admitem-se orifícios causados por insetos com diâmetro inferior a 2 mm		
Outros	Danos mecânicos, presença de bolsa de resina e outros defeitos se limitam por analogia com alguma característica similar		

Tabela A.2 – Classificações mecânica das classes para *Pinus spp*

Propriedade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Densidade (kg/m ³)	≥ 500	≥ 400	≥ 350
E ₀ (MPa)	$\geq 11\ 000$	$\geq 8\ 000$	$\geq 5\ 000$

Tabela A.3 – Propriedades das classes para *Pinus spp*

Propriedade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Densidade ρ_{12} (kg/m ³)	500	400	350
Módulo de elasticidade médio E_{med} (MPa)	11 000	8 000	5 000
Resistência característica à flexão $f_{m,k}$ (MPa)	35	27	14
Resistência característica à compressão paralela $f_{c0,k}$ (MPa)	22	18	14
Resistência característica ao cisalhamento $f_{v,k}$ (MPa)	6	3,5	2,5
NOTA Adotar a menor das classes atribuída nas classificações visual e mecânica.			

A.2 Clone híbrido interespecífico de *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis)

As Tabelas A.4 a A.6 apresentam os requisitos para as classificações visual e mecânica e propriedades das classes de resistência.

Tabela A.4 – Classificações visual das classes para *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis)

Defeito	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Medula	Não se admite		
Nós na face	$\leq 1/5$	$\leq 1/3$	$\leq 1/2$
Nós na borda	$\leq 1/5$	$\leq 1/3$	$\leq 1/2$
Inclinação das fibras (mm/mm)	$\leq 1/12$	$\leq 1/9$	$\leq 1/6$
Fissuras não passantes (m)	O comprimento das fissuras não pode ser maior que 1,0 m e nem $\frac{1}{4}$ do comprimento da peça		
Fissuras passantes (m)	Somente se permitem as fissuras passantes nos extremos e o comprimento não pode ser maior do que a largura da peça		
Encurvamento (mm)	Menor que 8 mm para cada 3 m de comprimento		
Arqueamento	Menor que 3 mm para cada 2 m de comprimento		
Torcimento (mm/m)	Menor que 5 mm para cada 1 m de comprimento		
Encanoamento (mm)	Sem restrições		
Esmoado (mm/mm)	Transversalmente menor que $\frac{1}{4}$ da espessura ou largura da peça Sem restrições para o comprimento		
Ataques biológicos	Não se admitem zonas atacadas por fungos causadores de podridão Admitem-se zonas atacadas por fungos cromógenos Admitem-se orifícios causados por insetos com diâmetro inferior a 2 mm		
Outros	Danos mecânicos, presença de bolsa de resina e outros defeitos se limitam por analogia com alguma característica similar		



Tabela A.5 – Classificações mecânica das classes para *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis)

Propriedade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Densidade (kg/m ³)	≥ 700	≥ 600	≥ 500
E ₀ (MPa)	≥ 14 000	≥ 13 000	≥ 11 000

Tabela A.6 – Propriedades das classes para *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis)

Propriedade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Densidade ρ_{12} (kg/m ³)	700	600	500
Módulo de elasticidade médio E _{med} (MPa)	14 000	13 000	11 000
Resistência característica à flexão f _{m,k} (MPa)	50	40	30
Resistência característica à compressão paralela f _{c0,k}	35	30	25
Resistência característica ao cisalhamento f _{v,k} (MPa)	4	4	4

NOTA Adotar a menor das classes atribuída nas classificações visual e mecânica.



Bibliografia

- [1] ABNT NBR 7190, *Projeto de estruturas de madeira*