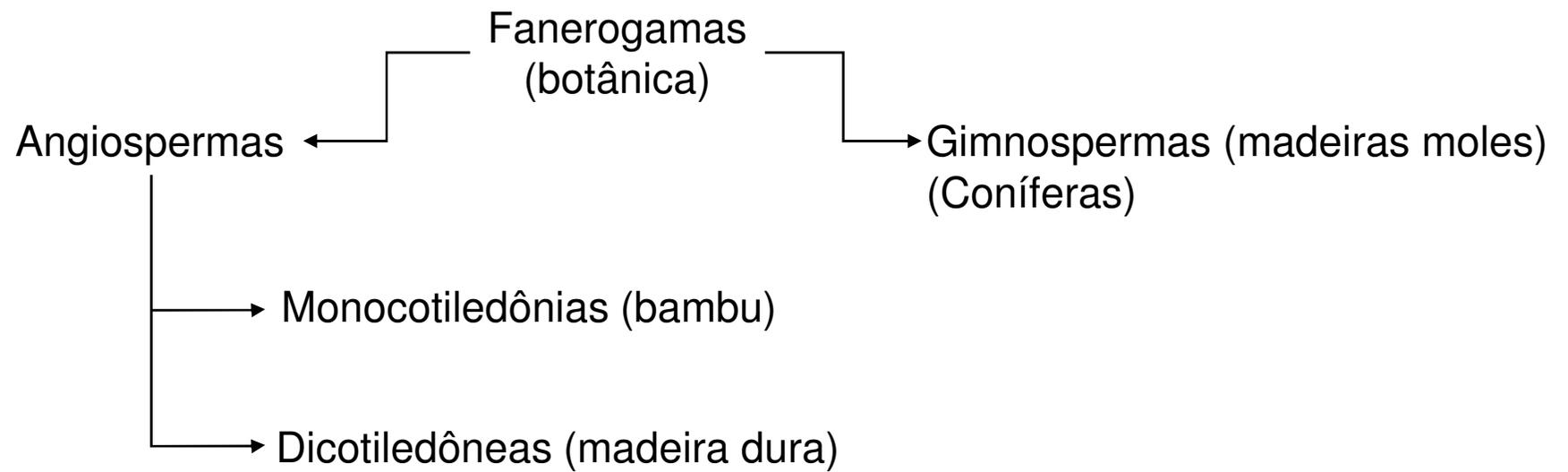


# ESTRUTURAS EM MADEIRA

## 02 – Propriedades

## Classificação das árvores:

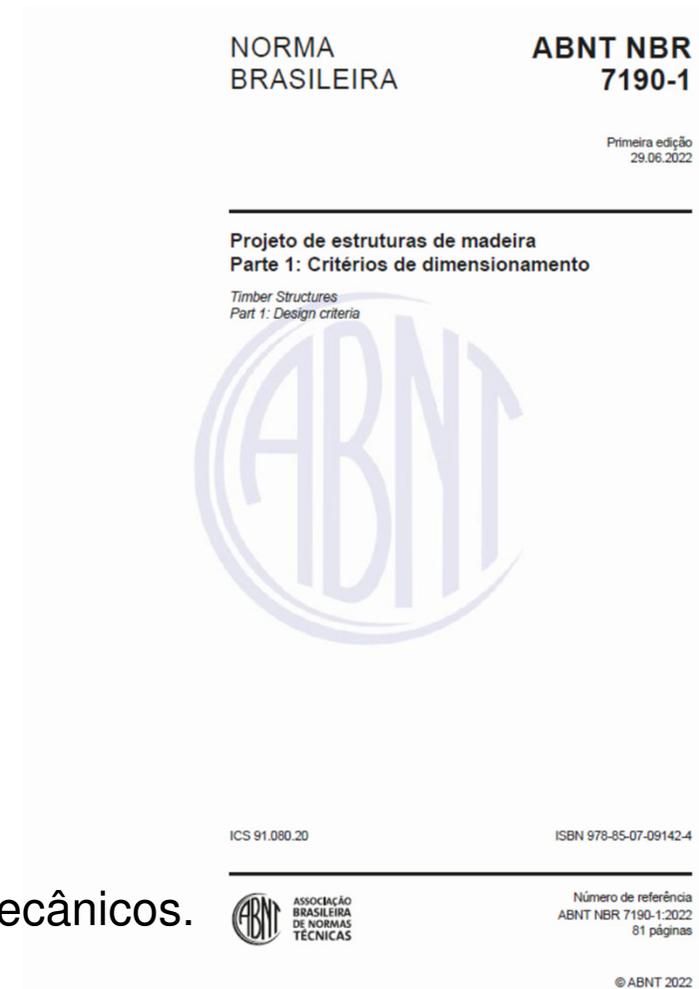


## **ABNT NBR 7190-1:2022- Projeto de estruturas de madeira** **Parte 1: Critérios de dimensionamento**

Estabelece os requisitos gerais de projeto e execução de estruturas de madeira, com ligações pregadas, parafusadas ou executadas com chapas de dentes estampados.

Abrange os princípios e requisitos do método dos estados-limite incluindo a durabilidade e a situação de incêndio, e apresenta critérios de cálculo para o dimensionamento e a verificação de elementos estruturais de madeira para a segurança estrutural.

Se aplica para estruturas de madeira sólida (serrada ou roliça), madeira lamelada colada, painéis estruturais de madeira e produtos estruturais à base de madeira, com elementos estruturais unidos por adesivos ou conectores mecânicos.



**ABNT NBR 7190-2, Estruturas de madeira – Parte 2:** Métodos de ensaio para classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira.

**ABNT NBR 7190-3, Estruturas de madeira – Parte 3:** Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos paramadeiras de florestas nativas.

**ABNT NBR 7190-4, Estruturas de madeira – Parte 4:** Métodos de ensaio para caracterização de peças estruturais.

**ABNT NBR 7190-5, Estruturas de madeira – Parte 5:** Métodos de ensaio para determinação da resistência e da rigidez de ligações com conectores mecânicos.

**ABNT NBR 7190-6, Estruturas de madeira – Parte 6:** Métodos de ensaio para caracterização de madeira lamelada colada estrutural.

**ABNT NBR 7190-7, Estruturas de madeira – Parte 7:** Métodos de ensaio para caracterização de madeira lamelada colada cruzada estrutural.



## **(5) Propriedades da madeira**

### **(5.2) Densidade básica e densidade aparente**

A densidade básica da madeira é a massa específica convencional obtida pelo quociente da massa seca pelo volume saturado.

A densidade aparente da madeira é a massa específica obtida pelo quociente da massa pelo volume, ambos à mesma umidade.

### **(5.3) Resistência**

É a aptidão de a matéria suportar tensões, e é determinada, convencionalmente, pela máxima tensão que pode ser aplicada a corpos de prova ou elementos estruturais, até o aparecimento de ruptura ou de deformação específica excessiva.



## **(5.4) Rigidez**

É medida pelo valor médio do módulo de elasticidade, determinado na fase de comportamento elástico-linear. O módulo médio de elasticidade na direção paralela às fibras é obtido no ensaio de flexão ( $E_m$  no caso de ensaios em peças estruturais) ou;

No ensaio de compressão paralela às fibras ( $E_{c0,med}$  no caso de ensaios em corpos de prova isentos de defeitos);

O módulo médio de elasticidade  $E_{c90,med}$  na direção perpendicular às fibras é obtido no ensaio de compressão perpendicular às fibras. Na falta de determinação experimental específica:

$$E_{c90,med} = \frac{E_m \text{ ou } E_{c0,med}}{20}$$



## 5.5 Umidade

O projeto das estruturas de madeira deve ser feito admitindo-se uma das classes de umidade especificadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de umidade

Classes de umidade	Umidade relativa do ambiente $U_{amb}$	Umidade de equilíbrio máxima da madeira $U_{eq}$
1	$U_{amb} \leq 65 \%$	12 %
2	$65 \% < U_{amb} \leq 75 \%$	15 %
3	$75 \% < U_{amb} \leq 85 \%$	18 %
4	$U_{amb} > 85 \%$ durante longos períodos	$\geq 25 \%$



## **(5.7) Caracterização das propriedades das madeiras**

As propriedades de resistência e rigidez da madeira são, no geral, atribuídas a lotes considerados homogêneos (classificação por lote).

Para lotes homogêneos de **madeiras de florestas plantadas** deve ser extraída amostra constituída de peças estruturais, que devem ser ensaiadas conforme ABNT NBR 7190-4. A classe de resistência do lote, que define os valores das propriedades de resistência e rigidez da madeira, é atribuída a partir da **resistência característica à flexão** ( $f_{m,k}$ ) da amostra representativa. A **Tabela 3** apresenta valores referenciais de resistência.

Para lotes homogêneos de **madeira de florestas nativas** permite-se que a amostra seja constituída de corpos de prova isentos de defeitos, que devem ser ensaiados conforme ABNT NBR 7190-3. A classe de resistência do lote, que define os valores das propriedades de resistência e rigidez da madeira, é atribuída a partir da **resistência característica à compressão** paralela ( $f_{c0,k}$ ) da amostra representativa, conforme a **Tabela 2**.



### **(5.7.1) Classes de resistência**

As classes de resistência das madeiras têm por objetivo a utilização de madeiras com propriedades padronizadas.

**Tabela 2 – Classes de resistência de espécies de florestas nativas definidas em ensaios de corpos de prova isentos de defeitos**

<b>Classes</b>	<b><math>f_{c0k}</math> MPa</b>	<b><math>f_{v0,k}</math> MPa</b>	<b><math>E_{c0,med}</math> MPa</b>	<b>Densidade a 12 % kg/m<sup>3</sup></b>
D20	20	4	10 000	500
D30	30	5	12 000	625
D40	40	6	14 500	750
D50	50	7	16 500	850
D60	60	8	19 500	1 000

NOTA 1 Os valores desta Tabela foram obtidos de acordo com a ABNT NBR 7190-3.  
NOTA 2 Valores referentes ao teor de umidade igual a 12 %.  
NOTA 3 Os valores das classes de resistência para espécies nativas estão disponíveis na ABNT NBR 7190-3:2022, Tabela A.1.



## (5.7.1) Classes de resistência

**Tabela 3 – Classes de resistência definidas em ensaios de peças estruturais**

		Coníferas												Folhosas							
Símbolo		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Propriedades de resistência MPa																					
Flexão	$f_{b,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tração paralela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tração perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compressão paralela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compressão perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	11	13,5
Cisalhamento	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0



## (5.7.1) Classes de resistência

Propriedades de rigidez GPa																					
Módulo de elasticidade a 0° médio	$E_{0,m}$	7	8	9	9,5	10	11	12	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
Módulo de elasticidade a 0° característico	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10	11	8	8,5	9,2	10	11	12	14	16,8
Módulo de elasticidade a 90° médio	$E_{90,m}$	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,1	1,33
Módulo de elasticidade transversal médio	$G_m$	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1	1,25
Densidade kg/m <sup>3</sup>																					
Densidade característica	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	560	620	700	900
Densidade média	$\rho_m$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080
Nota 1	Valores obtidos conforme a ABNT NBR 7190-4.																				
Nota 2	Valores referentes ao teor de umidade igual a 12 %																				



## Valores médios NBR 7190:1997

Tabela E.1 - Valores médios de madeiras dicotiledôneas nativas e de florestamento

Nome comum (dicotiledôneas)	Nome científico	$\rho_{ap}^{(12\%)}$ <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	$f_{c0}^{(2)}$ MPa	$f_{t0}^{(3)}$ MPa	$f_{t90}^{(4)}$ MPa	$f_v^{(5)}$ MPa	$E_{c0}^{(6)}$ MPa	<sup>7)</sup> n
Angelim araroba	<i>Vataireopsis araroba</i>	688	50,5	69,2	3,1	7,1	12 876	15
Angelim ferro	<i>Hymenolobium spp</i>	1 170	79,5	117,8	3,7	11,8	20 827	20
Angelim pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	694	59,8	75,5	3,5	8,8	12 912	39
Angelim pedra verdadeiro	<i>Dinizia excelsa</i>	1 170	76,7	104,9	4,8	11,3	16 694	12
Branquilho	<i>Terminalia spp</i>	803	48,1	87,9	3,2	9,8	13 481	10
Cafearana	<i>Andira spp</i>	677	59,1	79,7	3,0	5,9	14 098	11
Canafístula	<i>Cassia ferruginea</i>	871	52,0	84,9	6,2	11,1	14 613	12
Casca grossa	<i>Vochysia spp</i>	801	56,0	120,2	4,1	8,2	16 224	31
Castelo	<i>Gossypiospermum praecox</i>	759	54,8	99,5	7,5	12,8	11 105	12
Cedro amargo	<i>Cedrella odorata</i>	504	39,0	58,1	3,0	6,1	9 839	21
Cedro doce	<i>Cedrella spp</i>	500	31,5	71,4	3,0	5,6	8 058	10
Champagne	<i>Dipterys odorata</i>	1 090	93,2	133,5	2,9	10,7	23 002	12
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	838	54,4	62,1	3,3	10,4	13 627	33
Catiúba	<i>Qualea paraensis</i>	1 221	83,8	86,2	3,3	11,1	19 426	13
<i>E. Alba</i>	<i>Eucalyptus alba</i>	705	47,3	69,4	4,6	9,5	13 409	24
<i>E. Camaldulensis</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	899	48,0	78,1	4,6	9,0	13 286	18
<i>E. Citriodora</i>	<i>Eucalyptus citriodora</i>	999	62,0	123,6	3,9	10,7	18 421	68

## Valores médios NBR 7190:1997

<i>E. Cloeziana</i>	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	822	51,8	90,8	4,0	10,5	13 963	21
<i>E. Dunnii</i>	<i>Eucalyptus dunnii</i>	690	48,9	139,2	6,9	9,8	18 029	15
<i>E. Grandis</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	640	40,3	70,2	2,6	7,0	12 813	103
<i>E. Maculata</i>	<i>Eucalyptus maculata</i>	931	63,5	115,6	4,1	10,6	18 099	53
<i>E. Maidene</i>	<i>Eucalyptus maidene</i>	924	48,3	83,7	4,8	10,3	14 431	10
<i>E. Microcorys</i>	<i>Eucalyptus microcorys</i>	929	54,9	118,6	4,5	10,3	16 782	31
<i>E. Paniculata</i>	<i>Eucalyptus paniculata</i>	1 087	72,7	147,4	4,7	12,4	19 881	29
<i>E. Propinqua</i>	<i>Eucalyptus propinqua</i>	952	51,6	89,1	4,7	9,7	15 561	63
<i>E. Punctata</i>	<i>Eucalyptus punctata</i>	948	78,5	125,6	6,0	12,9	19 360	70

1)  $\rho_{ap(12\%)}$  é a massa específica aparente a 12% de umidade.

2)  $f_{c0}$  é a resistência à compressão paralela às fibras.

3)  $f_{t0}$  é a resistência à tração paralela às fibras.

4)  $f_{t90}$  é a resistência à tração normal às fibras.

5)  $f_v$  é a resistência ao cisalhamento.

6)  $E_{c0}$  é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.

7)  $n$  é o número de corpos-de-prova ensaiados.

### NOTAS

1 As propriedades de resistência e rigidez apresentadas neste anexo foram determinadas pelos ensaios realizados no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeiras (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo.

2 Coeficiente de variação para resistências a solicitações normais:  $\delta = 18\%$ .

3 Coeficiente de variação para resistências a solicitações tangenciais:  $\delta = 28\%$ .



## Valores médios NBR 7190:1997

Nome comum (dicotiledôneas)	Nome científico	$\rho_{ap}^{(12\%)}$ <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	$f_{c0}$ <sup>2)</sup> MPa	$f_{t0}$ <sup>3)</sup> MPa	$f_{t90}$ <sup>4)</sup> MPa	$f_v$ <sup>5)</sup> MPa	$E_{c0}$ <sup>6)</sup> MPa	<sup>7)</sup> n
<i>E. Saligna</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>	731	46,8	95,5	4,0	8,2	14 933	67
<i>E. Tereticornis</i>	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	899	57,7	115,9	4,6	9,7	17 198	29
<i>E. Triantha</i>	<i>Eucalyptus triantha</i>	755	53,9	100,9	2,7	9,2	14 617	08
<i>E. Umbra</i>	<i>Eucalyptus umbra</i>	889	42,7	90,4	3,0	9,4	14 577	08
<i>E. Urophylla</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	739	46,0	85,1	4,1	8,3	13 166	86
Garapa Roraima	<i>Apuleia leiocarpa</i>	892	78,4	108,0	6,9	11,9	18 359	12
Guaíçara	<i>Luetzelburgia spp</i>	825	71,4	115,6	4,2	12,5	14 624	11
Guaruaia	<i>Peltophorum vogelianum</i>	919	62,4	70,9	5,5	15,5	17 212	13
Ipê	<i>Tabebuia serratifolia</i>	1 068	76,0	96,8	3,1	13,1	18 011	22
Jatobá	<i>Hymenaea spp</i>	1 074	93,3	157,5	3,2	15,7	23 607	20
Louro preto	<i>Ocotea spp</i>	684	56,5	111,9	3,3	9,0	14 185	24
Maçaranduba	<i>Manilkara spp</i>	1 143	82,9	138,5	5,4	14,9	22 733	12
Mandioqueira	<i>Qualea spp</i>	856	71,4	89,1	2,7	10,6	18 971	16
Oiticica amarela	<i>Clarisia racemosa</i>	756	69,9	82,5	3,9	10,6	14 719	12
Quarubarana	<i>Erisma uncinatum</i>	544	37,8	58,1	2,6	5,8	9 067	11
Sucupira	<i>Diploptropis spp</i>	1 106	95,2	123,4	3,4	11,8	21 724	12
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>	940	79,5	78,8	3,9	12,2	19 583	10

## Valores médios NBR 7190:1997

Tabela E.3 - Valores médios de madeiras coníferas nativas e de florestamento

Nome comum (coníferas)	Nome científico	$\rho_{ap(12\%)}^{1)}$ kg/m <sup>3</sup>	$f_{c0}^{2)}$ MPa	$f_{t0}^{3)}$ MPa	$f_{t90}^{4)}$ MPa	$f_v^{5)}$ MPa	$E_{c0}^{6)}$ MPa	$n^{7)}$ n
Pinho do Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i>	580	40,9	93,1	1,6	8,8	15 225	15
<i>Pinus caribea</i>	<i>Pinus caribea var. caribea</i>	579	35,4	64,8	3,2	7,8	8 431	28
<i>Pinus bahamensis</i>	<i>Pinus caribea var. bahamensis</i>	537	32,6	52,7	2,4	6,8	7 110	32
<i>Pinus hondurensis</i>	<i>Pinus caribea var. hondurensis</i>	535	42,3	50,3	2,6	7,8	9 868	99
<i>Pinus elliottii</i>	<i>Pinus elliottii var. elliottii</i>	560	40,4	66,0	2,5	7,4	11 889	21
<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Pinus oocarpa shiede</i>	538	43,6	60,9	2,5	8,0	10 904	71
<i>Pinus taeda</i>	<i>Pinus taeda L.</i>	645	44,4	82,8	2,8	7,7	13 304	15

<sup>1)</sup>  $\rho_{ap(12\%)}$  é a massa específica aparente a 12% de umidade.

<sup>2)</sup>  $f_{c0}$  é a resistência à compressão paralela às fibras.

<sup>3)</sup>  $f_{t0}$  é a resistência à tração paralela às fibras.

<sup>4)</sup>  $f_{t90}$  é a resistência à tração normal às fibras.

<sup>5)</sup>  $f_v$  é a resistência ao cisalhamento.

<sup>6)</sup>  $E_{c0}$  é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.

<sup>7)</sup>  $n$  é o número de corpos-de-prova ensaiados.

### NOTAS

1 Coeficiente de variação para resistências a solicitações normais  $\delta = 18\%$ .

2 Coeficiente de variação para resistências a solicitações tangenciais  $\delta = 28\%$ .



## Classes de resistência de algumas espécies de madeiras

Fonte: Notas de Aula de Estruturas de Madeira - Francisco A. R. Gesualdo – FECIV - UFU

Espécie	$f_{c0}$ (MPa)	$0.7 f_{c0}$ (MPa)	Classe $f_{c0,k}$ (MPa)
Eucalipto Grandis	40,30	28,21	20
Cedro Doce	31,50	22,05	20
Cedro Amargo	39,00	27,30	20
Eucalipto Umbra	42,70	29,89	20
Angico Vermelho	41,80	29,26	20
Peroba Rosa	42,50	29,75	20
Quarubarana	37,80	26,46	20
Eucalipto Camaldulensis	48,00	33,60	30
Eucalipto Dunnii	48,90	34,23	30
Eucalipto Cloeziana	51,80	36,26	30
Eucalipto Maidene	48,30	33,81	30
Eucalipto Triantha	53,90	37,73	30
Eucalipto Urophylla	46,00	32,20	30
Louro Preto	56,50	39,55	30
Eucalipto Microcorys	54,90	38,43	30
Eucalipto Propinqua	51,60	36,12	30
Eucalipto Saligna	46,80	32,76	30

Casca Grossa	56,00	39,20	30
Castelo	54,80	38,36	30
Canafístula	52,00	36,40	30
Angelim Araroba	50,50	35,35	30
Branquilha	48,10	33,67	30
Cupiúba	54,40	38,00	30
Eucalipto Alba	47,30	33,11	30
Guaruaia	62,40	43,00	40
Ipê	76,00	53,20	40
Garapa Roraima	78,40	54,88	40
Guaíçara	71,40	49,00	40
Angelim Ferro	79,50	55,65	40
Oiticica Amarela	69,90	48,93	40
Tatajuba	79,50	55,65	40
Maçaranduba	82,90	58,03	40
Mandioqueira	71,00	49,98	40
Eucalipto Punctata	78,50	54,95	40
Cafearana	59,10	41,37	40

## Classes de resistência de algumas espécies de madeiras

Fonte: Notas de Aula de Estruturas de Madeira - Francisco A. R. Gesualdo – FECIV - UFU

Catiúba	83,80	58,66	40
Eucalipto Maculata	63,50	44,45	40
Eucalipto Paniculata	72,70	50,89	40
Angelim Pedra Verdadeiro	76,70	53,69	40
Angelim Pedra	59,80	41,86	40
Eucalipto Citriodora	62,00	43,40	40
Eucalipto Tereticornis	57,70	40,39	40
Jatobá	93,30	65,31	60
Sucupira	95,20	66,64	60
Champagne	93,20	65,24	60

Espécie	$f_{c0}$ (MPa)	$0.7 f_{c0}$ (MPa)	Classe $f_{c0,k}$ (MPa)
Pinus bahamensis	32,60	22,82	20
Pinus caribea	35,40	24,78	20
Pinus elliotii	40,40	28,28	25
Pinho do Paraná	40,90	28,63	25
Pinus hondurensis	42,30	29,61	25
Pinus oocarpa	43,60	30,52	30
Pinus taeda	44,40	31,08	30



## **(5.8) Valores representativos**

### **5.8.1 Valores médios**

O valor médio  $X_{\text{med}}$  de uma propriedade da madeira é determinado pela média aritmética dos valores correspondentes a amostragem dos elementos que compõem o lote de material considerado.

### **5.8.2 Valores característicos**

O valor característico inferior  $X_{k,\text{inf}}$ , menor que o valor médio, é o valor que tem apenas 5 % de probabilidade de não ser atingido em um dado lote de material.

O valor característico superior,  $X_{k,\text{sup}}$ , maior que o valor médio, é o valor que tem apenas 5 % de probabilidade de ser ultrapassado em um dado lote de material.

De modo geral entende-se que  $X_k$  seja  $X_{k,\text{inf}}$ .



### **(5.8.3) Valores de cálculo**

O valor de cálculo  $X_d$  de uma propriedade da madeira é obtido a partir do valor característico  $X_k$ , pela seguinte equação:

$$X_d = K_{mod} \frac{X_k}{\gamma_w}$$

### **(5.8.4) Coeficientes de modificação**

Os coeficientes de modificação  $k_{mod}$  alteram os valores característicos das propriedades de resistência da madeira em função da classe de carregamento da estrutura e da classe de umidade admitida.

$$K_{mod} = K_{mod,1} \cdot K_{mod,2}$$



**Tabela 4 – Definição de classes de carregamento e valores de  $k_{mod1}$**

Classes de carregamento	Ação variável principal da combinação		Tipos de madeira	
	Duração acumulada	Ordem de grandeza da duração acumulada da ação característica	Madeira serrada Madeira roliça Madeira lamelada colada (MLC) Madeira lamelada colada cruzada (MLCC) Madeira laminada colada (LVL)	Madeira recomposta
Permanente	Permanente	Mais de dez anos	0,60	0,30
Longa duração	Longa duração	Seis meses a dez anos	0,70	0,45
Média duração	Média duração	Uma semana a seis meses	0,80	0,65
Curta duração	Curta duração	Menos de uma semana	0,90	0,90
Instantânea	Instantânea	Muito curta	1,10	1,10



**Tabela 5 – Valores de  $k_{mod2}$**

Classes de umidade	Madeira serrada Madeira roliça Madeira lamelada colada (MLC) Madeira lamelada colada cruzada (MLCC) Madeira laminada colada (LVL)	Madeira recomposta
(1)	1,00	1,00
(2)	0,90	0,95
(3)	0,80	0,93
(4)	0,70 <sup>a</sup>	0,90
<sup>a</sup> Não é permitido o uso do MLCC para classe de umidade (4).		

**(5.8.5) Coeficientes de minoração da resistência para estados-limites último**

Tensões normais:  $\gamma_w = 1,4$ .

Tensões de cisalhamento:  $\gamma_w = 1,8$ .

**(5.8.6) Coeficientes de minoração da resistência para estados-limites de serviço**

$\gamma_w = 1,0$ .

### **(5.8.7) Estimativa da resistência característica e módulo de elasticidade**

Nas verificações de ELU referentes à estabilidade de peças comprimidas e flexocomprimidas, deve ser utilizado o valor característico para o módulo de elasticidade ( $E_{0,05}$ ). No caso do uso da Tabela 2:

$$E_{0,05} = 0,7 \cdot E_{c0,med}$$

Nas verificações de estados-limite últimos, referentes à estabilidade lateral de vigas, deve ser considerado o valor efetivo para o módulo de elasticidade ( $E_{ef}$ ).

$$E_{0,ef} = K_{mod,1} \cdot K_{mod,2} \cdot E_{0,med}$$

Nas verificações de estados-limite de serviço, deve ser considerado o valor médio do módulo de elasticidade ( $E_{0,med}$ ).



## **(9.2) Dimensões mínimas**

### **(9.2.1) Dimensões mínimas das seções transversais**

Nas peças principais isoladas, como vigas e barras longitudinais de treliças, a área mínima das seções transversais é de  $50 \text{ cm}^2$  e a espessura mínima de 5 cm.

Nas peças secundárias, esses limites se reduzem respectivamente a  $18 \text{ cm}^2$  e 2,5 cm.

Nas peças principais múltiplas, a área mínima da seção transversal de cada elemento componente será de  $35 \text{ cm}^2$  e a espessura mínima de 2,5 cm.

Nas peças secundárias múltiplas, esses limites são reduzidos respectivamente a  $18 \text{ cm}^2$  e 1,8 cm.

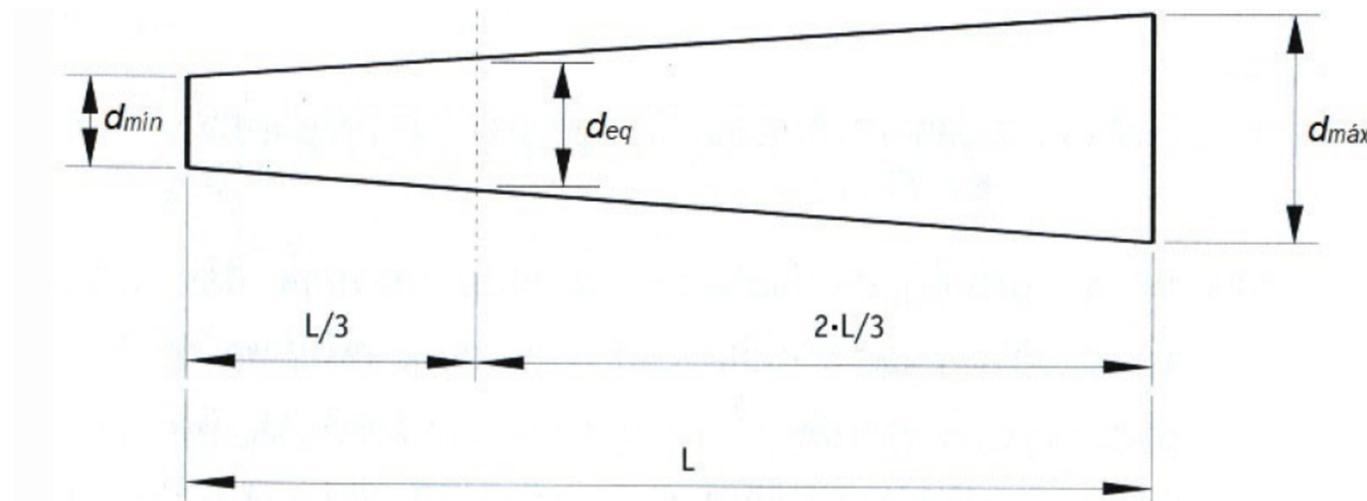


### **(6.2.7) Peças de seção circular**

As peças de seção circular variável (peças roliças) podem ser calculadas como se fossem de seção circular constante representada pelo diâmetro equivalente ( $d_{eq}$ ), considerado igual ao da seção situada a  $1/3$  do comprimento da extremidade mais delgada.

$$d_{eq} \leq 1,5 \cdot d_{mín}$$

$$d_{eq} = d_{mín} + \frac{d_{máx} - d_{mín}}{3}$$





EDUCAÇÃO  
PÚBLICA  
**100%**  
GRATUITA

# MUITO OBRIGADO

Prof. Rodrigo Bordignon  
Engenheiro Civil, Dr.

[www.ifsul.edu.br](http://www.ifsul.edu.br)  
[rodrigobordignon@ifsul.edu.br](mailto:rodrigobordignon@ifsul.edu.br)