



# Universidade de São Paulo

## Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

# madeira

*Prof. Juliano Fiorelli*  
*Prof. Holmer Savastano Jr.*



# MADEIRA, O MAIS VERSÁTIL MATERIAL CONSTRUTIVO

## CONSUMO DE ENERGIA

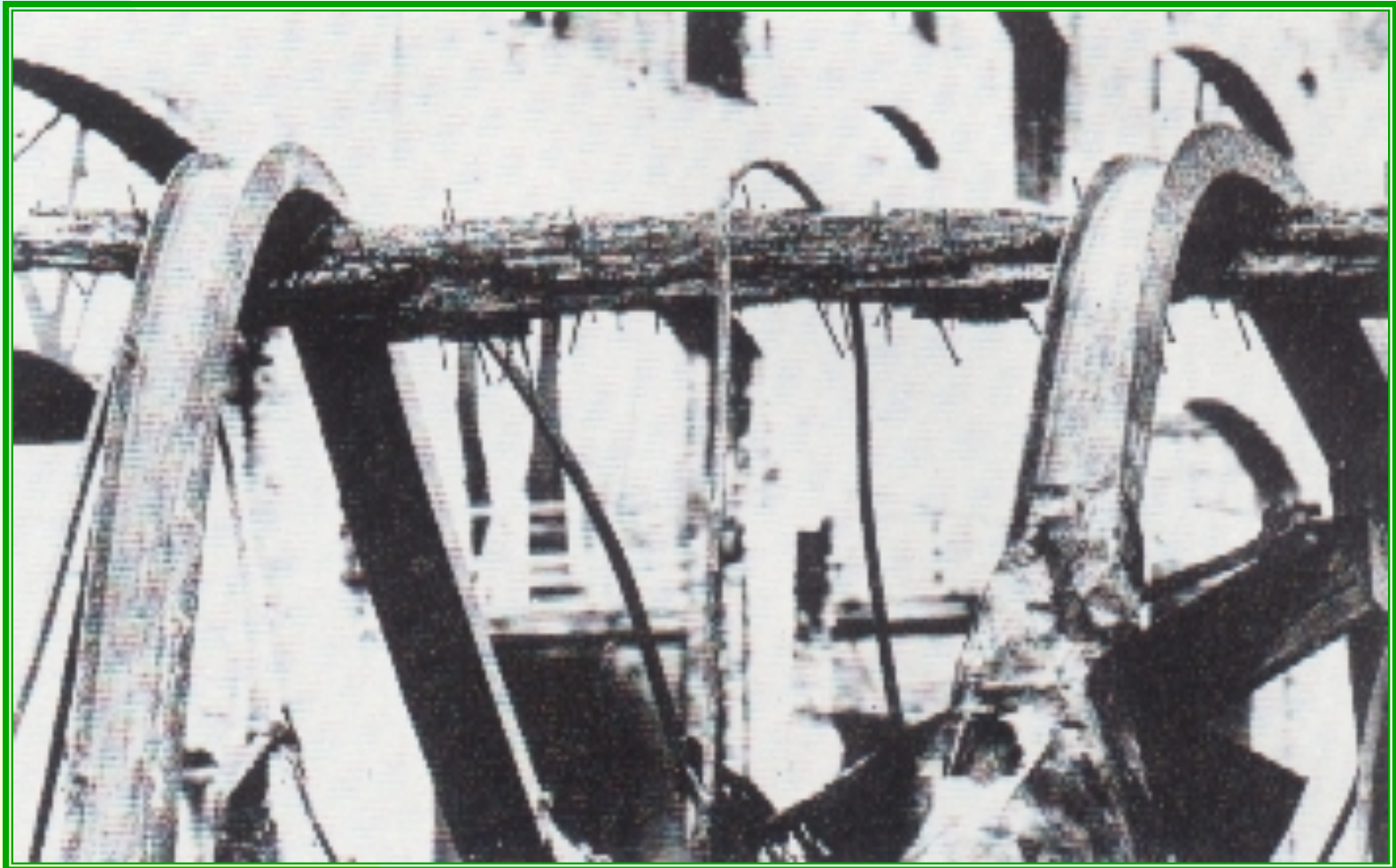
<i>Para produzir 1t de:</i>	<i>Consome (KgEC)</i>
Alumínio	4200,0
Plástico	1800,0
Aço	1000,0
Cimento	260,0
Bloco de Cimento	26,0
Concreto Simples	26,0
Madeira	0,8

KgEC: Kilos equivalentes de carvão  
Fonte: Lenec

# MADEIRA, O MAIS VERSÁTIL MATERIAL CONSTRUTIVO

## RESISTÊNCIA AO FOGO

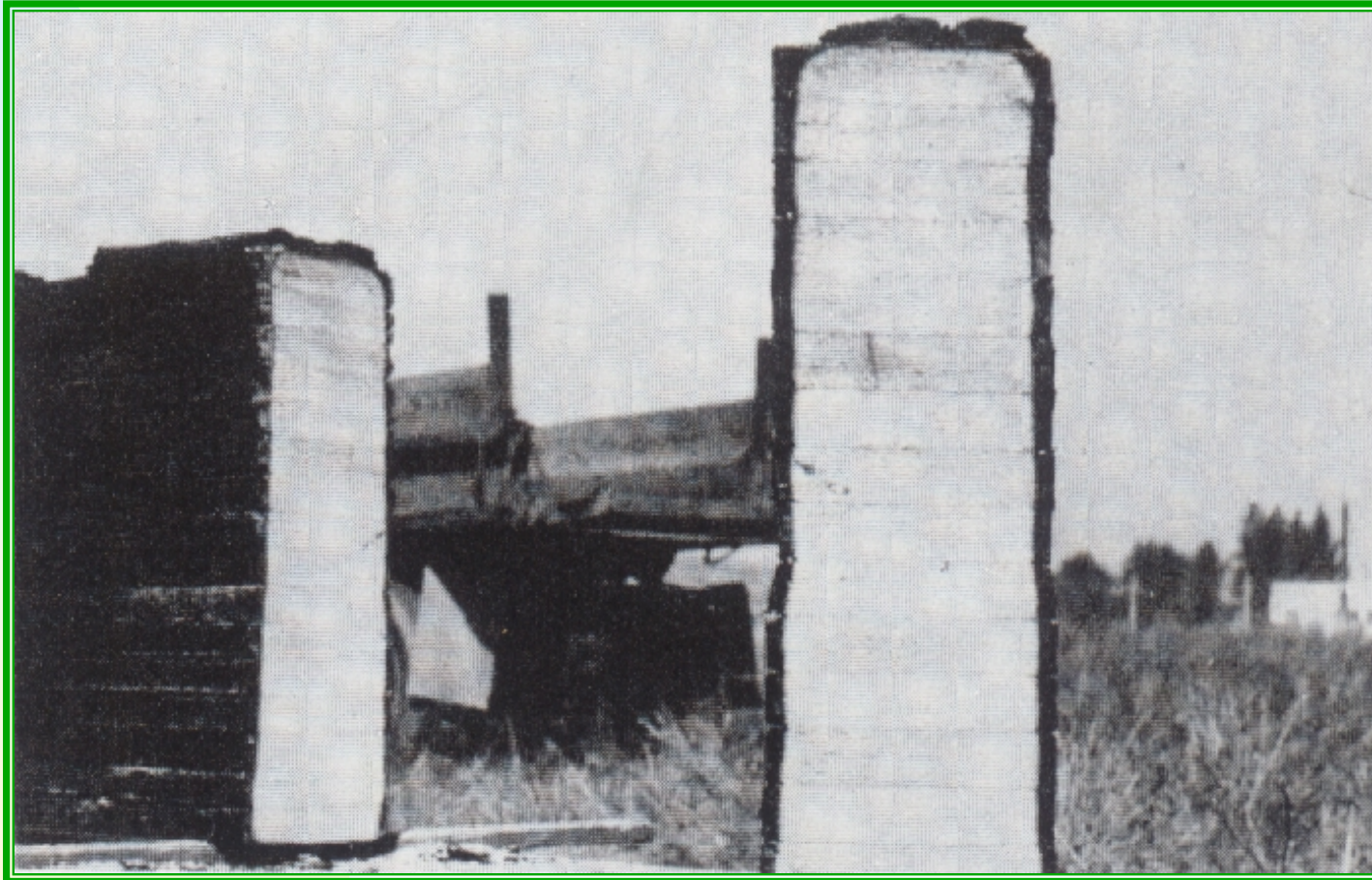
FONTE: THE WOOD BOOK



# MADEIRA, O MAIS VERSÁTIL MATERIAL CONSTRUTIVO

## RESISTÊNCIA AO FOGO

FONTE: THE WOOD BOOK



APÓS 90min DE EXPOSIÇÃO AO FOGO 75% DA SECÃO PERMANECEU INTACTA



# CONHECENDO A MADEIRA POR DENTRO

# CONHECENDO A MADEIRA POR DENTRO

## Composição Química das Madeiras

- 60% celulose
- 25% lignina
- 15% outros: óleos, resina, amidos, taninos, açúcares

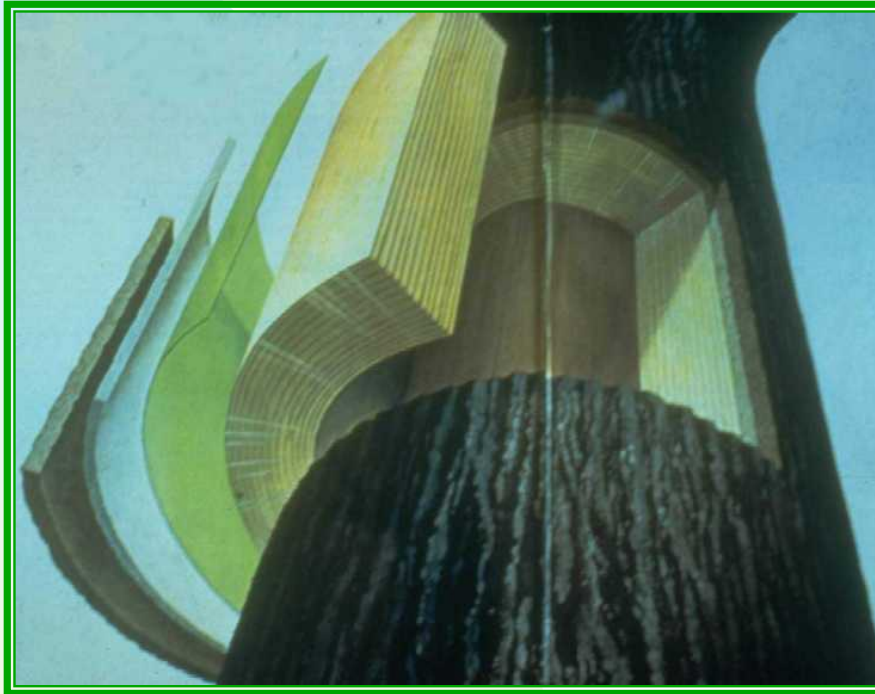
→ **CELULOSE** - Carboidrato complexo  
(  $C_6H_{10}O_5$  ) n

Base estrutural das paredes  
celulares

→ **LIGNINA** - Resina natural que  
reveste as células



# CONHECENDO A MADEIRA POR DENTRO – Macroestrutura



## ANATOMÍA DEL TRONCO

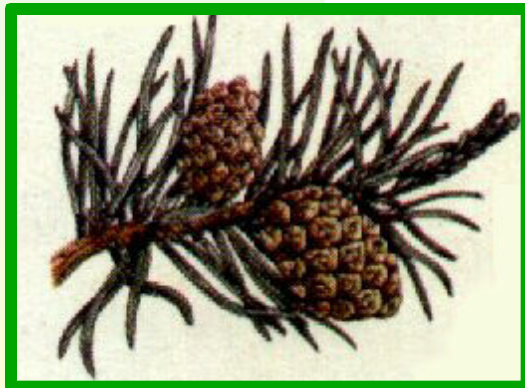
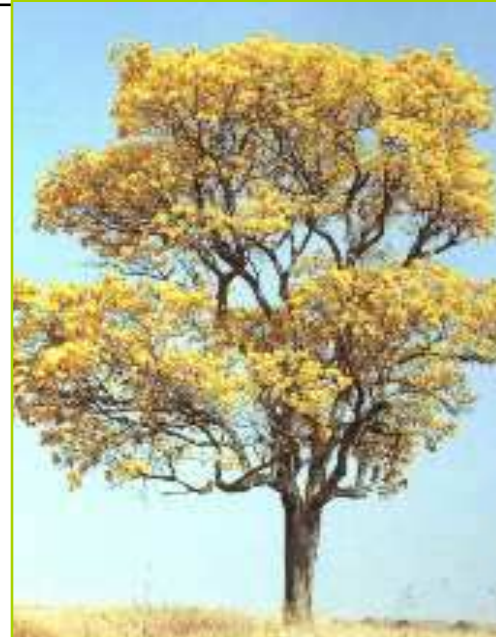
Los árboles crecen en grosor gracias a la actividad de una única capa de células llamada cámbium. Esta capa produce albura, o xilema, por su cara interna y corteza, o floema, por la externa. Dado que el cámbium se divide continuamente, las células xilemáticas formadas en primer lugar van apartándose progresivamente del cámbium, sufriendo cambios físicos y químicos que dan lugar a la característica médula o duramen.



# CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

## CONÍFERAS

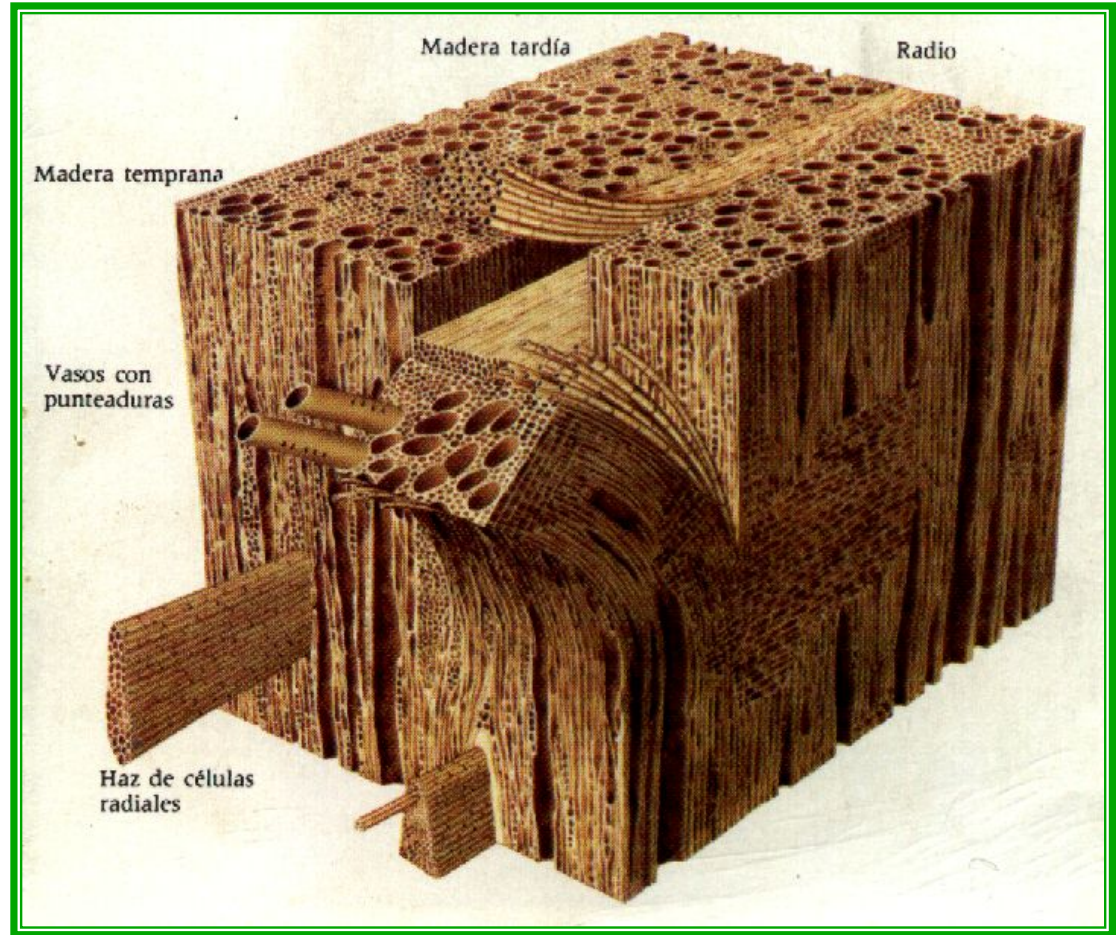
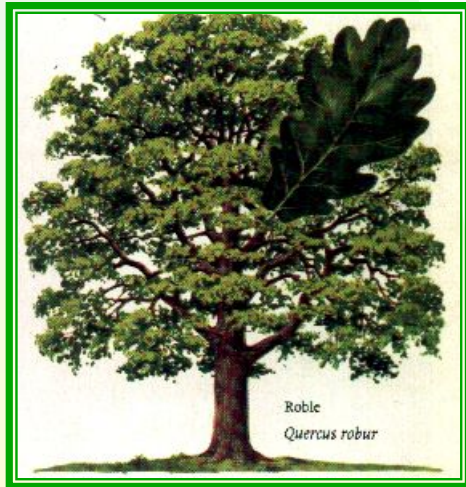
## DICOTILEDÔNEAS





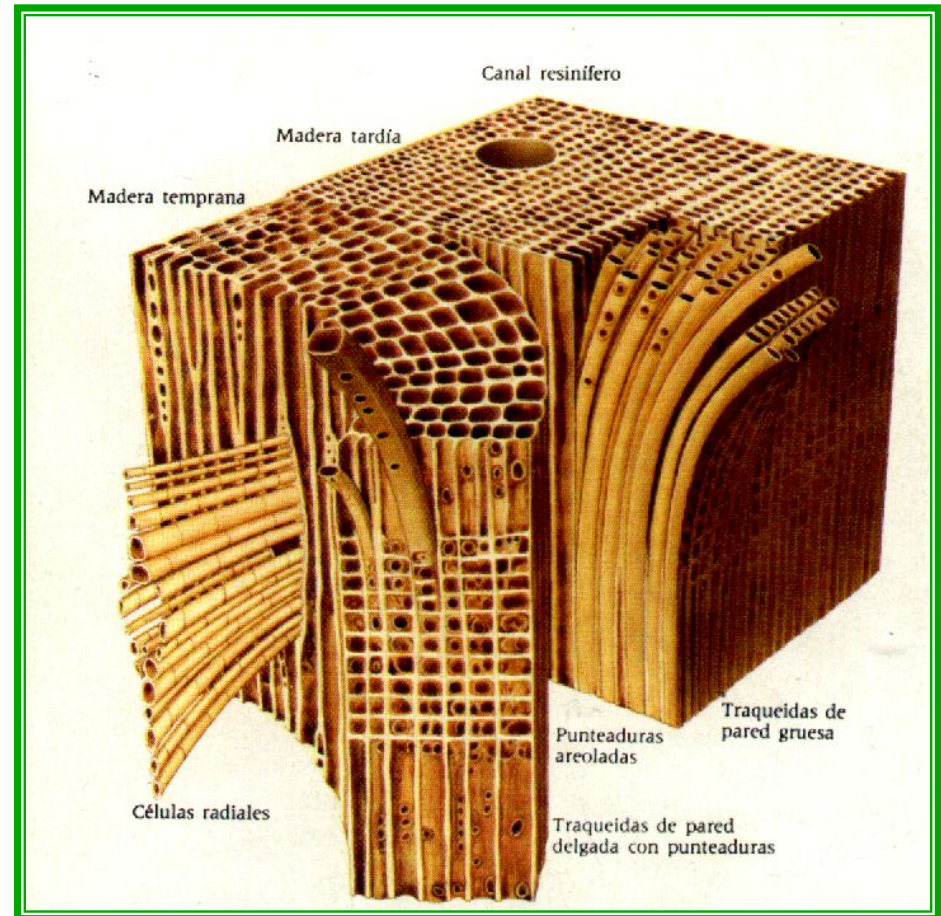
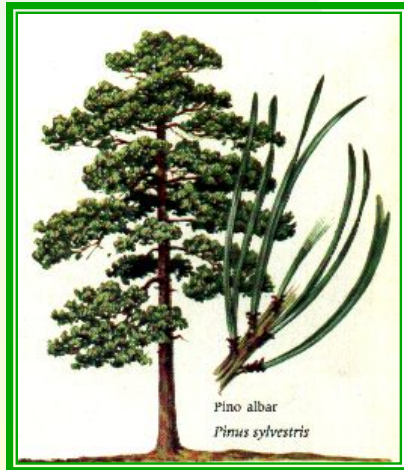
# CONHECENDO A MADEIRA POR DENTRO

## DICOTILEDÔNEAS



# CONHECENDO A MADEIRA POR DENTRO

## CONÍFERAS





# Principais Vantagens

- **Resistência à compressão e a flexão (pilar,viga) superior concreto**  
**relação resistência/peso**
- **Resistência a impactos**
- **Bom isolamento térmico e acústico**
- **Facilidade de ligações**
- **Custo reduzido (reserva renovável)**
- **Vida útil prolongada (preservação/manutenção)**
- **Estado natural (muitos padrões estéticos)**



# Principais Desvantagens

---

## ■ Anisotropia

constituição fibrosa orientada  
propriedades diferentes nas 3 direções  
(paralela, perpendicular e tangencial às fibras)

## ■ Limitação de dimensões

## ■ Variação de propriedades x umidade

surgimento de tensões internas decorrentes de  
alterações em sua umidade

## ■ Deterioração

quando em ambientes que favorecem o  
desenvolvimento de predadores





# AGENTES DETERIORADORES

# AGENTES DETERIORADORES BIOLÓGICOS

## FUNGOS



# AGENTES DETERIORADORES BIOLÓGICOS

## FUNGOS

CONDIÇÕES  
BÁSICAS

UMIDADE  
OXIGÊNIO  
TEMPERATURA  
AMBIENTE

TIPOS

MANCHADOR  
EMBOADOR  
APODRECEDOR

# AGENTES DETERIORADORES BIOLÓGICOS

## FUNGOS





# AGENTES DETERIORADORES BIOLÓGICOS

## FUNGOS



# AGENTES DETERIORADORES BIOLÓGICOS

## INSETOS

ISOPTEROS  
(SOCIAIS)



CUPINS

COLEOPTEROS  
(ISOLADOS)

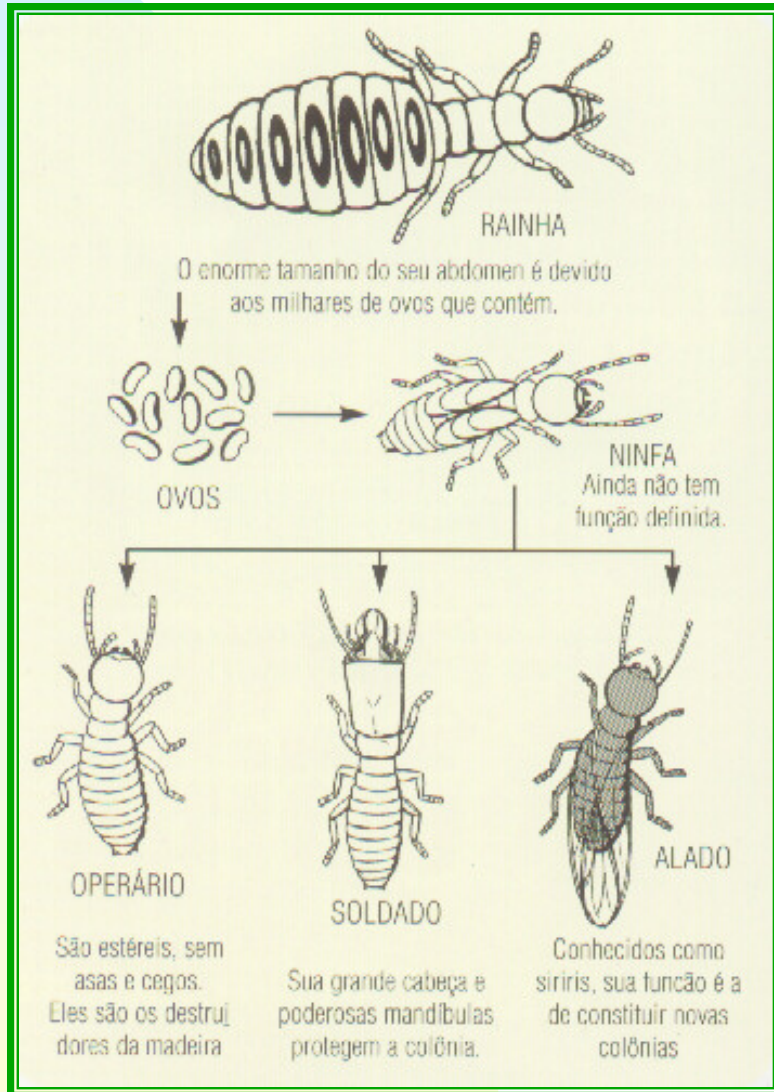


BROCAS



# AGENTES DETERIORADORES BIOLÓGICOS

## CUPINS





# AGENTES DETERIORADORES BIOLÓGICOS

## BROCAS





# PRINCIPAIS TIPOS DE TRATAMENTO PRESERVATIVO

# PRINCIPAIS TIPOS DE TRATAMENTO PRESERVATIVO

**TRATAMENTOS DIRETOS**

**Imersão**

**Pincelamento**

**Pulverização**

**TRATAMENTO INDIRETO**

**De solo**

**TRATAMENTO DEFINITIVO**

**Vácuo-pressão**

# Propriedades físico- mecânicas



# Propriedades das Madeiras

- Umidade
- Densidade aparente → básica
- Estabilidade dimensional  
(retratibilidade)

- Resistência à tração (paralela e normal às fibras)
- Resistência à Compressão (paralela e normal às fibras)
- Resistência à flexão (estática)
- Rigidez (módulo de elasticidade)
- Resistência ao Cisalhamento
- Fendilhamento
- Resistência ao impacto na flexão
- Dureza
  - Resistência de emendas dentadas e biseladas
  - Cisalhamento e tração normal à lâmina de cola



## DICOTILEDÔNEAS

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
Canafistula	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
Guarucaia	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



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

Classes de resistência de algumas espécies de madeiras

### CONÍFERAS

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





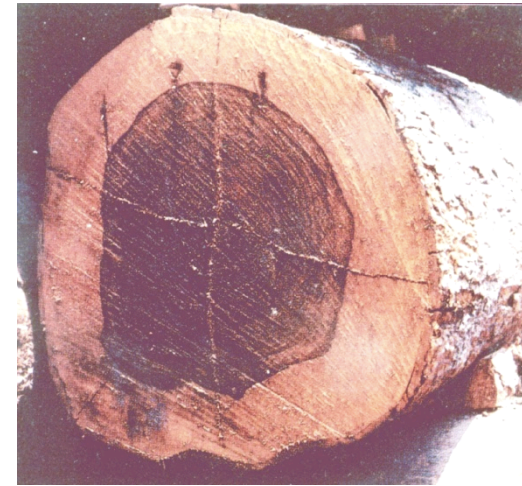


# Quais fatores anatômicos que afetam as propriedades físico-mecânicas da madeira?

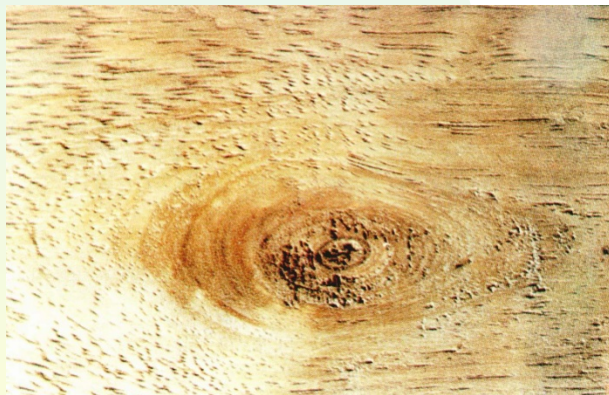


Fonte: BALLARIN & PALMA (2002).

## Anéis de crescimento



## Cerne / Alburno



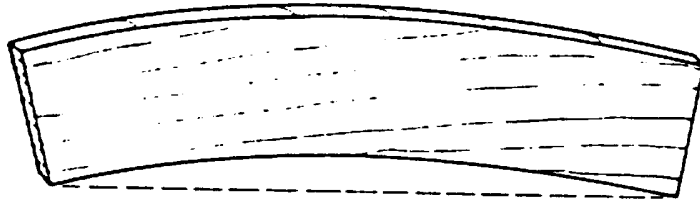
## Nós



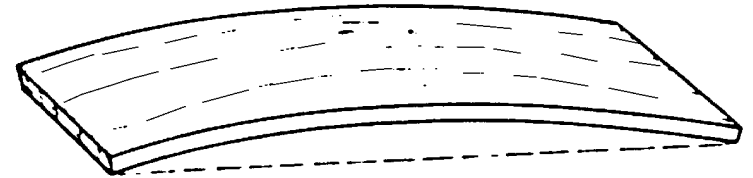
## Inclinação das fibras



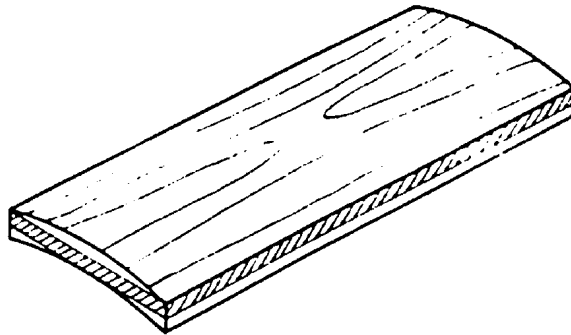
# Principais defeitos decorrentes da secagem



**Arqueamento**



**Encurvamento**



**Encanoamento**



**Torcimento**



# Como secar a madeira?



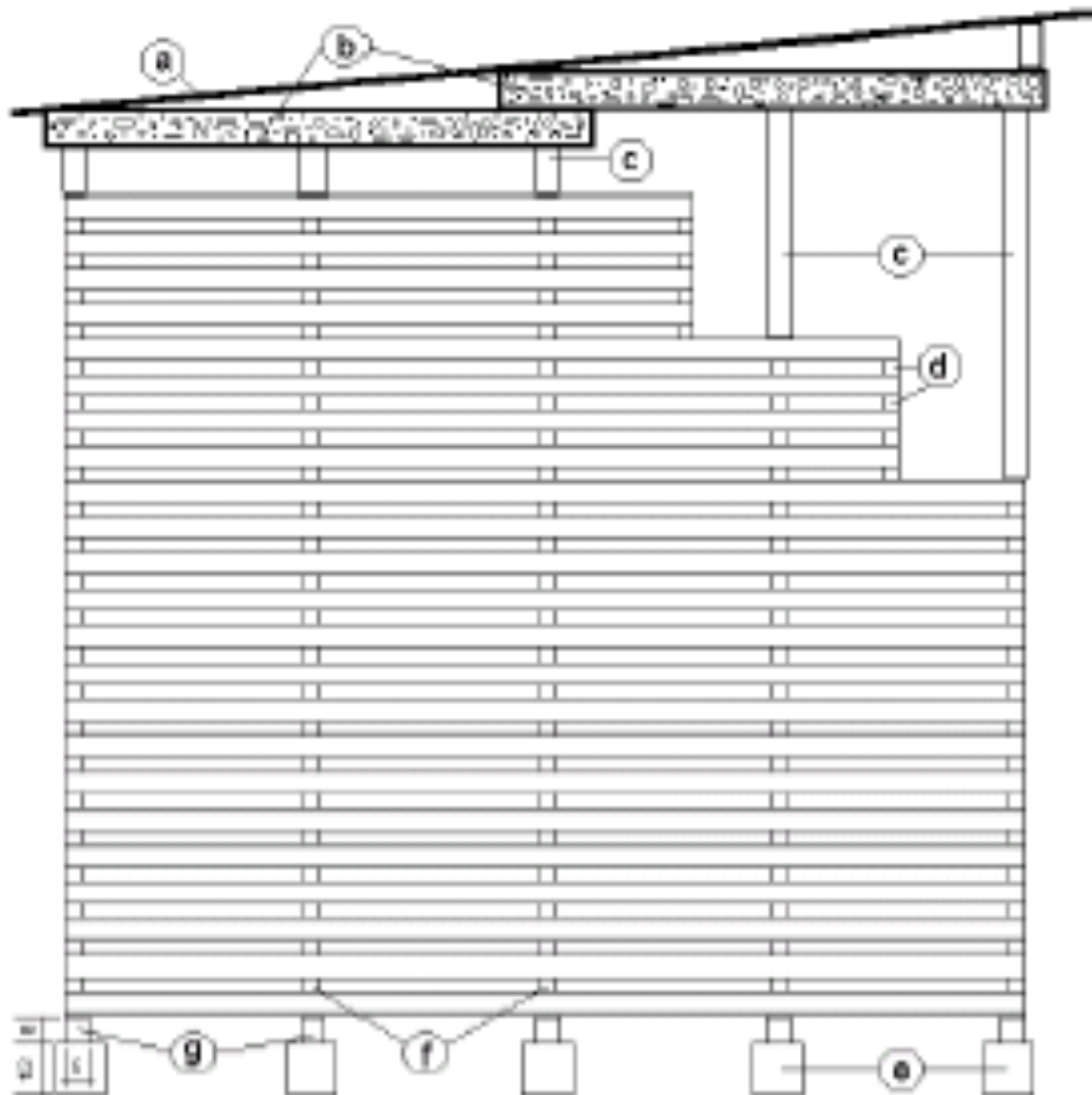


# SECAGEM NATURAL

- As toras são submetidas à operação de **desdobro** - serragem em tábuas - de dimensões (espessura) próximas da utilização final.
- Na secagem natural (ao ar) as tábuas perdem 50% da umidade por volta de 20 dias.
- O restante é eliminado num tempo 3 a 5 vezes maior



# Secagem Natural



# Secagem Natural





# SECAGEM EM ESTUFA

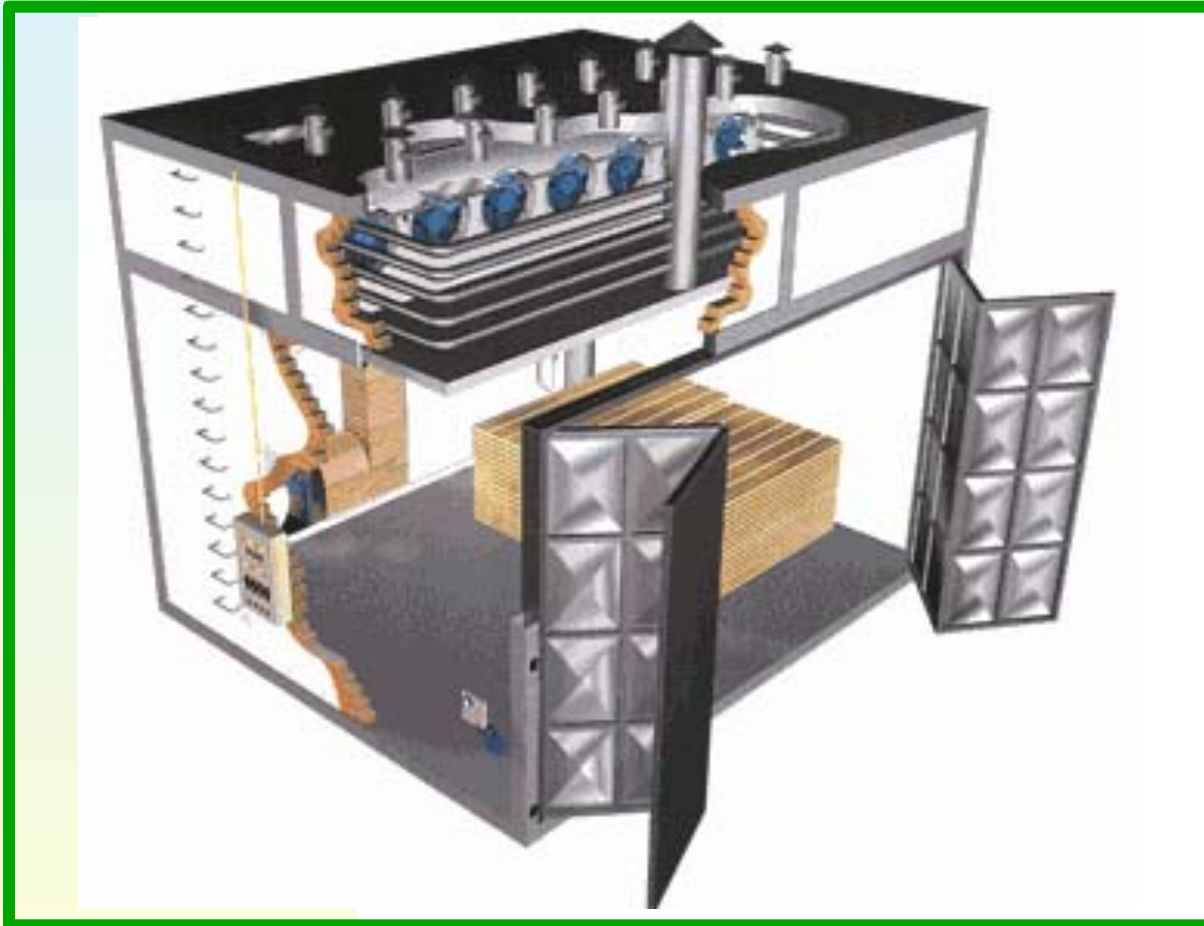
- Realizada sob condições controladas de umidade relativa (UR) e temperatura (T).
- Para que não haja defeitos torna-se necessário injetar vapor livre na estufa para elevação do grau higrométrico, não permitindo velocidade excessiva de evaporação.





# PROCESSO PRODUTIVO

## SECADOR DE MADEIRA





# Porque secar a madeira?

- Maior controle na variação dimensional;
- Para empregar o material de forma correta;
- Aumentar a eficácia de produtos preservativos;
- Diminuir ataque de fungos;
- Menor custo com transporte;
- Aumentar resistência (~30%).



# UMIDADE

## Classificação NBR 7190/96:

Classes de umidade	Umidade relativa do ambiente ( $U_{amb}$ )	Umidade de equilíbrio 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	$U_{amb} \geq 85\%$ , longos períodos	$\geq 25 \%$



# Pré-Dimensionamento



# Classes de Resistência

## Coníferas

**C 20**

**C 25**

**C 30**

## Dicotiledôneas

**C 20**

**C 30**

**C 40**

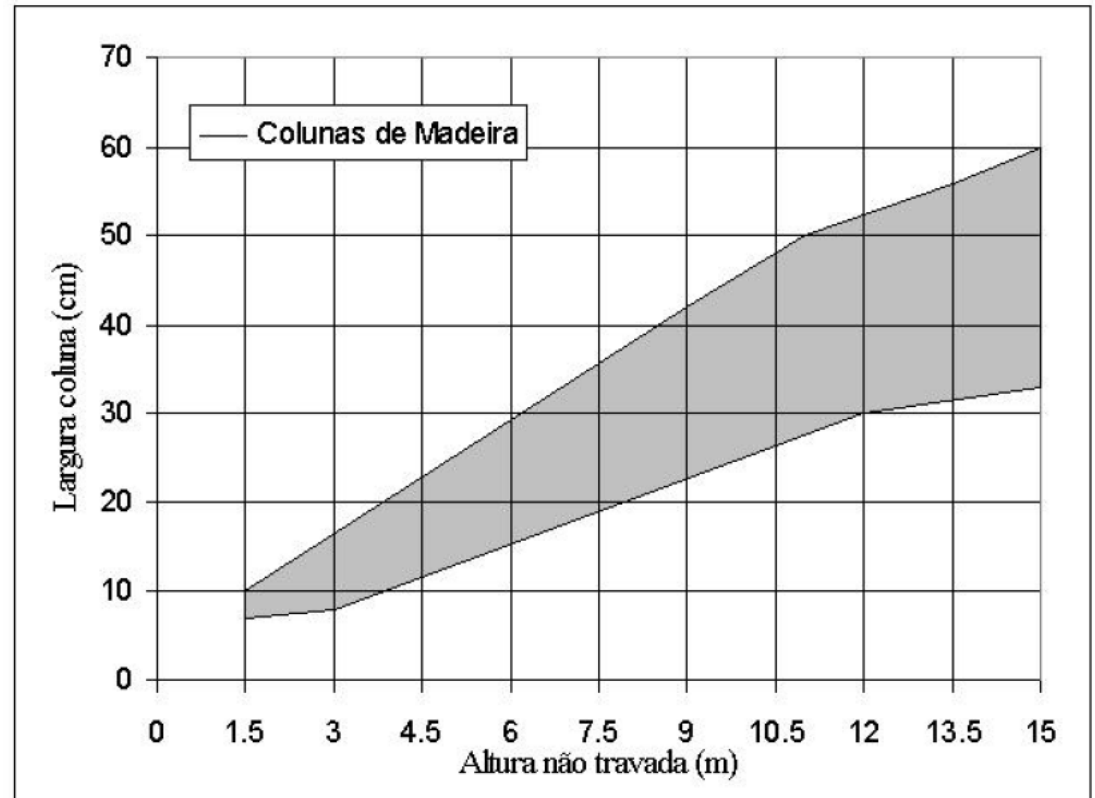
**C 60**

Fonte: NBR 7190/1997



# Pré-Dimensionamento

## Colunas (pilares)



Prof. Zacarias M. Chamberlain Pravia (2002)

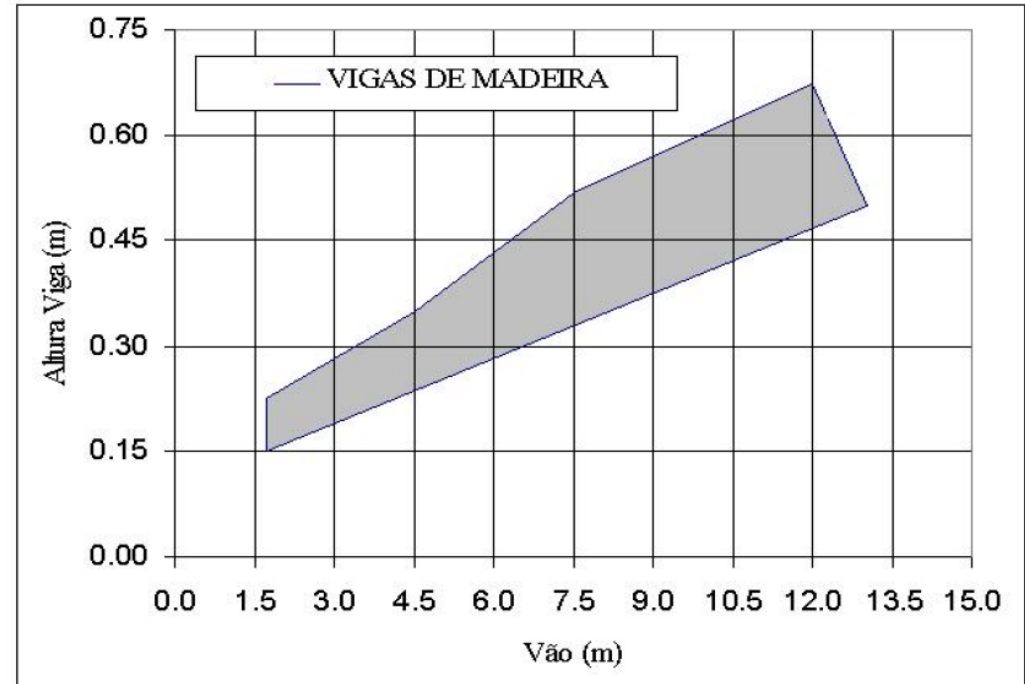


**Classe C30 ou + - Dicotiledônea**



# Pré-Dimensionamento

## Vigas

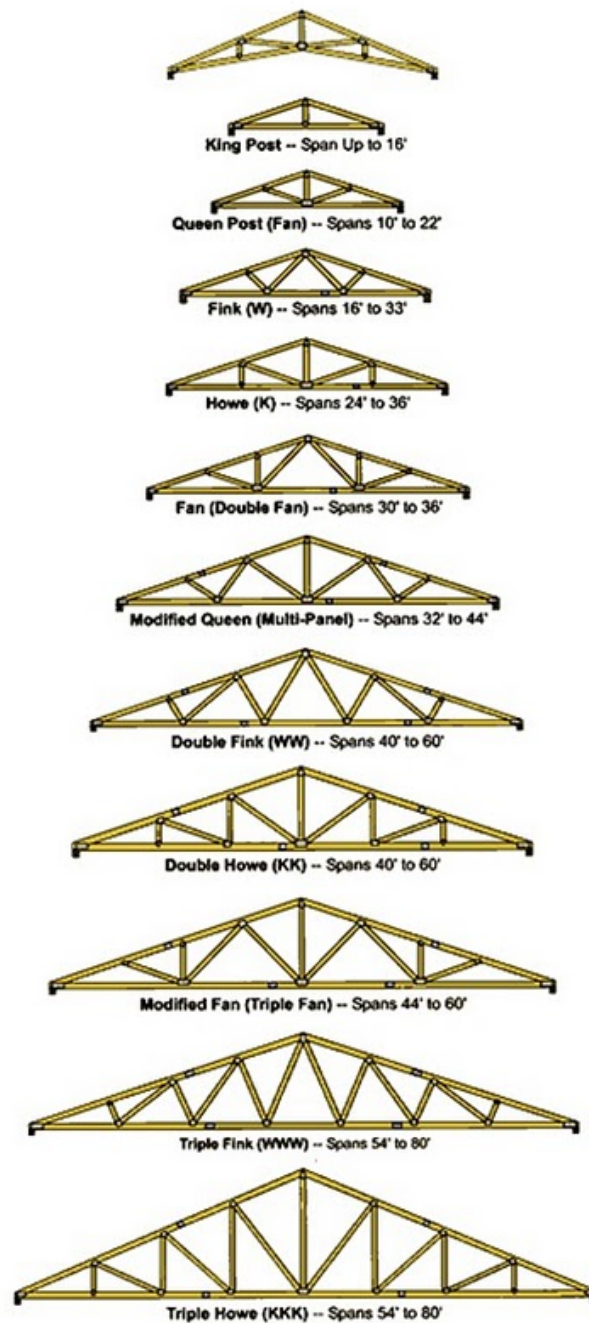
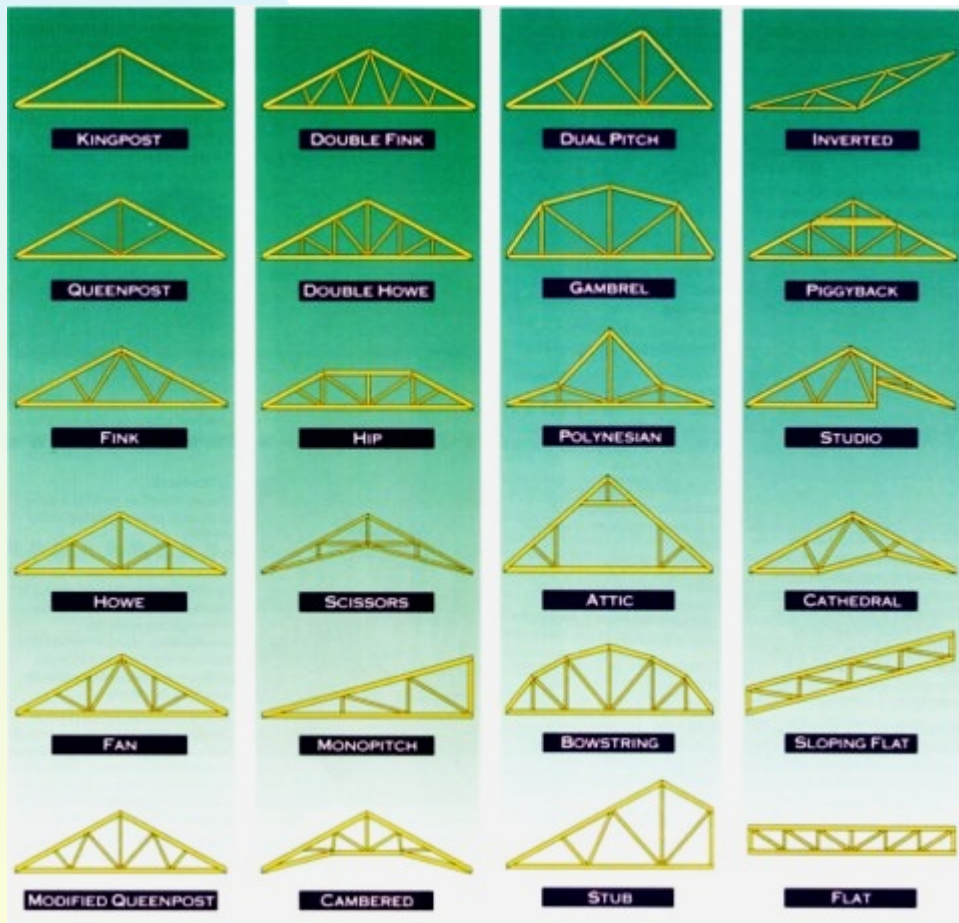


*Prof. Zacarias M. Chamberlain Pravia (2002)*

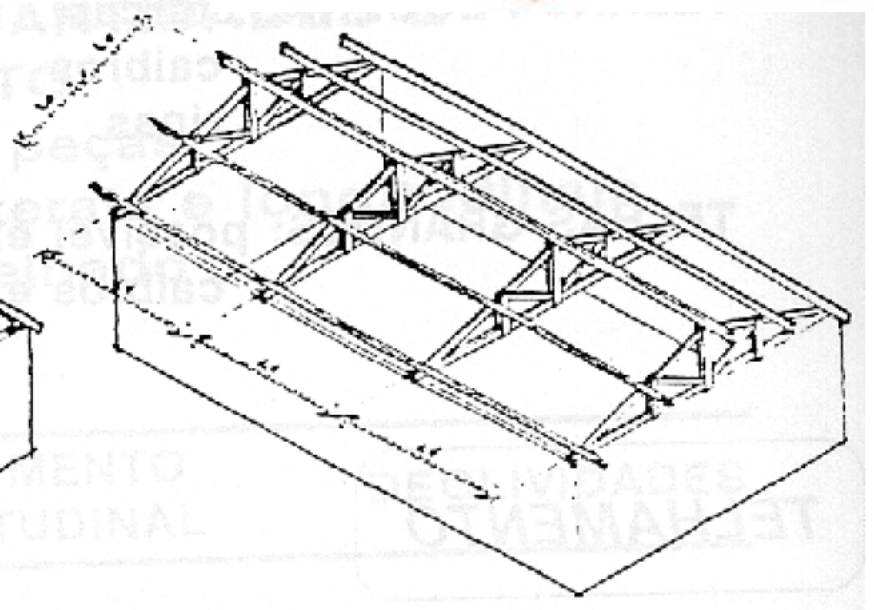
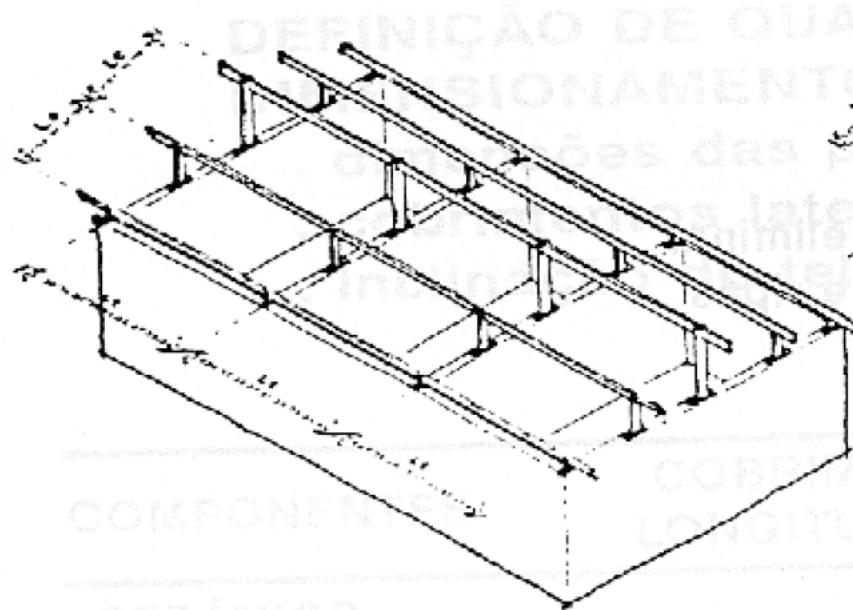
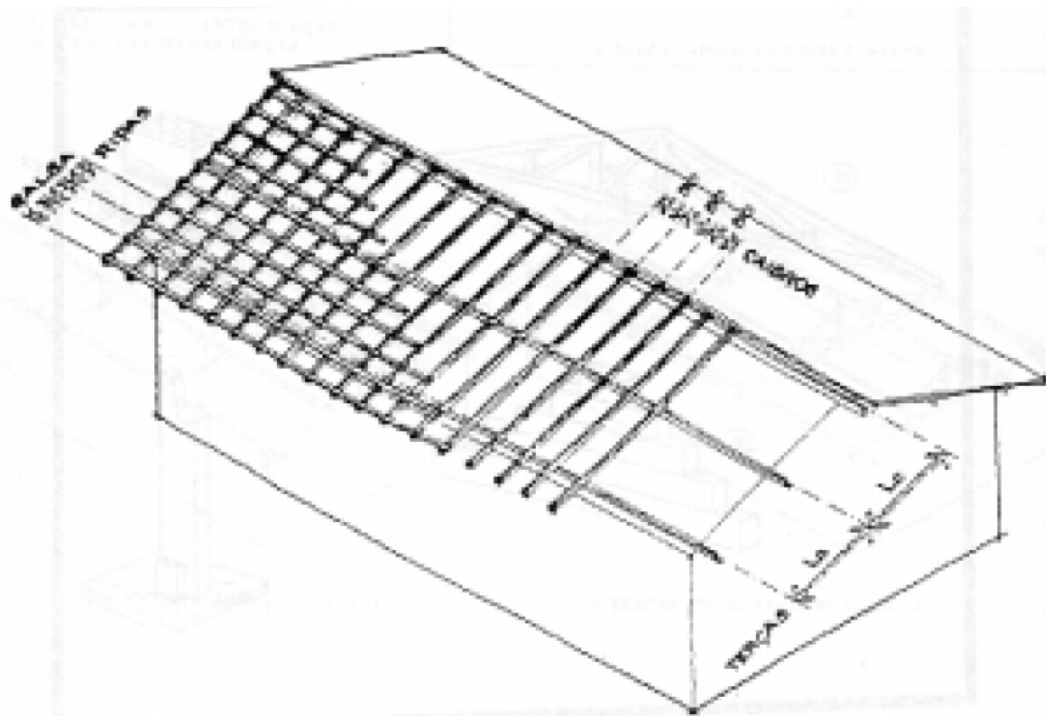
**Classe C30 ou + - Dicotiledônea**



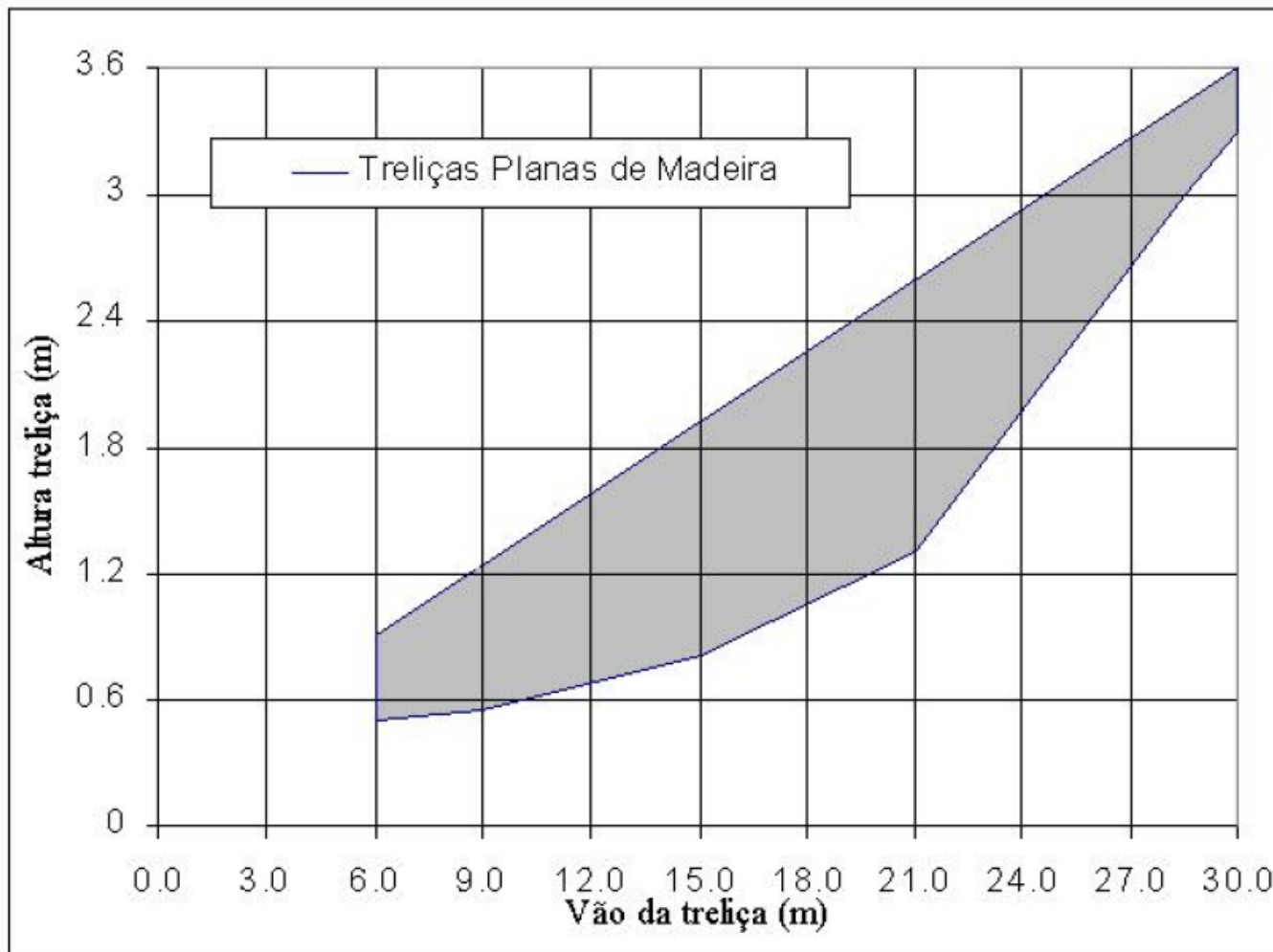
# Configurações de Treliça em Madeira







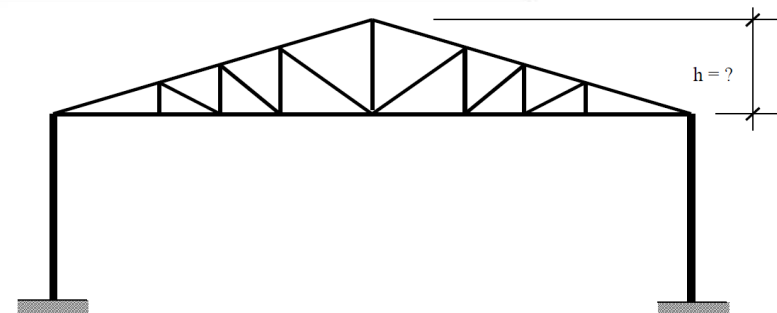
# Dimensionamento – altura treliça



Prof. Zacarias M. Chamberlain Pravia (2002)

Tipo de telha

Inclinação da cobertura



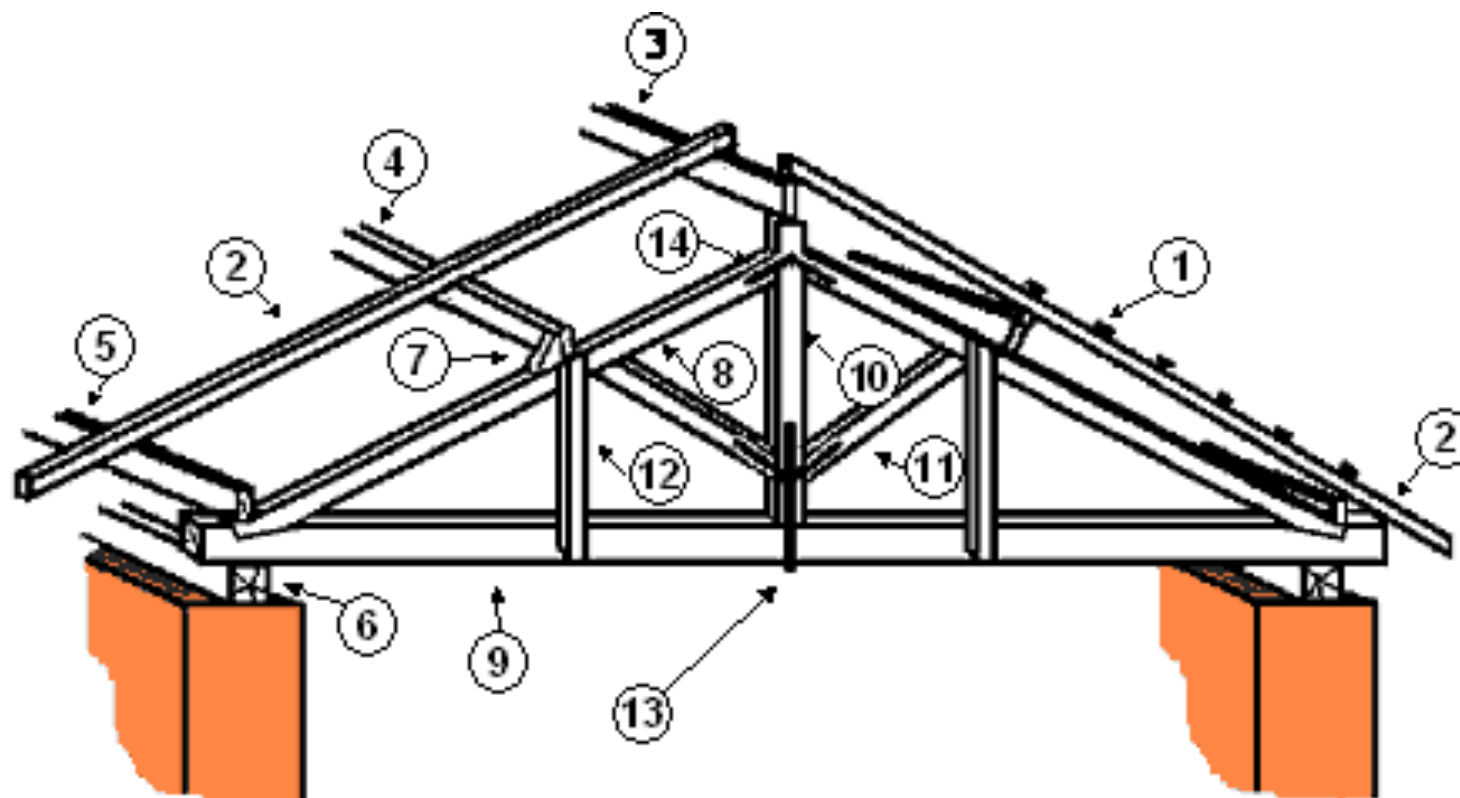
TELHA			ESTRUTURA DE MADEIRA (PEROBA)		
TIPO	MASSA (kg)	GALGA (cm)	Ripas (5x2 cm) Distância entre ripas (cm)	Caibros (5x6 cm) Distância entre caibros (cm)	Terças (6x12 ou 6x16 cm) Distância entre tesouras ou apoios (cm)
Francesa	2,60	34,0	34,0	50 a 60 cm	**
Romana	2,60	36,0	36,0	idem	**
Colonial	2,25	40,0	40,0	idem	**
Plan	2,28	40,0	40,0	idem	**

## Dimensões Terças

Bitola - 6 x 12 para distância entre tesouras de até 3,00 m  
6 x 16 para distância entre tesouras de 3,00 a 3,30 m  
Acima de 3,30 m usar terças metálicas.



## Configuração de Trelça em Madeira



1 – Ripas  
2 – Caibros  
3 – Cumeeiras  
4 – Terças  
5 – Contrafrechal

6 – Frechal  
7 – Chapuz  
8 – Perna ou empena  
9 – Linha, tensou ou tirante  
10 – Pendural ou pendural central

11 – Escora  
12 – Pontalete, montante ou pendural  
13 – Ferragem ou estribo  
14 – ferragem ou cobrejunta  
15 – Vista, testeira ou aba  
16 – Mão francesa





## Pré-Dimensionamento de Treliças em Madeira – *Telhas cerâmicas*

Telhas Francesas ou Canal (dimensões em cm)

VÃO / PEÇAS	5 - 8 m	8 a 10 m	10 a 12 m
- tirante	6 x 12	6 x 16	8 x 20
- pernas	6 x 12	6 x 16	8 x 20
- pendural	6 x 125	6 x 16	8 x 20
- mão francesa	5 x 6 - 6 x 8	6 x 12	6 x 12
*- montantes	2,5 x 10	2,5 x 10	2,5 x 10
- escora	não	5 x 6	6 x 12

\*Montante - usado a partir de 7 peças



## Pré-Dimensionamento de Treliças em Madeira – Telhas fibrocimento

Tesoura para telha de cimento amianto (dimensões em cm)

VÃO / PEÇAS	6 a 9 m	9 a 13 m	13 a 15 m
- tirante	6 x 12	6 x 16	8 x 20
- pernas	6 x 12	6 x 16	8 x 20
- pendural	6 x 12	6 x 16	8 x 20
- mão francesa	5 x 6	6 x 12	6 x 12
- montantes		2 x 10	2 x 10
- escora		5 x 6 ou 6 x 12	6 x 12



# Detalhes construtivos

## Dimensões comerciais da madeira

- vigotas:	6 x 12	- sarrafos:	2.5 x 5
	6 x 16		2.5 x 10
- pranchas:	8 x 20		2.5 x 15
- caibros :	5 x 6	- tábuas:	2.5 x 20
	6 x 6		2.5 x 25
- ripas :	1.5 x 5		2.5 x 30
	1.2 x 5	- pontaletes:	8 x 8

