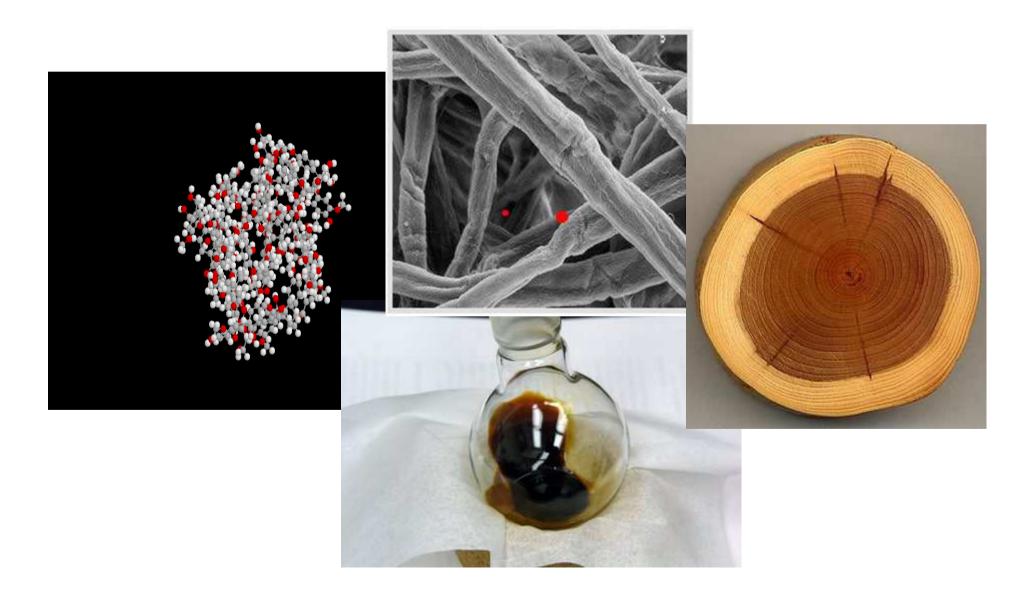
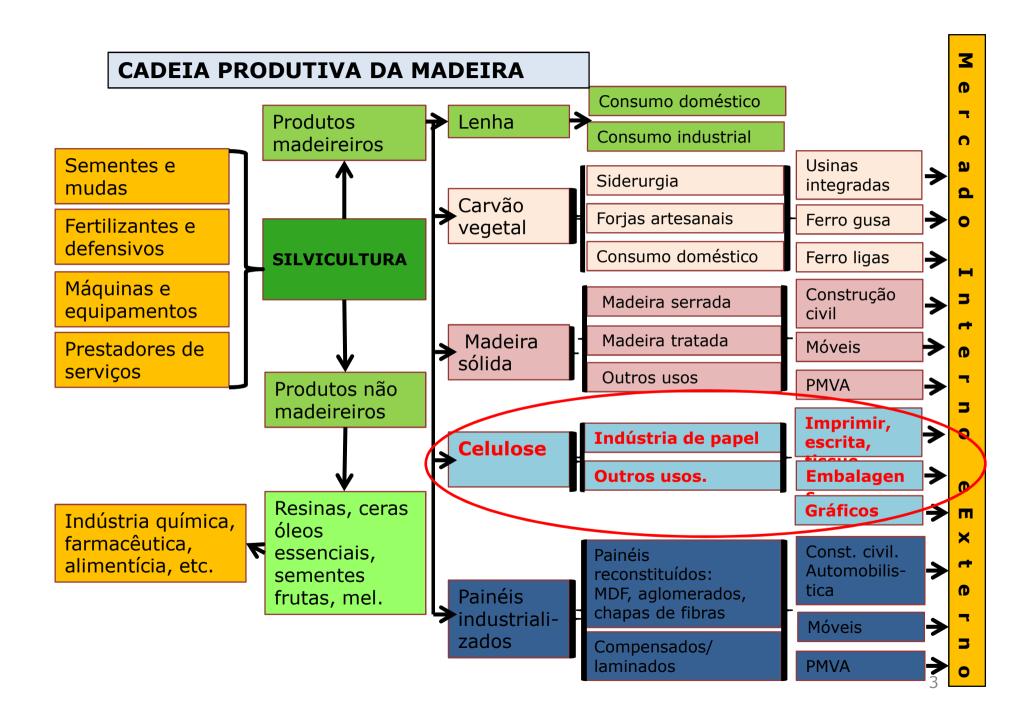
UFPR – DETF Química da Madeira



MADEIRA - Material heterogêneo *Prof. Dr. Umberto Klock*

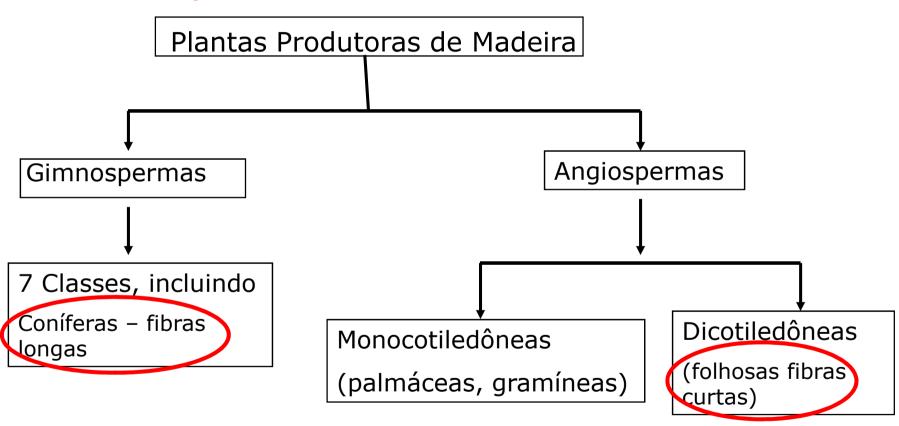
UFPR – Curso de Engenharia Florestal AT078 *Química da Madeira Introdução a disciplina*



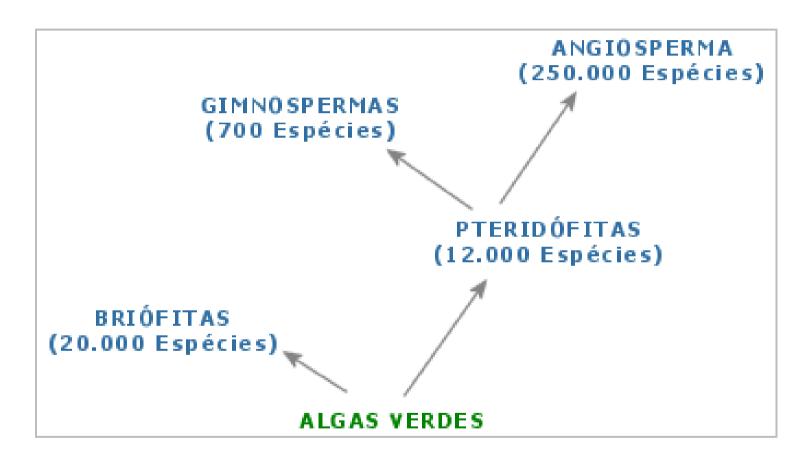


MADEIRA - Material heterogêneo

Plantas Superiores



Existem fortes evidências para acreditarmos que as plantas tiveram sua origem a partir das algas verdes ou Clorofíceas.



Classificação dos Vegetais (ex.)

Reino	Vegetal	Vegetal
Filo ou divisão	Gimnosperma	Angiosperma
Classe	Coniferopsida	Dicotyledoneae
Ordem	Conifereae	Myrtales
Família	Pinaceae	Myrtaceae
Gênero	Pinus	Eucalyptus
Espécie	ellitottii	grandis

Gimnospermas

- Termo originado do grego:
- •gymnos=nua
- •sperma=semente
- Softwood ou coniferas.
- Coníferas: Pinus, Picea, Tsuga, Pseudotsuga, Sequoia, Metasequoia, Juniperus, Cupressus, Abies, Taxus, Tax odium,
- Outras: Gingkobiloba, Cycas, Gnetum, Ephedra,
 Welwitschia

Gimnospermas estimativa de espécies

Gimnospermas: 831

Pinaceae: 220

Outras Coníferas : 400

Gnetophyta: 80

Ginkgophyta: 1

Cycadophyta: 130

Apenas 3 coníferas nativas no Brasil:

- Araucaria angustifolia
- •Podocarpus lambertii
- •Podocarpus selowii

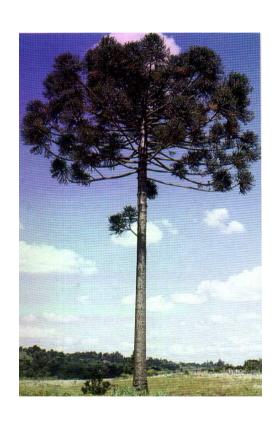
Coníferas







Ex.: Araucaria angustifolia





Ex.: Pinus taeda





Floresta de Pinus



Madeira de coníferas (ex.)



Angiospermas

Termo originado do grego;

- •angios= urna ou recipiente
- •sperma = semente
- Hardwood ou folhosas.
- Cerca de 235.000 espécies, que variam em tamanho, desde espécies de *Eucalyptus* com mais de 100m de altura e 20m de circunferência, até algumas monocotiledôneas flutuantes simples, que medem até 1mm de comprimento.

Angiospermas

• Angiospermaes: 254.247

- Monocotiledoneas: 70.000

- Dicotiledoneas: 184.247

- Eudicotyledoneae 175.000
- Chloranthaceae: 70
- Ceratophyllaceae: 6
- Magnoliidae: 9.000
- Austrobaileyales: 100
- Nymphaeaceae: 70
- <u>Amborellaceae</u>: 1

Angiospermas

- As angiospermas incluem duas classes:
- ✓ Monocotiledôneas: planta cujo embrião tem um cotilédone; incluem gramíneas, lírios, antúrios e palmeiras;
- ✓ Dicotiledôneas: plantas cujo embrião tem dois cotilédones; incluem árvores e arbustos, além de ervas.

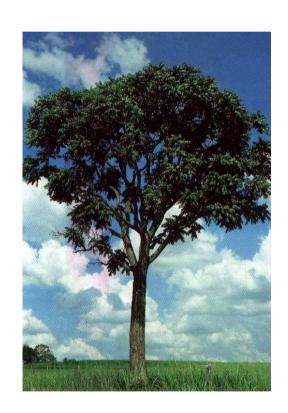
Ex.: Swietenia macrophylla





Mogno

Ex.: Cedrela fissilis





Cedro

Floresta de *Eucalyptus* - Sementes



Floresta de *Eucalyptus* - Clones



O Gênero Eucalyptus

- ➤ Abrangia mais de 500 espécies
- Estudo dos biólogos australianos Ken Hill e Lawrie Johnson:
 - ■Exatamente 113 espécies no gênero *Eucalyptus*
 - ■Novo gênero → Corymbia

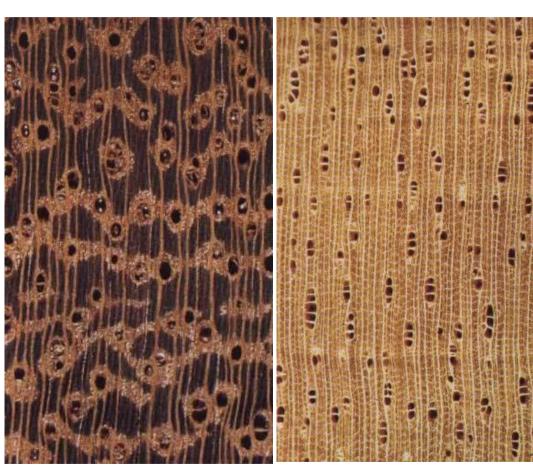
Eucalyptus citriodora Corymbia citriodora

Eucalyptus maculata \Rightarrow Corymbia maculata

Eucalyptus torreliana Corymbia torreliana

Madeira de folhosas (ex.)

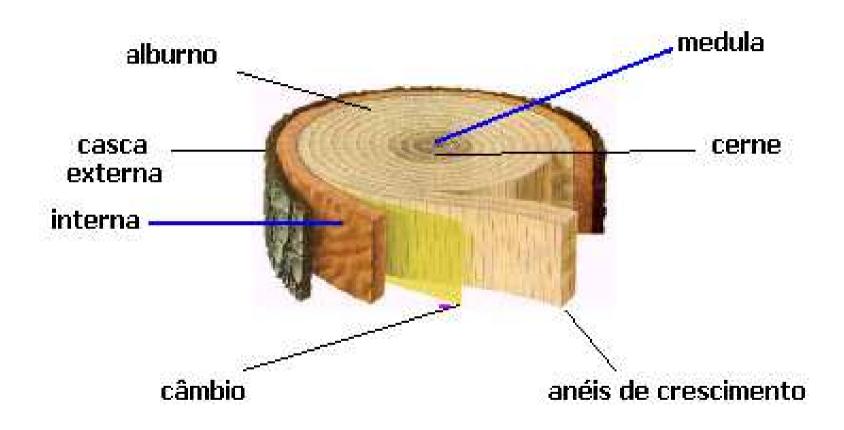




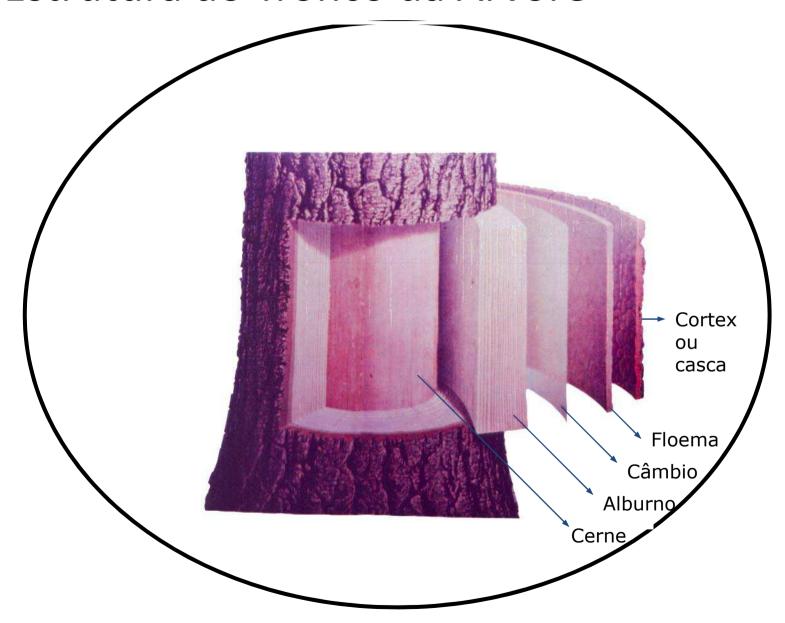
MADEIRA : UM MATERIAL HETEROGÊNEO

- Diferentes espécies de árvores apresentam diferente composição celular (anatomia);
- Variação dentro das espécies (devido a fatores genéticos e ambientais);
- Variação dentro da árvore (relacionado a posição na árvore)

Estrutura do Tronco de Madeira

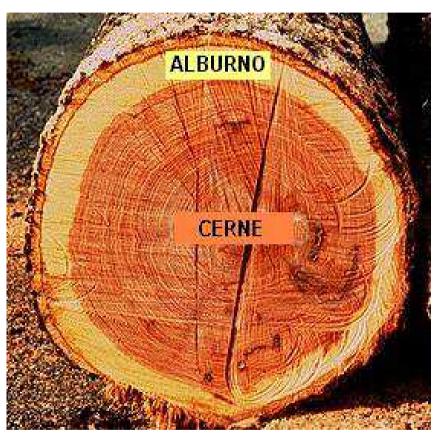


Estrutura do Tronco da Árvore



Tronco de Madeira: Casca - Alburno - Cerne





Toras de *Eucalyptus* para Celulose



Cerne e alburno

A proporção de cerne e alburno varia dentro da própria árvore e, além de outros fatores, depende da espécie, idade, sítio, solo e clima.

As principais diferenças entre cerne e alburno:

- O cerne apresenta cor mais escura;
- O cerne apresenta menor teor de umidade;
- O cerne é mais resistente e mais impermeável.

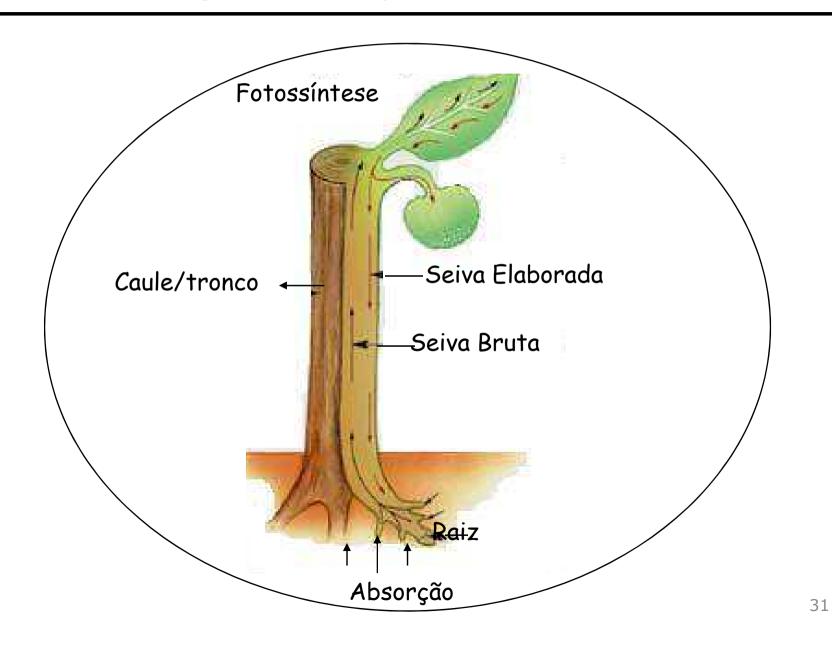
✓ Entre o alburno (xilema) e a casca interna (floema) encontra-se uma camada de células denominada "câmbio". É constituído por células meristemáticas secundárias, que ao se dividirem, internamente são responsáveis pelo crescimento do caule em diâmetro e pela formação da casca (externamente).

A casca é constituída de duas camadas:

✓ Uma camada mais interna, fina, fisiologicamente ativa, de cor clara, que conduz a seiva elaborada, denominada casca interna ou floema.

✓A mais externa, composta de tecido morto, denominada casca externa, ritidoma ou cortex, tem a função de proteger os tecidos vivos da árvore contra o ressecamento, ataque de microorganismos e insetos, injúrias mecânicas e variações climáticas.

Movimentação de Líquidos no Tronco



Movimentação de Líquidos no Tronco

- ✓ As substâncias retiradas do solo pelas raízes (água e sais minerais) ascendem na forma de seiva bruta pelo alburno.
- ✓ Ao atingir as partes do vegetal que possuem clorofila, principalmente nas folhas, são transformadas pelo processo da fotossíntese em substâncias nutritivas (carboidratos), que descem pelas regiões internas da casca (floema)

Anelamento em *Eucalyptus*



Anelamento (1-2cm) – Aplicar stress mas não matar a árvore

Resposta da Árvore ao Anelamento (Eucalyptus)

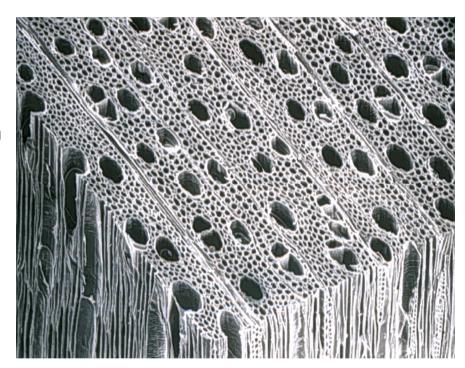


FUNÇÕES DAS CÉLULAS DE FOLHOSAS

- CONDUÇÃO DE ÁGUA
- ELEMENTOS DE VASOS

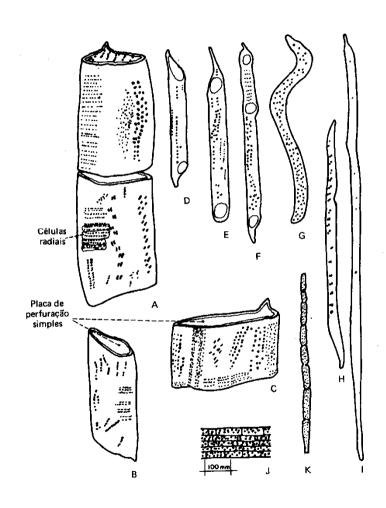
(Em geral 0,2 a 1,0 mm de comprimento)

- SUSTENTAÇÃO
- **FIBRAS** e **FIBROTRAQUEÓIDES**(1 a 2mm de comprimento)
- ARMAZENAMENTO
- PARÊNQUIMA RAIOS E AXIAL (0,1 a 0,3mm de comprimento)
- SECREÇÃO
- Células epiteliais (canais gomíferos)
- Os raios variam de pequenos a grandes



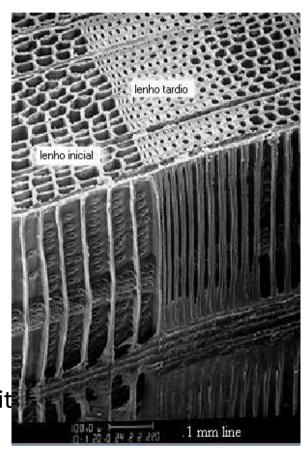
COMPOSIÇÃO CELULAR DE FOLHOSAS

- VASOS 7 a 55%
- FIBRAS (libriformes fibrotraqueóides) 26 a 56%
- PARÊNQUIMA RADIAL 5 a
 25%
- PARÊNQUIMA AXIAL 0 a
 23%



FUNÇÕES DAS CÉLULAS DE CONÍFERAS

- CONDUÇÃO:
- TRAQUEÓIDES DE LENHO INICIAL
- SUSTENTAÇÃO
- TRAQUEÓIDES DE LENHO TARDIO
- ARMAZENAGEM
- PARÊNQUIMA RADIAL
- SECREÇÃO
- CÉLULAS EPITELIAIS
- Os raios de coníferas são geralmente estreit com uma ou duas células de largura



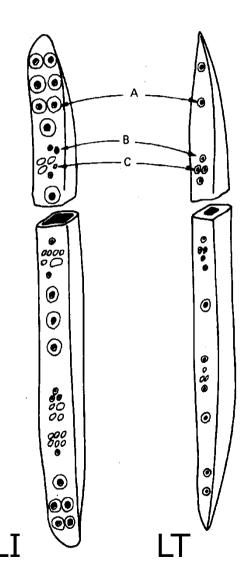
FUNÇÕES DAS CÉLULAS DE CONÍFERAS

Traqueóides de lenho inicial e tardio.

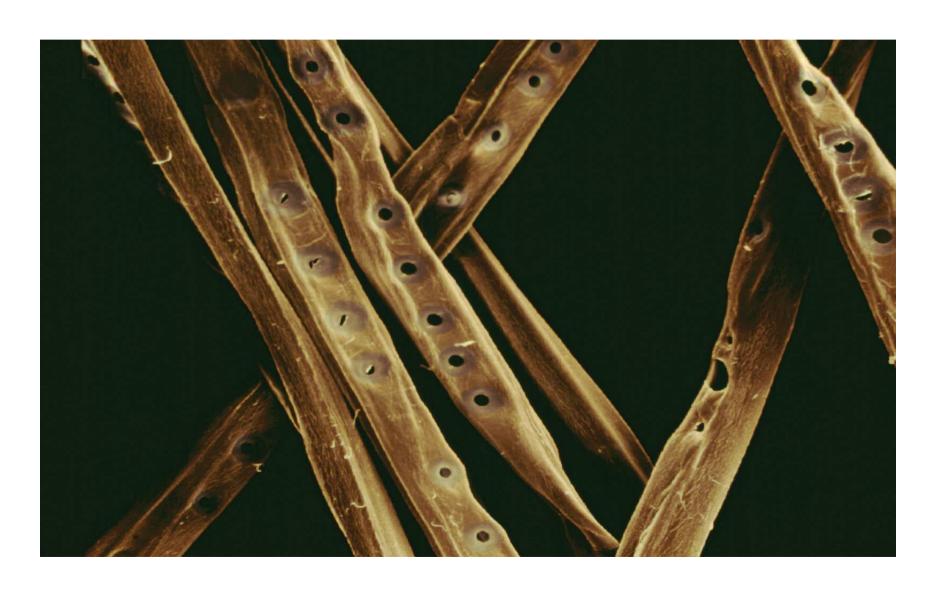
A – pontoações areoladas entre traqueóides;

B – pontoações areoladas entre traqueóide axial e radial;

C – pontoações pinóides entre traqueóide e raio parenquimático.



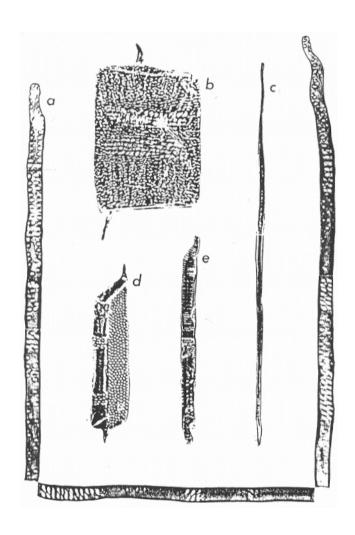
Traqueóides ou traqueídes



Composição Volumétrica, %

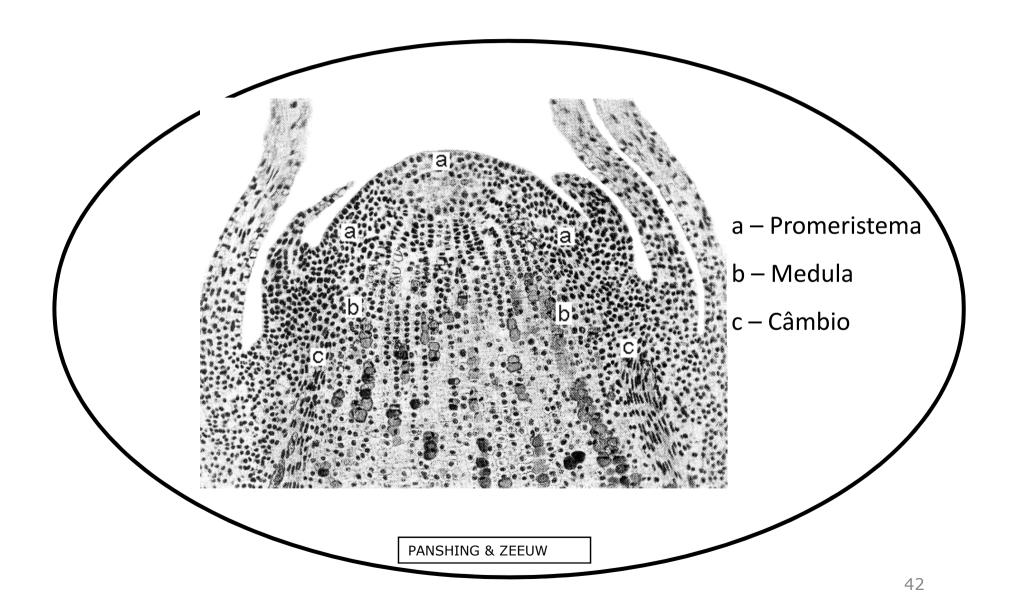
Constituintes da Madeira	<u>Coníferas</u>	<u>Folhosas</u>
Traqueóides longitudinais	90-95%	0%
Vasos	0%	7 – 55%
Fibras	0%	27 – 76%
Parênquima radial	5-10%	5 – 25%
Parênquima axial	0-1%	0 – 23%

Células da Madeira de Folhosas e Conífera



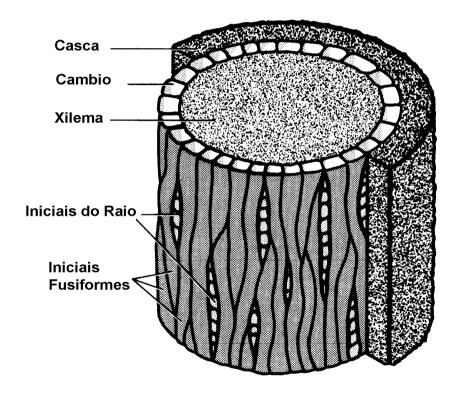
- (a) traquóide de conífera
- (b, d, e) elementos de vasos (c) fibra libriforme de folhosas

Crescimento Apical do Tronco de *Pinus*

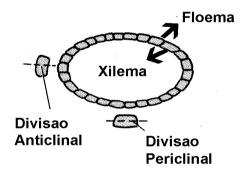


Crescimento do Tronco em Diâmetro

Representação Tridimensional do Cambio Vascular

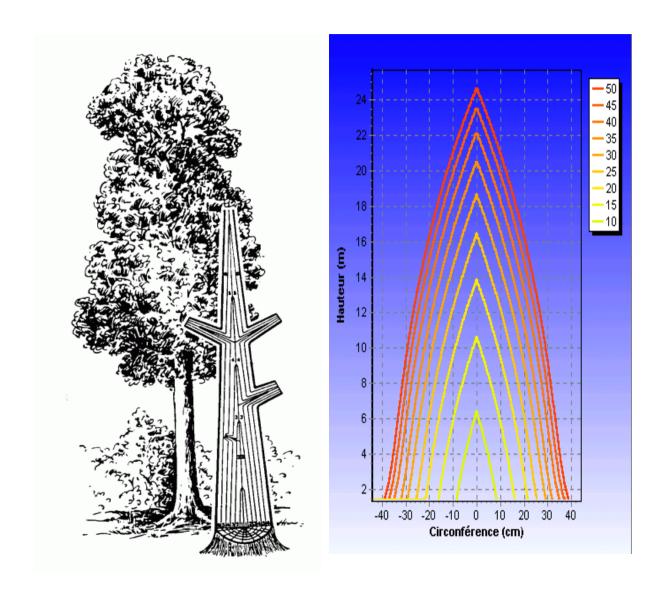


Divisao das Celulas do Cambio

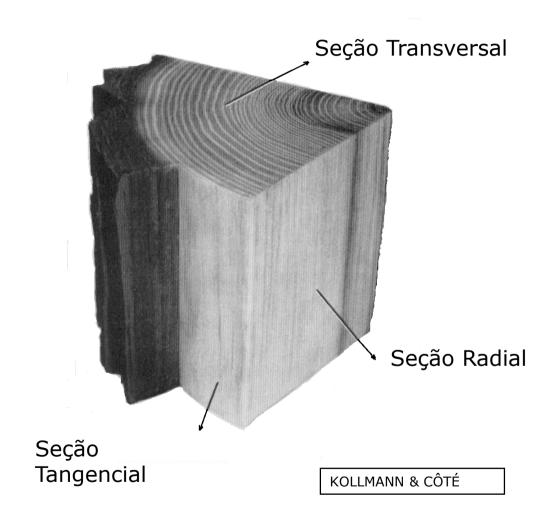


HAYGREEN & BOWYER

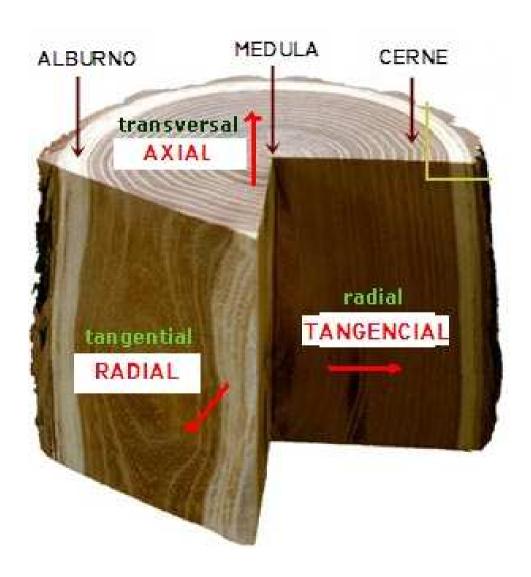
Desenvolvimento do Tronco da Árvore



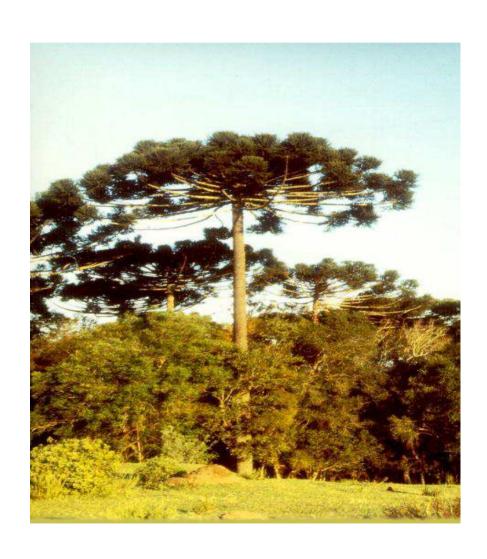
Planos Transversal, Tangencial e Radial do Tronco



Planos de corte direção de crescimento

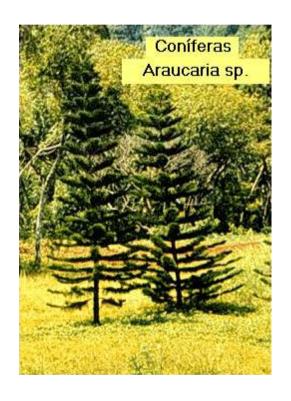


Coníferas — Araucaria angustifolia adulta

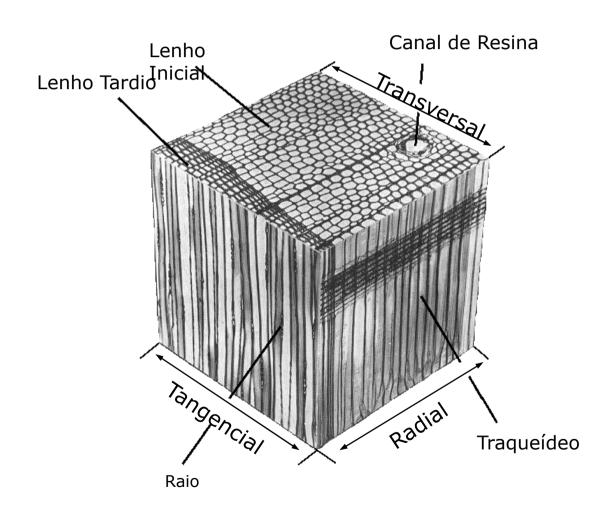


Coníferas

 A madeira de coníferas não é necessariamente de baixa densidade, na maioria das espécies a densidade varia entre 280 a 700 kg/m³.



Microfotografia de Modelos de Estrutura Anatômica da Madeira de Conífera



Madeira Juvenil/Adulta

Madeira Juvenil Baixa massa específica **Traqueóides curtos** Paredes celulares delgadas Baixa porcentagem de lenho tardio Alta porcentagem de grã espiralada Alta porcentagem de nós Menor porcentagem de celulose Alta porcentagem de lenho de compressão Menor contração transversal Menor resistência mecânica Maior ângulo microfibrilar

Madeira Adulta

Massa específica alta Traqueóides longos Paredes celulares espessas Alta porcentagem de lenho tardio Baixa porcentagem de grã espiralada Baixa porcentagem de nós Maior porcentagem de celulose Baixa porcentagem de lenho de compressão Maior contração transversal Menor ângulo microfibrilar Major resistência mecânica

Porcentagem de lenho tardio/inicial

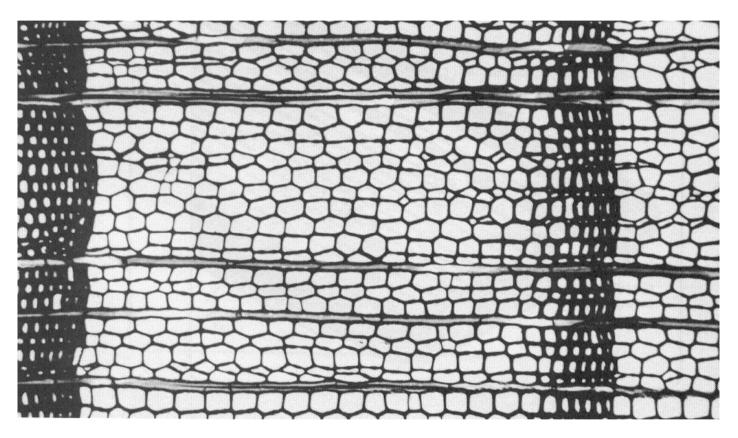
Pinus maximinoi

Pinus taeda





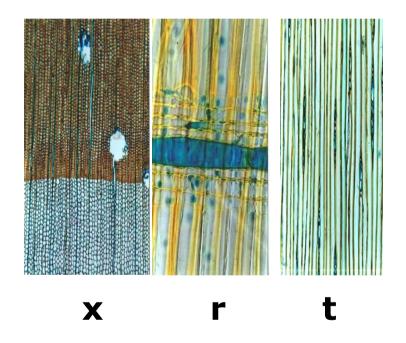
Lenho Inicial e Tardio – Anel de Crescimento



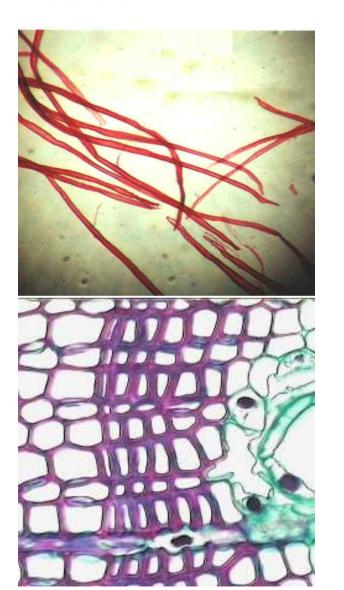
Seção transversal

CONÍFERAS

• Cortes anatômicos



Macerado



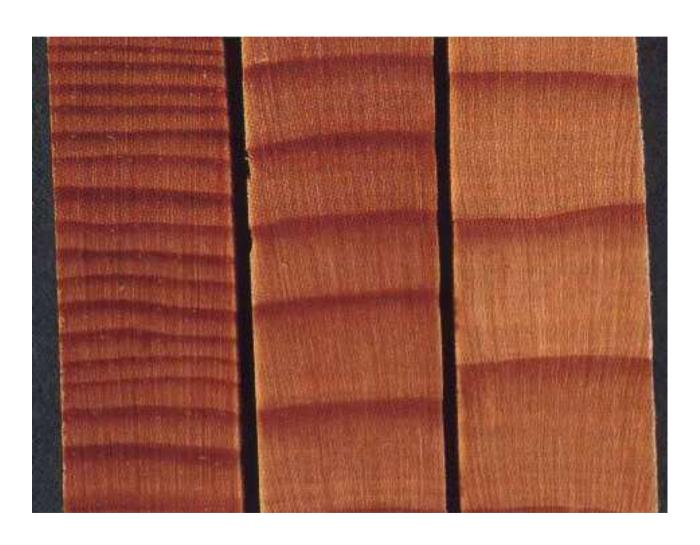
Canal de resina

Madeira de Coníferas - resumo

- Madeira macia Softwood
- Estrutura anatômica mais simples
- Fibras longas: 3-6mm
- Traqueídeos e Parênquimas
- Constituição Volumétrica: 90-95% traqueídeos

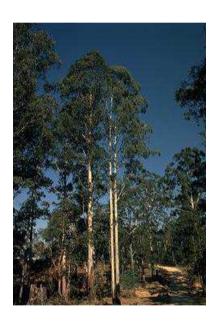
5-10% parênquimas

Madeiras de Coníferas



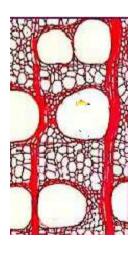
Folhosas





Folhosas

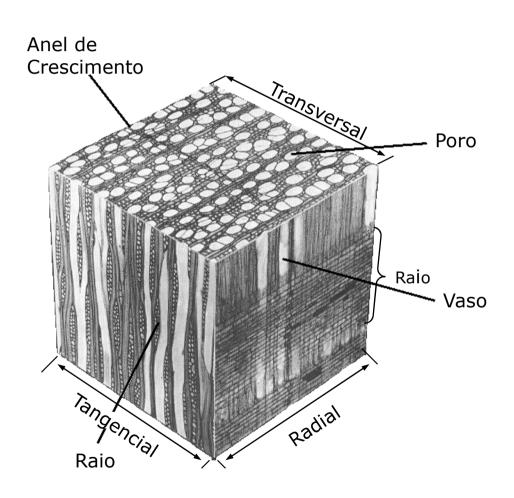
 A madeira de folhosas não é necessariamente de alta densidade, esta varia de baixa a alta.
 (200 a 1300 kg/m³).



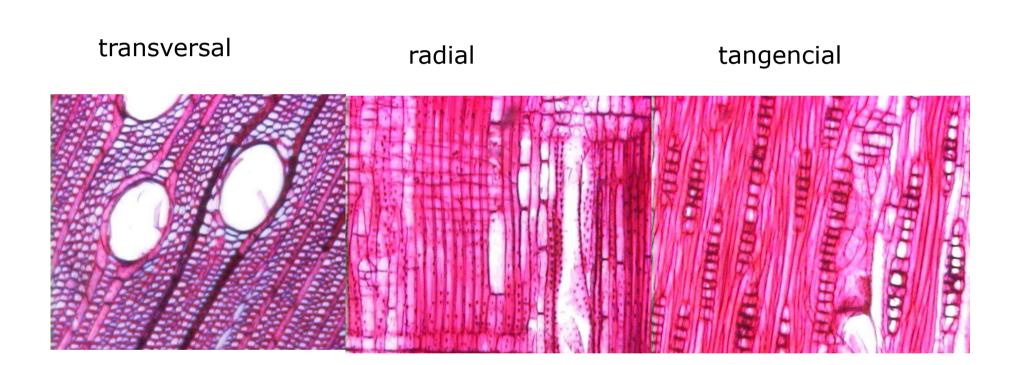




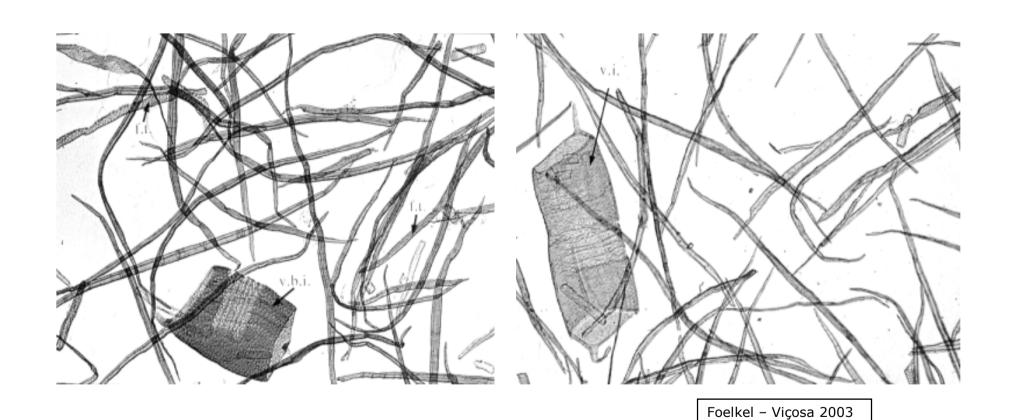
Microfotografia de Modelo de Estrutura Anatômica de Madeira de Folhosa cont EF



Vistas anatômicas de Eucalyptus saligna

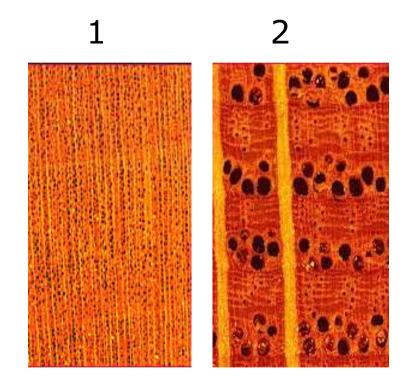


Fibras e Vasos de *Eucalyptus*

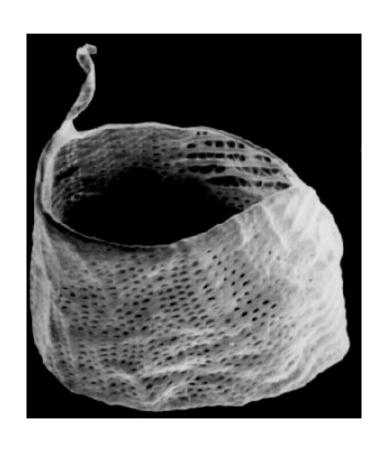


Textura

- A diferença entre lenho inicial e tardio afeta a textura da madeira.
- Folhosas com porosidade difusa - 1
- textura uniforme
- Folhosas com porosidade em anel - 2 -textura desuniforme



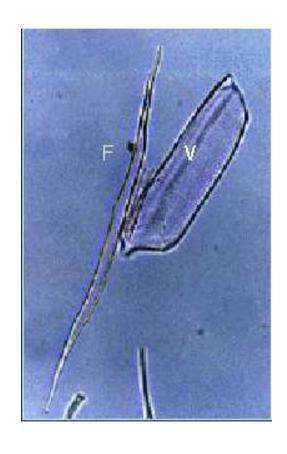
Elementos de vaso



 Elementos de vaso grandes podem afetar a qualidade superficial do papel, soltando-se durante a impressão litográfica.

Elemento de vaso do lenho inicail de carvalho

Polpas maceradas de folhosas



F - fibra V - vaso



EW - elemento de vaso lenho inicial LW - elemento de vaso lenho tardio

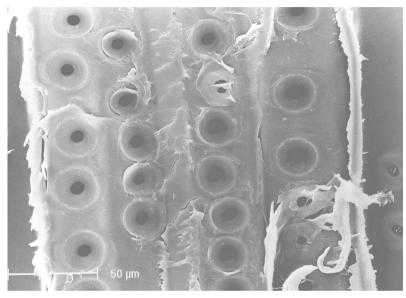
Madeira de Folhosas - resumo

- Madeira mais dura Hardwood
- Maioria das madeiras nativas brasileiras
- Vegetais mais evoluídos
- Estrutura anatômica complexa
- Fibras curtas: 0,5 a 1,5mm
- Constituição Volumétrica: Fibras 60%

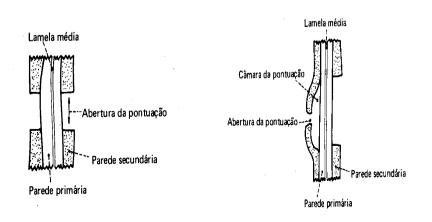
Parênquimas – 20%

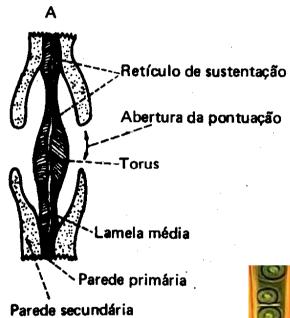
Vasos - 20%

Coníferas - Pontoações



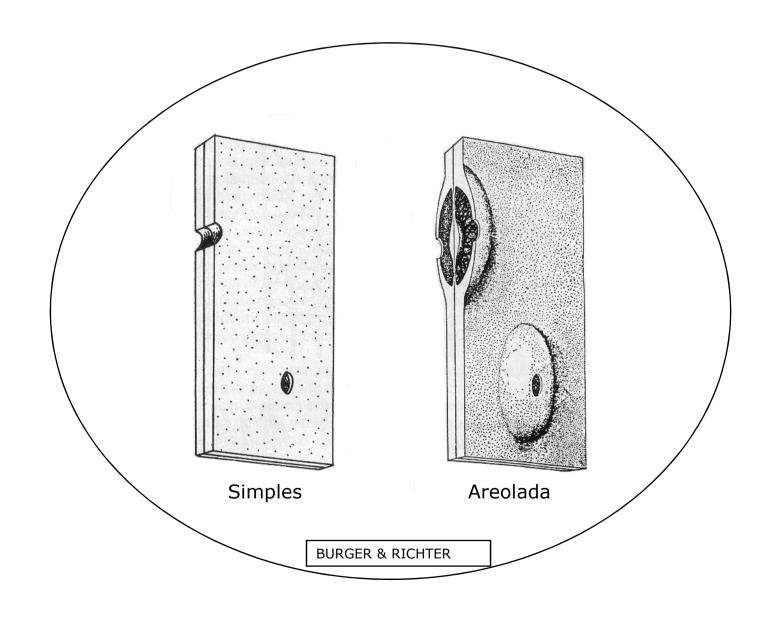
Visão geral das pontoações areoladas, corte radial



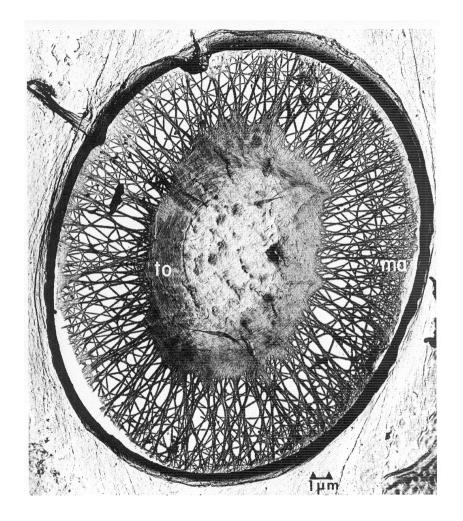




Tipos de Pontoações da Fibra

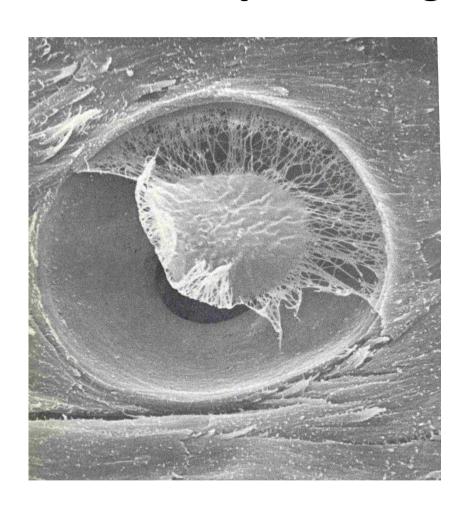


Pontoação areolada – Pinus strobus

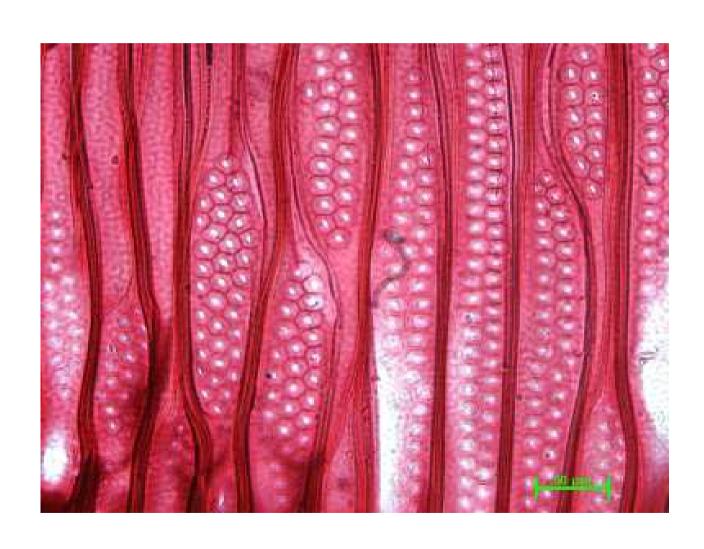


to – torus ma - margo

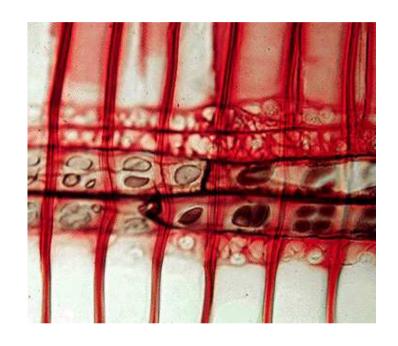
Membrana da Pontoação - Margo e Torus



Pontoações Araucaria angustifolia

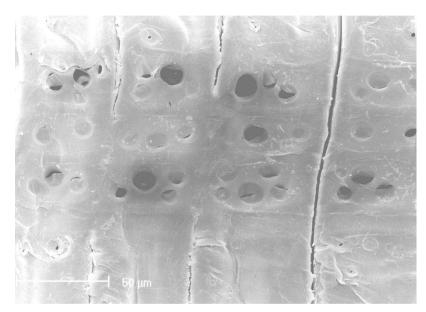


Campos de cruzamento exemplos



Tipo Fenestriforme

(corte Lâmina)



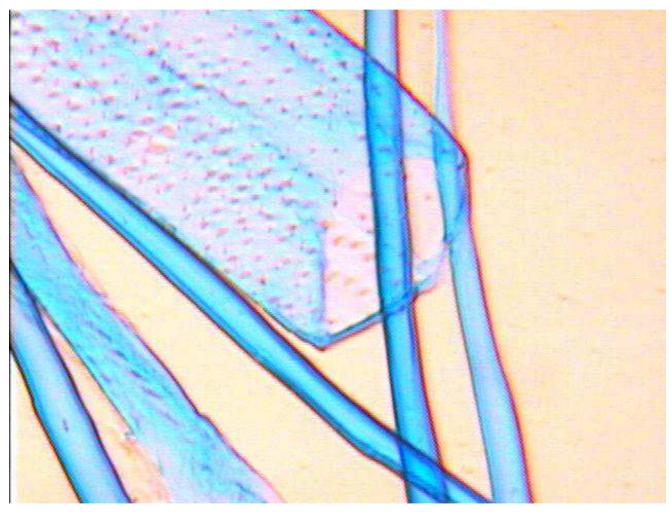
Tipo Pinóide

(Fotomicrografia)

Aspectos para a Identificação de Elementos celulares de folhosas

- Nos elementos de vaso, principalmente:
- Tipo de placa de perfuração (aberturas relativamente grandes nas extremidades que conectam os elementos de vaso).
- Pontuações entre elementos de vaso disposição e tamanho.

Elemento de Vaso e Fibras - *Eucalyptus*

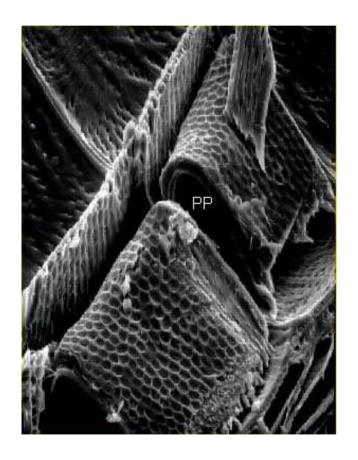


Aumento: 500X

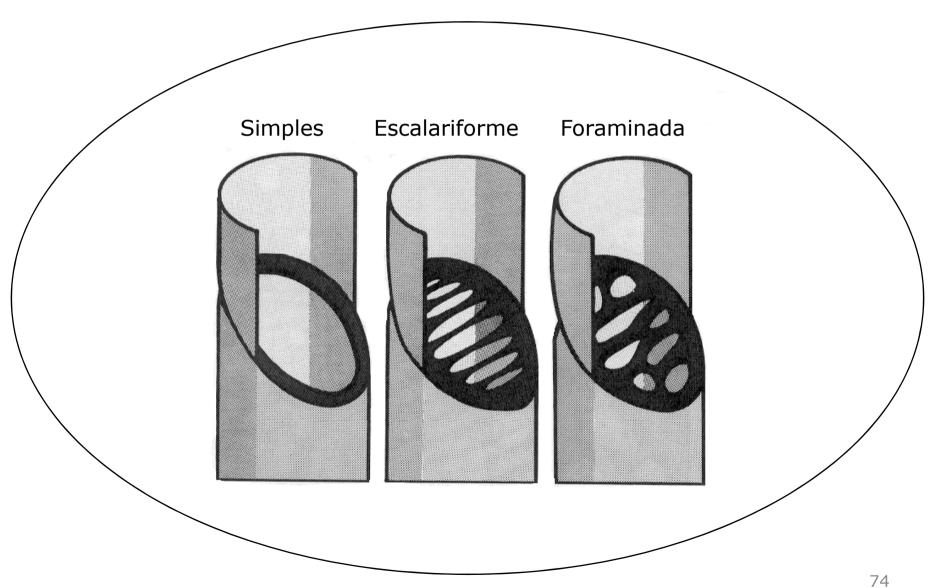
Placas de perfuração

 São as aberturas nas extremidades dos elementos de vaso.

- Placa de Perfuração simples
- apresentam-se com abertura circular simples ou eliptica.

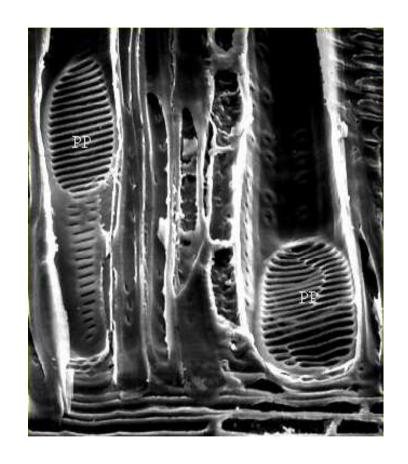


Placas de Perfuração dos Elementos de Vasos

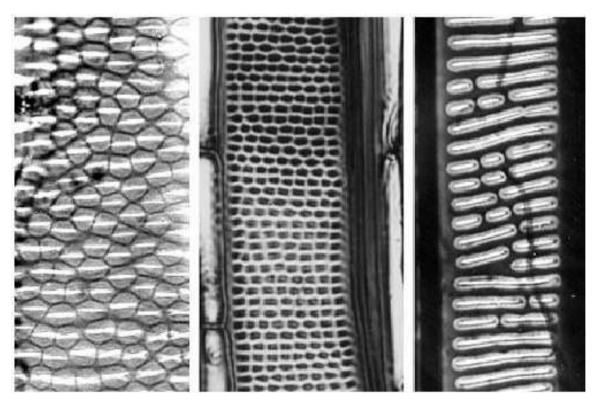


Placa de perfuração escalariforme

- Apresentam uma série de aberturas alongadas e paralelas separadas por uma ou várias barras.
- Aparentemente sugerem um impedimento à passagem de líquido entre os elementos de vasos.



Arranjo das pontoações intervasculares



ALTERNAS

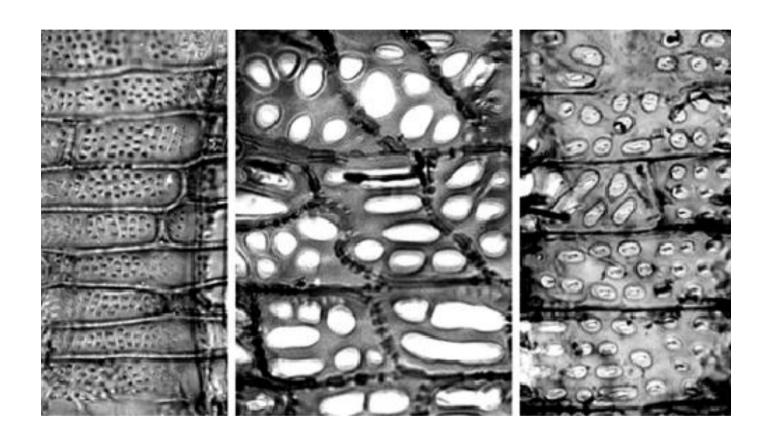
OPOSTAS

ESCALARIFORME

Outros aspectos para a Identificação de Elementos celulares de folhosas

- Pontoações elemento de vaso-parênquima: tamanho, similaridade com pontoações vaso-vaso.
- Dimensões de elementos de vaso e fibras (comprimento e largura)
- Ocorrência de espessamentos nas paredes celulares?
- Fibras com pontoações ou não?

Arranjo das pontoações vaso-parênquima



Anormalidades da Madeira

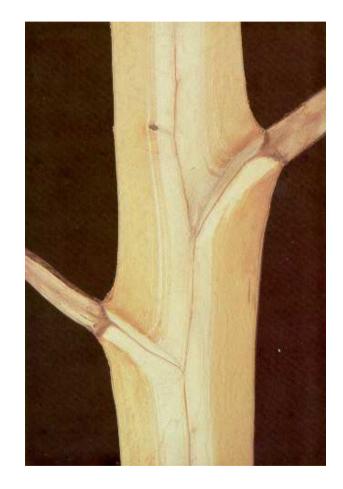
Características que afetam as propriedades da madeira

- Nós
- Tiloses em madeira de folhosas;
- Teor de extrativos (quantidade e tipo);
- Lenho de reação, que apresenta alterações em relação ao lenho normal.

Nós

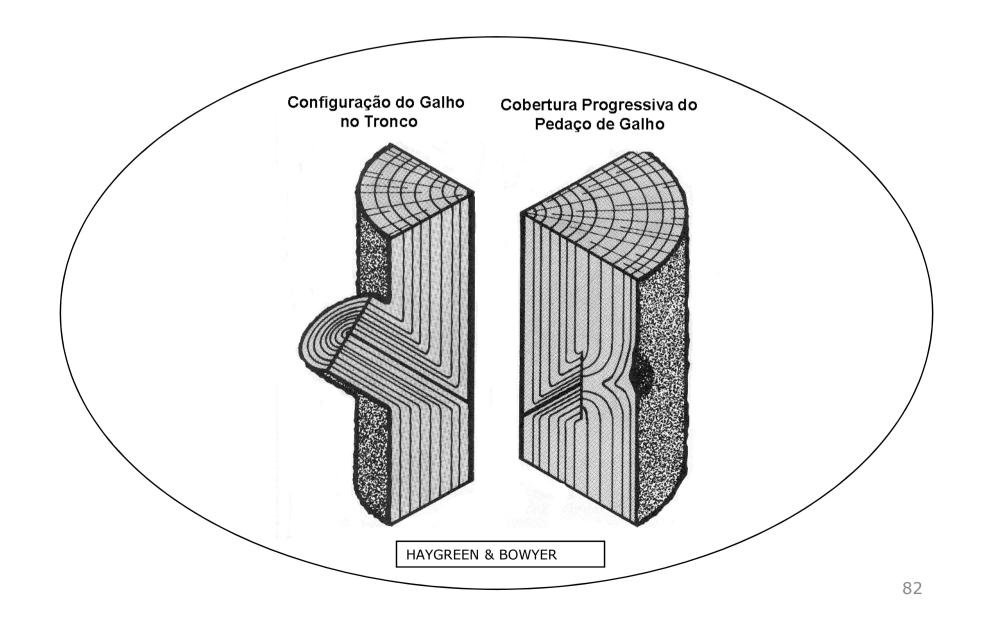
✓ Nó é a porção basal de um ramo que se encontra embebida no tronco de madeira, provocando na sua vizinhança desvios ou a descontinuidade dos tecidos lenhosos.

✓ Os nós podem ser vivos ou mortos.

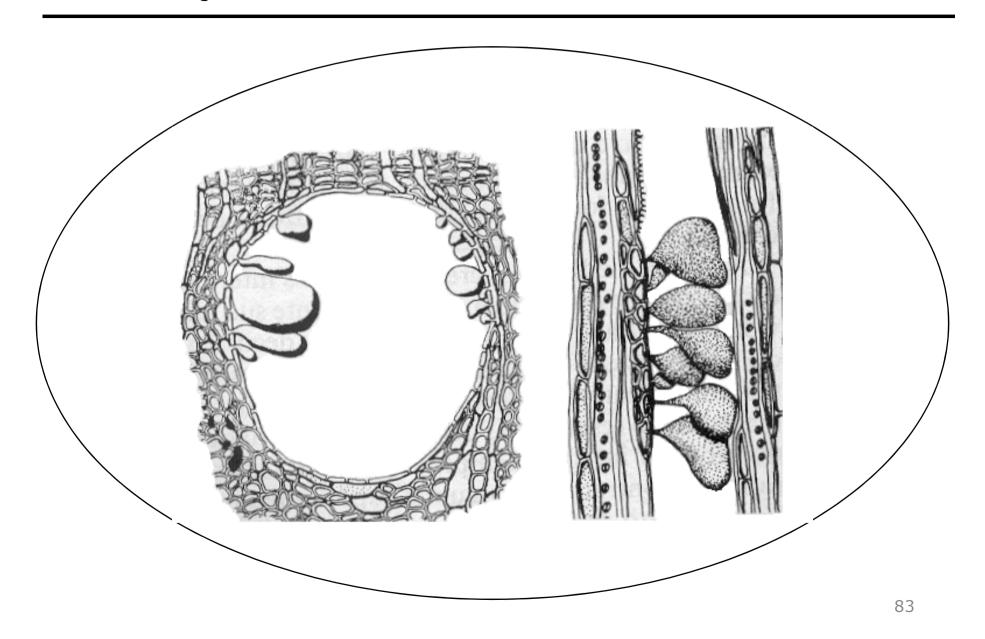


Fonte: DEF/UFV

Formação de Nós na Madeira



Formação de Tilose no Lume de Vasos



TILOSES

 Expansão da parede celular de célula de parênquima adjacente a um elemento de vaso, através da abertura de uma pontoação, bloqueando parcial ou totalmente o lume do vaso.



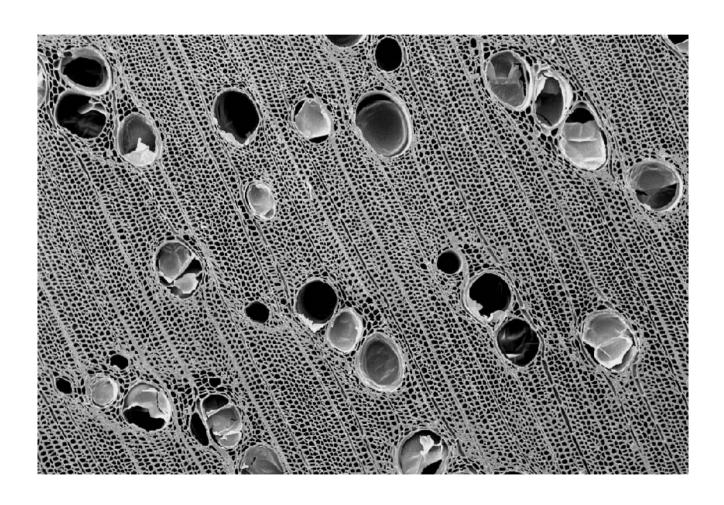
Efeito dos tilos na madeira



- Fechamento dos vasos causando baixa permeabilidade da madeira;
- Se abundante, dificulta a secagem, a impregnação com produto de preservação ou de estabilização dimensional da madeira,
- Diculta a impregnação de licor de cozimento na obtenção de polpas celulósicas.

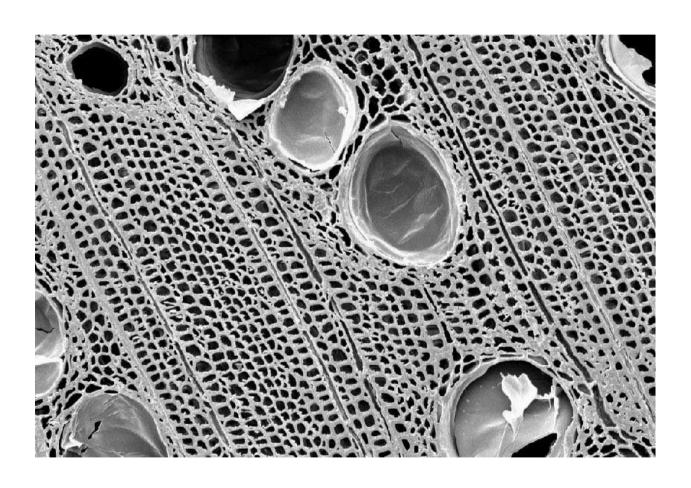
Presença de Tilose no Cerne de

Eucalyptus – 200X

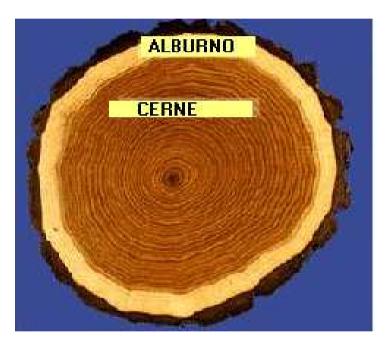


Presença de Tilose no Cerne de

Eucalyptus – 500X



EXTRATIVOS NO CERNE

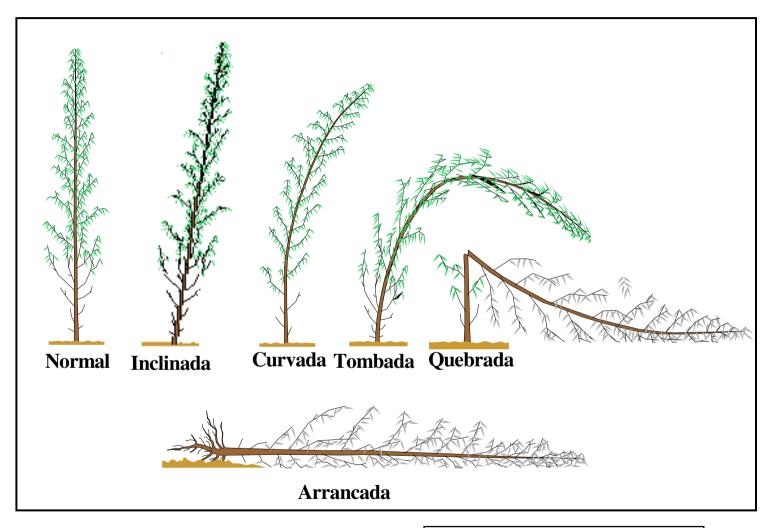


- Os efeitos podem ser:
- Coloração da madeira;
- Revestem as paredes celulares e passagens de água;
- Diminuem a permeabilidade;
- Reação com colas e tintas de acabamento.

Ocorrência de lenho de Reação

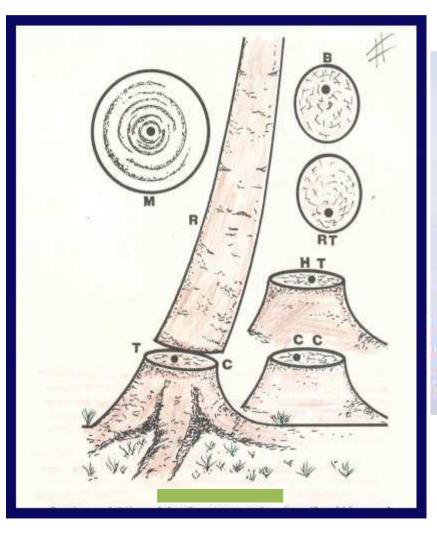
- É um fenômeno natural: as árvores formam madeira com células de paredes alteradas quando é flexionada, ou cresce em terreno em declive, ou ainda sem razão aparente;
- A função é corrigir a curvatura, manter o tronco na vertical, também ocorre em galhos, mantendo os seus ângulos.
- Em folhosas é formado na parte superior dos galhos ou na parte que é tracionada - Lenho de Tração ou Tensão.
- Em coníferas é formado na partes inferior dos galhos ou na porção que é comprimida Lenho de Compressão.

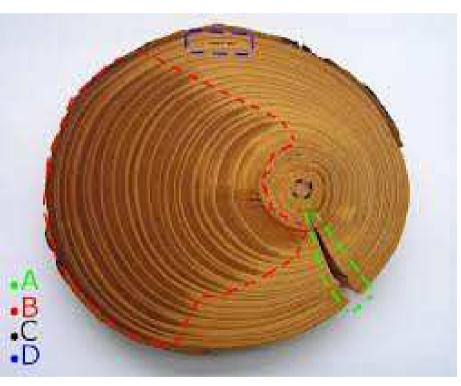
Árvores Afetadas pelos Ventos



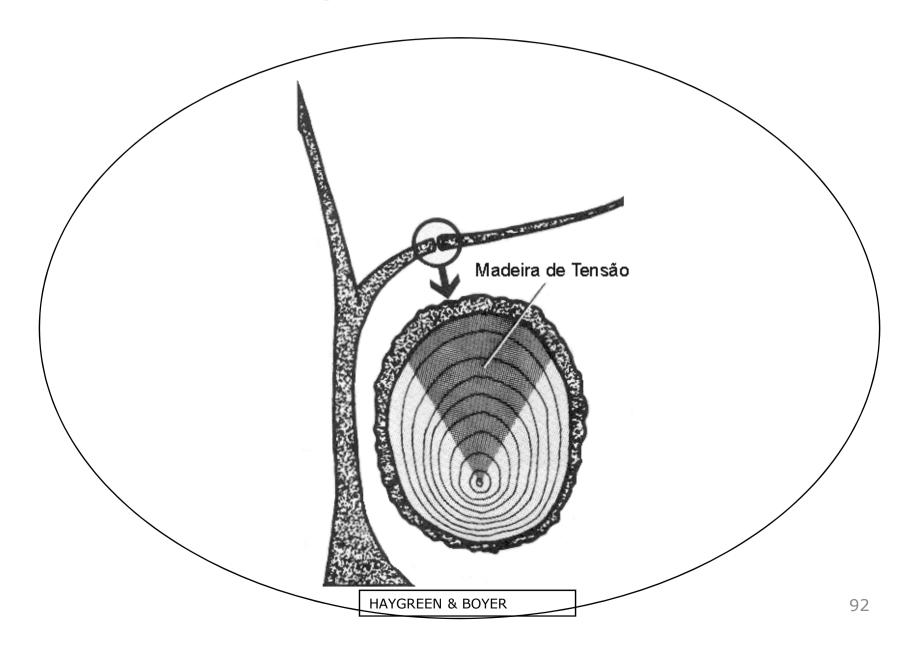
ROSADO, M.A. – Lato Sensu, UFV2006

Lenho de Reação





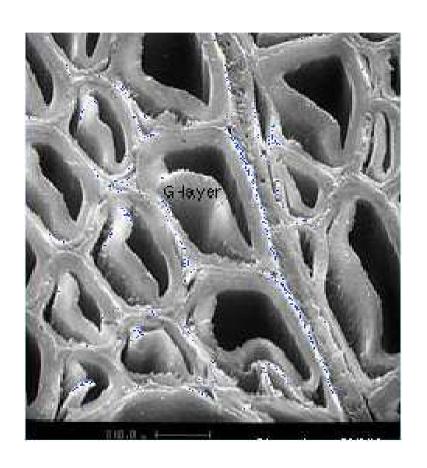
Madeira de Tração em Folhosa

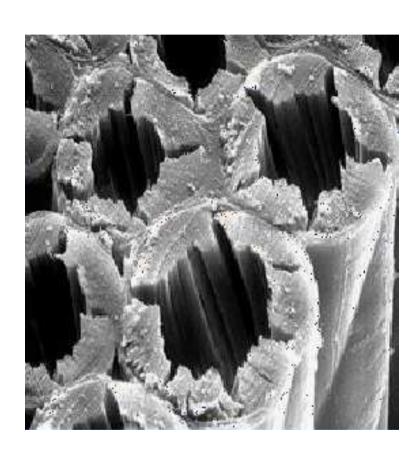


Efeito de Ventos em Floresta de *Eucalyptus* – Vale Paraíba, SP



LENHO DE REAÇÃO





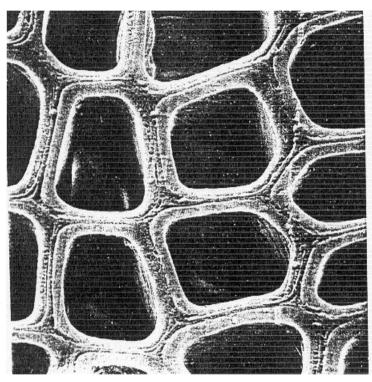
Lenho de tração – folhosas / Lenho de compressão - coníferas

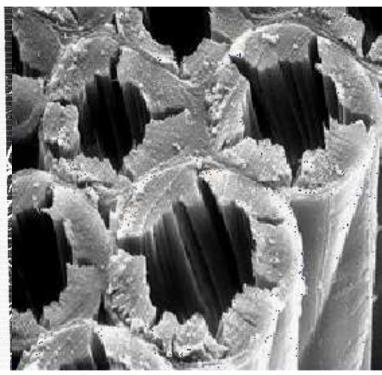
Madeira Anormal - Compressão

Madeira de Compressão (coníferas)

- Parte inferior troncos inclinados e de galhos
- Traqueóides menores
- Formato circular dos traqueóides (transversal)
- Espaços intercelulares
- Parede mais espessa
- Densidade mais elevada
- Mais lignina e menos celulose
- Polpa de celulose mais escura
- Menor rendimento de polpação
- Branqueamento mais difícil
- Propriedades inferiores de resistências da polpa

Madeira Normal e de Compressão





NORMAL

COMPRESSÃO

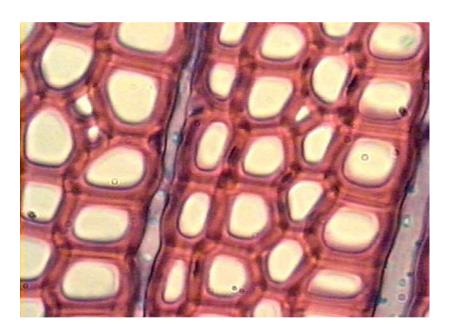
Fibras circulares, espaços interfibras e fissuras helicoidais

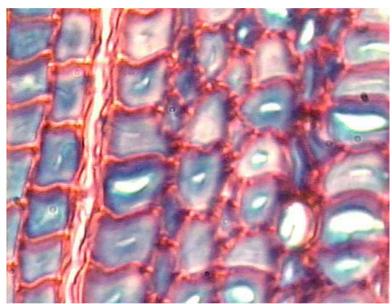
Madeira Anormal - Tração

Madeira de Tração (folhosas)

- Parte superior troncos inclinados e de galhos
- Camada gelatinosa após S₃
- Mais celulose e menos lignina
- Major rendimento
- Mais galactanas e menos xilanas
- Vasos menores e menos frequentes
- Densidade mais elevada
- Propriedades resistência inferiores

Madeira *Eucalyptus*





Normal - Tração

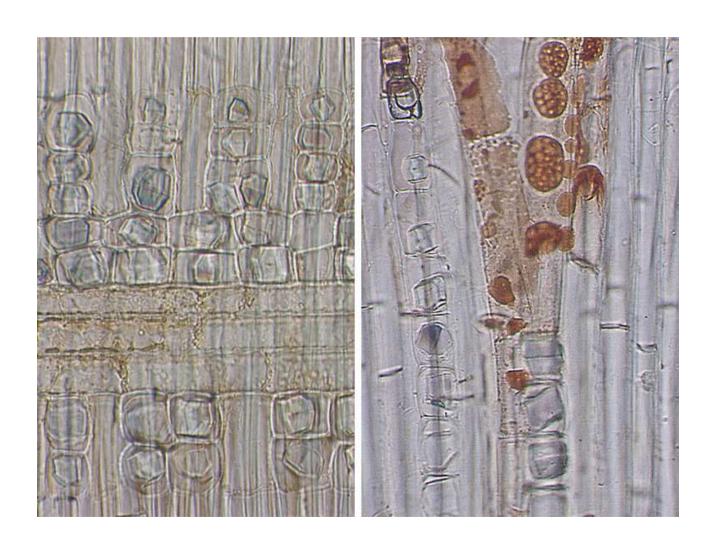
LENHO DE REAÇÃO

folhosas	,
----------	---

coníferas

Composição Química	Lignificação variável das fibras do lenho de tensão. A camada G é levemente lignificada. Alto conteúdo de celulose. Baixo conteúdo de lignina. Maior quantidade de galactanas que o normal. Menor quantidade de xilanas do que o normal.	Lignina extra depositada entre as camadas S ₁ e S ₂ . Baixo conteúdo de celulose. Alto conteúdo de lignina. Maior quantidade de galactanas que o normal. Menor quantidade de galactoglucomananas do que o normal.
--------------------	--	---

Material Inorgânico



Cristais

EX.01 – PARA RESPONDER E ENTREGAR

- 1. Função das células em coníferas e folhosas.
- 2. Cite 5 diferenças entre a madeira juvenil e adulta?
- 3. O que é pontoação? Cite os tipos.
- 4. Diferencie cerne de alburno?
- 5. Qual a importância do câmbio?
- 6. Tilose faça o esquema.
- 7. Cite diferenças entre o lenho de reação de coníferas e folhosas.