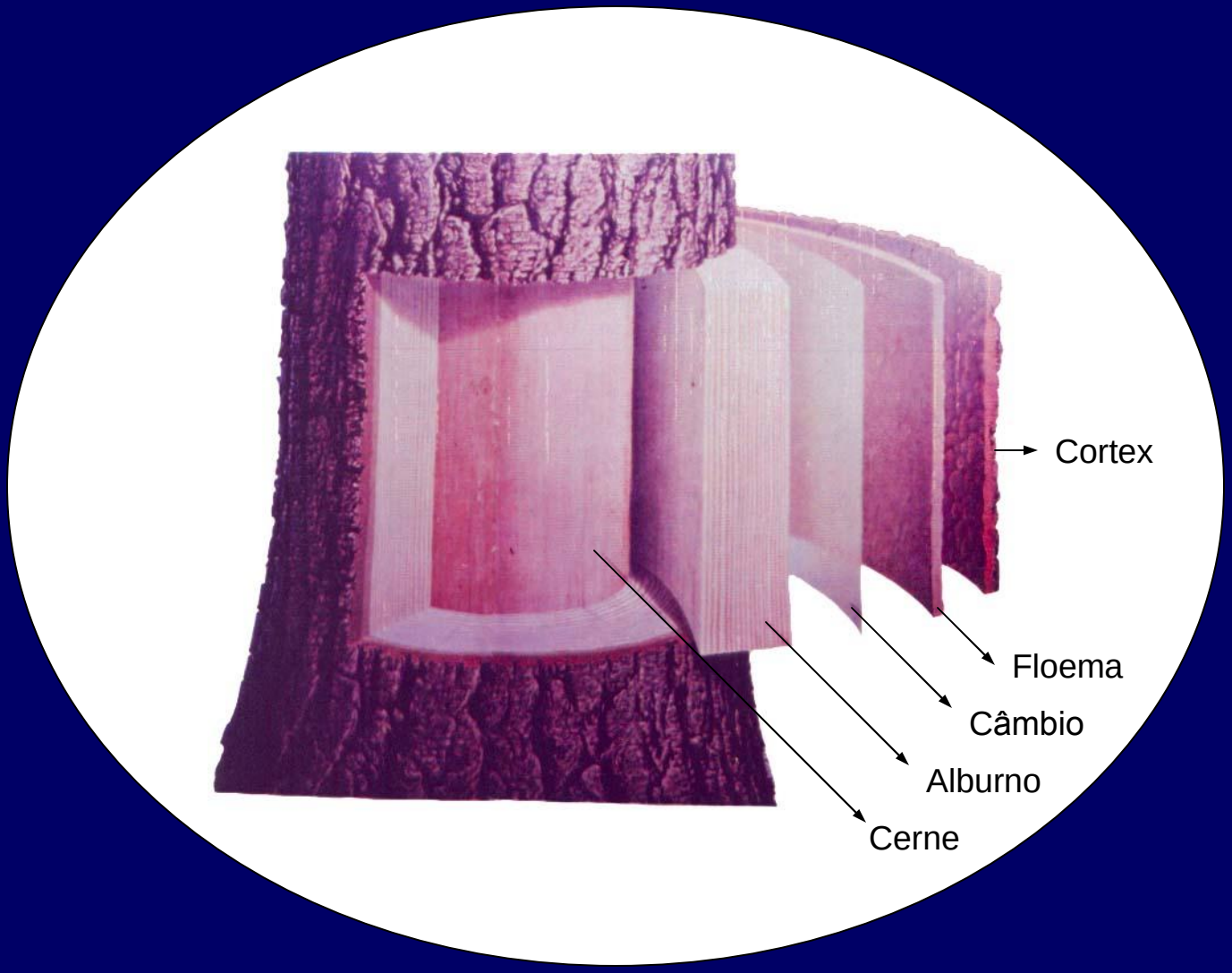
Estrutura Anatômica da Madeira

Laboratório Celulose e Papel

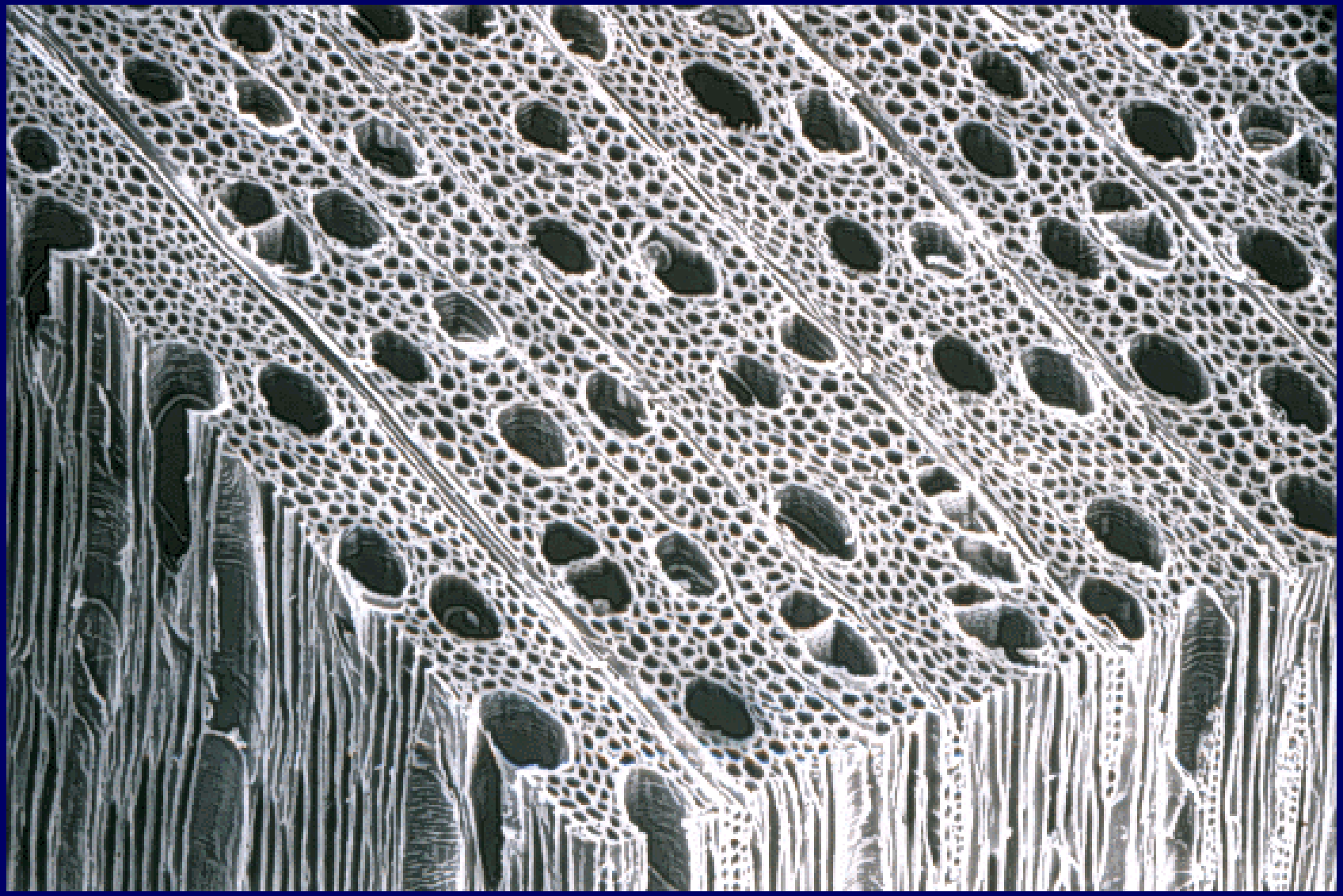
UFV

Tronco de Madeira: Casca - Alburno - Cerne

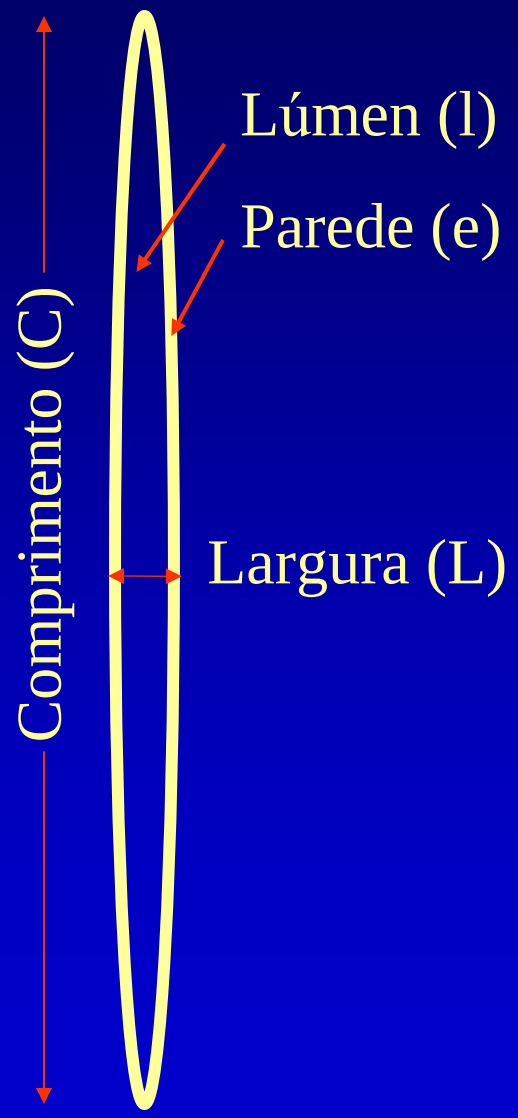
Estrutura do Tronco da Árvore



Microfotografia de Modelo de Estrutura Anatômica de Madeira de Folhosa



Fibra de Madeira



Índice de Enfeltramento = Comprimento / Largura

Coef. de Flexibilidade = (Diâmetro Lúmen / Largura) x 100

Fração Parede = (2 x Espessura Parede / Largura) x 100

Índice de Runkel = 2 x Espessura parede / Diâmetro Lúmen

Estrutura Anatômica das Madeiras de Folhosas

- Estrutura mais complexa. Células com funções especializadas
- Fibras: 60-75% volume

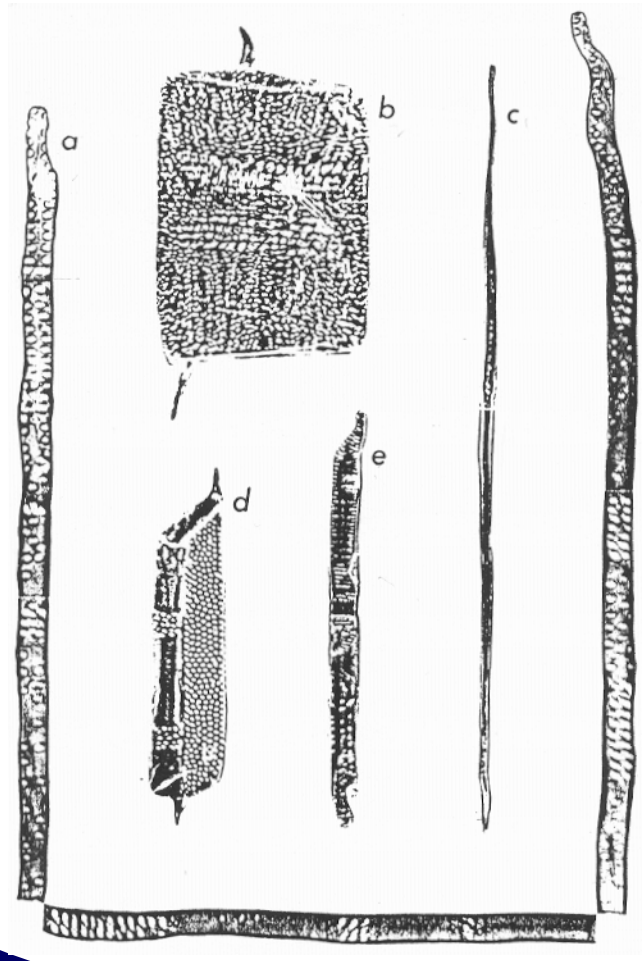
  0,8-1,6 mm comprimento

  14-40 μm largura

  3-5 μm espessura de parede
- Parênquimas: 5-30% volume
- Elementos de vasos: 0,3-0,6 mm comprimento

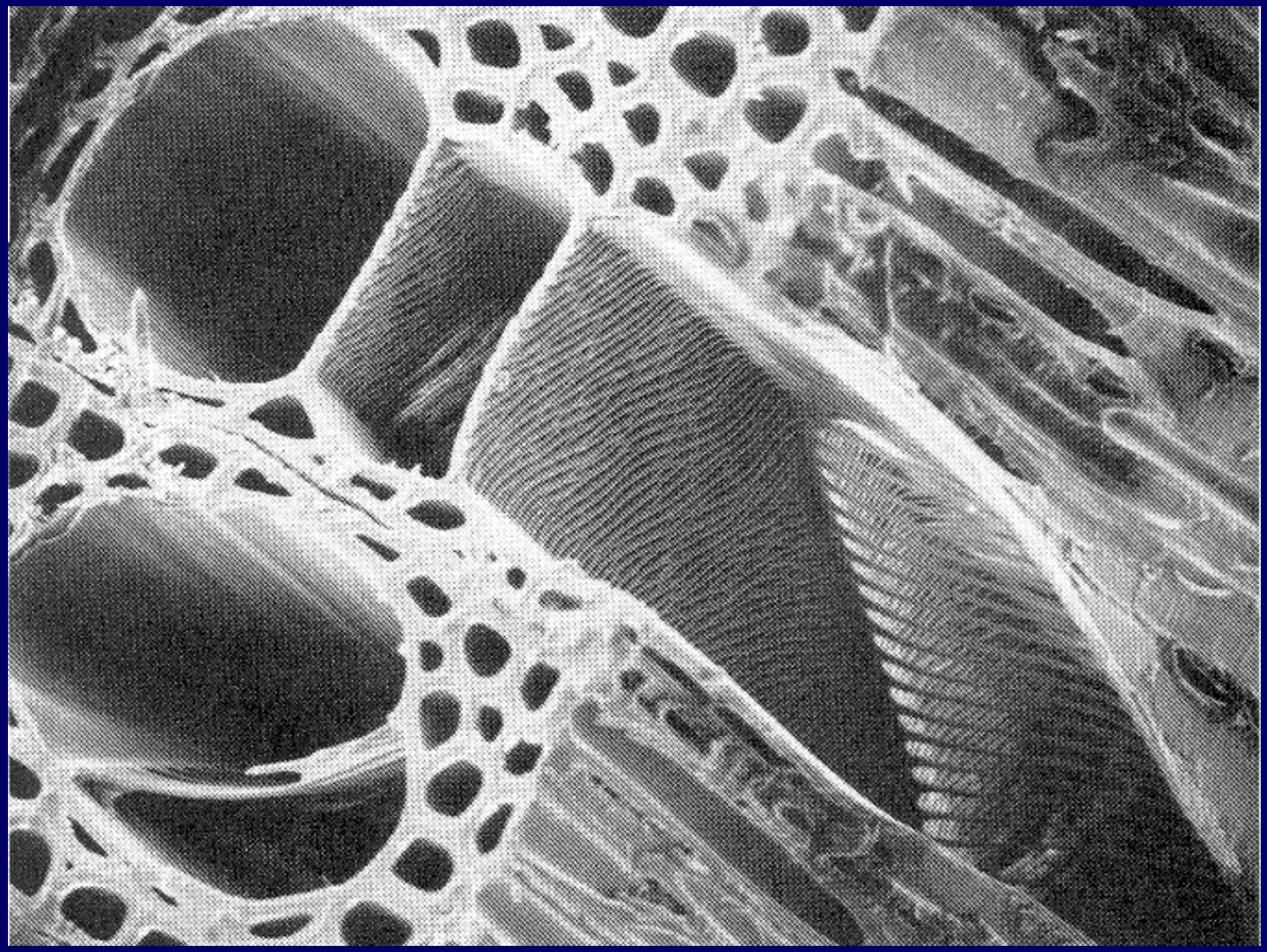
  30-150 μm largura

Células da Madeira de Folhosas e Conífera

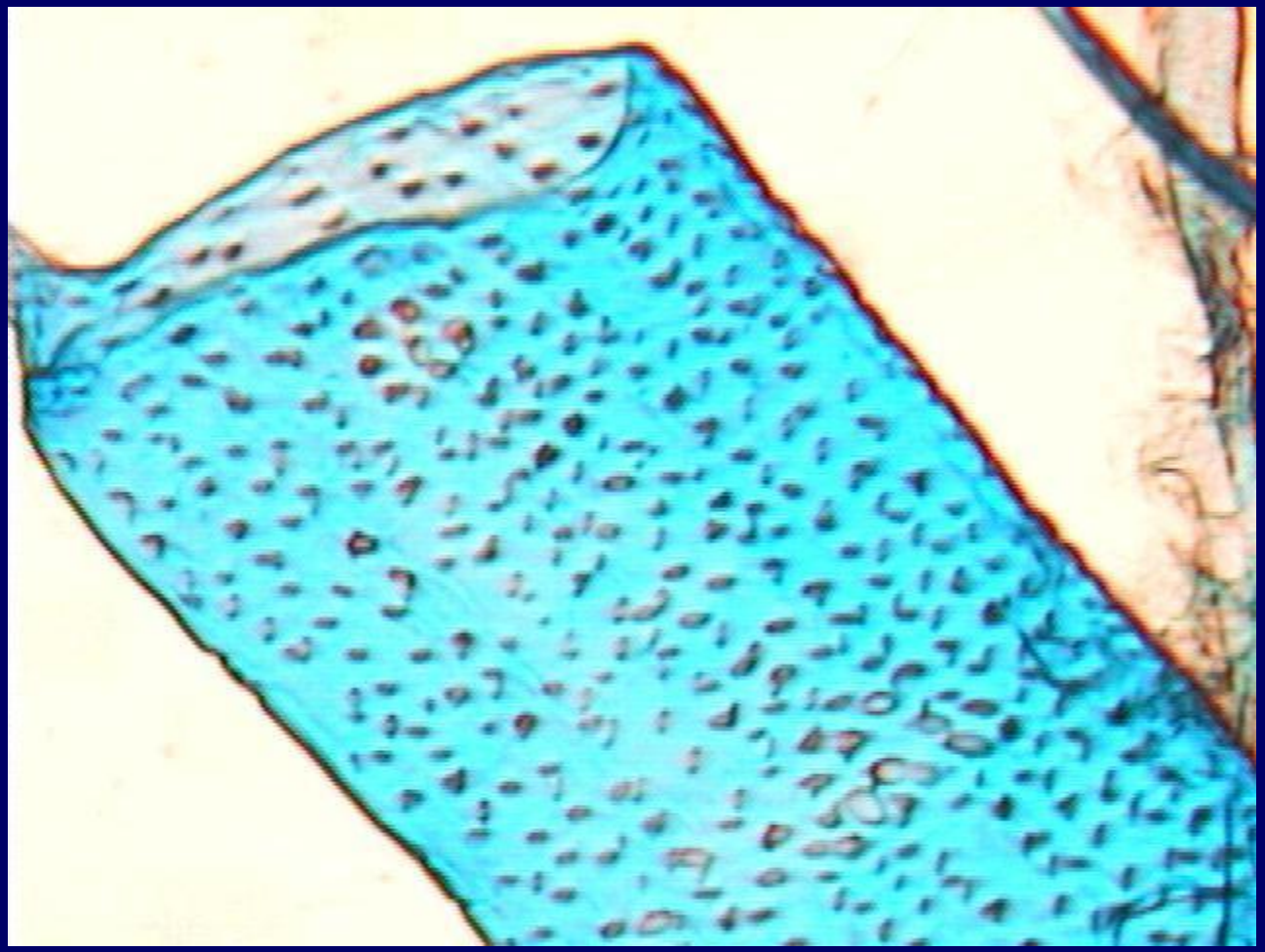


(a) - traquóide de conífera
(b, d, e) - elementos de vasos
(c) - fibra libriforme de folhosas

Vasos com Perfuração Escalariforme

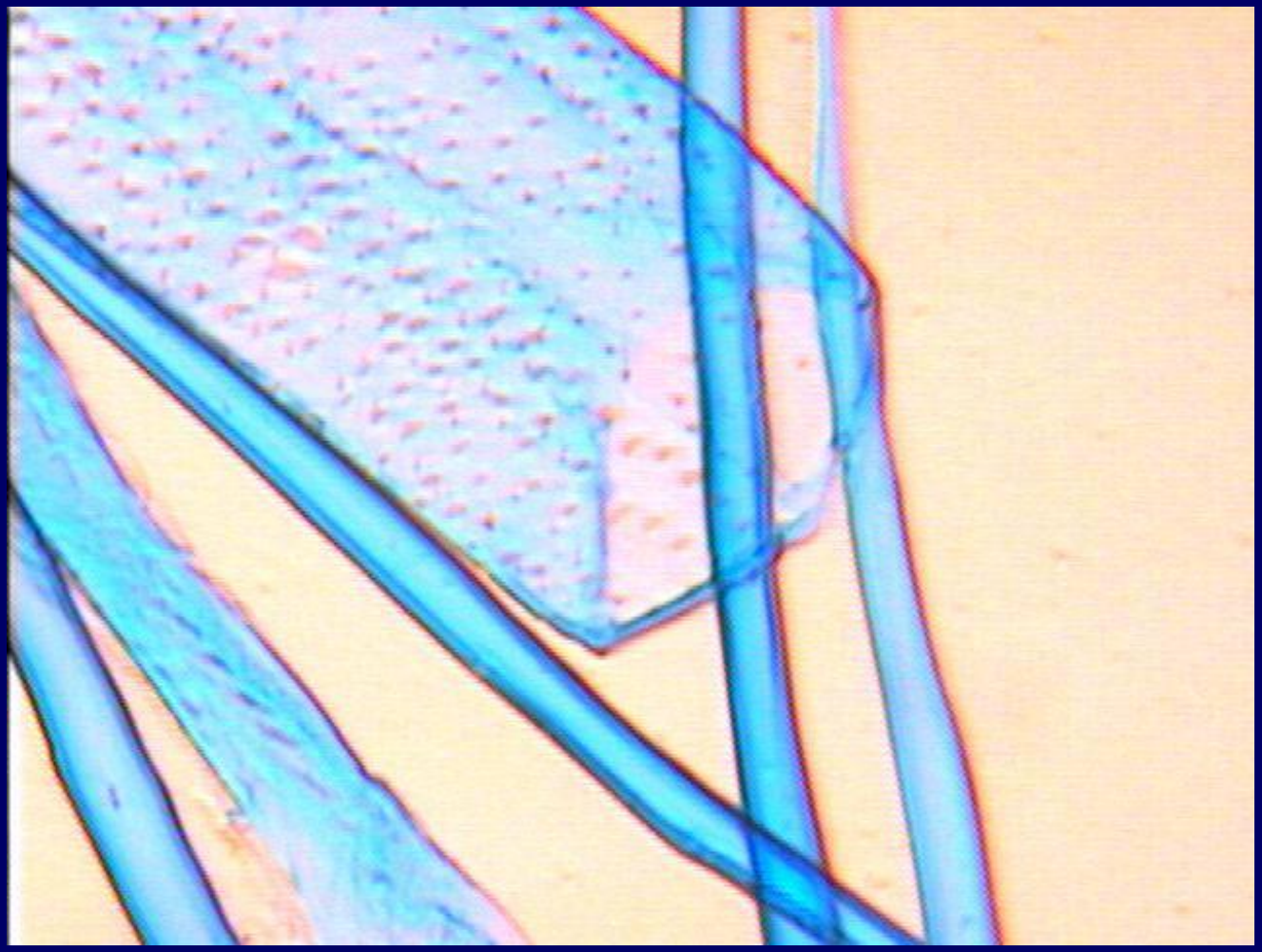


Elemento de Vaso - *Eucalyptus*



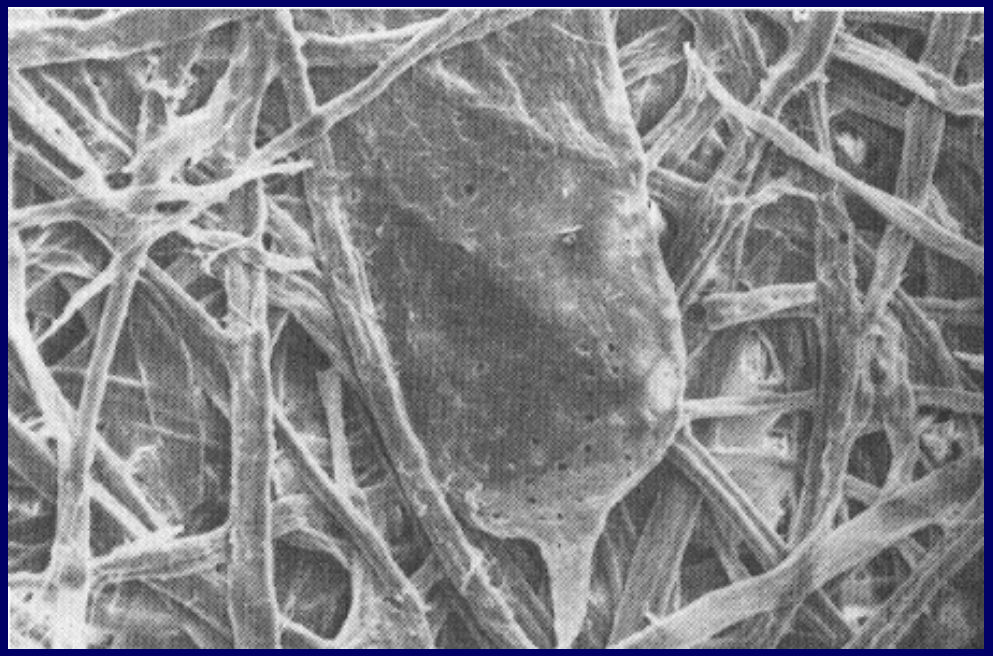
Aumento: 500X

Elemento de Vaso e Fibras - *Eucalyptus*

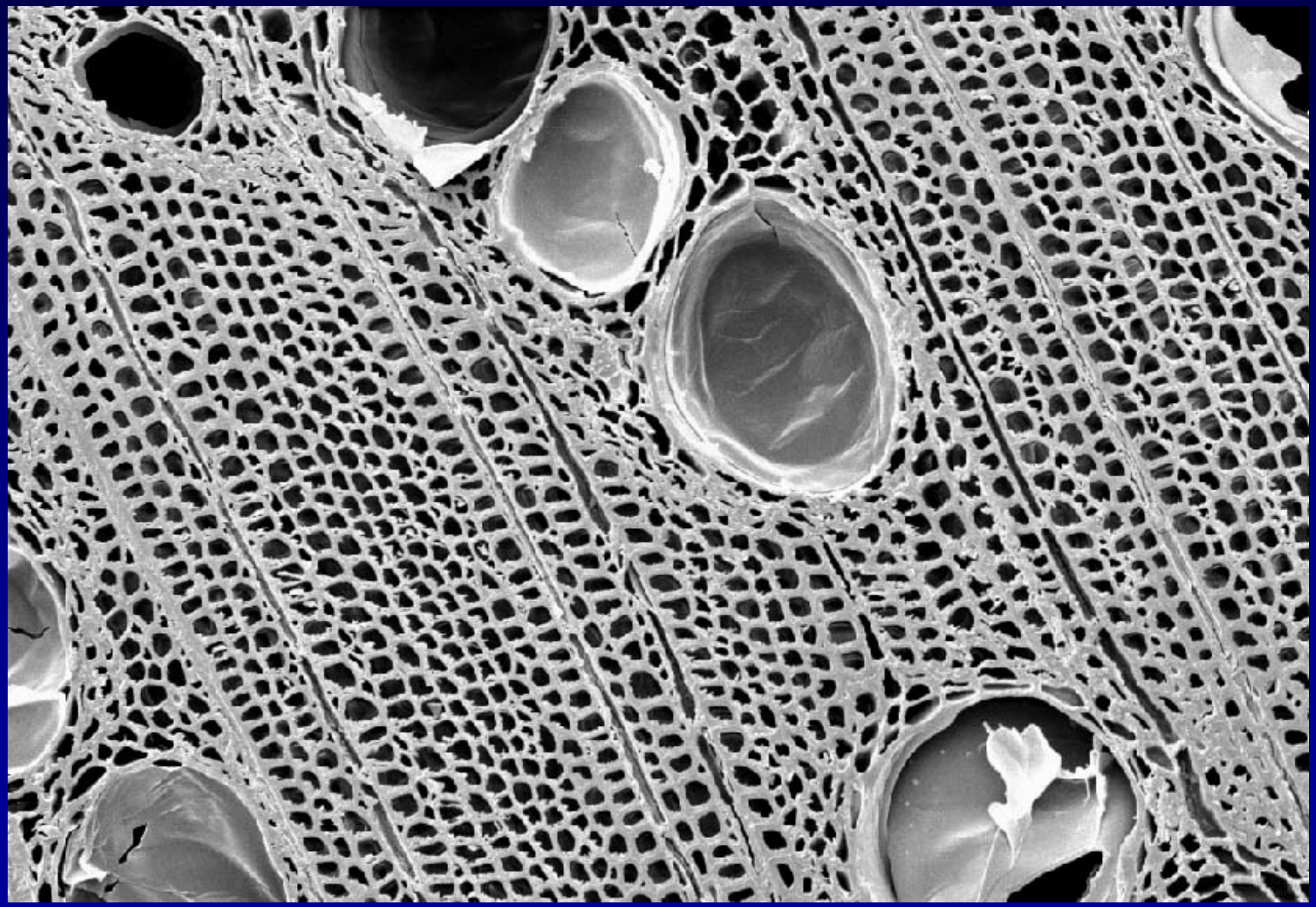


Aumento: 500X

Vaso e Fibras na Superfície do Papel



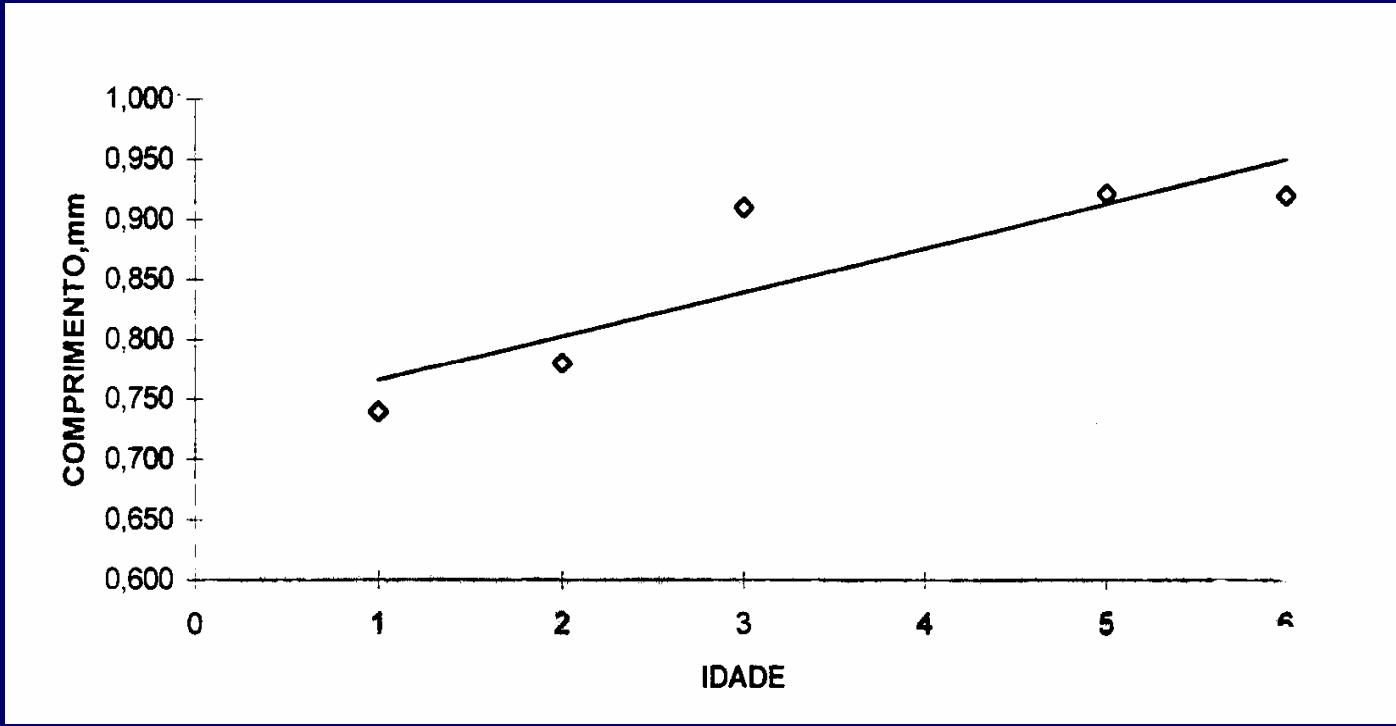
Presença de Tilose no Cerne de *Eucalyptus* – 500X



Algumas Características da Constituição Anatômica da Madeira de Importância na Produção de Celulose

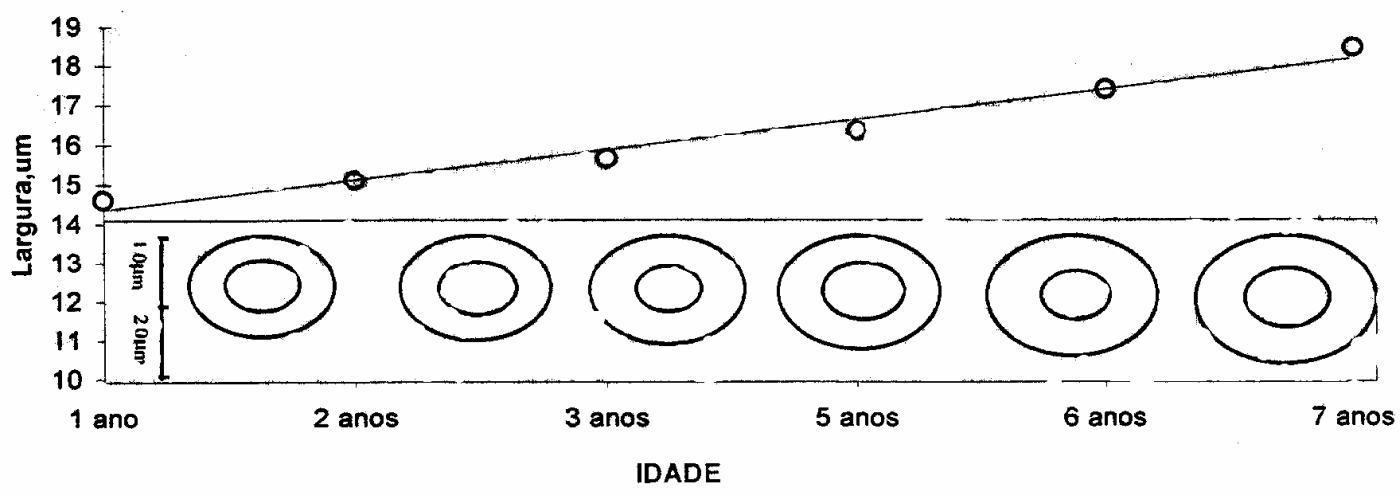
Variação Comprimento Fibras com Idade

E. urograndis



FRANCIDES - 1997

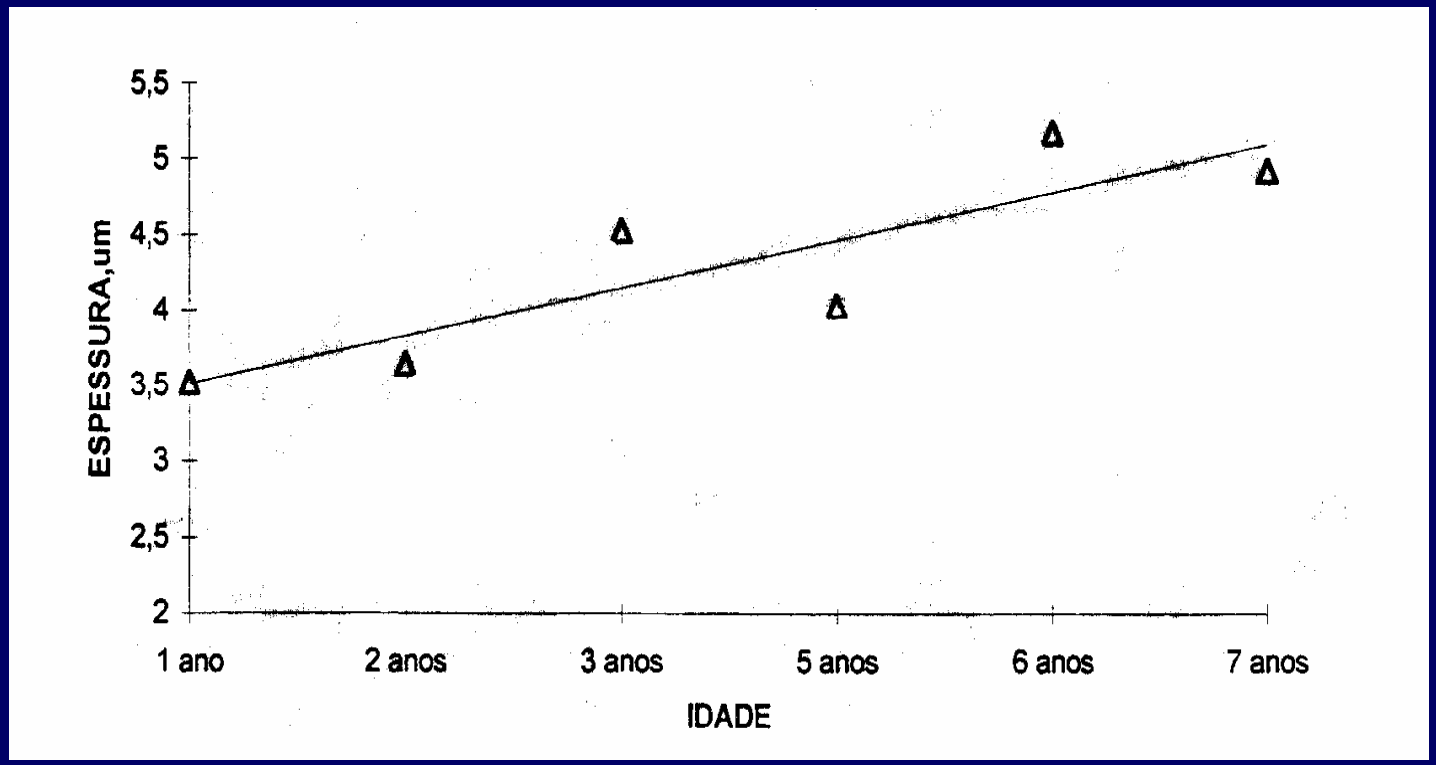
Largura da Fibra com Idade – *E. urograndis*



FRANCIDES, 1997

Espessura da Parede das Fibras

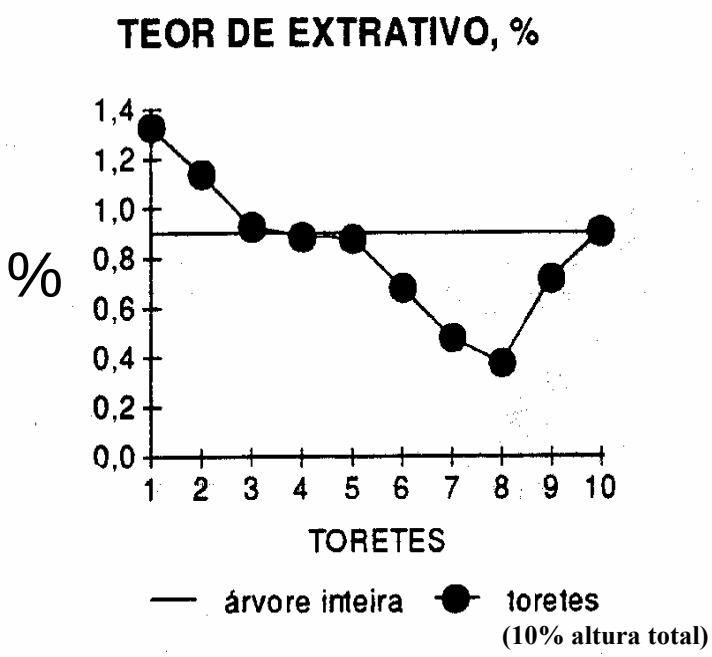
E. urograndis

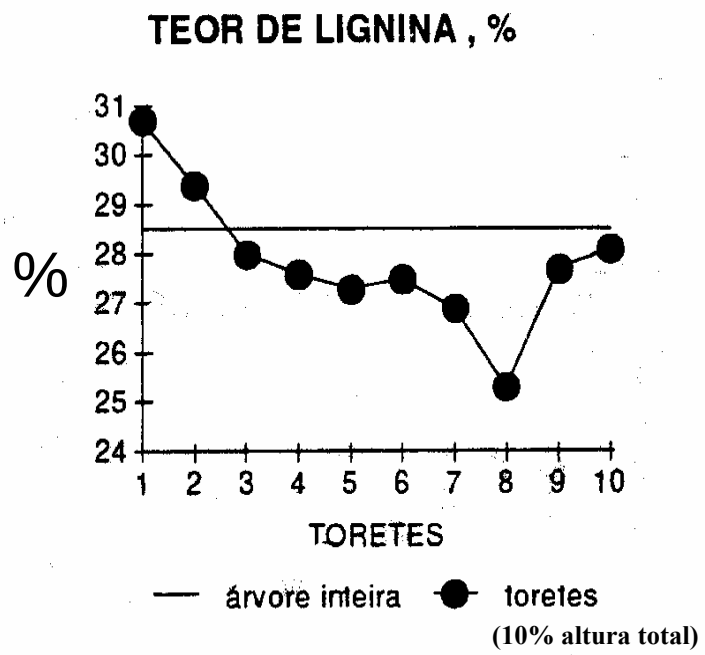


FRANCIDES, 1997

Extrativos e Lignina ao Longo do Tronco

E. grandis

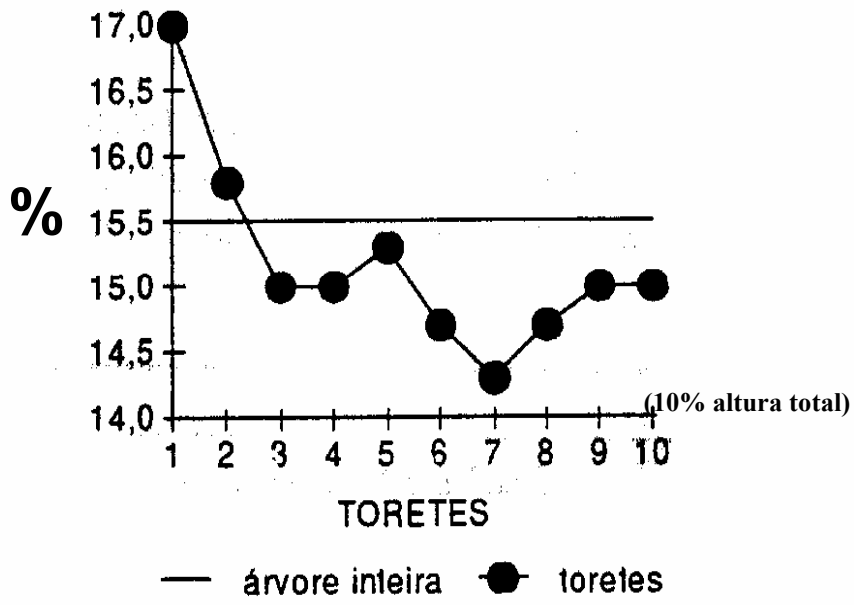


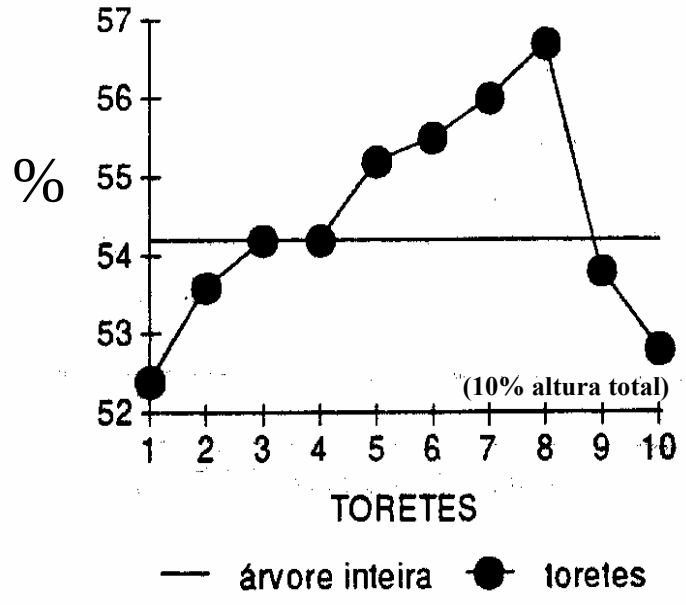


CARNEIRO – Bahia Sul

Carga de Álcali e Rendimento ao Longo do Tronco

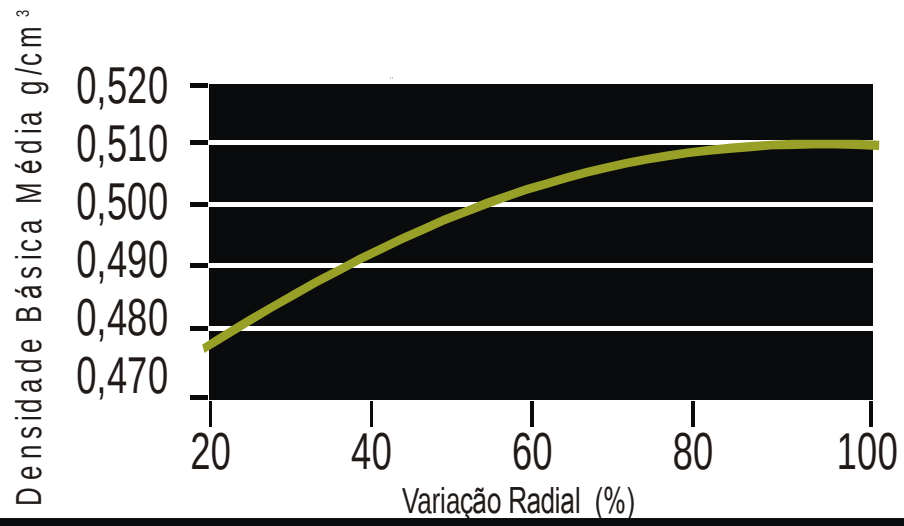
Eucalyptus grandis





RESULTADOS E DISCUSSÃO

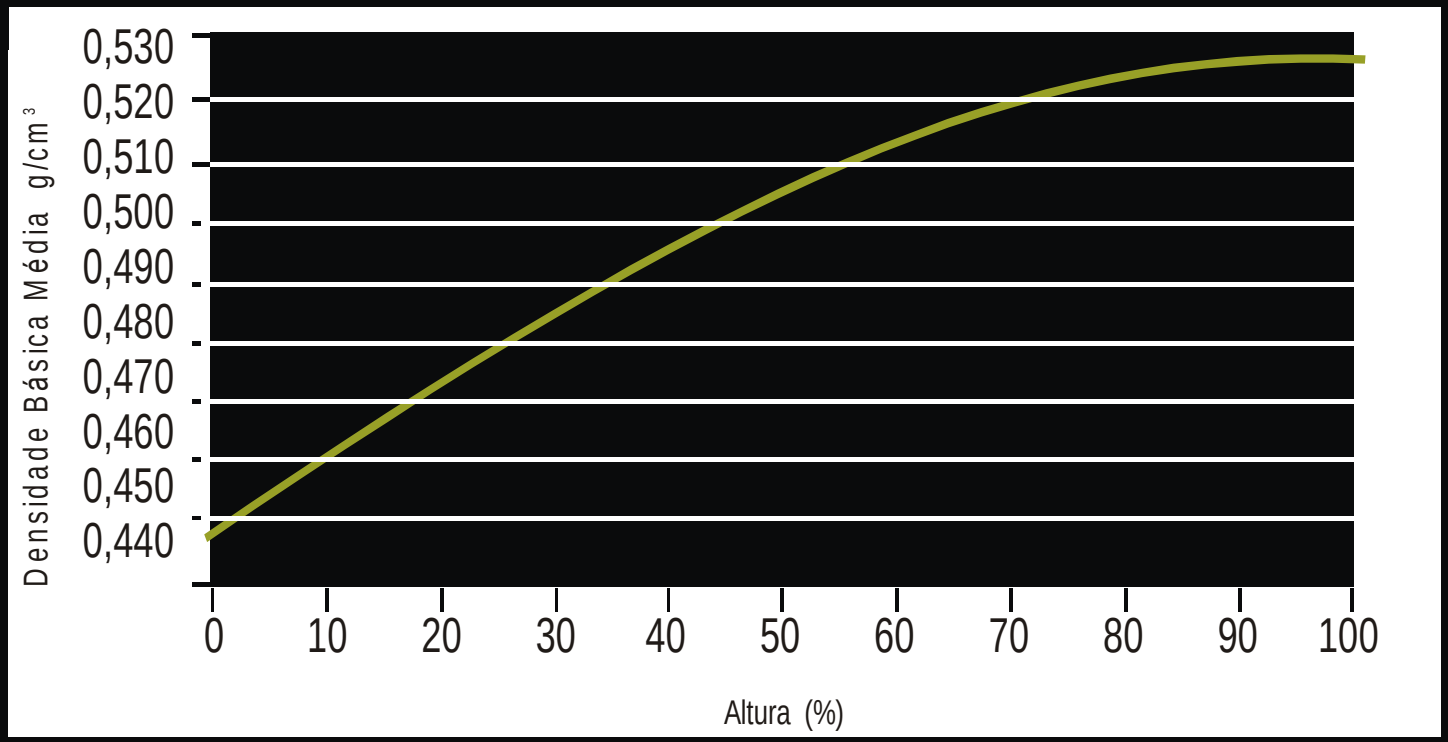
Figura 2: Variação Radial da Densidade *Eucalyptus globulos*



LAZARETTI – ABTCP 2003

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 3: Variação da Densidade em Função da Altura: *Eucalyptus globulus*



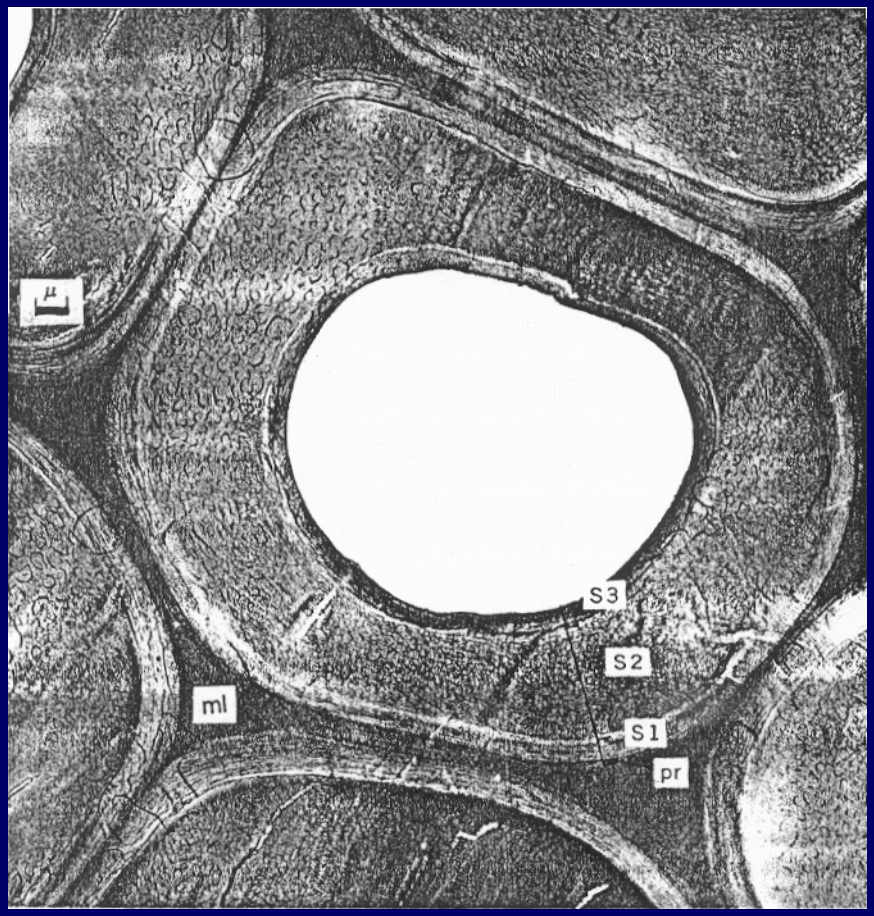
Clones de Eucalyptus – Fibras

Eucalyptus	Comprimento mm	Largura µm	Lúmem µm	Coarseness mg/100m	Fibras/g 10^6
globulus	0,8	21	12	6,7	25
nitens	0,8	20	12	5,0	38
urograndis	1,0	20	11	5,2	31
urograndis	1,0	19	9	6,2	26
grandis	1,0	22	13	4,6	34
grandis	0,9	22	12	5,7	28
grandis	0,9	22	12	5,6	29
grandis	0,9	21	11	4,9	32
urophylla	1,0	21	11	6,1	26
urophylla	0,9	18	8	6,5	25
Mínimo	0,8	18	8	5	25
Máximo	1,0	22	13	7	38

MOKFIENSKI, 2003

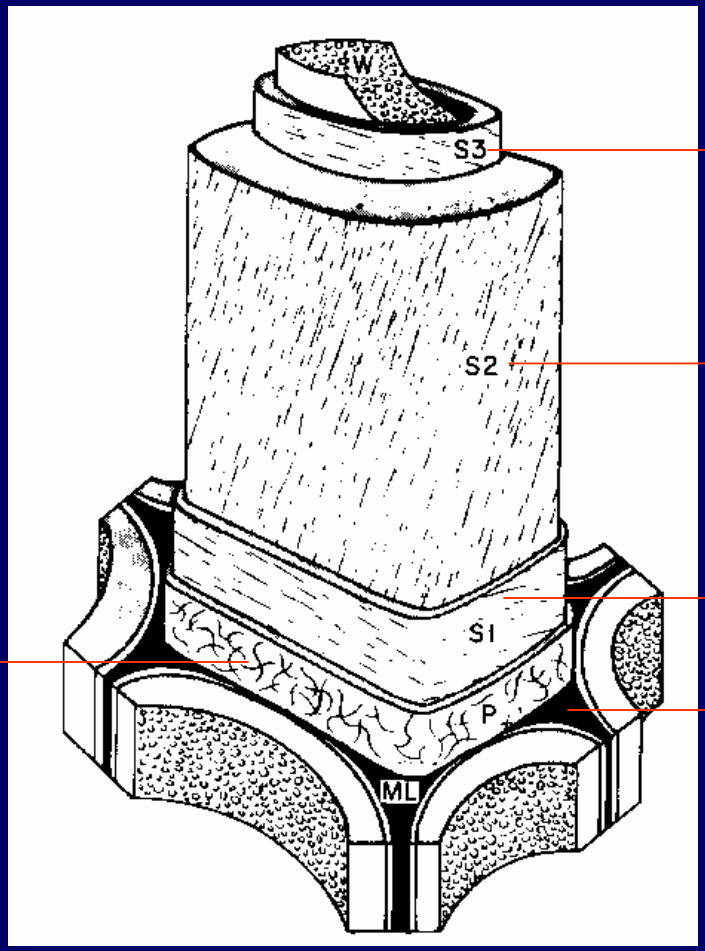
Ultraestrutura da Fibra

Seção Transversal de Traqueídeo de Conífera



S1, S2 e S3 - Camadas da parede secundária
pr - Parede primária
ml - Lamela média

Modelo de uma Fibra de Conífera Mostrando a Organização Estrutural das Microfibras nas Paredes



S3

S2

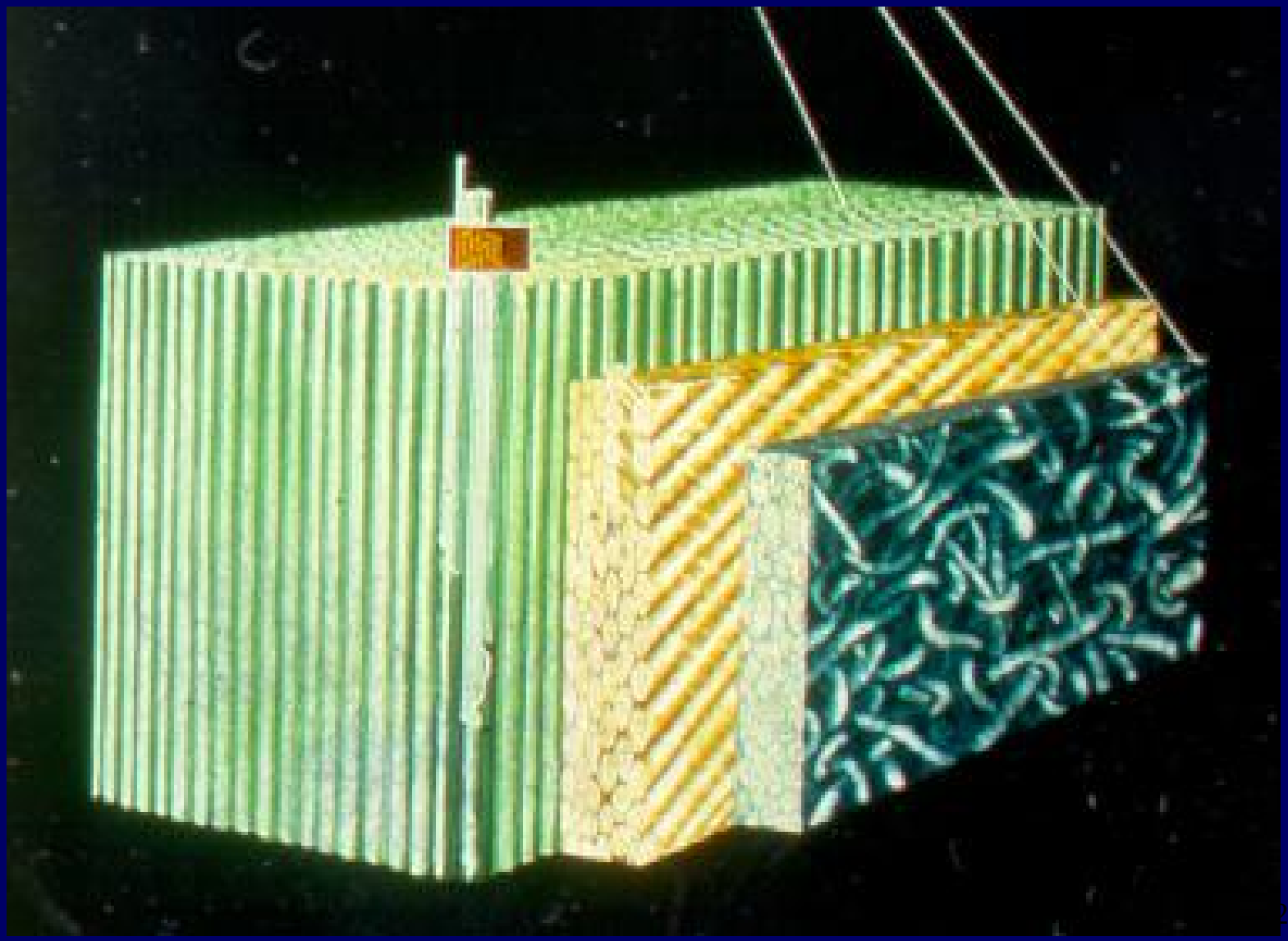
S1

Parede Secundária

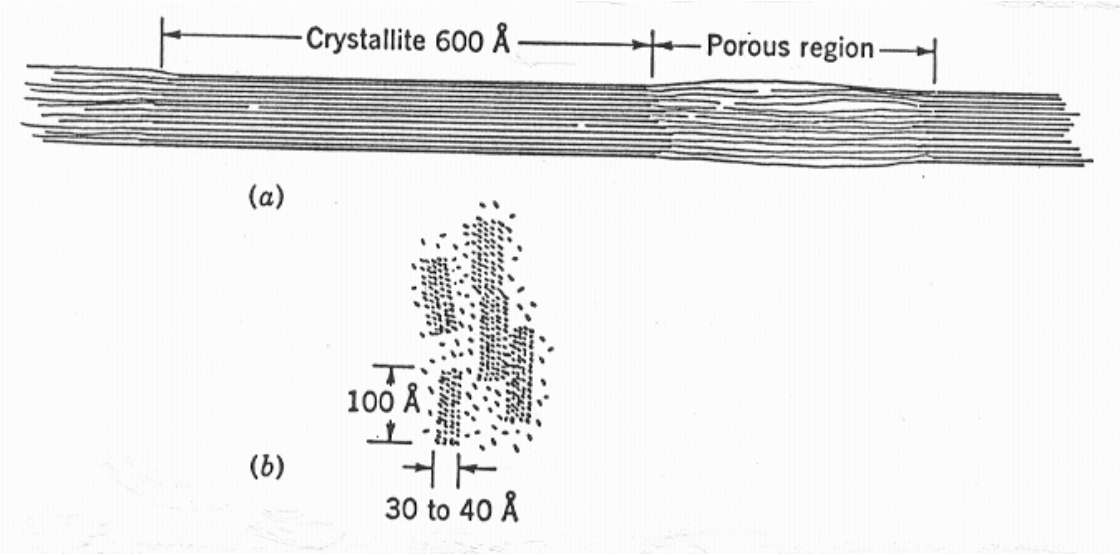
Parede Primária

Lamela Média

MICROFIBRILAS

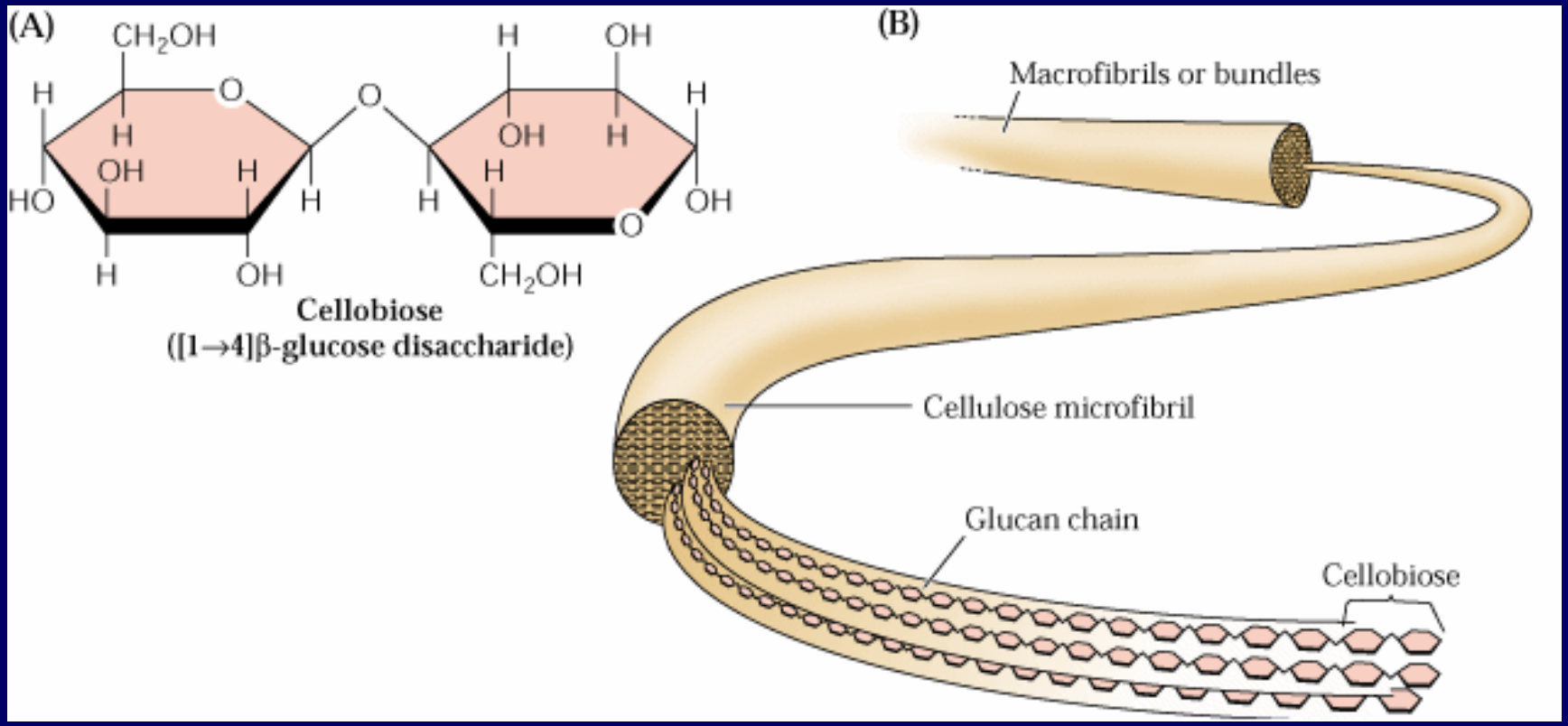


Organização Microfibrilar da Parede Celular



(a) - seção longitudinal de parte de uma microfibrila
(b) - seções transversais de 5 microfibrilas adjacentes, sendo que 3 estão ligadas lateralmente por co-cristalização

Cadeias de Celulose, Microfibrilas e Macrofibrilas



Constituição da Parede da Fibra

Camada	Espessura, μm	Ângulo Fibrilar
LM	0.2-1.0	----
P	0.1-0.2	Ao acaso
S1	0.2-0.3	50-70°
S2	1-5	10-30°
S3	0.1	50-90°
W	----	----

Densidade Básica

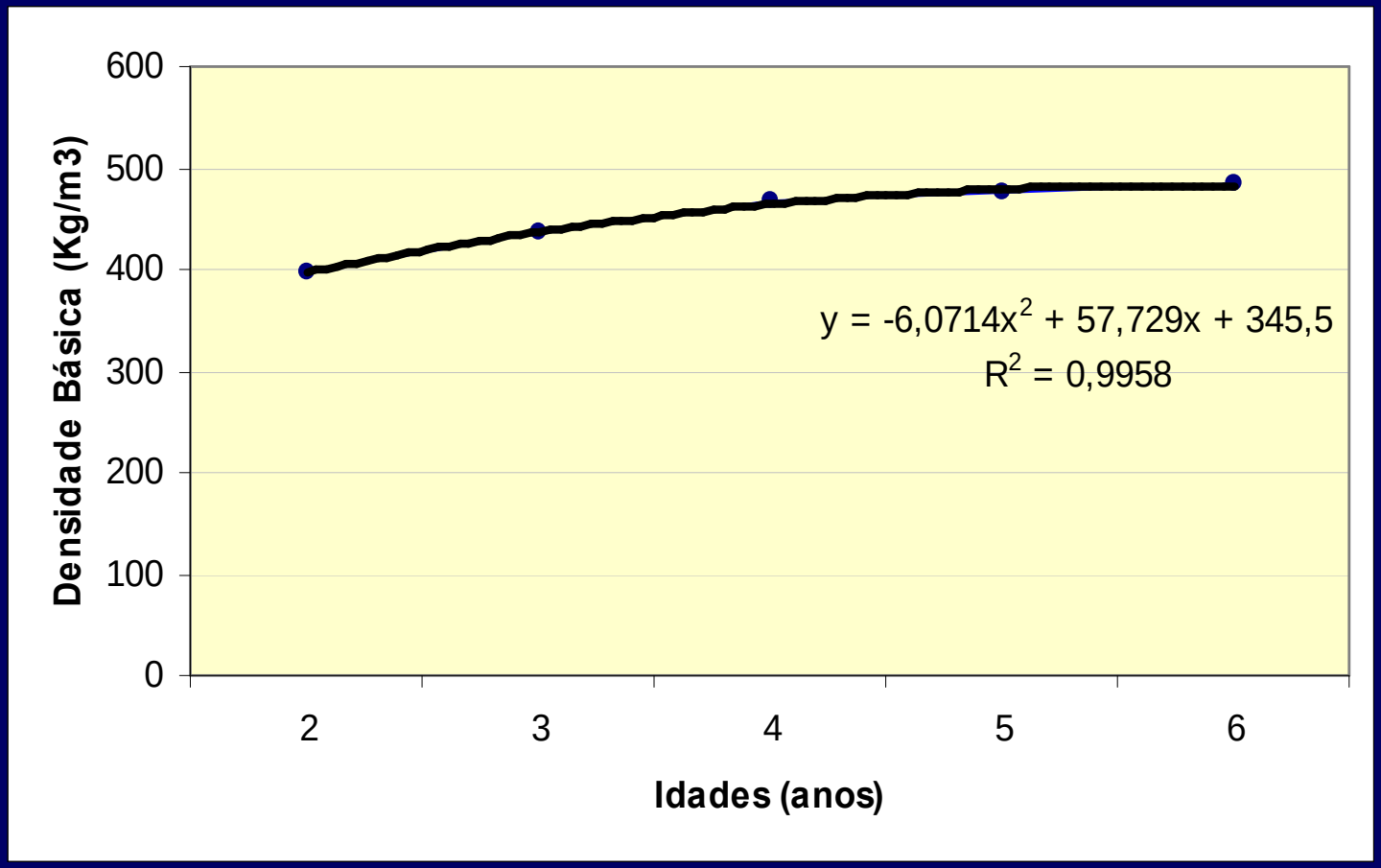
Densidade Básica

- Densidade ⇒Peso/Volume
- Densidade Básica ⇒ Peso Seco / Volume Saturado
- Relação Direta entre Densidade e Volume de Vazios
- Densidade da "Substância Madeira" = 1,53 g/cm^3
- % Vazios = 1 – (Db / 1,53) x 100

  1 – (0,500 / 1,53) x 100 = 67%
- Densidade Aparente da Madeira
- Densidade a Granel dos Cavacos

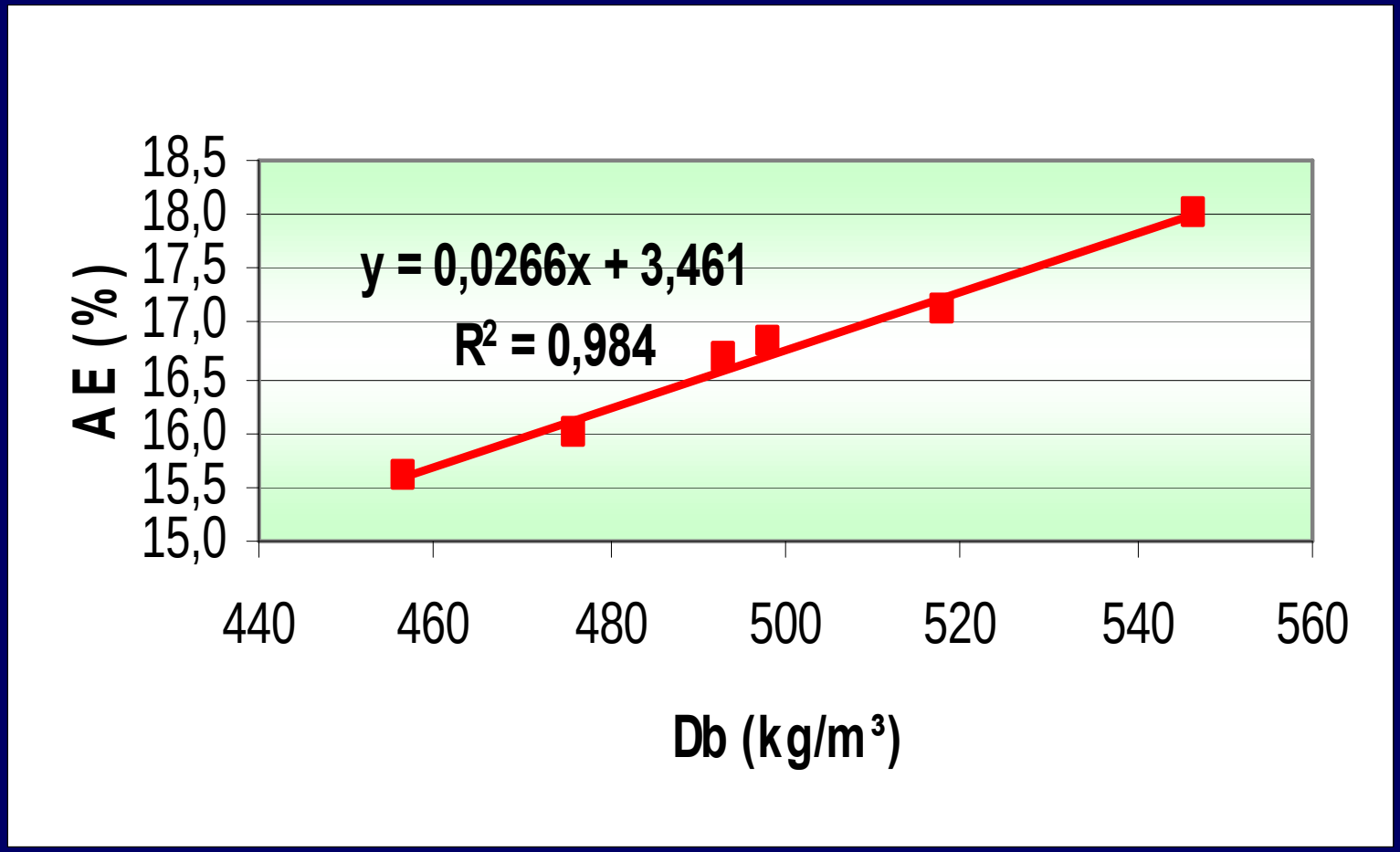
Evolução da Densidade Básica com a Idade

- *Eucalyptus* -



GOMIDE - 2000

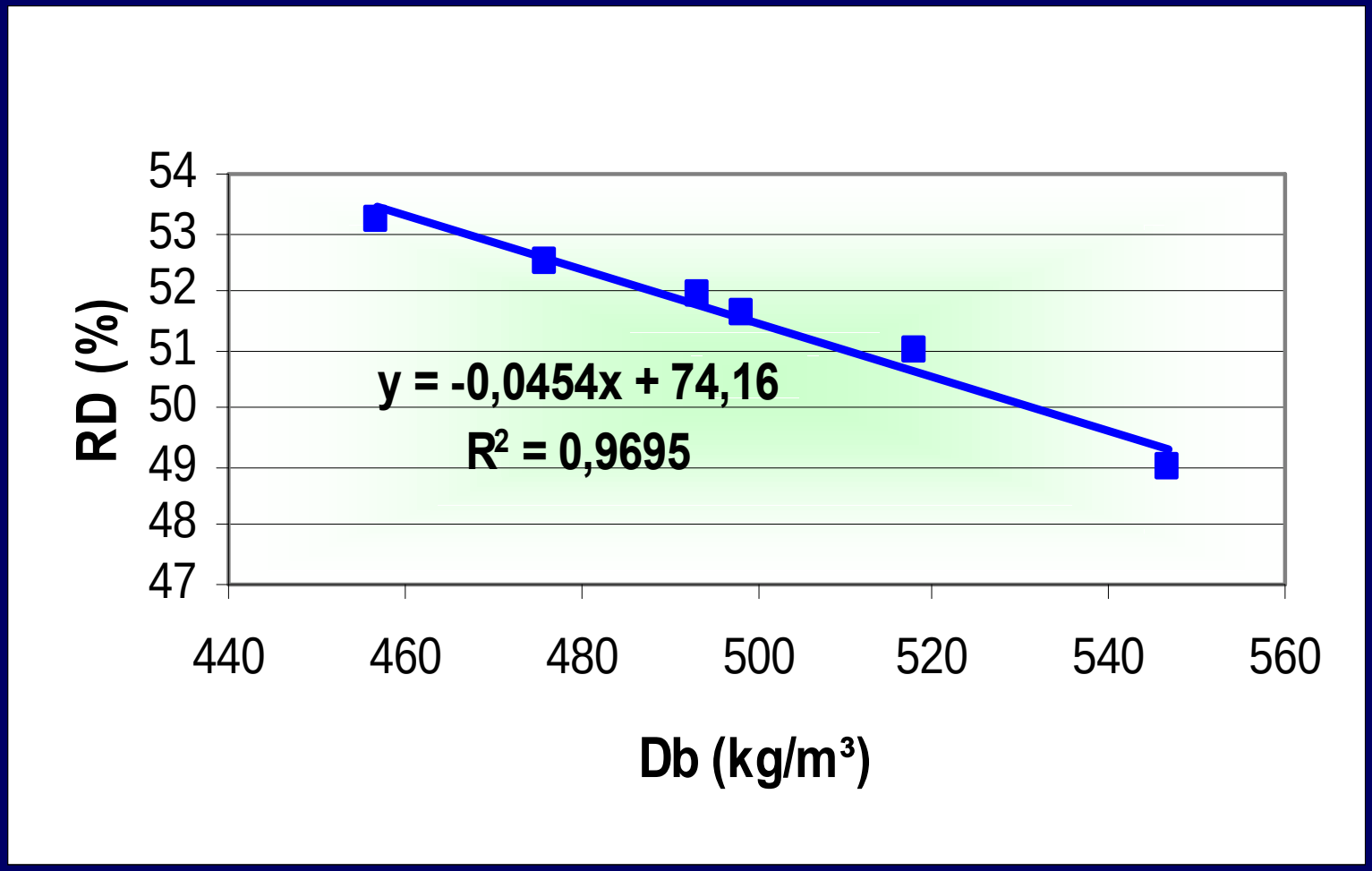
Densidade Básica e Álcali Efetivo



FONSECA – Cenibra 2.001

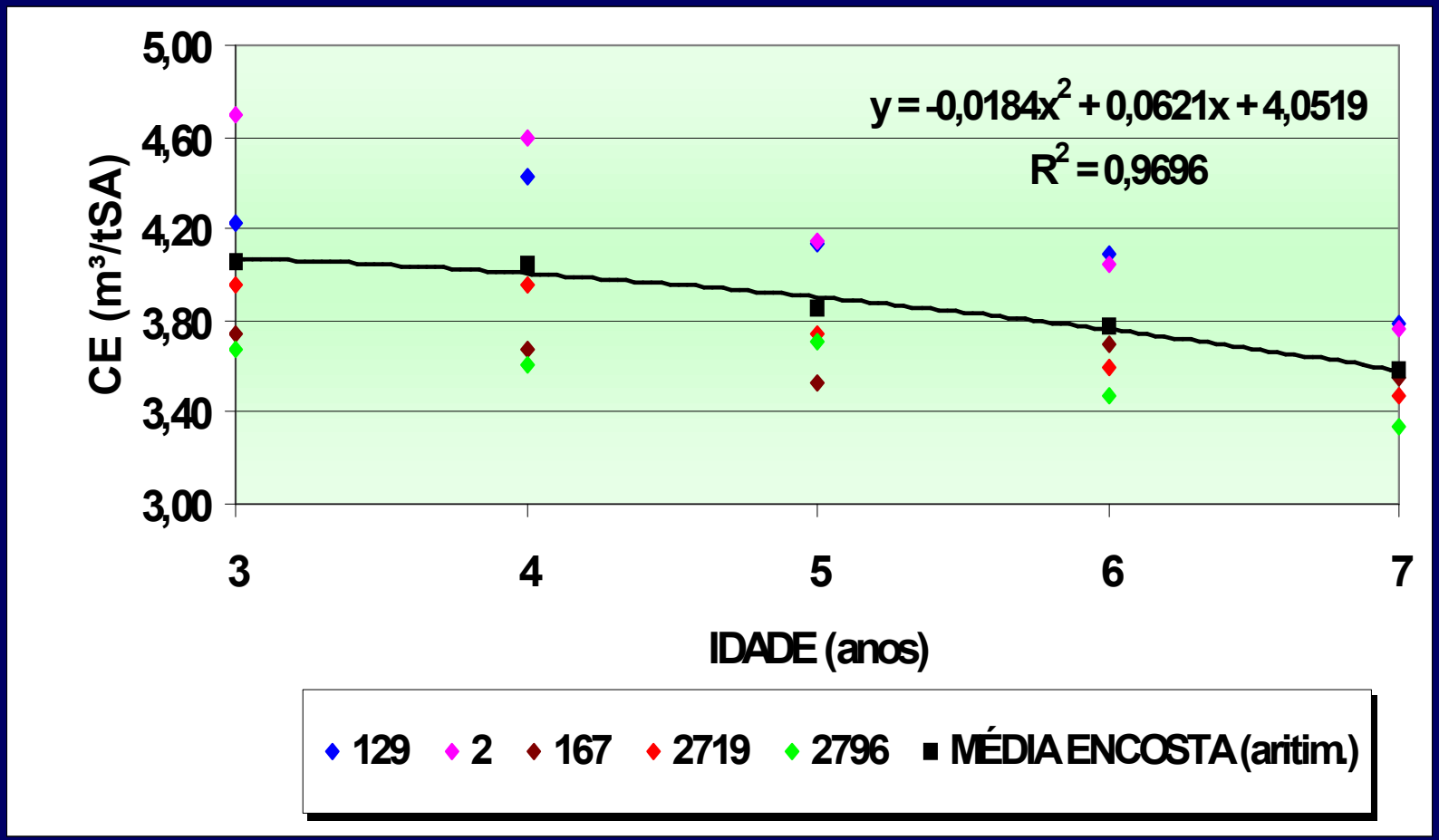
Densidade Básica e Rendimento Depurado

Kappa 17



FONSECA – Cenibra 2.001

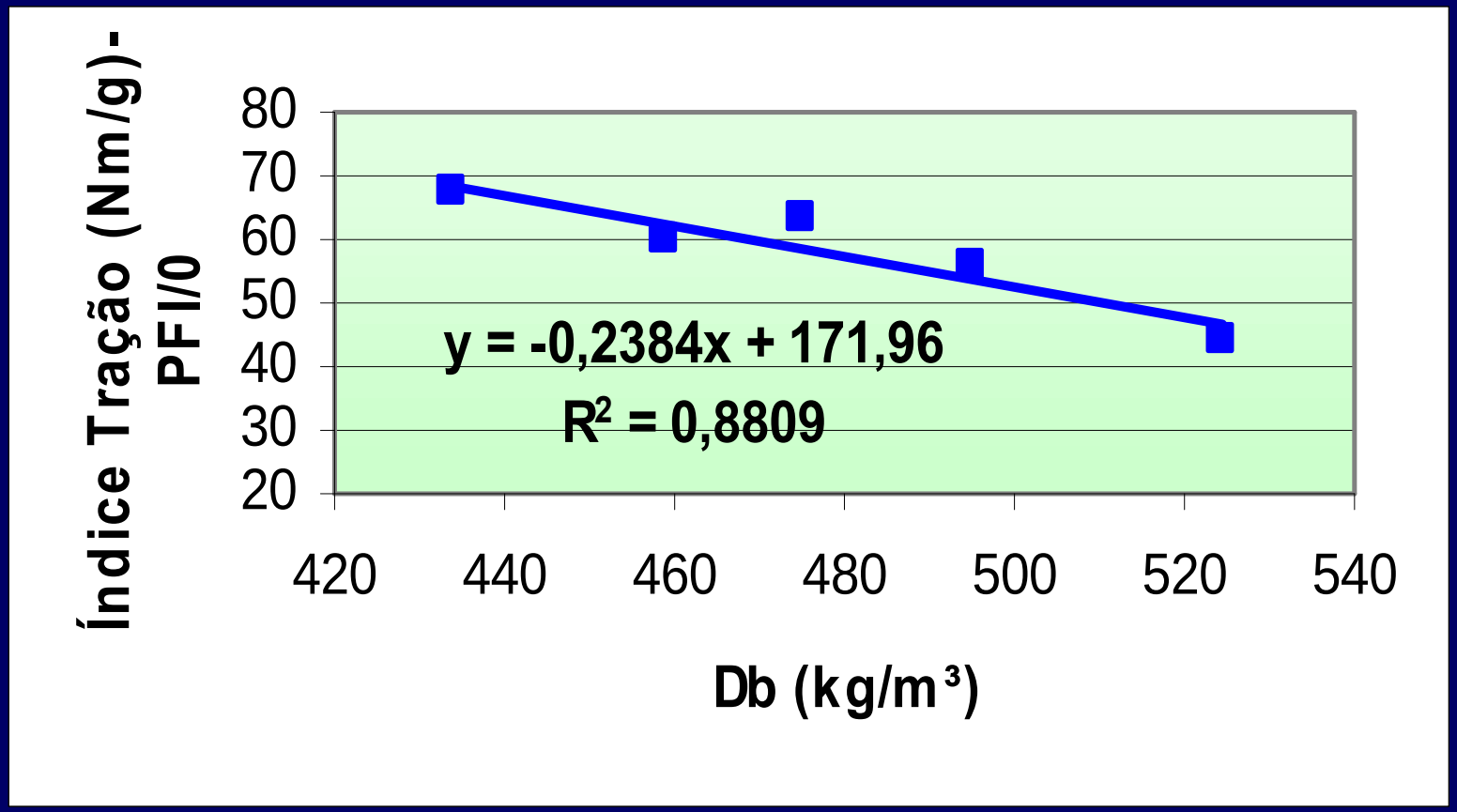
Idade e Consumo Específico de Madeira



FONSECA – Cenibra 2.001

Densidade Básica e Índice de Tração

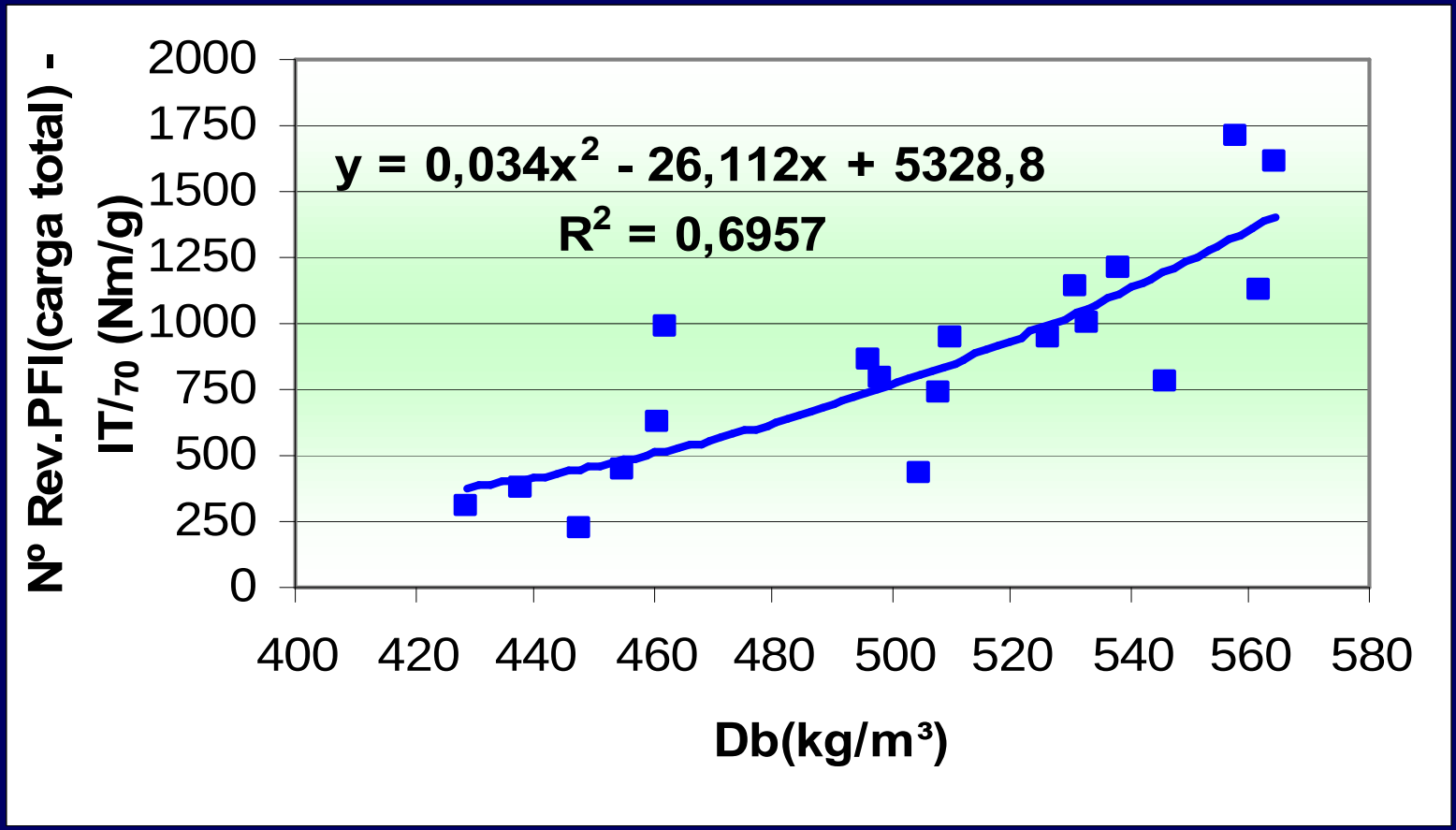
(Sem Refino)



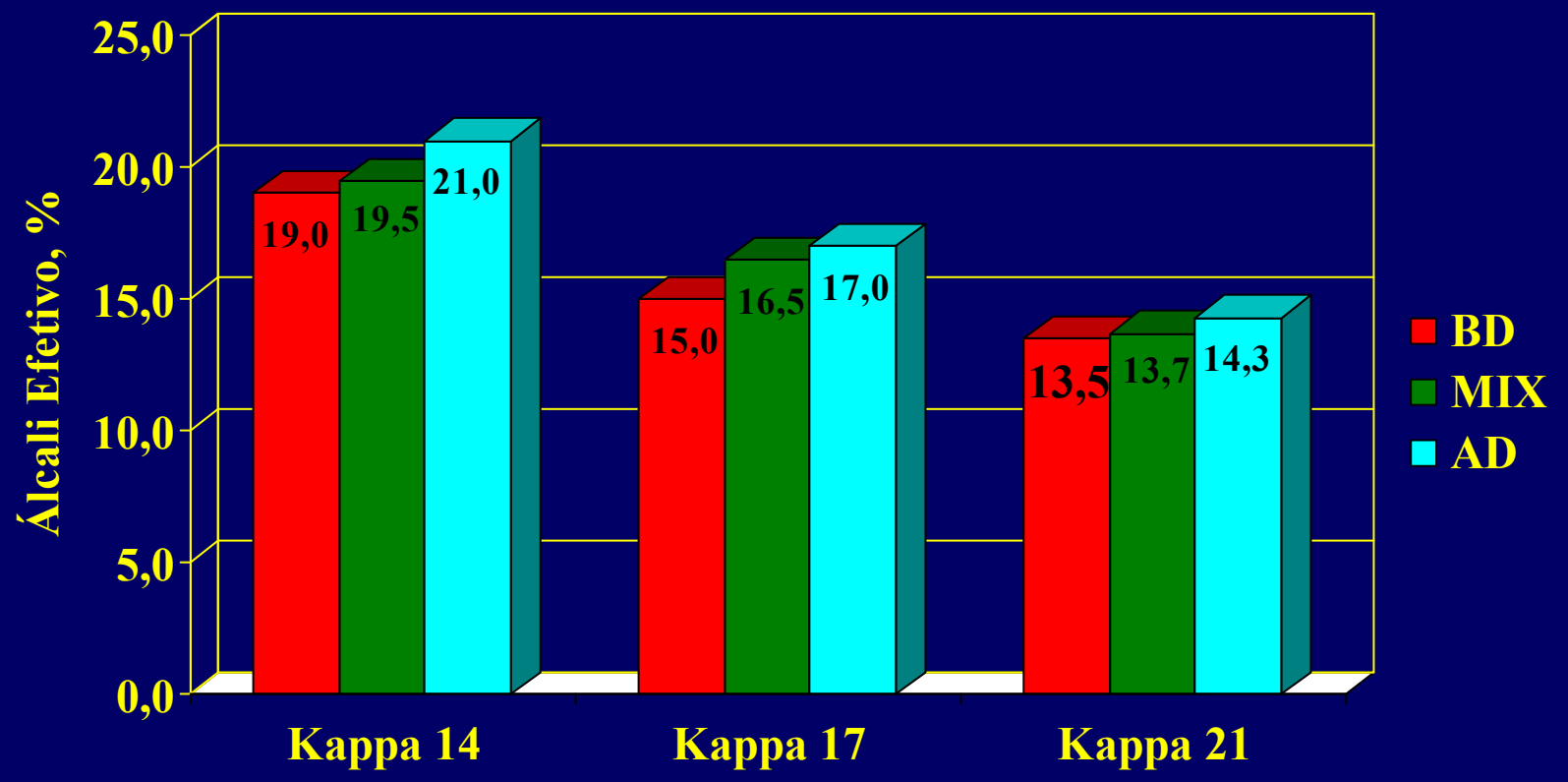
FONSECA – Cenibra 2.001

Densidade Básica e Energia de Refino

(Índice Tração 70 Nm/g)

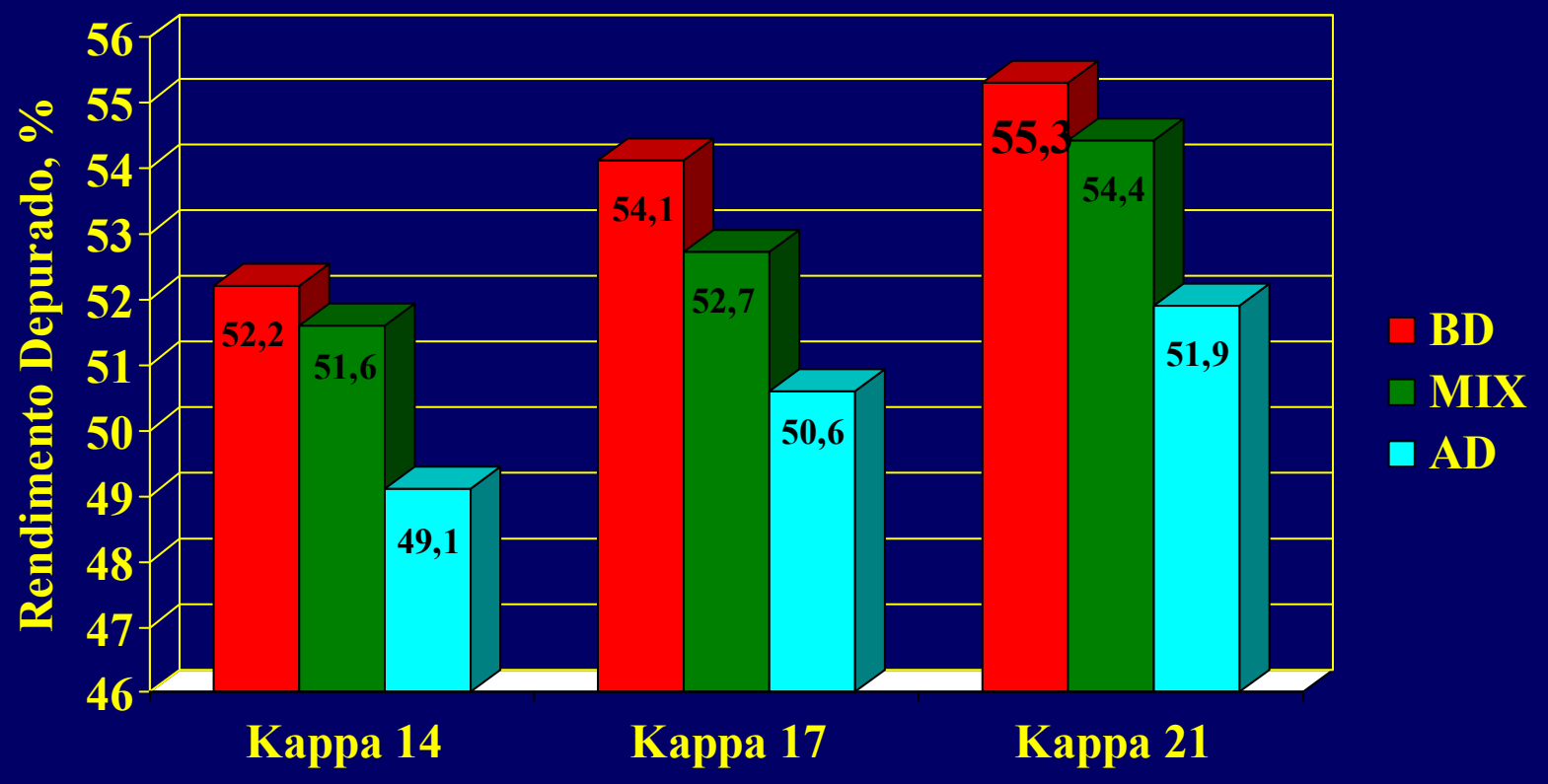


Influência da Densidade da Madeira na Carga de Álcali Efetivo



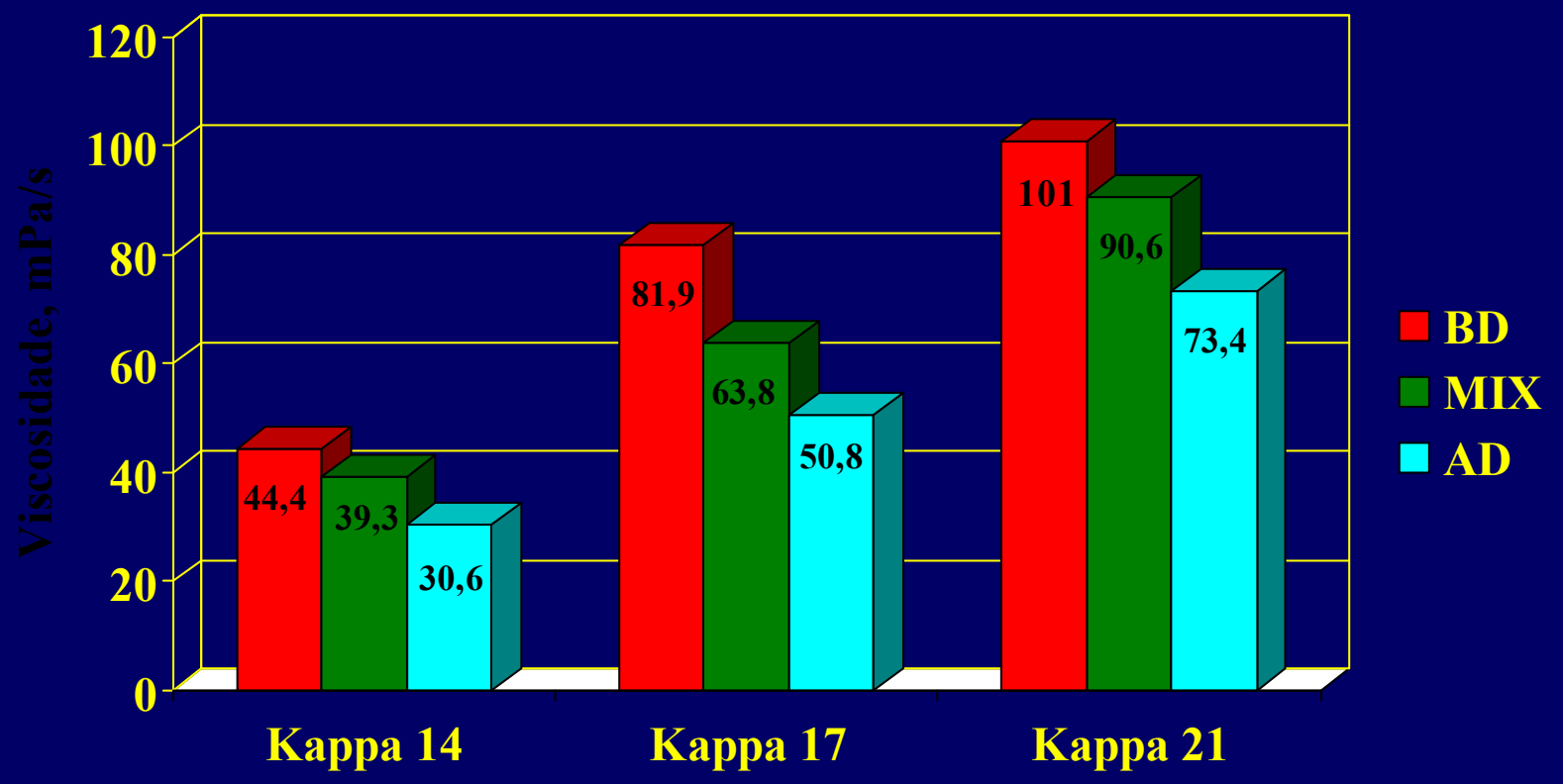
LANNA, A - 2001

Influência do Número Kappa e da Densidade da Madeira no Rendimento



LANNA, A - 2001

Influência do Número Kappa e da Densidade da Madeira na Viscosidade



LANNA, A - 2001

Variáveis Associadas com a Madeira

- **Densidade:**

  Uniformidade é importante

  Impregnação e remoção lignina favorecidas por baixa densidade

  Densidade Alta → maior carga/volume digestor
  maior produção, mas maior carga reagentes
  propriedades de ligação entre fibras inferiores
  papéis "tissue"

  Densidade baixa → menor carga/volume digestor
  melhor impregnação dos cavacos
  melhores ligações entre fibras
  papéis de impressão e escrita