

A árvore como matéria prima para a indústria de base florestal



5ª Semana de Celulose e Papel de Três Lagoas
21 a 24 de Agosto de 2017

Tiago E. S. Segura



Formação:

- ✓ Engenheiro Florestal (2003-2009) – USP/ESALQ e ENGREF (França)
- ✓ Mestre em Ciências (2011) – Recursos Florestais – USP/ESALQ
- ✓ Doutor em Ciências (2015) – Recursos Florestais – USP/ESALQ



Experiências anteriores:



(2007) – Tecnologia da Madeira



(2007) – Estágio em Produção de Celulose



(2008 a 2009) – Trabalhos de conclusão de curso



(2009 a 2013) – Coordenação laboratório



(2013 – atual) – Engenharia e Desenvolvimento

Brasil

- ✓ Segunda maior área florestal do mundo
- ✓ 493.500.000 ha (58% do território nacional)
 - 485.800.000 ha de florestas nativas
 - 7.800.000 ha de florestas plantadas
- ✓ Maior área florestal do mundo: Rússia

1º Rússia

6º China

2º Brasil

7º Austrália

3º Canadá

8º Argentina

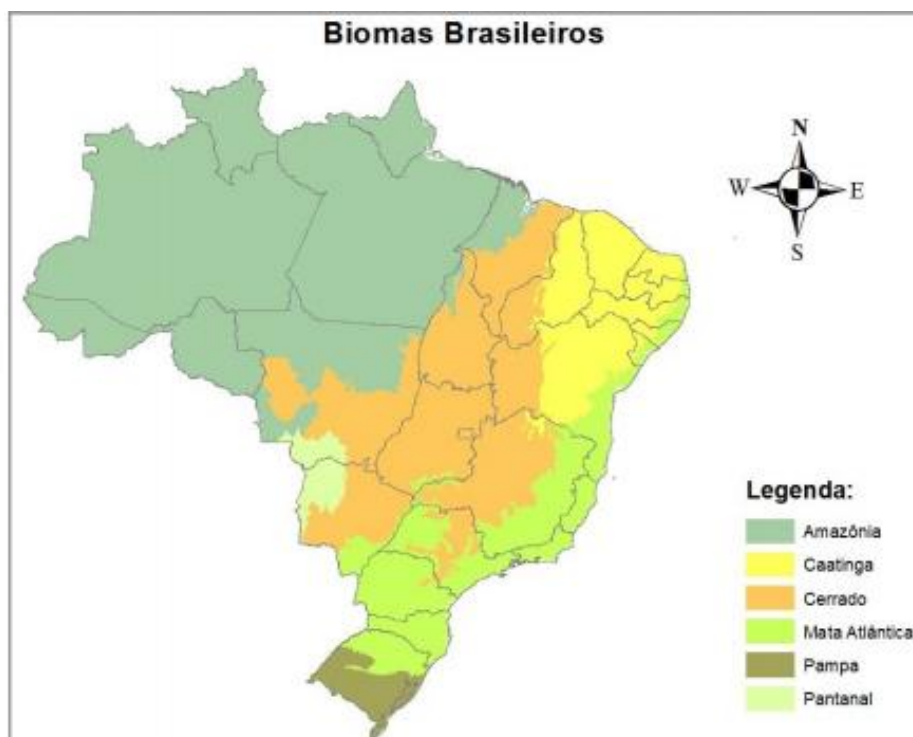
4º EUA

9º Indonésia

5º Congo

10º Índia

Biomass brasileiros

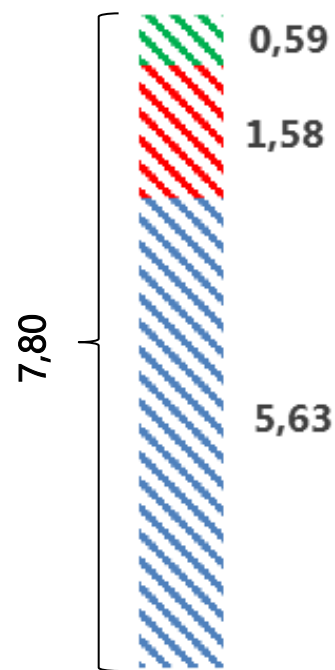


Área de floresta por bioma (2015)

Bioma	Área (ha)	%
Amazônia	342.027.340	70,4
Caatinga	40.582.671	8,3
Cerrado	69.235.988	14,3
Mata Atlântica	21.770.466	4,5
Pampa	3.210.486	0,7
Pantanal	8.975.022	1,8
Total Nativa	485.801.973	100

Fonte: SFB.

Árvores plantadas (milhões ha)



 Eucalipto  Pinus  Outros

Fonte: IBÁ, 2016

- ✓ 1,2% do PIB do Brasil
- ✓ 6,0% do PIB industrial

Tipos de árvores

Folhosas x Coníferas



Folhosas

Hardwood



Coníferas

Softwood

Tipos de árvores

Diferenças

Folhosas	Coníferas
Angiospermas	Gimnospermas
Mais evoluídas	Mais primitivas
Milhares de espécies nativas do Brasil	Apenas 3 espécies nativas do Brasil
Estrutura mais complexa	Estrutura mais simples
Madeira apresenta fibras	Madeira apresenta traqueídes

Partes de uma árvore



- ✓ Casca
- ✓ Galhos
- ✓ Folhas
- ✓ Frutos
- ✓ Flores
- ✓ Resina
- ✓ Madeira

Os usos da árvore

Casca

Funções na árvore:

- ✓ Transporte de seiva elaborada (viva)
- ✓ Proteção (morta)



Características:

- ✓ Alto teor de extrativos e minerais
- ✓ 8 a 12% da árvore (em volume)
- ✓ Devem ser removidas na maioria dos usos da madeira

Os usos da árvore

Casca

Usos:

- ✓ Substrato para mudas e plantas
- ✓ Biomassa para queima e geração de energia



Os usos da árvore

Galhos



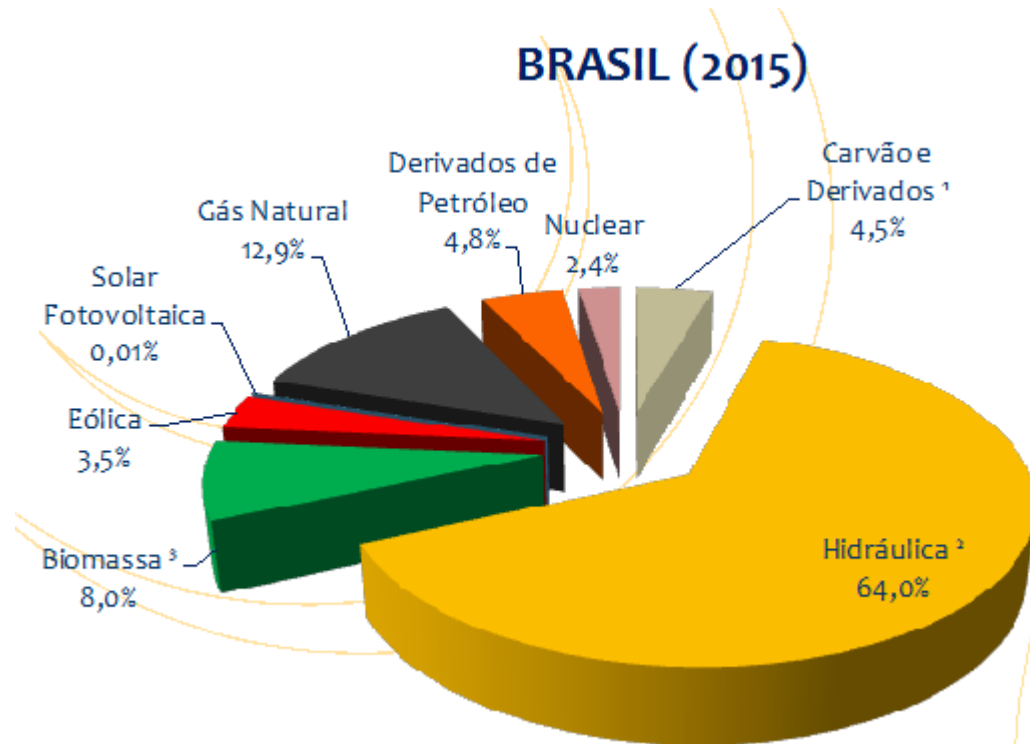
Usos:

- ✓ Proteção do solo após colheita
- ✓ Biomassa para queima e geração de energia

Os usos da árvore

Biomassa

Matriz energética do Brasil:



Fonte: Blog Infopetro

Os usos da árvore

Folhas

Funções na árvore:

- ✓ Fotossíntese
- ✓ Absorção de gás carbônico
- ✓ Proteção

Característica principal:

- ✓ Rica em óleos



Os usos da árvore

Folhas

Usos:

- ✓ Extração de óleos essenciais
- ✓ Corantes para tecidos



Os usos da árvore

Frutos

Funções na árvore:

- ✓ Proteção da semente em desenvolvimento

Usos:

- ✓ Produção de sementes



Os usos da árvore

Flores

Funções na árvore:

- ✓ Reprodução
- ✓ Produção das sementes

Usos:



- ✓ Produção de mel



Resina

Funções na árvore:

- ✓ Proteção contra ataques de microorganismos e cicatrização de ferimentos



Usos:

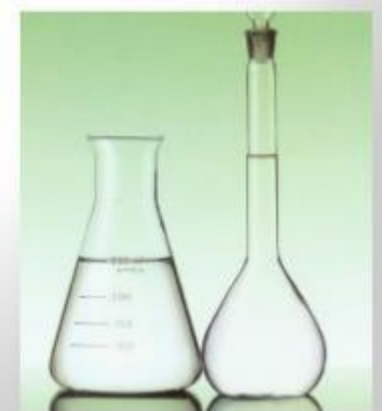
- ✓ Produção de breu – utilizado na produção de tintas, desinfetantes, detergentes, ceras, vernizes, tintas e goma de mascar
- ✓ Produção de terebintina – utilizada na produção de aromatizantes, cosméticos, tintas, desinfetantes e detergentes

Os usos da árvore

Resina



Breu ou Colofônia (Gum Rosin)



Terebintina (Turpentine)



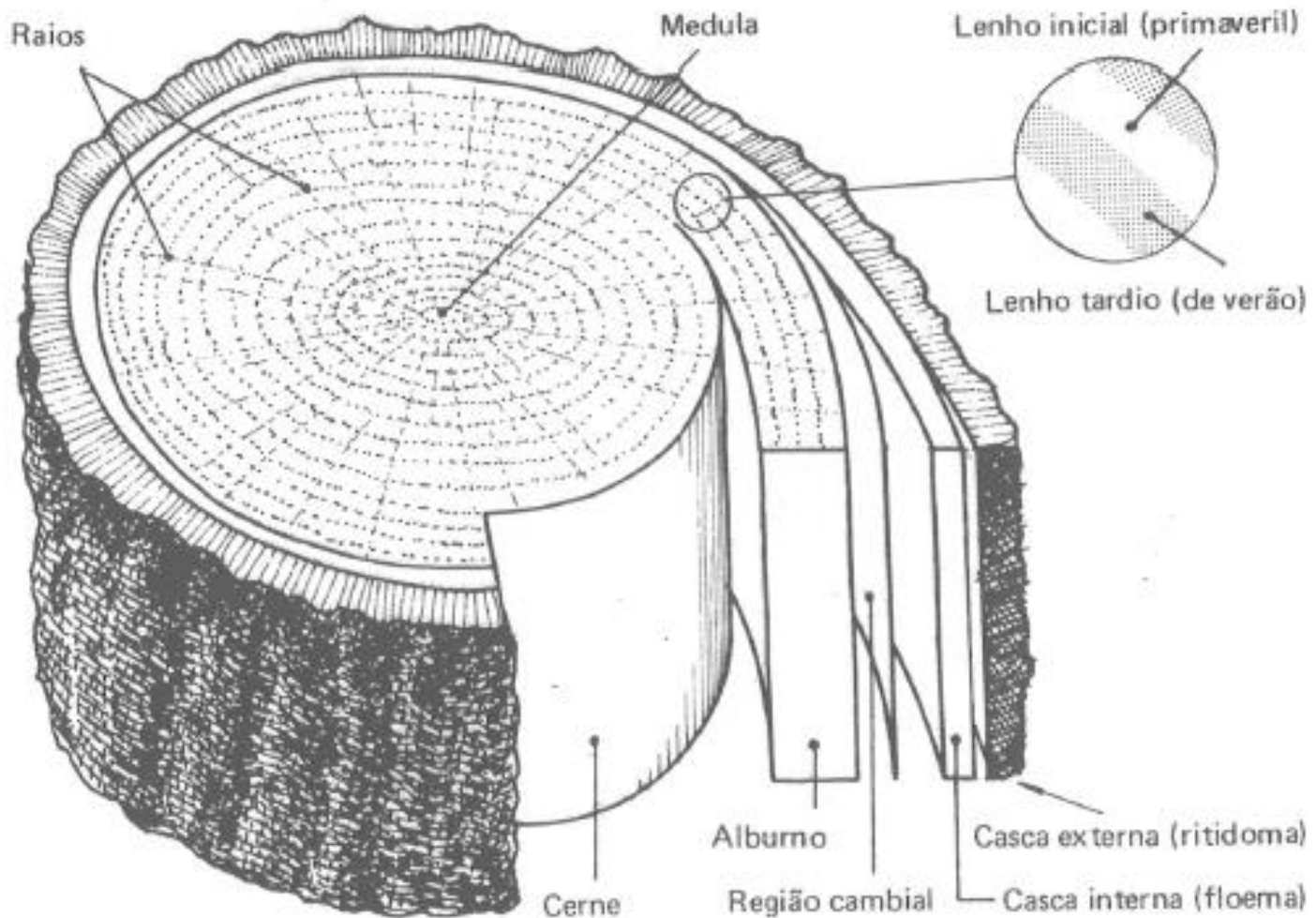
Os usos da árvore

Madeira

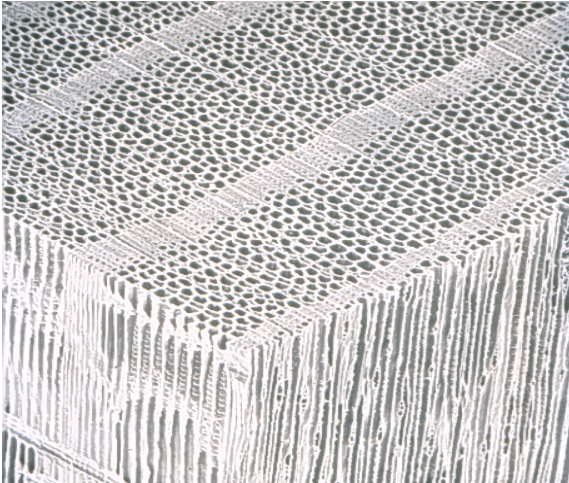
Funções na árvore:

- ✓ Transporte de seiva bruta das raízes ao topo da árvore
- ✓ Estrutural
- ✓ Armazenamento de nutrientes

Anatomia

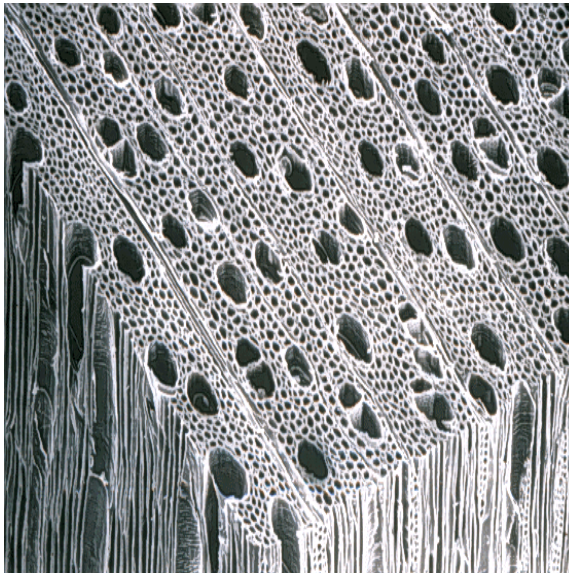


Anatomia



➤ *Coníferas*

- ✓ Condução – Traqueídeos longitudinais
- ✓ Suporte – Traqueídeos longitudinais
- ✓ Armazenamento – Parênquima



➤ *Folhosas*

- ✓ Condução – Vasos
- ✓ Suporte – Fibras
- ✓ Armazenamento – Parênquima

Anatomia – Fibras x Traqueídes

Material genético	C (mm)		L (µm)		DL (µm)		E (µm)		FP (%)
URG	1,02	e	19,8	a	12,7	a	3,5	e	36
CIT 01	1,07	cd	16,1	d	5,4	e	5,3	b	66
CIT 02	1,06	d	15,0	e	4,2	f	5,4	b	72
TOR	1,12	ab	18,0	b	8,6	b	4,7	d	52
T x C 01	1,12	a	17,0	c	5,5	e	5,7	a	68
T x C 02	1,09	abcd	17,4	bc	7,3	c	5,0	c	58
C x T 01	1,08	bcd	17,3	bc	8,2	b	4,6	d	53
C x T 02	1,11	abc	17,3	bc	6,6	d	5,4	b	62



Dimensões e Relações	Média
Comprimento, mm	4,22
Largura, µm	48,53
Diâmetro do lume, µm	32,20
Espessura da parede, µm	8,16
Fração parede, %	34
Coefficiente de flexibilidade	66
Índice de enfeltamento	87
Índice de Runkel	0,507

Características da madeira

Química

Carbono	50%
Oxigênio	44%
Hidrogênio	6%

Celulose
Hemiceluloses
Lignina
Extrativos



Componente (%)	Coníferas	Folhosas
Celulose	40 - 45	40 - 45
Mananas	20	5
Xilanas	10	20 - 30
Ligninas	25 - 30	20 - 25
Extrativos	4 - 10	1 - 4
Compostos inorgânicos	0,2 - 0,3	0,4 - 0,5

Química

Constituinte (%)	Madeira	Polpa marrom	Polpa branqueada
Celulose	42 – 47	79 – 82	82 – 85
Hemiceluloses	27 – 35	16 – 20	18 – 21
Lignina	20 – 30	1 - 4	0
Extrativos	2 – 8	0 – 0,5	0



QM Eldorado 2014:

Parâmetro	Valor médio	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Coefficiente de variação
Teor de lignina, %	29,1	32,3	27,0	1,34	4,6%
Teor de extrativos, %	2,3	3,4	1,2	0,60	26,6%
Teor de holocelulose + cinzas, %	68,7	71,2	64,8	1,64	2,4%

Física – densidade básica

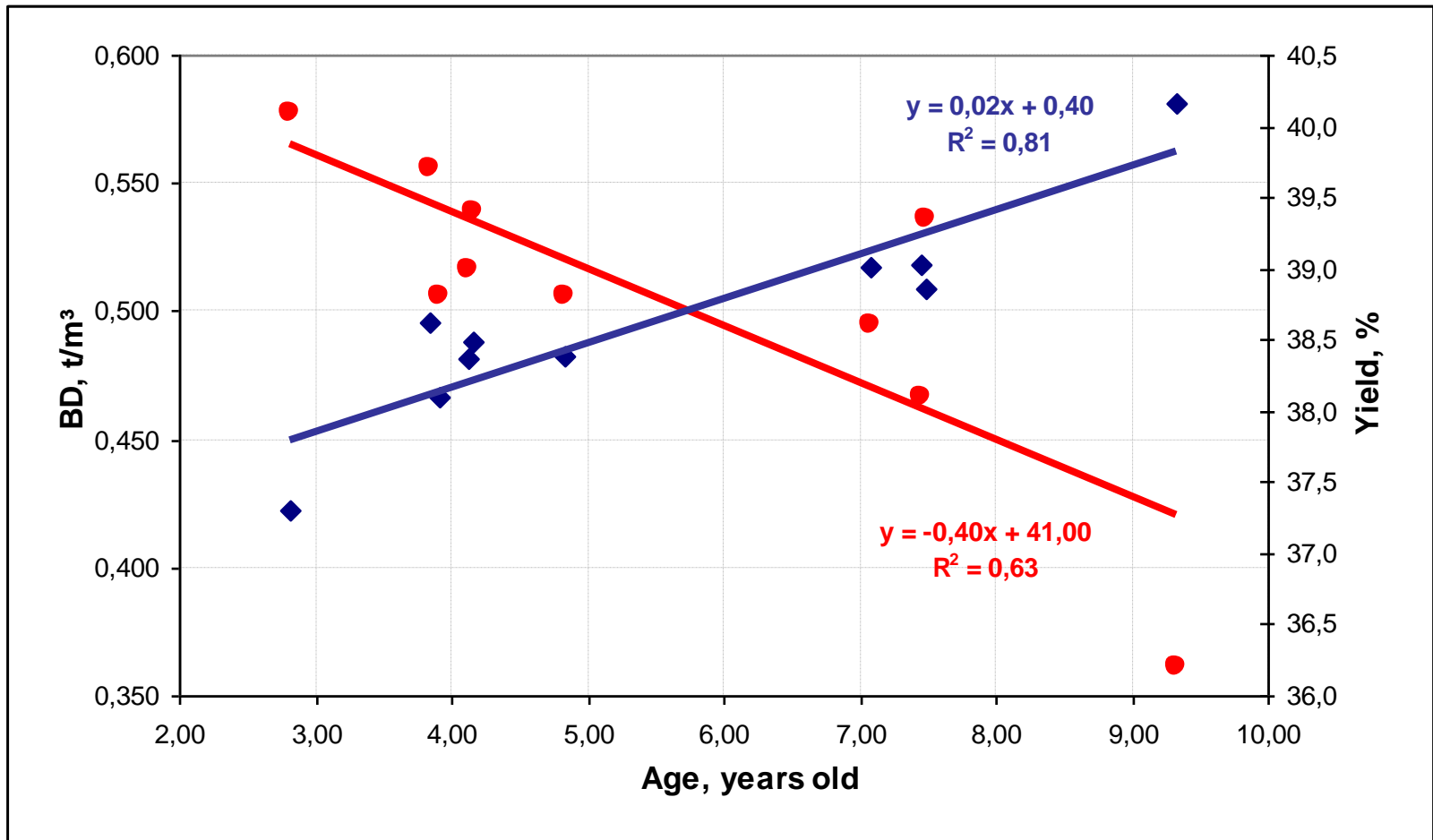
- ✓ Relação entre massa seca de madeira e seu volume saturado em água

$$db = \frac{m_{sec}}{v_{sat}}$$

- ✓ Madeira comprada em volume, mas celulose vendida em massa
- ✓ Alta densidade básica: tendência de maior rendimento volumétrico, mas maior dificuldade de cozimento

Características da madeira

Física – densidade básica



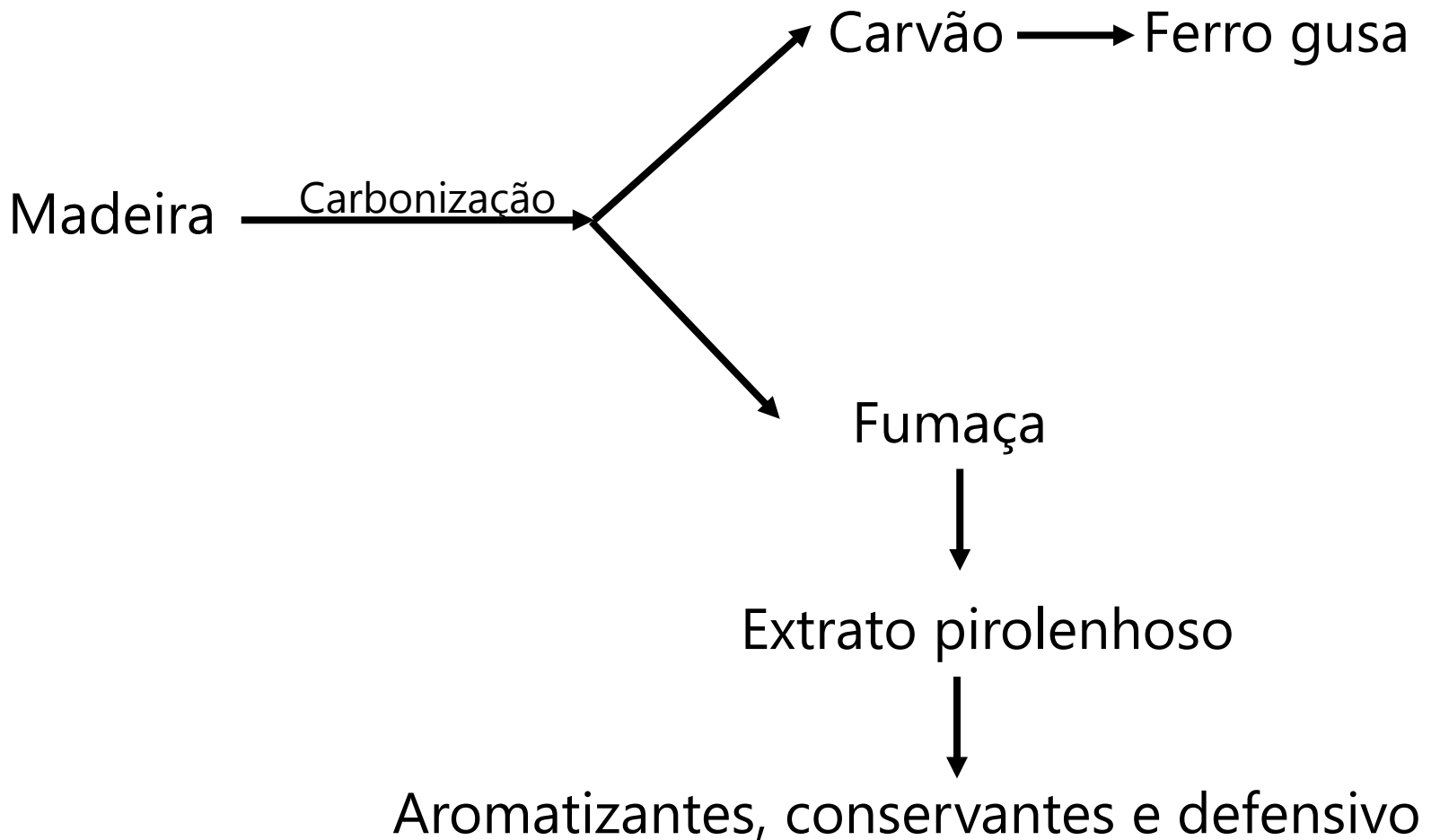
Usos da madeira

Carvão



Usos da madeira

Carvão



Usos da madeira

Carvão



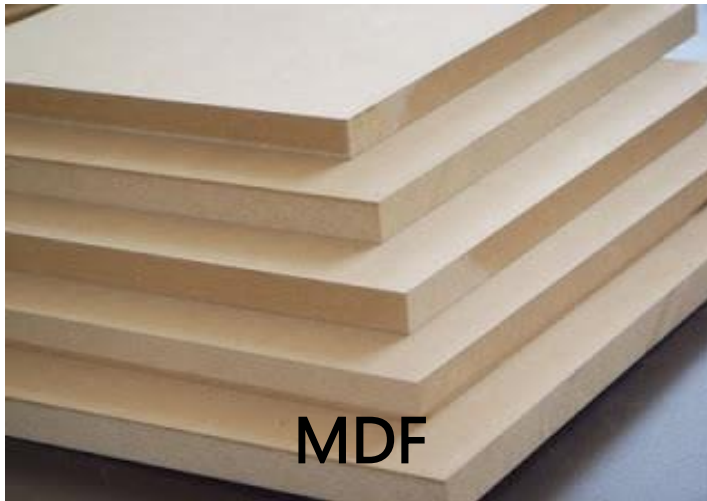
Ferro gusa



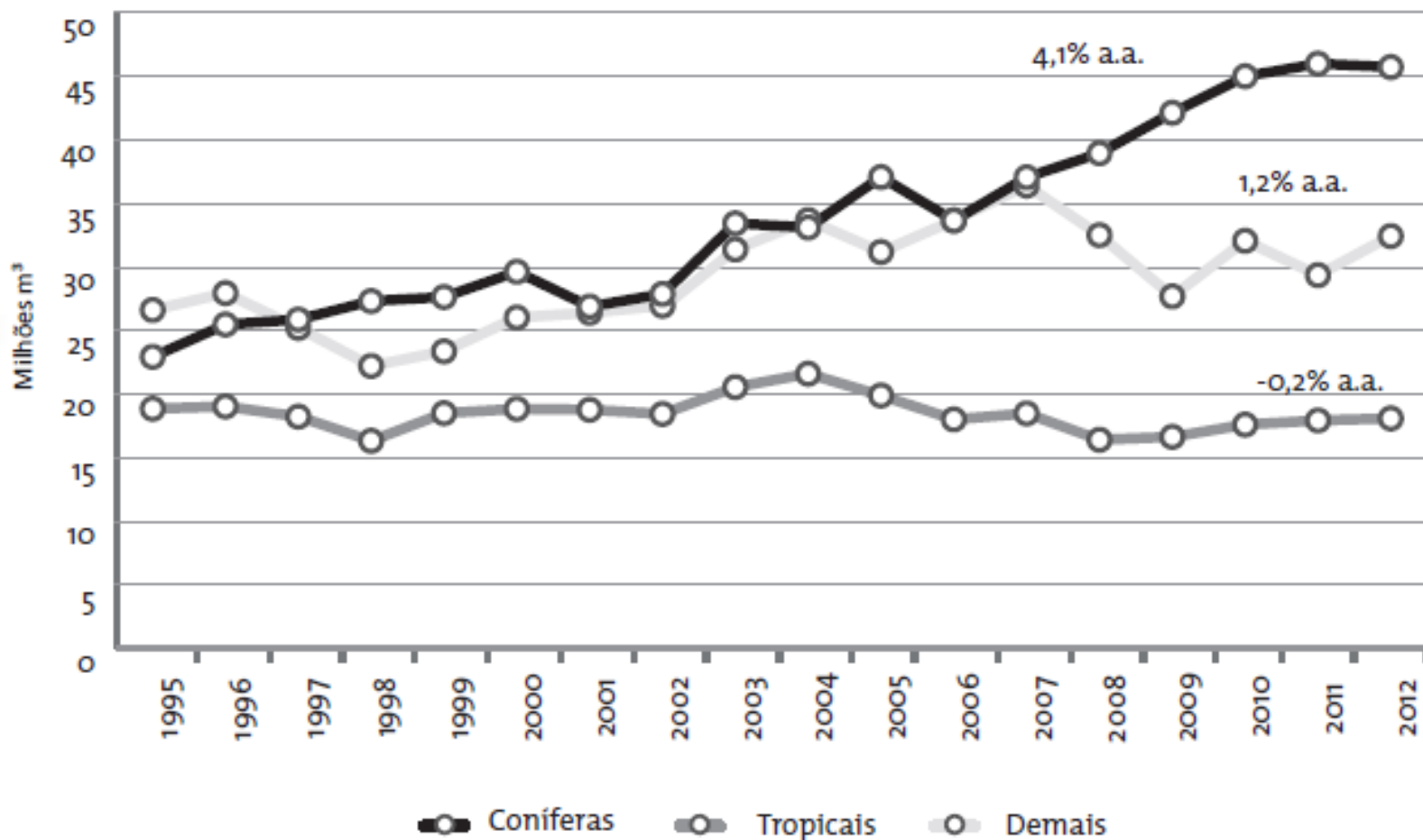
Extrato pirolenhoso

Usos da madeira

Painéis



Painéis – consumo mundial



Painéis – Maiores consumidores no mundo

País	Chapa de fibra (mil m ³)	Insulating board (mil m ³)	MDF (mil m ³)	MDP (mil m ³)	Compensados (mil m ³)	Total painéis (mil m ³)	Participação (%)	Painéis per capita (m ³ /ano/mil habitantes)	População (mil habitantes)
China	6.273	131	47.261	13.156	34.920	101.741	35,5	73,9	1.377.065
EUA	330	4.848	2.344	18.449	11.994	37.964	13,3	119,6	317.505
Rússia	1.038	28	1.834	7.206	1.761	11.867	4,1	82,9	143.170
Alemanha	1.146	1.552	606	7.276	1.215	11.795	4,1	142,5	82.800
Japão	54	387	784	1.441	6.101	8.767	3,1	68,9	127.250
Turquia	248	(16)	3.955	4.108	255	8.550	3,0	115,6	73.997
Canadá	202	569	602	3.734	3.166	8.274	2,9	237,5	34.838
Brasil	277	61	3.654	3.168	1.111	8.270	2,9	41,6	198.656
Polônia	24	156	1.808	5.061	406	7.455	2,6	195,1	38.211
França	152	164	1.185	3.420	577	5.498	1,9	86,0	63.937
Demais países	3.955	1.731	16.573	31.433	22.511	76.203	26,6	16,6	4.600.657
Mundo	13.698	9.612	80.606	98.452	84.017	286.385	100,0	40,6	7.058.086



Usos da madeira

Madeira serrada



Exportação – madeira serrada

FIGURA 3.21 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA EXPORTAÇÃO MUNDIAL DE MADEIRA SERRADA DE CONÍFERAS (2006-2015¹) E PRINCIPAIS PAÍSES EXPORTADORES (2014)



Fonte: FAO (2016), compilado por STCP.



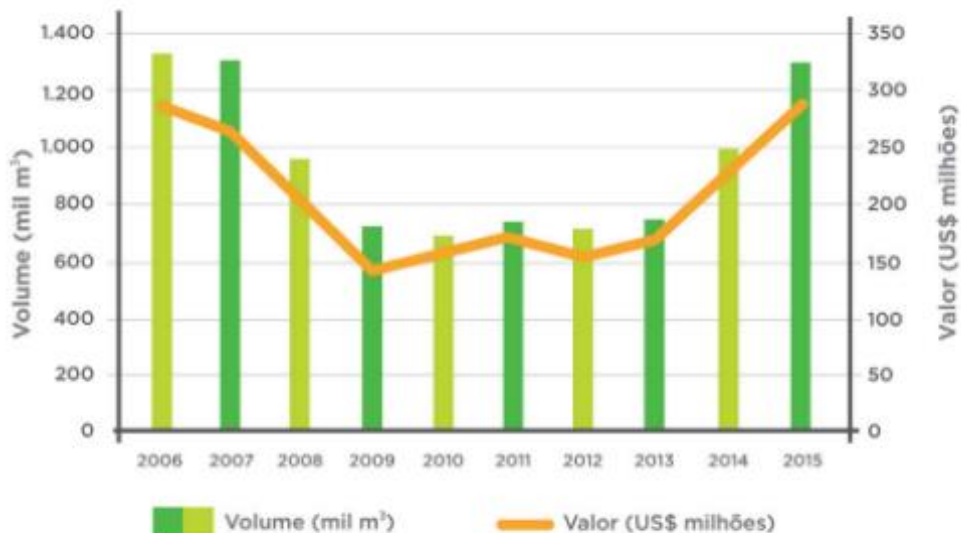
Fonte: ACR; Anuário Estatístico 2016

Exportação – madeira serrada de Pinus

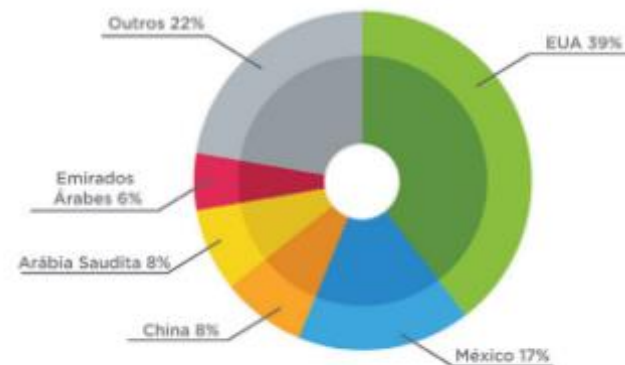
FIGURA 3.22 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE MADEIRA SERRADA DE PINUS (2006-2015) E PRINCIPAIS DESTINOS (2015)



EXPORTAÇÃO BRASILEIRA



PRINCIPAIS DESTINOS (2015)

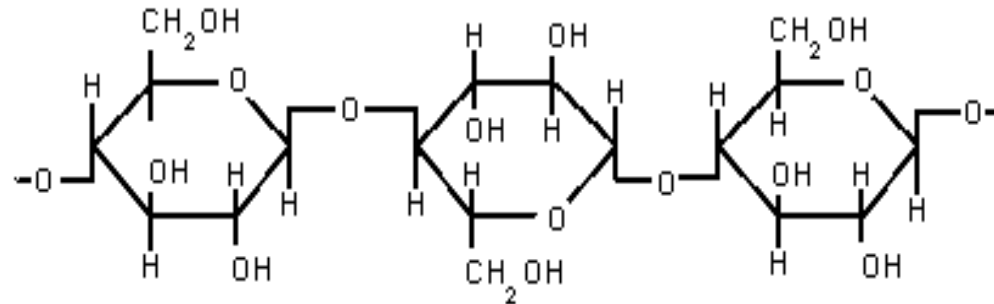
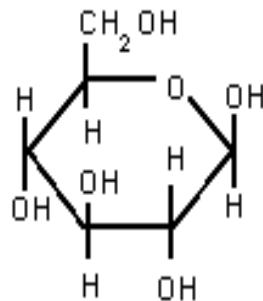


TOTAL: US\$ 289,1 milhões

Fonte: MDIC (2016), compilado por STCP.

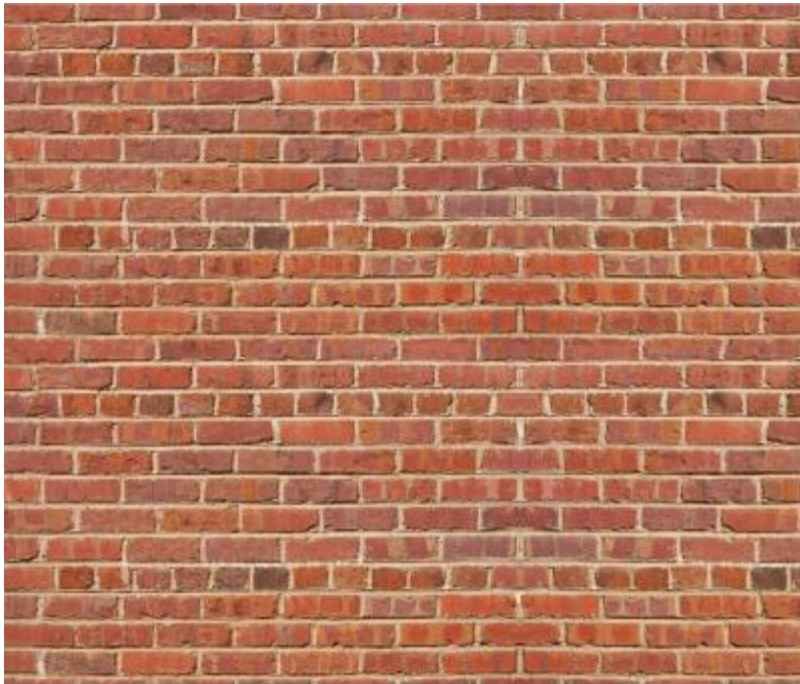
Celulose

O que é celulose????



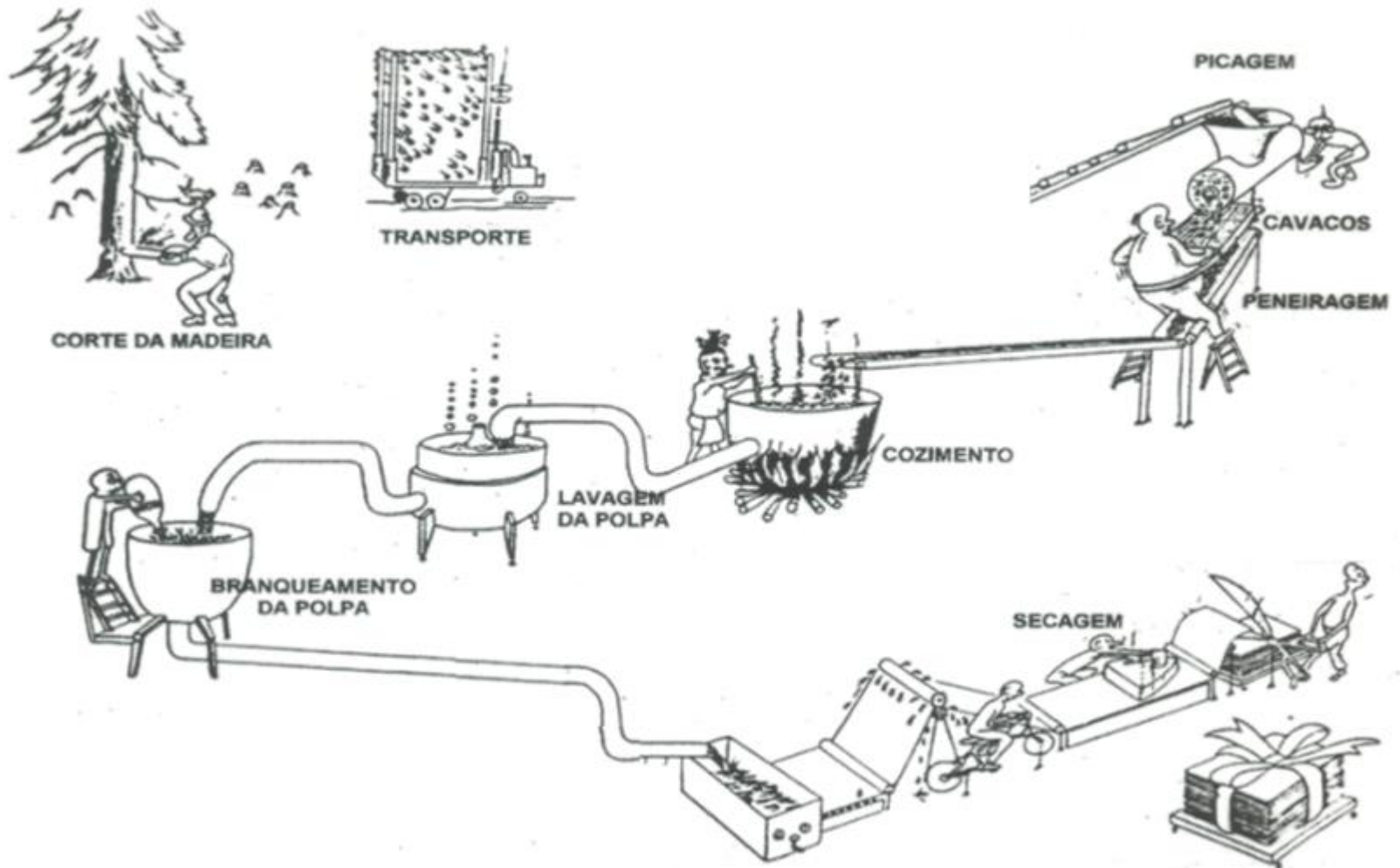
- ✓ Constituinte das paredes celulares das plantas
- ✓ Fórmula básica: $(C_6H_{10}O_5)_n$
- ✓ Monômero: glicose

Produção de Celulose – Objetivo principal



Individualização das fibras da madeira pela dissolução da lignina presente, principalmente, na lamela média

Produção de Celulose



Usos da madeira - Celulose

Pátio de toras



Usos da madeira - Celulose

Descarregamento de madeira



Usos da madeira - Celulose

Picagem e classificação dos cavacos



Usos da madeira - Celulose

Estocagem dos cavacos



Usos da madeira

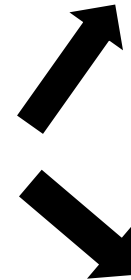
Produção de Celulose



Cavacos



Ligor
Branco



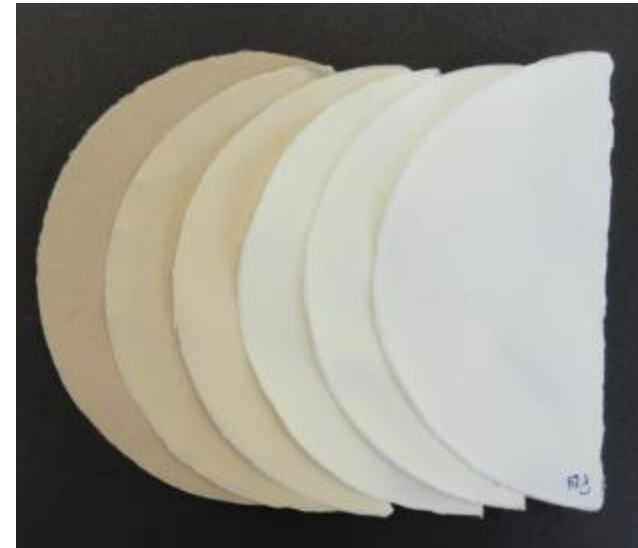
Polpa
celulósica



Ligor
Negro

Usos da madeira

Produção de Celulose



Polpa celulósica

Branqueamento:

- Oxigênio
- ClO_2
- H_2O_2
- NaOH
- H_2SO_4

Usos da madeira - Celulose

Cozimento e Linha de Fibras



Usos da madeira - Celulose

Secagem



Usos da madeira

Produção de Celulose



Fardos de celulose

Usos da madeira - Celulose

Produção Mundial

Pos.	País	Produção Milhões t
1	EUA	48,0
2	China	17,9
3	Canadá	17,7
4	Brasil	17,4
5	Suécia	11,5
6	Finlândia	10,5
7	Japão	9,1
8	Rússia	7,9
9	Indonésia	6,8
10	Chile	5,2

O futuro do setor

- ✓ Aproveitamento de resíduos florestais
- ✓ Maior aproveitamento da árvore
- ✓ Busca pela maior produtividade florestal
 - Genética
- ✓ Redução de custos de produção
 - Maximização do rendimento
 - Melhoria da qualidade
- ✓ Reciclagem e reutilização de resíduos industriais
 - Produção de corretivos e fertilizantes de solo
 - Cimento



O futuro do setor

- ✓ Valorização da lignina
 - Energia
 - Adesivo
 - Plásticos
 - Fibra de carbono
 - Tintas

- ✓ Novos produtos de celulose
 - fibra sintética de viscose
 - telas de LCD
 - Etanol

- ✓ Nanocelulose e nanocristais de celulose





Obrigado!

tiago.segura@eldoradobrasil.com.br