

Curso Básico de Fabricação de Papel



Instrutor:

Edison da Silva Campos

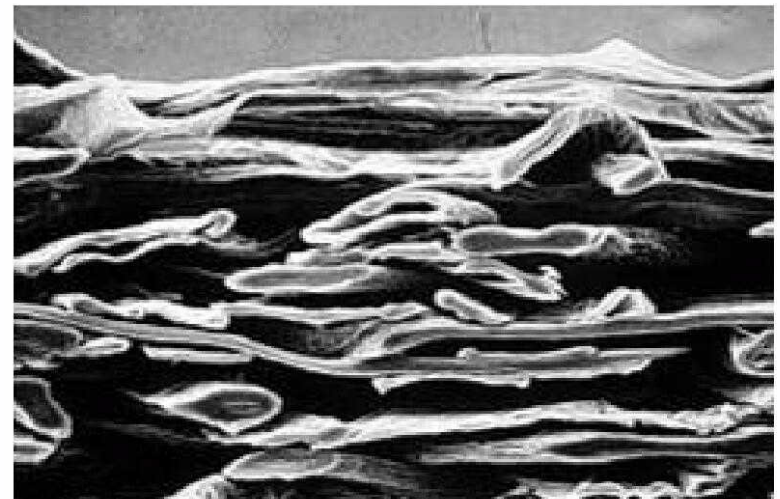
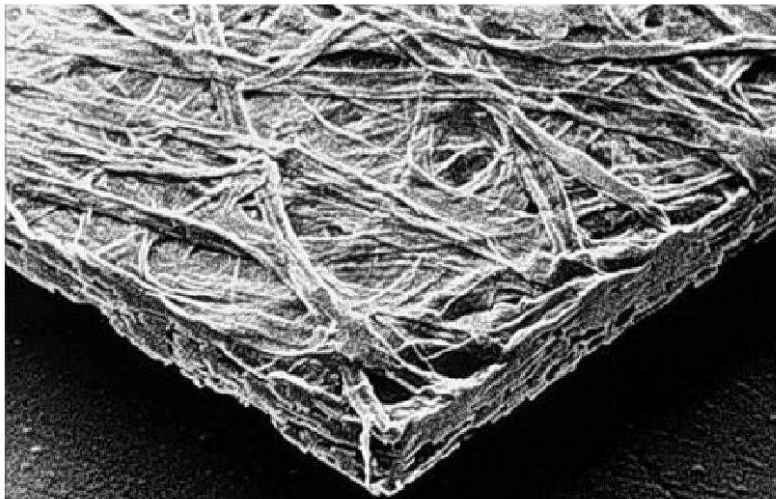
Tipos de fibras usadas na fabricação de papel



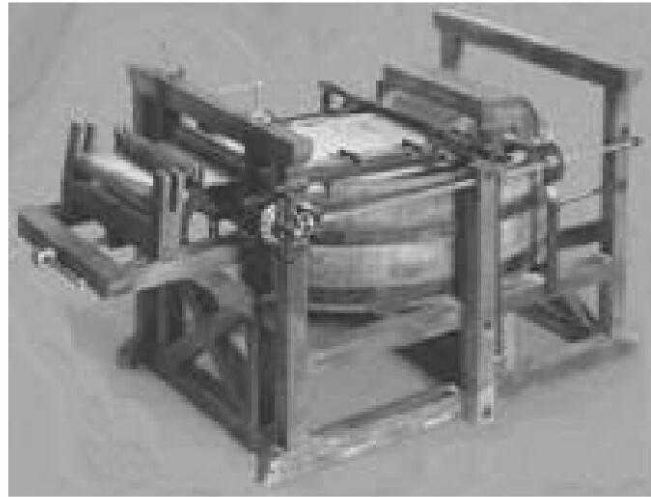
Mas, afinal, o que é PAPEL?

O papel é um afeltrado de fibras unidas tanto fisicamente (por estarem entrelaçadas a modo de malha) como quimicamente (por pontes de hidrogênio).

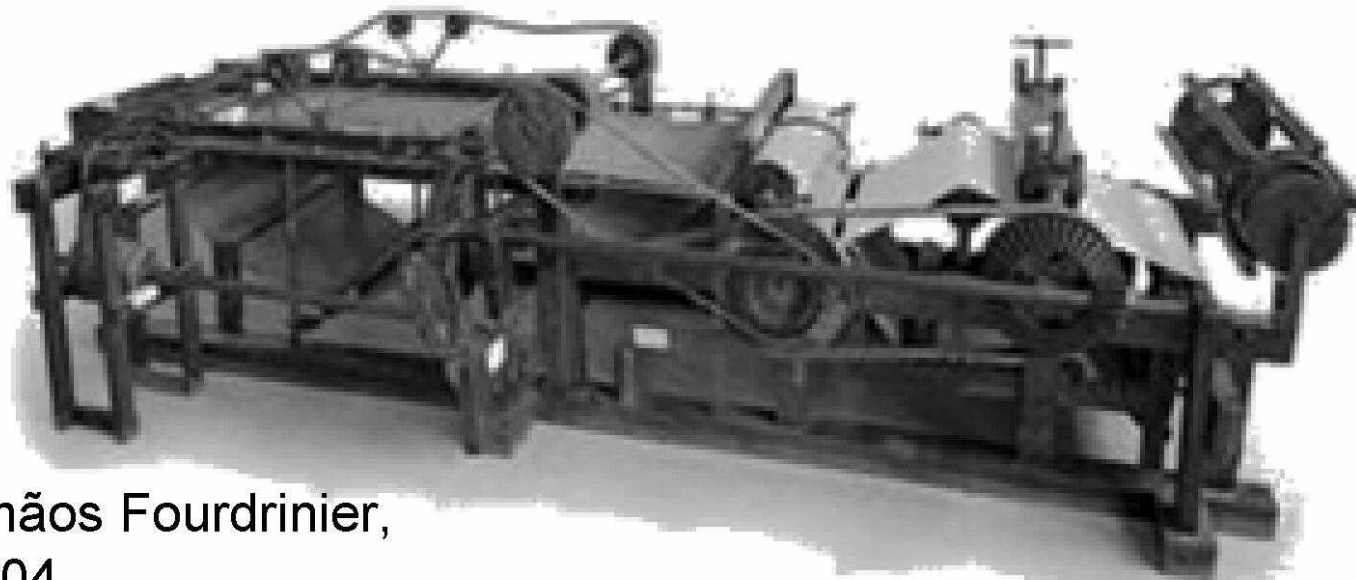
Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.



Primeiras máquinas de papel

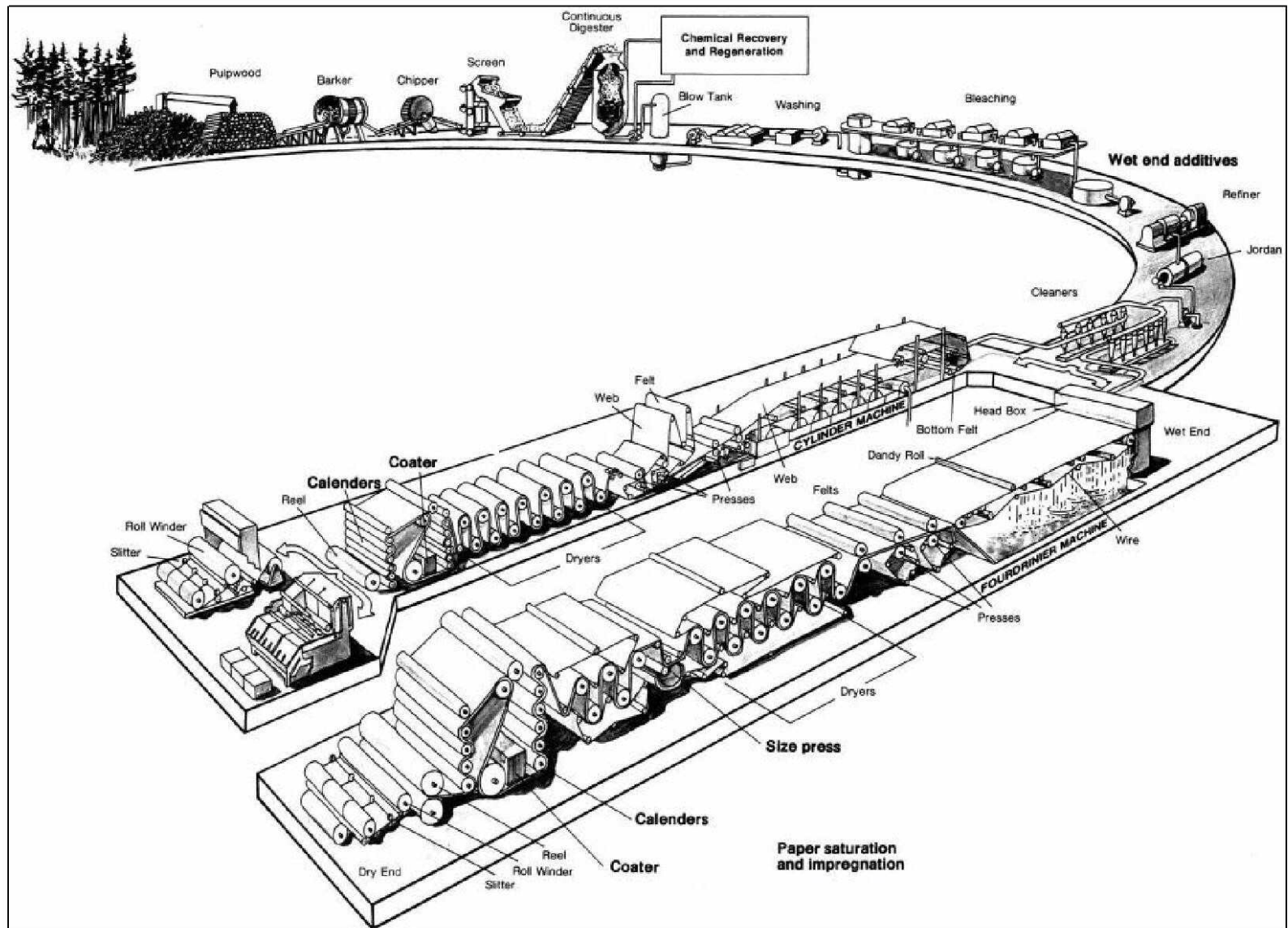


Louis Robert,
1799

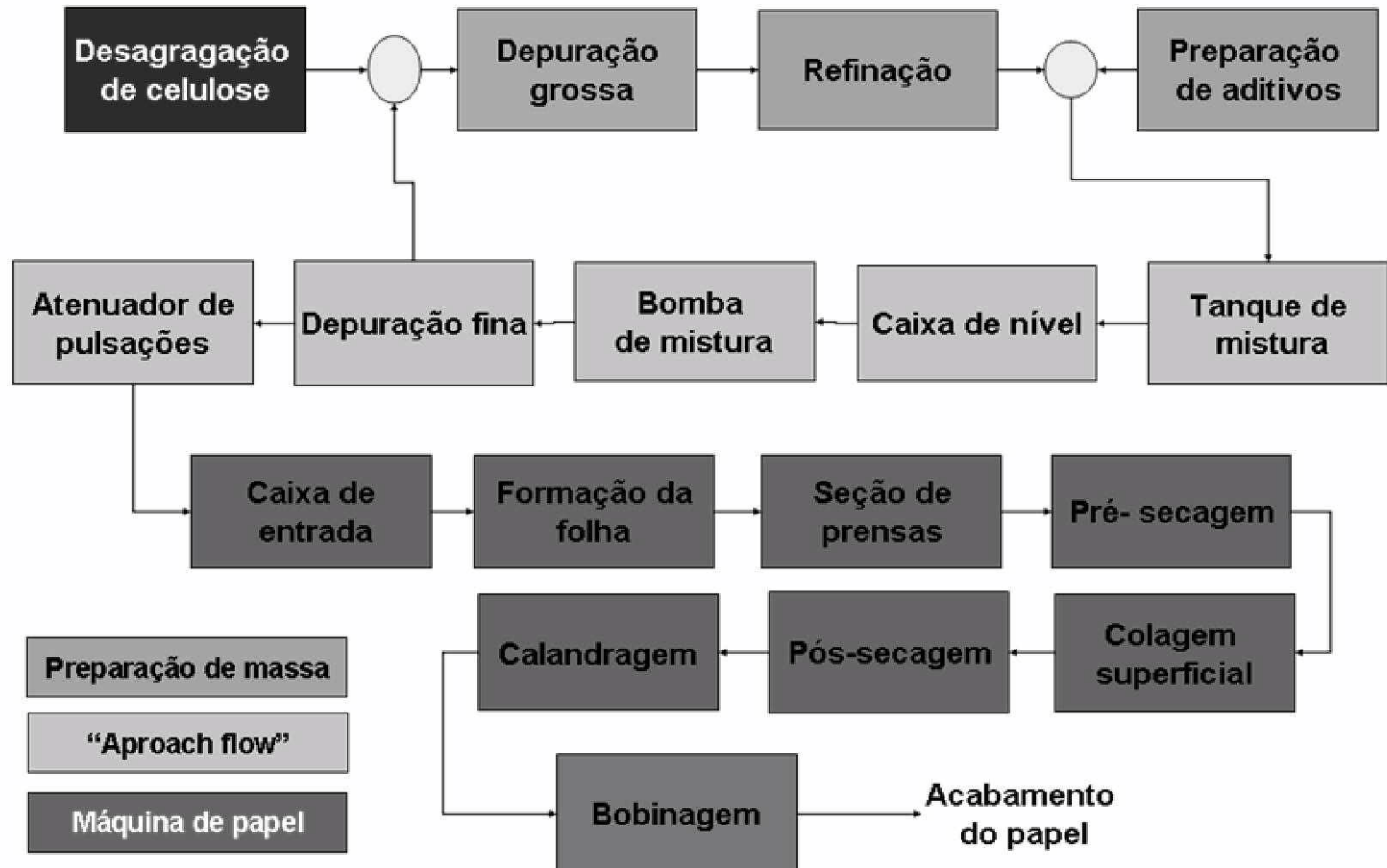


Irmãos Fourdrinier,
1804

Exemplo de processo integrado de fabricação de papel



Fluxograma básico de fabricação de papel (I&E)



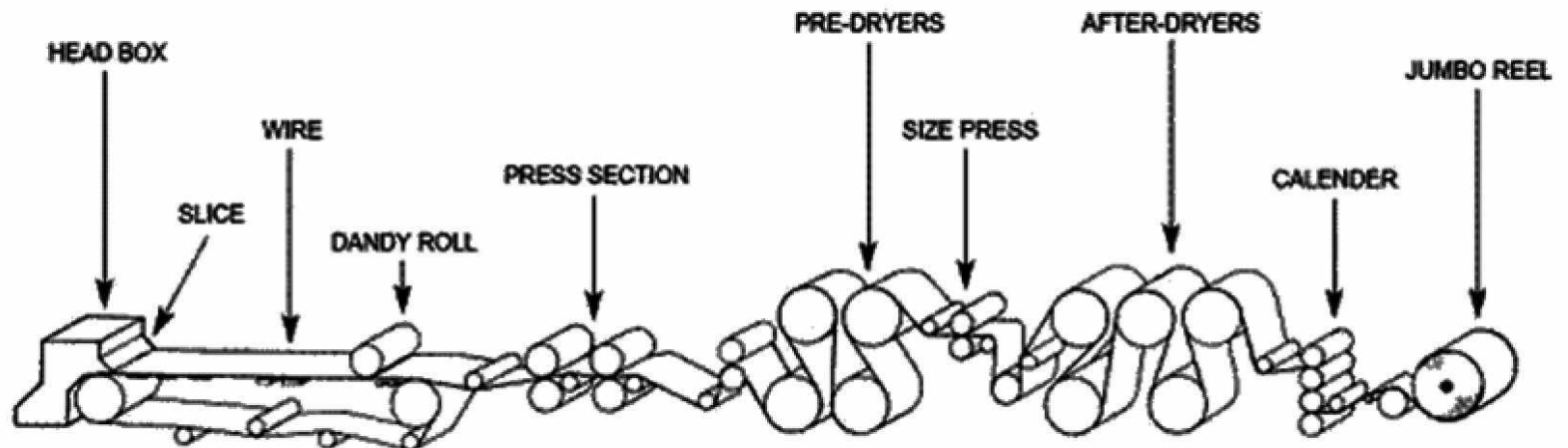
Máquina de papel - seções

A função básica da máquina de papel, que é remover a água da folha, é feita em três setores que operam baseados em diferentes princípios, como segue:

Formação: desaguamento utilizando as características hidrodinâmicas do líquido;

Prensagem: desaguamento por compressão mecânica;

Secagem: desaguamento por evaporação, por meio do fornecimento de calor nos cilindros secadores.



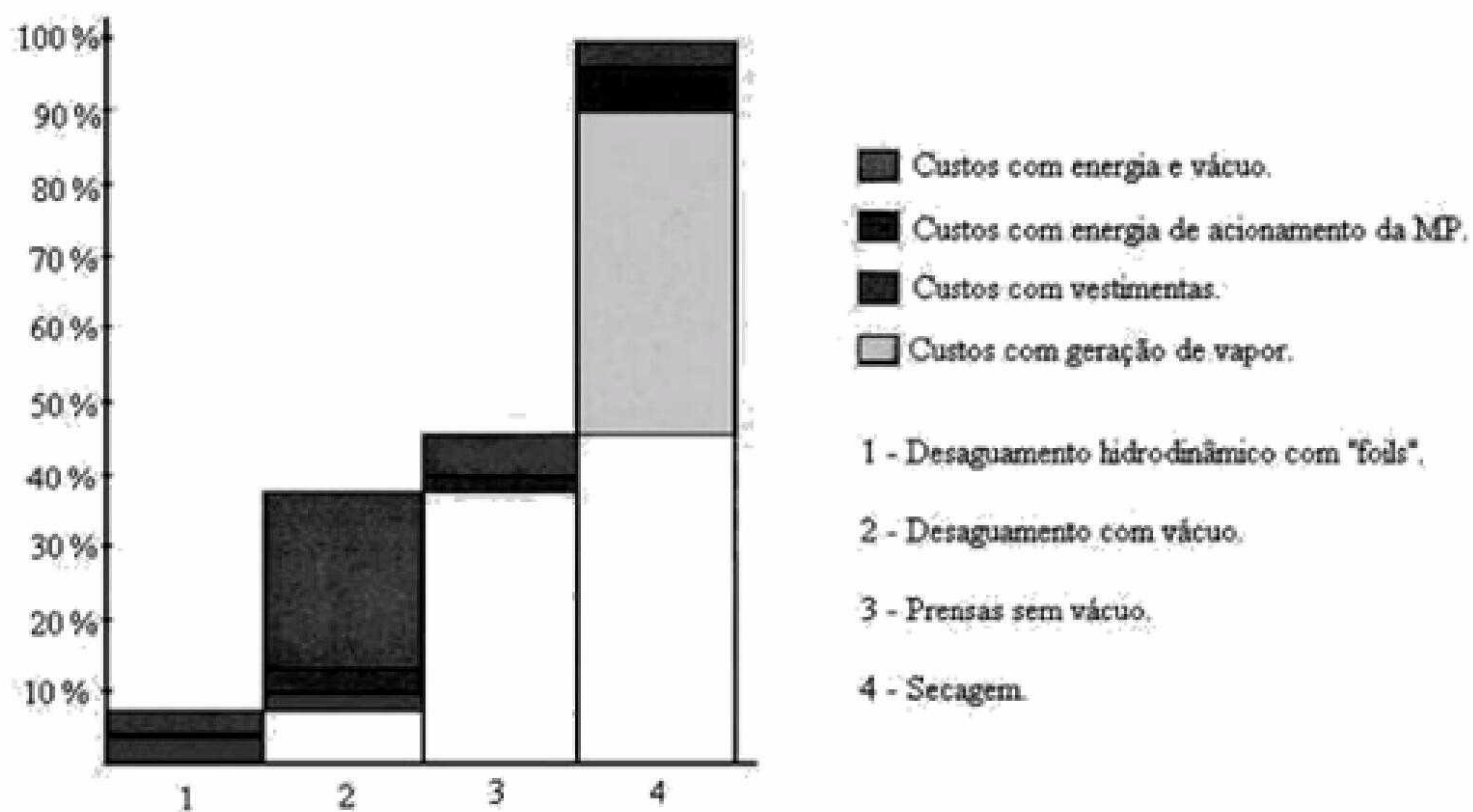
Eliminação de água nas três principais seções da máquina de papel (I&E) – 150 g/m²

ZONAS	Conteúdo de seco na entrada	Conteúdo de seco na saída	Percentagem de água eliminada
Formação	1,0 %	18,0%	95,4 %
Prensagem	18,0 %	42,0 %	3,2 %
Secagem	42,0 %	94,0%	1,4 %

Eliminação de água nas três principais seções da máquina de papel (“tissue”)

ZONAS	Conteúdo de seco na entrada	Conteúdo de seco na saída	Percentagem de água eliminada
Formação	0,2 %	~10,0%	98,2 %
Prensagem	~10,0 %	44,0 %	1,6 %
Secagem	44,0 %	94,0%	0,2 %

Custos de desaguamento em máquina de papel



Fibras não madeira (“non-wood vegetable fibers”)

Bambu e bagaço de cana, trapos (“rags”),

“Linters” de algodão (“cotton linters”),

Papel velho (“wastepaper”),

Fibras sintéticas (“synthetic fibers”) tais como polietileno, polipropileno, etc;

Fibras minerais (“mineral fibers”) tais como asbesto, fibra de vidro, etc;

Fibras animais (lã e seda).

Fibras de madeira

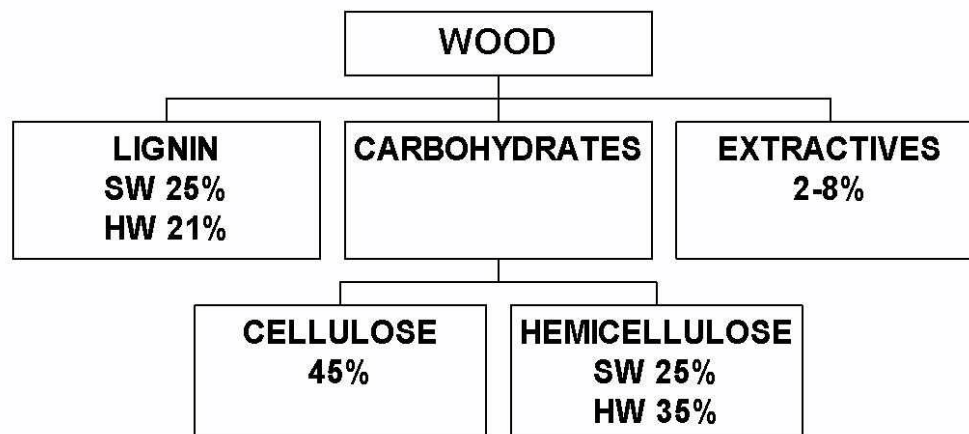
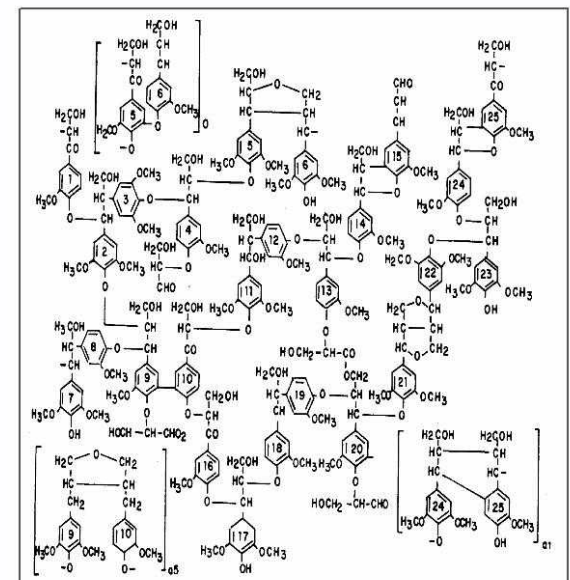
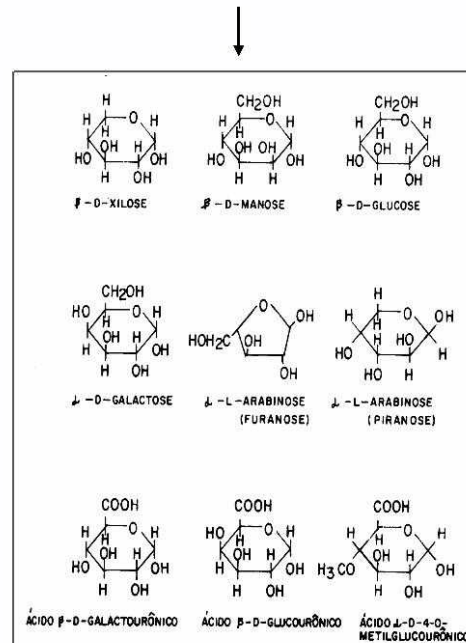
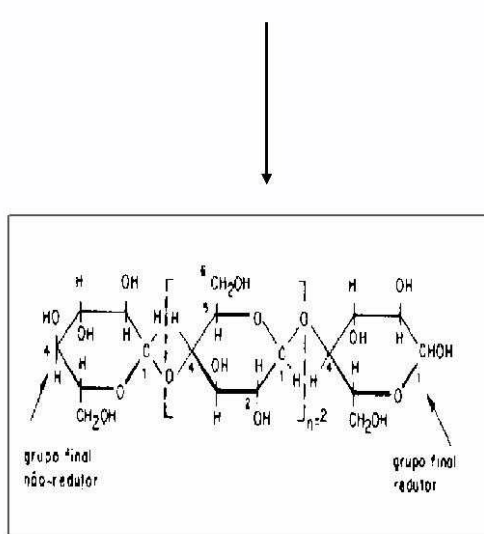
“Softwoods” (ou coníferas):

tais como araucária, pinho (“pine”: *Pinus elliotti*, *Pinus taeda*), abeto vermelho (“spruce”), cicuta (“hemlock”), etc.

“Hardwoods” (ou folhosas):

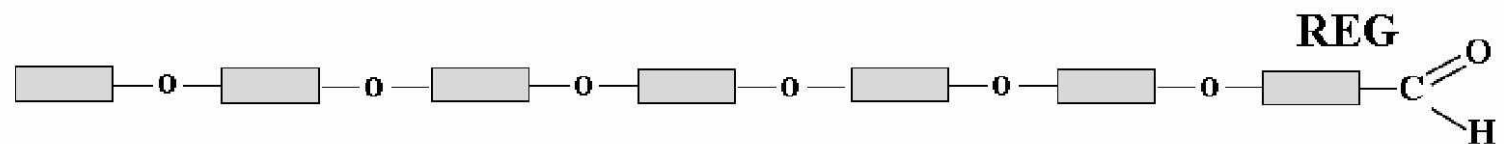
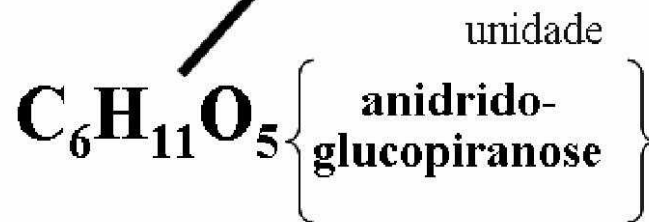
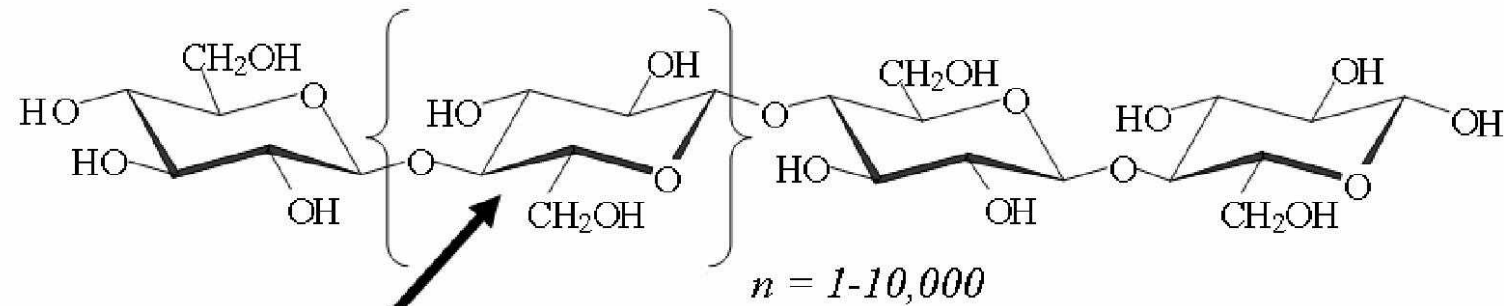
eucalipto (“eucalyptus”: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. globulus*), bétula (“birch”), bordo (“maple”), álamo ou faia (“aspen”), carvalho (“oak”), “gmelina”, acácia, etc.

HOLOCELULOSE		LIGNINA
Alfa-celulose	Hemicelulose	
	Beta-celulose	Gama-celulose
		Não é carboidrato



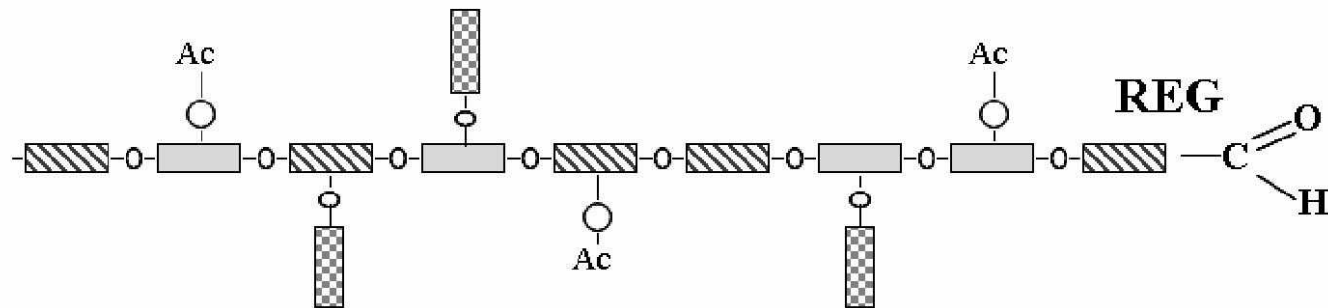
SW=Softwood
HW=Hardwood

Estrutura molecular da celulose



Reg = grupo terminal redutor

Estrutura molecular da hemicelulose

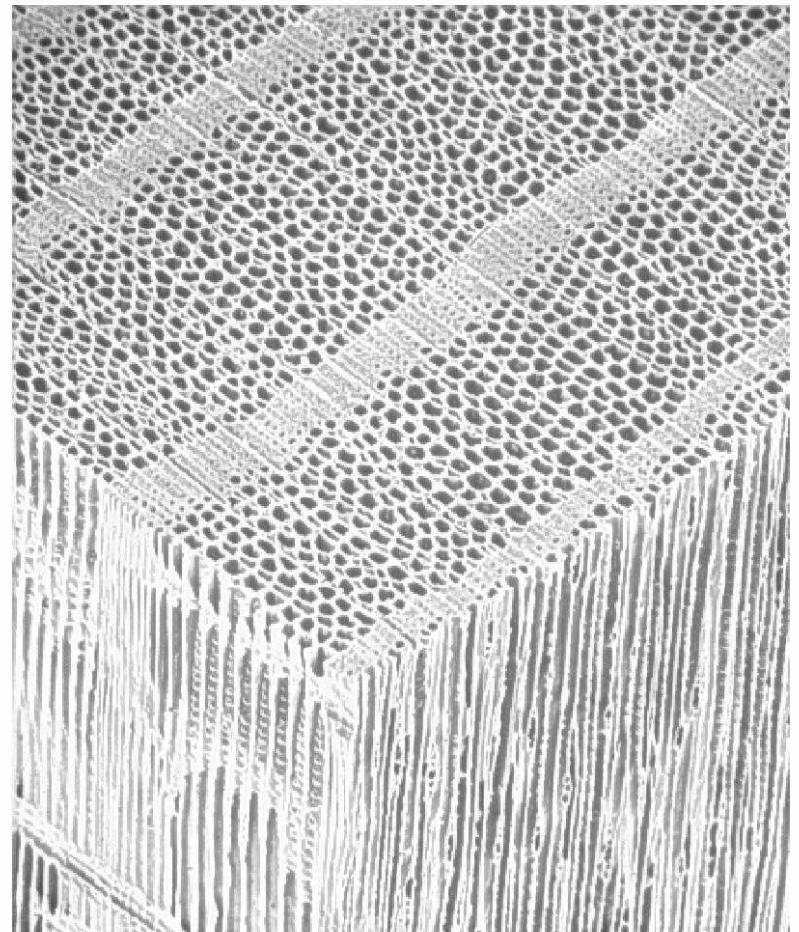
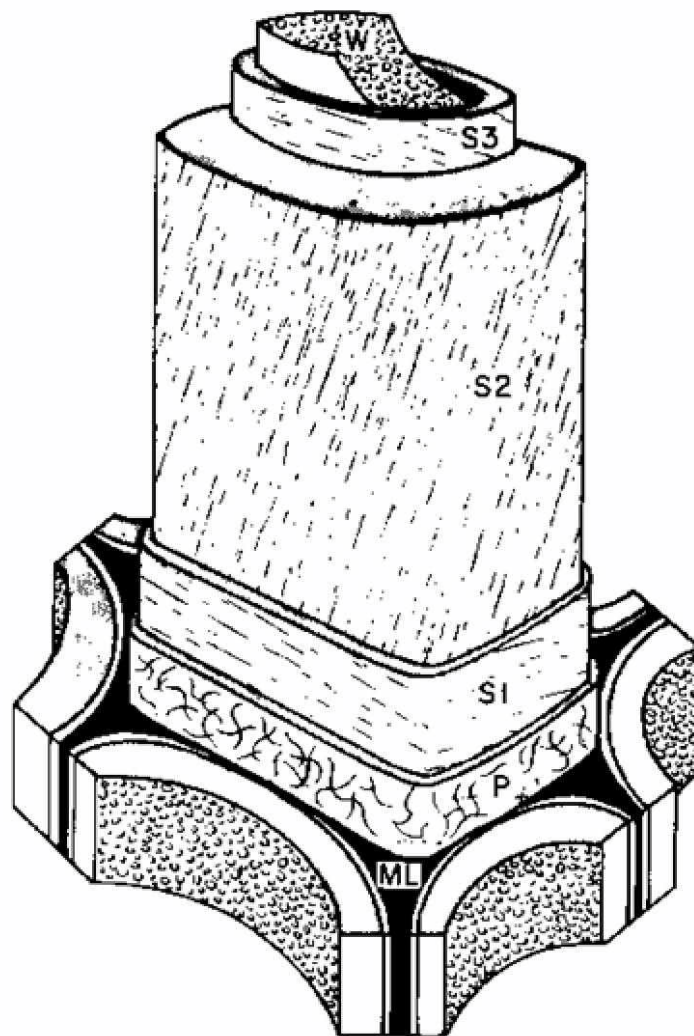


Maior hemicelulose de coníferas: Galactoglucomanana DP 200

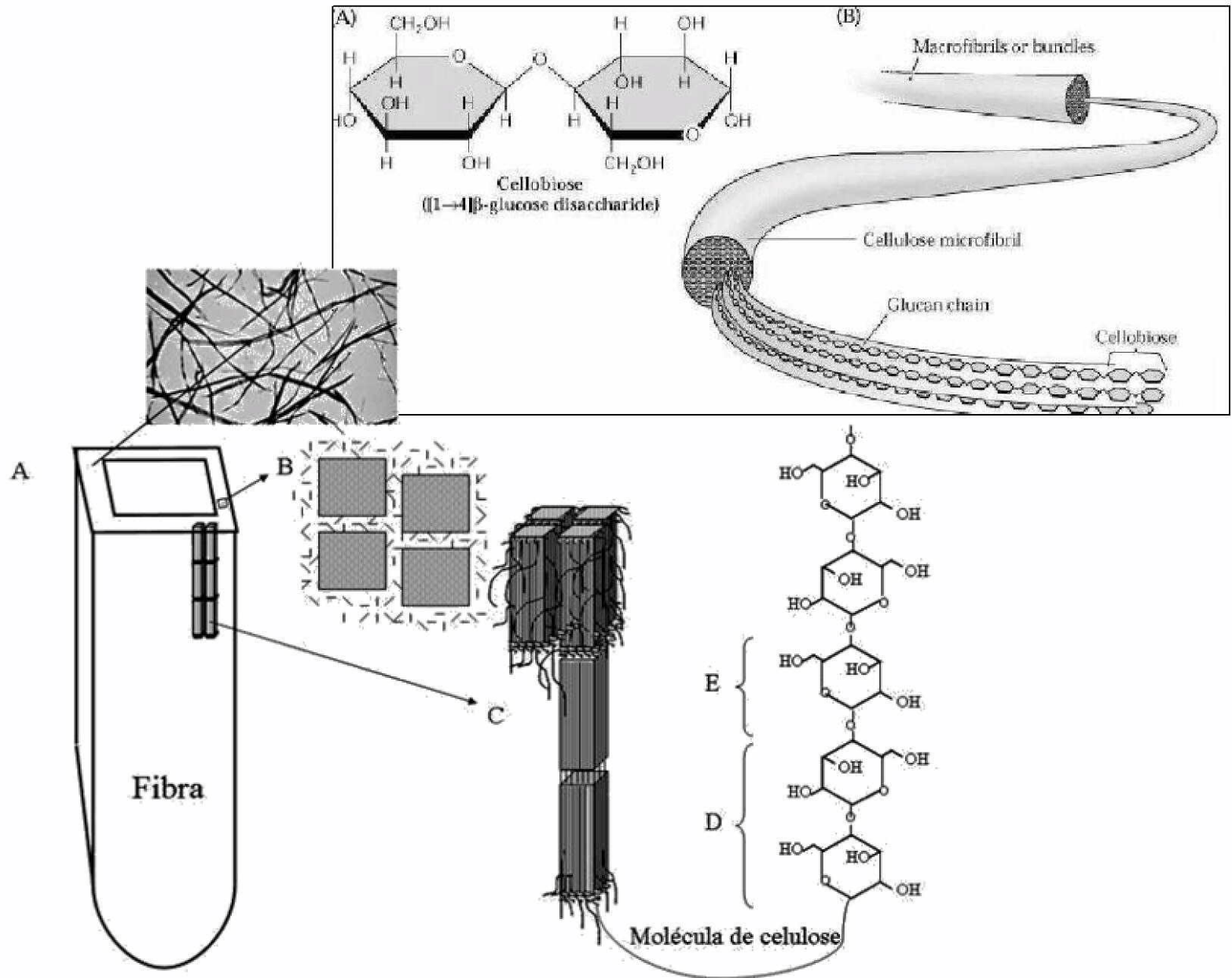
- -o Glucose (6)
- -o Manose (6)
- -o Galactose (6)
- Ac—O— Grupo acetil

Reg = grupo terminal redutor

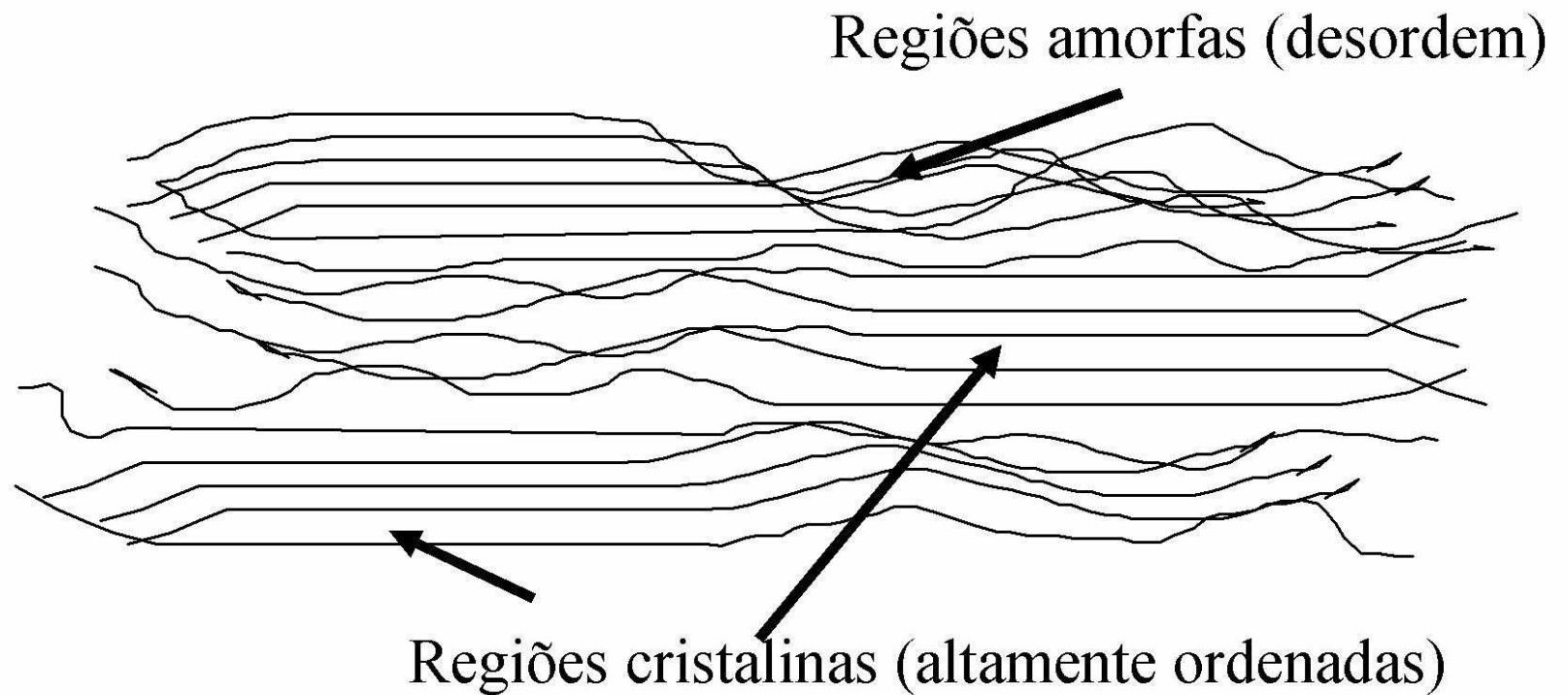
Modelo de uma fibra de conífera mostrando organização estrutural das microfibras nas paredes



Cadeias de celulose, microfibrilas e macrofibrilas

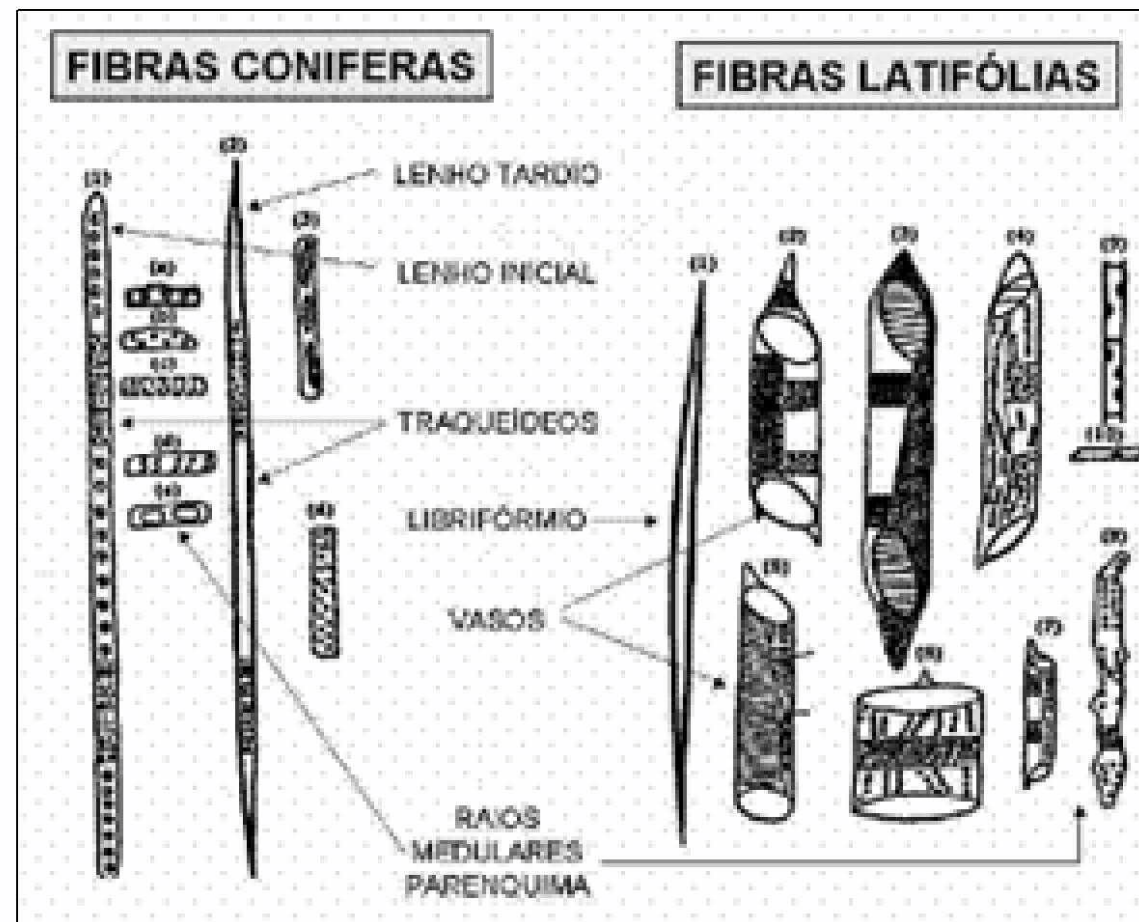


Modelo esquemático de uma microfibrila

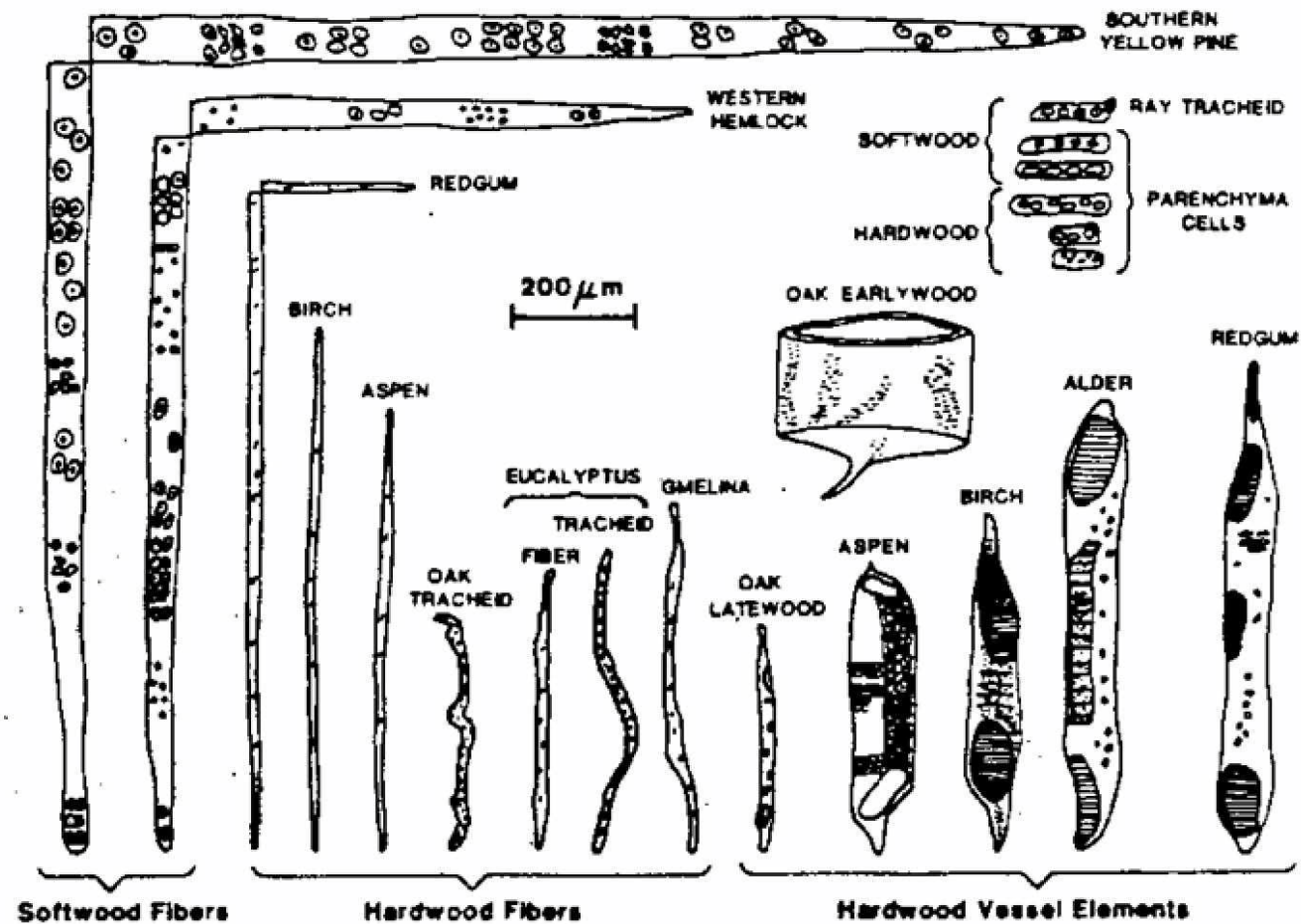


Cada linha representa uma porção de uma macromolécula

Fibras longas e curtas



Fibras longas e curtas



Características mais importantes das fibras para a fabricação de papel

Morfológicas:

Comprimento médio da fibra (C), largura da fibra (D), espessura da parede (E) e largura do lúmen (L).

Correlacionados com as propriedades das fibras: índice de feltragem (C/D), coeficiente de flexibilidade $[(L/D) \times 100]$, fração parede $[(2E/D) \times 100]$, índice de Runkel (2E/L), “coarseness” - definido como a massa correspondente a uma unidade de comprimento de fibra expressa em miligramas por 100 m (decigrex).

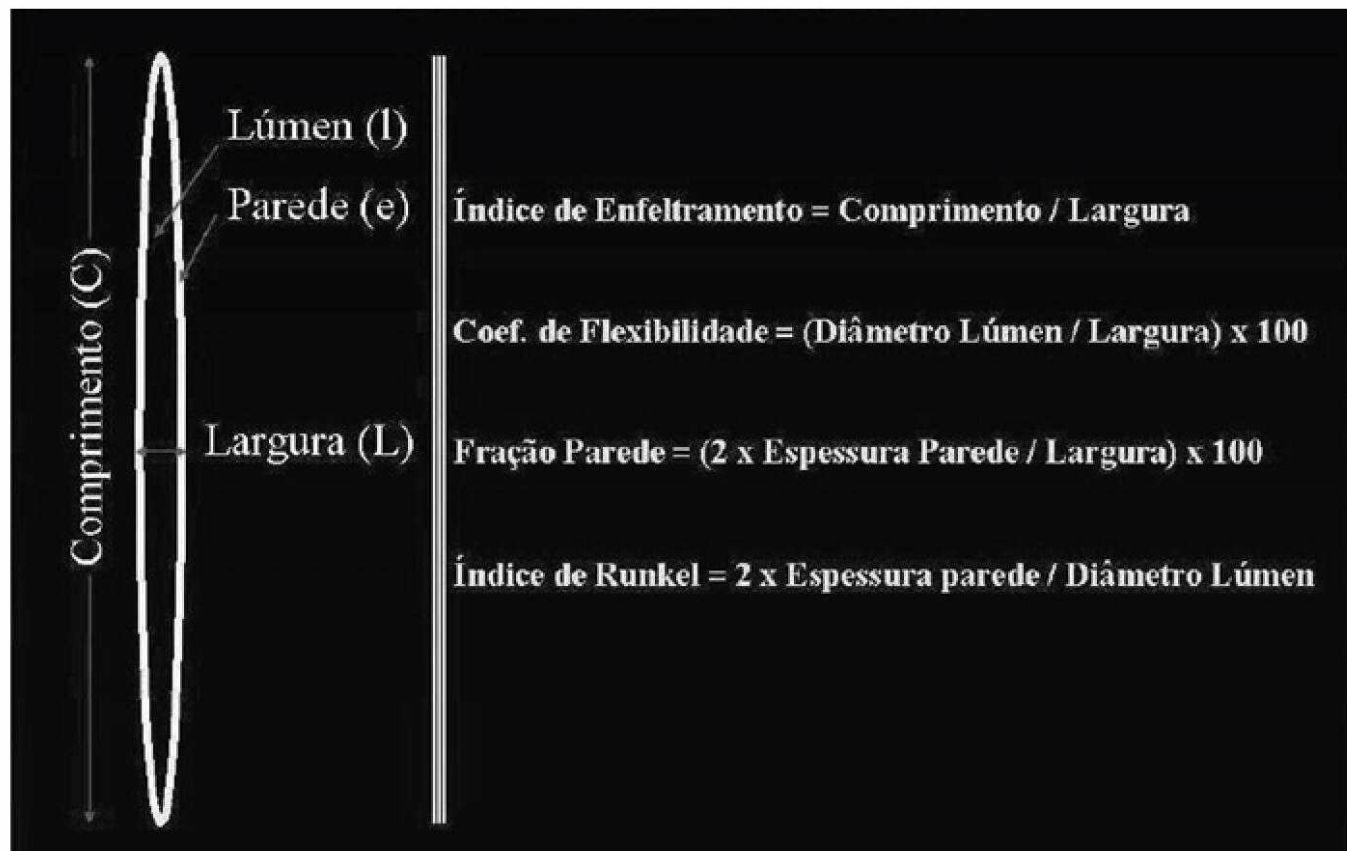
Físicas: absorção de água, inchamento, plasticidade a úmido, grau de polimerização e o índice de refração.

Mecânicas: resistência intrínseca da fibra (comprimento de auto-ruptura zero “span”), índice de ligação das fibras na folha (relação entre o comprimento de ruptura normal e o zero “span”) e rigidez.

Químicas: celulose, hemicelulose, lignina e extrativos.

Topoquímicas: distribuição de grupos moleculares, especialmente perto de ou na superfície.

Características morfológicas das fibras



Classificação de aparas

Observações:

A definição das matérias-primas fibrosas recicláveis utilizadas para a fabricação de papel compreende dois grandes grupos: aparas; e papéis usados.

As aparas (em inglês, “trimmings”), juntamente com materiais refugados e não utilizados, resultam de operação industrial que transforma os papéis e cartões em uma variada gama de artefatos. O grupo é caracterizado como de pré-consumo.

Já os papéis usados (em inglês, “waste paper”), também designados de papéis velhos, são os diferentes tipos de papéis e artefatos de papel descartados pelos usuários finais, após utilização. O grupo é caracterizado como de pós-consumo.

Classificação de aparas

BRANCO I

Aparas, mantas e restos de bobinas de papéis brancos, sem impressão de espécie alguma, sem revestimento ("coating").

BRANCO II

Formulários contínuos de papel branco, usados, sem papel carbono entre folhas e sem revestimento carbonado.

BRANCO III

Aparas, mantas e restos de bobinas de papel imprensa e jornal, sem impressão de espécie alguma.

BRANCO IV

Papéis brancos usados de escritório, manuscritos, impressos ou datilografados, cadernos usados sem capas, livros sem capa e impressos em preto.

BRANCO V

Aparas de papéis brancos, mantas e restos de bobinas, com percentagem mínima de impressão ou com revestimento ("coating").

BRANCO VI

Igual ao BRANCO IV, podendo, porém, conter papéis coloridos na massa.

Classificação de aparas

KRAFT I

Aparas de papel kraft natural resultantes da fabricação de sacos multifolhados, sacos de papel kraft refugados por defeitos de fabricação ou não utilizados.

KRAFT II

Sacos mutifolhados usados de papel tipo kraft, com fibras e cores diversas. Sem escolha ou seleção.

KRAFT III

Sacos mutifolhados usados, de papel kraft natural, principalmente de cimento, misturados, sem batimento, escolha ou seleção.

CARTÕES DE PASTA MECÂNICA (APARAS PARANÁ)

Aparas de artefatos usados de cartão produzidos integralmente de pasta mecânica.

Classificação de aparas

JORNAIS I

Jornais velhos.

JORNAIS II

Jornais limpos e encalhes de redação.

CARTOLINA I

Aparas de papelcartão integral, material refugado e material não utilizado, com ou sem revestimento (“coating”). Sem impressão de qualquer espécie. Provenientes de cartões e cartolinas fabricados integralmente com celulose.

CARTOLINA II

Aparas de papelcartão, material refugado e material não utilizado, com ou sem revestimento (“coating”). Com impressão ou em cores variadas.

CARTOLINA III

Aparas de papel cartão, material refugado e material não utilizado, plastificadas, com ou sem impressão.

CARTOLINA IV

Embalagens usadas de papel cartão, plastificadas ou não.

Classificação de aparas

ONDULADO I

Aparas e refugos resultantes da fabricação de caixas e chapas de papelão ondulado de todos os tipos.

ONDULADO II

Caixas e chapas usadas de papelão ondulado, fabricadas com capas de alta e média resistência.

ONDULADO III

Caixas e chapas usadas de papelão ondulado, fabricadas com capas de baixa resistência, podendo conter até 20 % de outros tipos de papéis que não sejam papelão ondulado.

REVISTAS I

Revistas velhas, impressas em papéis com ou sem revestimento (“coating”).

REVISTAS II

Revistas encalhadas ou com defeitos de impressão, impressas em papéis com ou sem revestimento (“coating”).

Classificação de aparas

MISTO I

Papéis usados mistos provenientes em sua maior parte de escritórios e gráficas; aparas coloridas; resíduos de papéis e cartões diversos, misturados.

MISTO II

Papéis usados mistos, provenientes de escritórios, lojas comerciais, casas residenciais.

MISTO III

Papéis usados mistos, de todas as procedências.

TIPOGRAFIA

Aparas e recortes coloridos provenientes de gráficas e tipografias.

Classificação de aparas

PROIBITIVOS:

Papel vegetal ou “glassine”; papel e papelão encerados, parafinados e betumados; papel carbono; papel e papelão resistentes a úmido; papel e papelão laminados (camada metálica ou plástica); fitas adesivas, etc.

CONTAMINANTES:

Cargas (caulim, dióxido de titânio, carbonato de cálcio, talco); resinas e ceras, amidos e colas, corantes e pigmentos, tintas, plastificados e outros.

IMPUREZAS:

Areia, plásticos, cliques, grampos, cordas, metais, têxtil, etc.

Especificação de aparas

Denominação usual	Denominação oficial	Definição	% água	% impurezas	% proibitivos
Acetinado	Branco I	Aparas de papel sem impressão de espécie alguma, sem revestimento	10	0	0
Formulário contínuo	Branco II	Aparas de formulários contínuos sem papel carbono entre folhas e sem revestimento	10	2	0
Jornal sem letra	Branco III	Aparas de papel imprensa e jornal em impressão de espécie alguma	10	0	0
Arquivo branco	Branco IV	Aparas de papéis brancos de escritório manuscritos, impressos ou datilografados, cadernos usados sem capa e impressos em preto	10	5	0

Alterações nas fibras recicladas

DIMENSIONAL:

Causadas por impactos mecânicos nos desagregadores, despastilhadores e principalmente nos refinadores.

DISTRIBUIÇÃO:

Causadas por classificação em peneiramento, centrifugação, flotadores, lavadores, engrossadores e tela formadora.

PROPRIEDADES SUPERFICIAIS:

Causadas por modificações na superfície da fibra por branqueamento, adição de químicos e adesão de contaminantes.

MORFOLOGIA DA FIBRA:

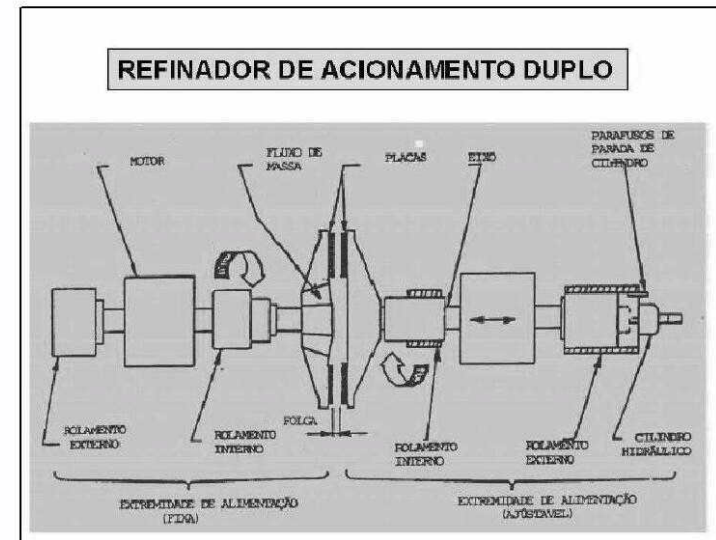
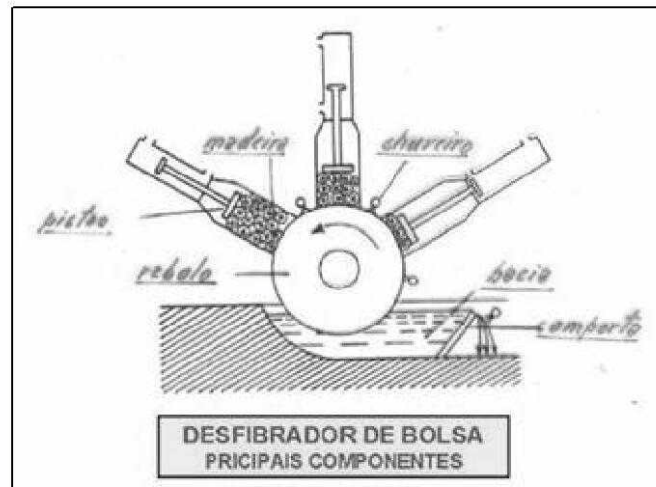
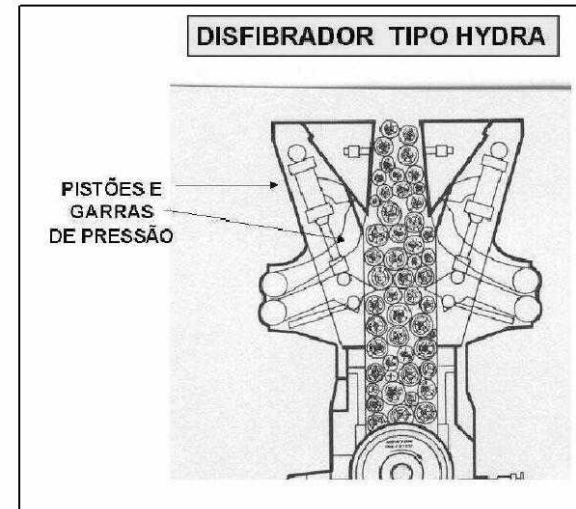
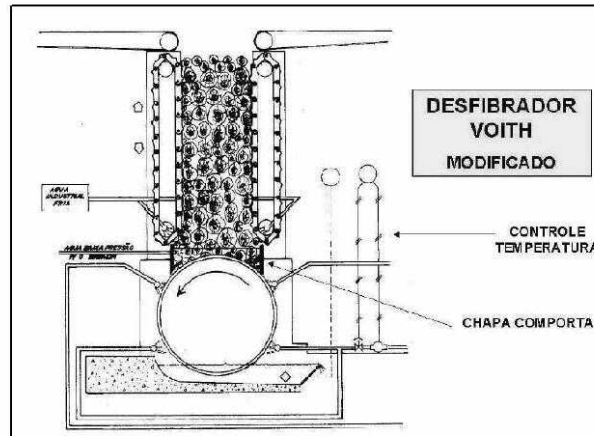
Causada por modificação na estrutura da fibra através de polpação, branqueamento, refinação e secagem.

CONSEQÜÊNCIAS DAS ALTERAÇÕES: impacto no processo e andamento da máquina.

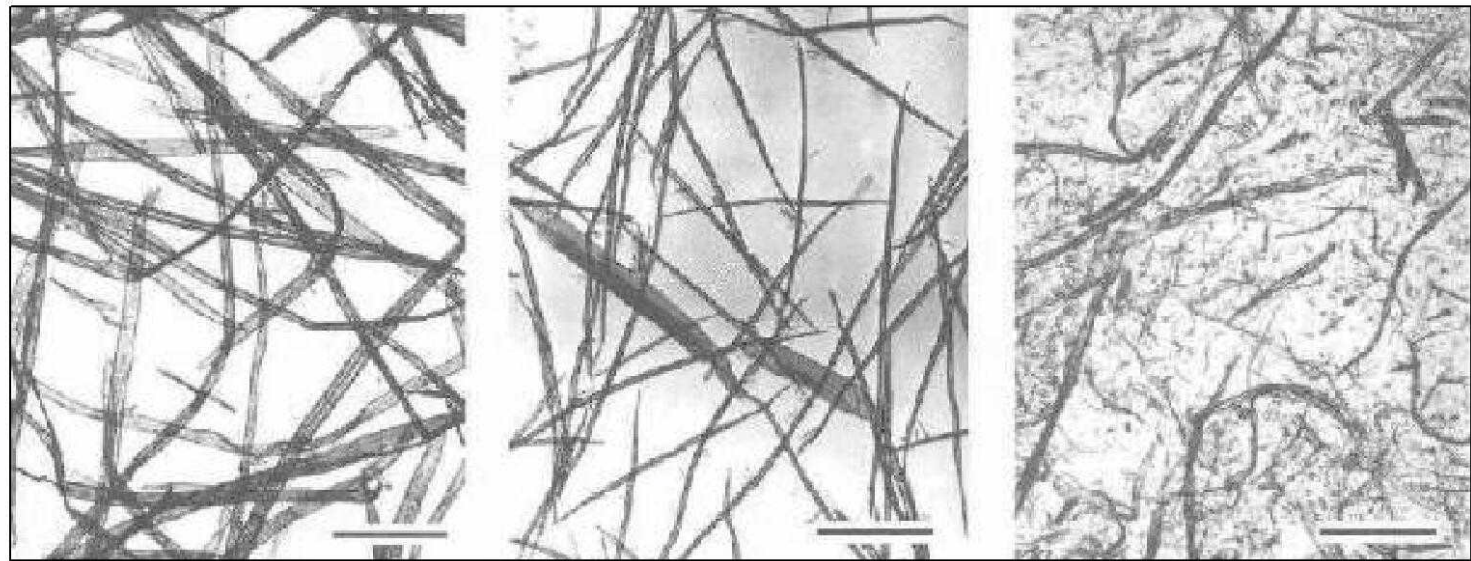
Pastas de alto rendimento

Tipo de pasta	Designação consagrada	Características do processo	Rendimento
Pasta mecânica de pedra (PM)	(Stone) groundwood pulp (SGWP ou GW)	Desfibramento de madeira roliça em mó à pressão atmosférica	95 a 97 %
Pasta mecânica de pedra pressurizada (PMP)	Pressurized (stone) groundwood pulp (PGW)	Desfibramento de madeira roliça em mó sob pressão	93 a 95%
Pasta mecânica de desfibrador despressurizado (PMR)	Refiner mechanical pulp (RMP)	Desfibramento de madeira ou de seus resíduos sob a forma de cavacos ou serragem, em desfibrador de disco, à pressão atmosférica	94 a 95%
Pasta termomecânica (PTM)	Thermomechanical pulp (TMP)	Desfibramento em desfibrador a disco, sob pressão, de cavacos ou serragem de madeira e/ou resíduos lignocelulósicos previamente aquecidos com vapor saturado	92 a 95%
Pasta quimtermomecânica (PQTM)	Chemithermomechanical pulp (CTMP)	Desfibramento em desfibrador a disco, sob pressão, de cavacos ou serragem de madeira e/ou resíduos lignocelulósicos prévia e levemente tratados com reagentes químicos	80 a 93%
Pasta semiquímica soda a frio	Cold soda	Desfibramento sob pressão atmosférica de cavacos tratados com licor de hidróxido de sódio	60 a 85%
Pasta semiquímica sulfito neutro	Neutral sulfite semimechanical pulp (NSSC)	Cavacos são aquecidos com vapor à pressão atmosférica, sulfito e carbonato de sódio a um pH entre 8 e 9, e cozidos em fase vapor a temperatura entre 160 e 180°C por 15 a 60 min	65 a 85%
Pasta semiquímica soda a quente	Soda pulp	Resíduos agrícolas são aquecidos com vapor à pressão atmosférica, impregnados com solução de hidróxido de sódio de 8 a 10% e cozidos em fase vapor a temperatura entre 160 e 180°C por 15 min ou mais	54 a 60%

PAR (Pastas de Alto Rendimento)



Polpa química x polpa mecânica



Características de algumas PAR

PAR	Características
Pastas mecânicas (pedra)	Baixa resistência mecânica, baixa alvura e alta opacidade. Alto teor de astilhas (“shives”)
Pastas mecânicas (desfibrador de discos)	Pasta mais resistente que aquela produzida em pedra. Esta característica permite reduzir o teor de pasta química na confecção de papel imprensa, além de trabalhar em velocidades maiores na máquina de papel (ganho de produtividade). Alto teor de astilhas. Baixa alvura.
Pastas termomecânicas	Resistência mecânica a seco é maior que as das pastas produzidas em pedra e em desfibrador de discos. O teor de astilhas é baixo. Maior preservação das fibras. Alvura mais baixa que nas polpas mecânicas (longos períodos para aquecimento dos cavacos e alta pressão durante o desfibramento). Alto grau de latência. Baixa drenabilidade. Boa imprimibilidade. Maior lisura. A resistência mecânica a úmido é menor, mas o alongamento a úmido é maior.
Pastas quimitermomecânicas	Resistência mecânica a seco superior ao das pastas mecânicas e termomecânicas, tanto em auto-ruptura como índice de rasgo. Alvura maior. Menor número de astilhas e maior drenabilidade. Maior preservação das fibras.
Pastas semiquímicas	Resistência mecânica a seco maior que as pastas anteriores, maior densidade, maior drenabilidade, menor opacidade e alvura.

Características de algumas PAR

PROPRIEDADE	PM	PMP	TP	PTM	PQTM
Rendimento (%)	95	93	95	92	91
° CSF	80	75	80	100	300
Ruptura (km)	2,2	2,5	2,4	2,8	3,8
Fator Estouro	10	12	11	18	25
Fator Rasco	35	40	38	60	70
Alvura (° GE)	60	55	58	56	54
Opacidade (%)	95	95	95	94	91
Fibra longa (% R48)	30	35	32	45	55
Finos (%)	50	45	48	35	20

Vantagens e desvantagens da PAR

Vantagens:

menor custo de produção, maior rendimento, maior opacidade, maior drenabilidade, maior “bulk”.

Desvantagens:

menor resistência a seco e a úmido, menor alvura e reversão de alvura, maior percentual de astilhas, menor lisura.