

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Parte 2 - Pasta Mecânica por refino (RMP, TMP, CMP, CTMP)

- Introdução
- Fluxograma
- Equipamento
- Processo
- Controle de processo
- Usos

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por refino (RMP, TMP, CMP, CTMP)

Introdução

- Muitos são as alternativas de processo PAR.
- No processo com refino a madeira na forma de cavaco passa pela ação de desfibramento em um ou mais refinadores.
- RMP – PAR via refino a frio e atmosférico.
- TMP – PAR via refino pressurizado
- CMP – PAR via refino com tratamento químico atmosférico
- CTMP – PAR via refino pressurizado e tratamento químico
- Tratamento químico e térmico facilita desfibramento e qualidade da polpa (maior integridade das fibras) e aumenta sua alvura.

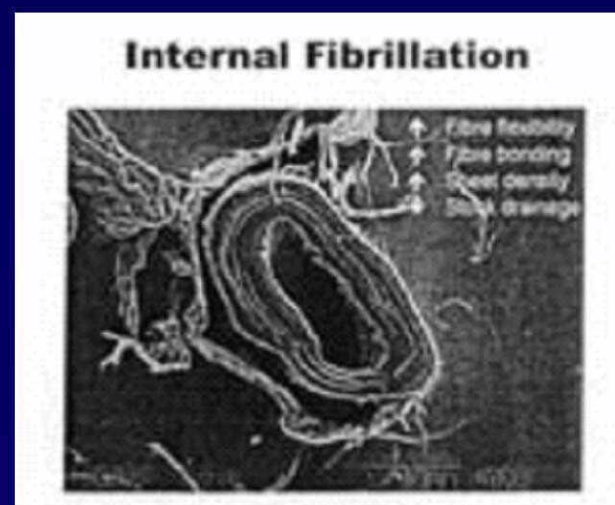
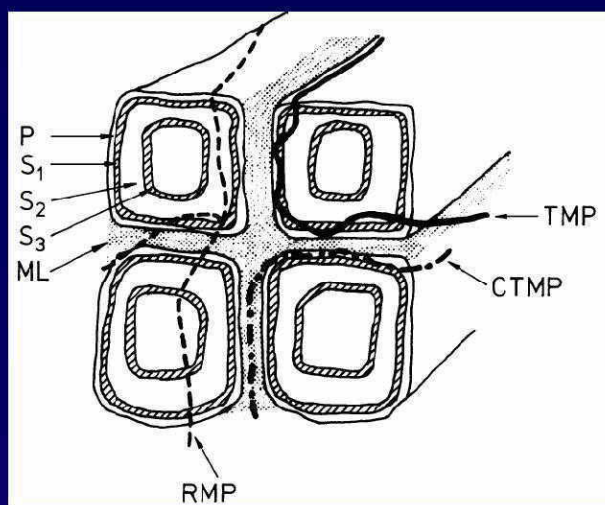
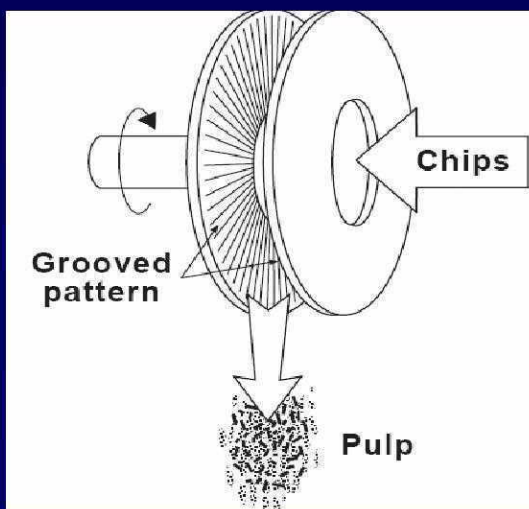
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por refino (RMP, TMP, CMP, CTMP)

Introdução

No processo ideal de produção de pasta mecânica:

- As fibras devem ser separadas umas das outras da matriz lenhosa,
- O comprimento das fibras deve ser preservado ao máximo,
- As fibras devem ter suas paredes (principalmente a S2) delaminadas internamente (fibriladas),
- A fração de finos com potencial de ligação e espalhamento de luz deve ser produzida a partir da lamela média e das paredes da fibras (P e S),



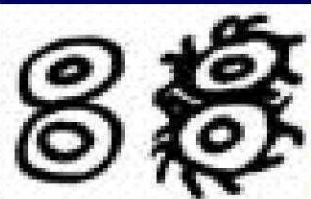
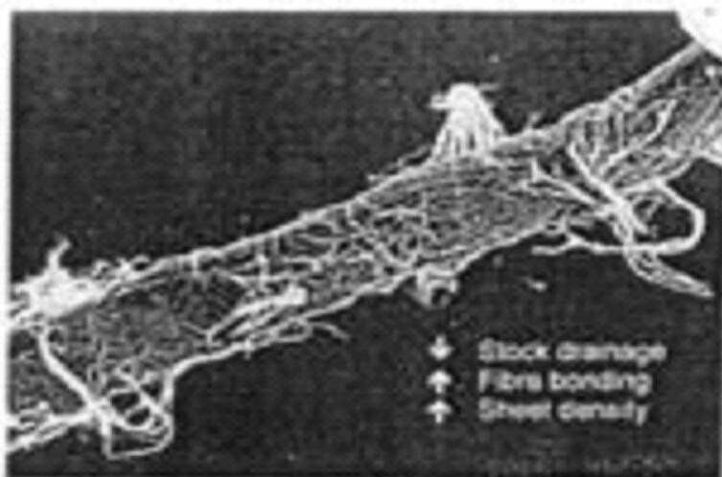
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por refino (RMP, TMP, CMP, CTMP)

Fibrilação

- Fibrilação interna e externa aumentam o potencial de ligações e/ou área as ligadas ente as fibras – aumento de resistência mecânica.

External Fibrillation

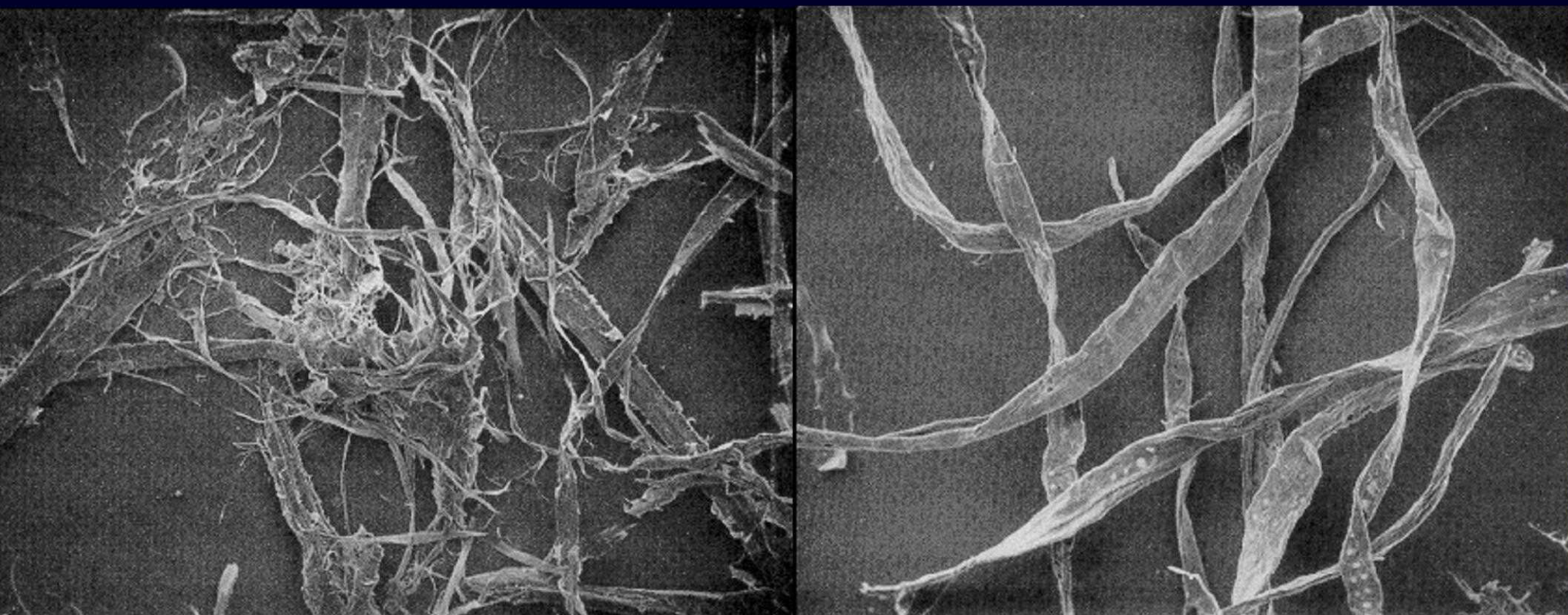


Internal Fibrillation



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por refino (RMP, TMP, CMP, CTMP)
Fibras vistas após polpação e lavagem



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Parte 2.1- Pasta Mecânica por Refino (RMP)

- O processo de pasta mecânica por refino (RMP) desenvolvido nos anos 1950, usa cavacos como principal matéria-prima.
- Originou de resíduos de serraria e de toras reduzidas a cavaco
- Cavacos alimentados entre dois discos metálicos que giram em sentidos contrário (um pode ser estacionário).
- Discos tem barras e sulcos cuja ação causa desfibramento, moagem e refino dos cavacos.
- Produz mistura de materiais fibrosos cujo comprimento médio é relativamente maior que àquele do processo de pasta mecânica de rebolo (SGW),

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

Controle do consumo de energia em refinadores

- Madeira e energia elétrica têm maior impacto no custo variável de produção de PAR - RPM.
- A produtividade dos processos PAR foram melhoradas.
- Primeiros equipamentos com capacidade instalada de 30 kW.
- Modernamente, motores de 9.000 kW.
- Capacidade de produção calculada a partir da potência do motor do consumo específico de energia (SEC) para cada tipo de madeira e qualidade desejada do produto (p.ex., drenabilidade final).
- Produtividade

$$\frac{P(t/h)}{SEC} = k \times \frac{\text{Potência do motor}}{SEC (KWh/t)} , \text{ ou}$$

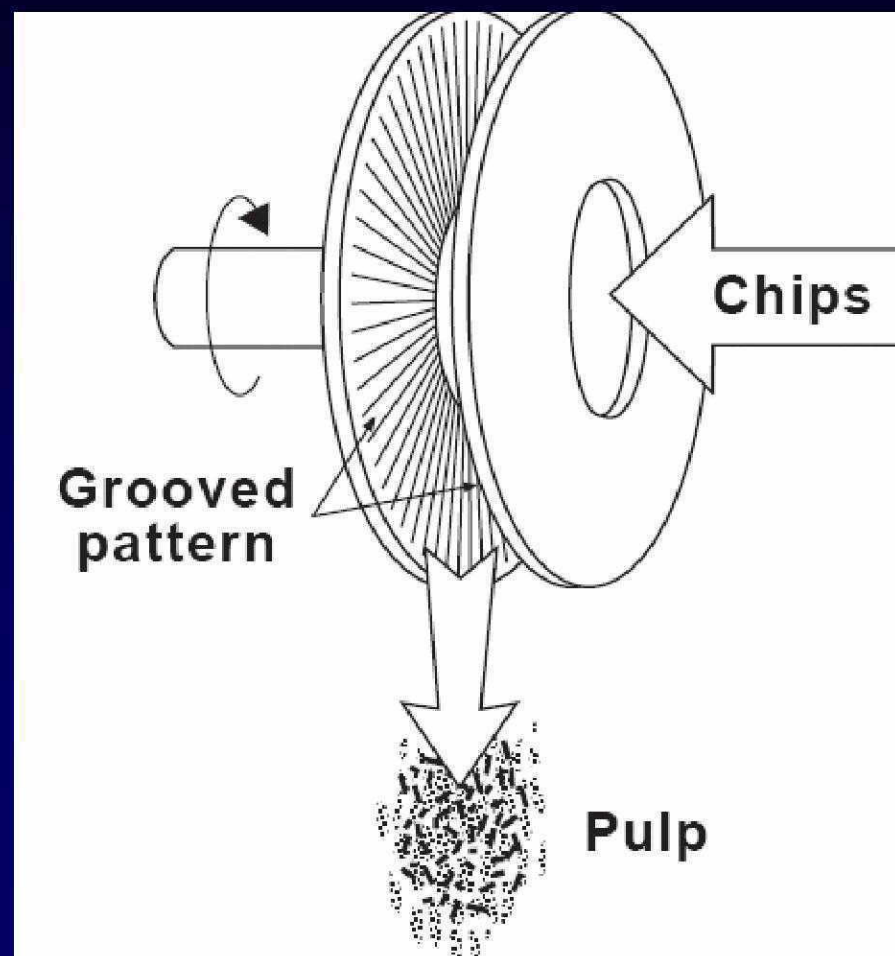
$$\frac{SEC (KWh/t)}{K} = k \times \frac{\text{Potência do motor}}{\text{Produção (t/h)}} , \text{ onde}$$

$$K = \text{coeficiente do equipamento}$$

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

Princípio de funcionamento do refinador de cavacos

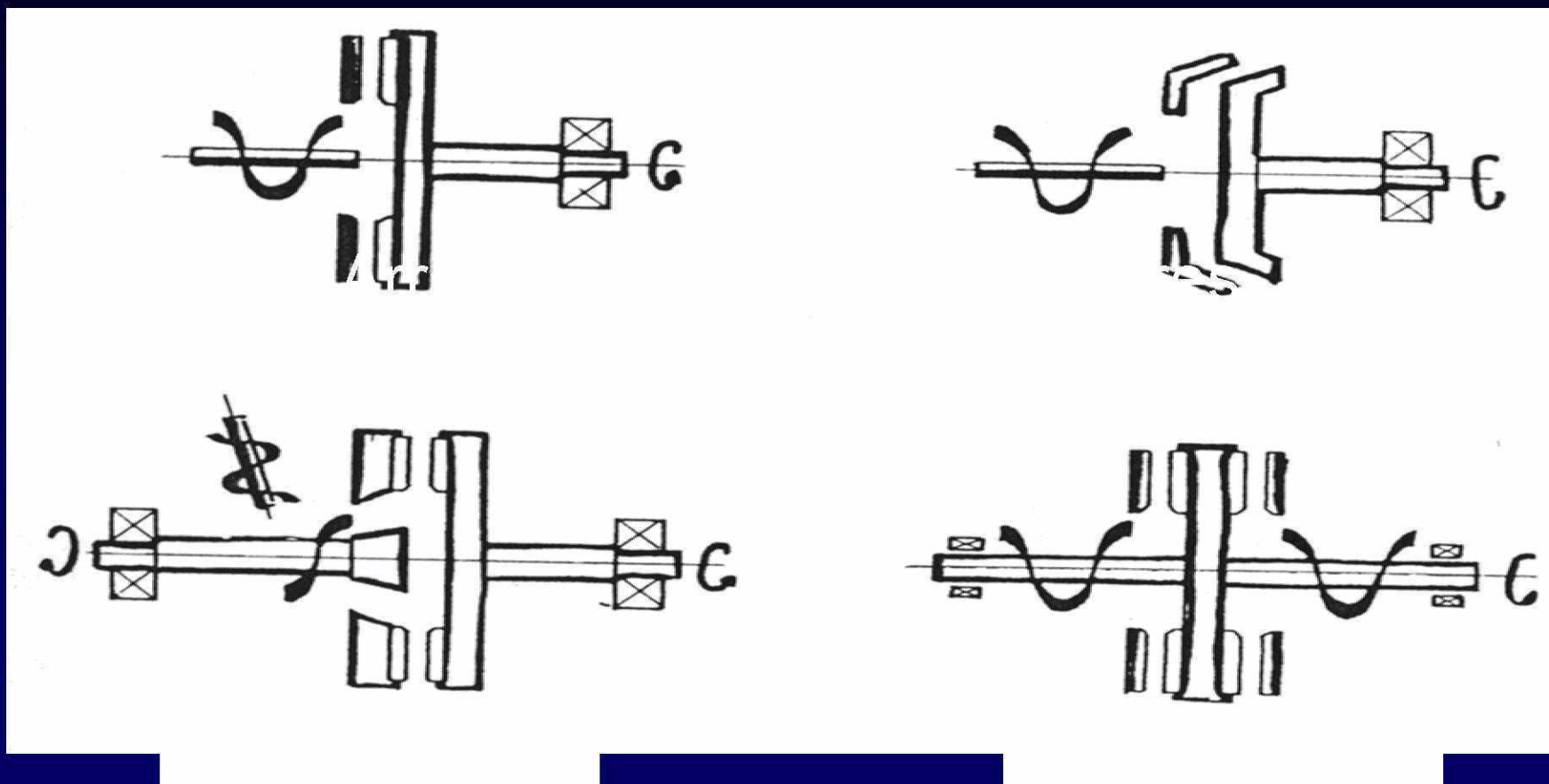


Sundholm, 1999⁸

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

Arranjos típicos de refinadores



Ref.: KAPPEL, 1999 citado por Pavan, 2005)

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

Equipamento - Desfibradores / refinadores

Objetivo dos refinadores

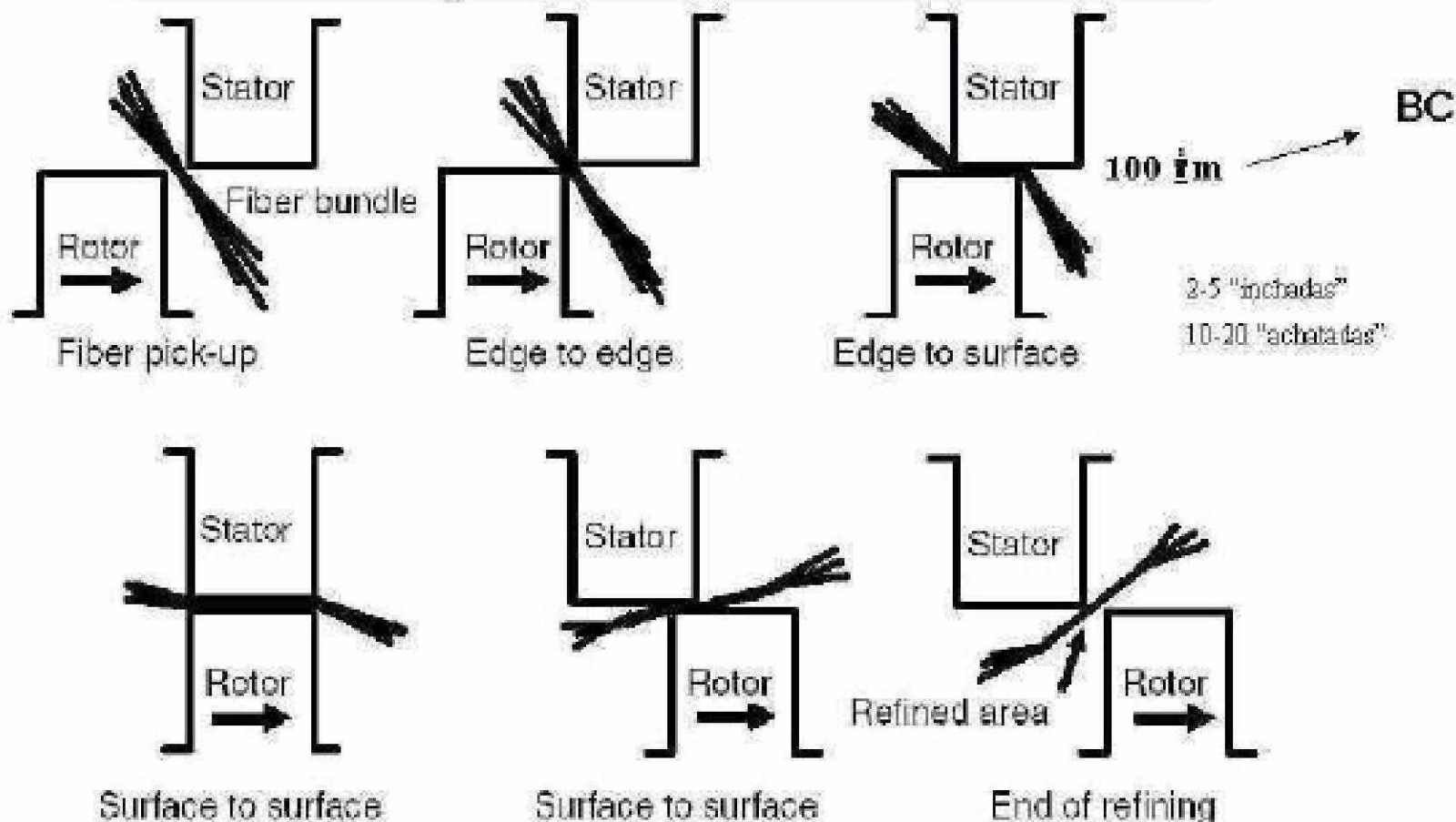
- **Aplanar fibras e assegurar máximo desenvolvimento de área de superfície para facilitar formação ligações química por pontes de hidrogênio na formação do papel.**
- **Moagem libera as fibras da matriz lenhosa.**
- **Moagem é feita em refinadores.**
- **Um tucho de fibras revolve dentre discos dotados de ranhuras e saliências metálicas do refinador.**

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

Equipamento - Desfibradores / refinadores

Princípio do refino ?



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Equipamento - Desfibradores / refinadores

Efeitos do refino

- 1 - As fibras são cortadas e estreitadas.
- 2 - Finos são produzidos e a paredes da fibra é removida produzindo "*debris*" em suspensão
- 3 - Fibrilação externa
- 4 - Mudanças internas na fibra e na estrutura da parede, fibrilação interna e a fibra incha
- 5 - A fibra se curva ou se alonga
- 6 - Criação de nodos, "*kinks*", microcompressão da parede celular.
- 7 - "*Leaching*" material coloidal para a fase líquida.
- 8 - Redistribuição da hemi-celulose do interior da fibra para o exterior.
- 9 - A superfície da fibra se torna mais abrasiva e mais gelatinosa.

Conseqüências do refino

Como conseqüência:

- 1 - As fibras se tornam mais flexíveis e a área de "ligação" aumenta.

No papel:

- 1 - Aumenta a resistência a drenagem
- 2 - A energia de tensão, *Mullen*(estouro), força de rompimento interna e fratura **AUMENTAM**.
- 3 - Energia rasgo do papel melhora mas depende da energia aplicada no refino a tração diminui.
- 4 - Permeabilidade ao ar, *bulk* absorbência, opacidade **DIMINUEM**.
- 5 - Alvura diminui (pouco).

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Equipamento - Desfibradores / refinadores

Controle de refino:

- Drenabilidade:
 - SR°
 - CSF
- Testes de laboratório
- Parâmetros da máquina de papel:
 - Vácuo no rolo *cush*
 - Avanço na linha d'água (espelho)

Energia de Refino Aplicada, kWh / t

Energia de Refino Aplicada, kWh / t

•*No Load* = Sem carga

$$EER = \frac{I T F \sqrt{3}}{Fl \frac{C}{100}}$$

$$SRE = \frac{P_t P_n P_e}{Fl \frac{C}{100}}$$

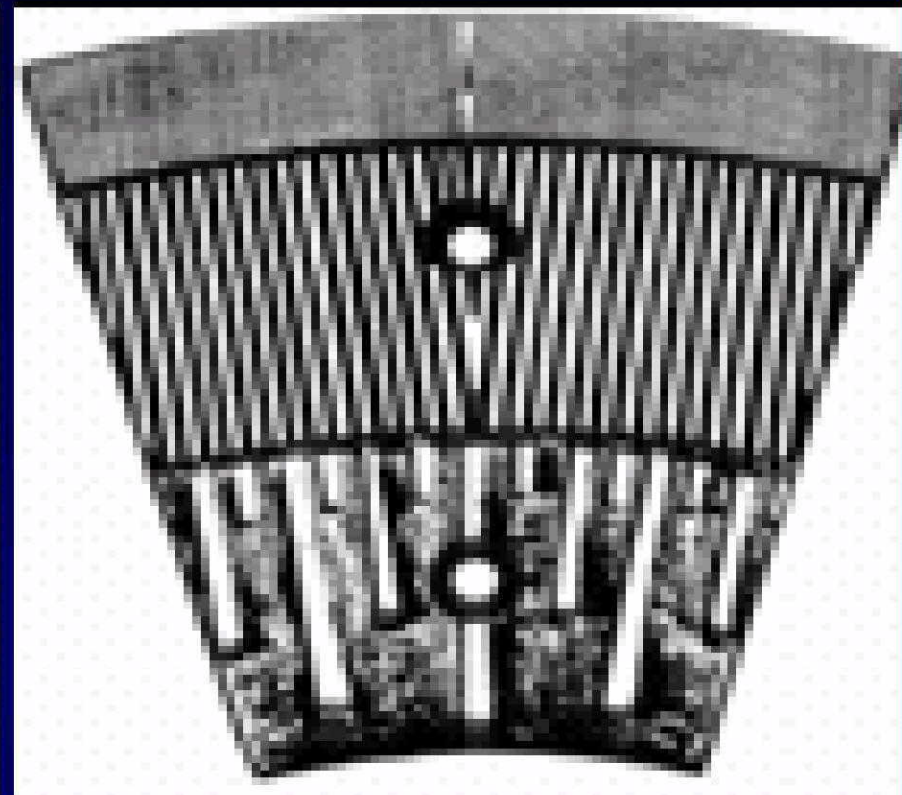
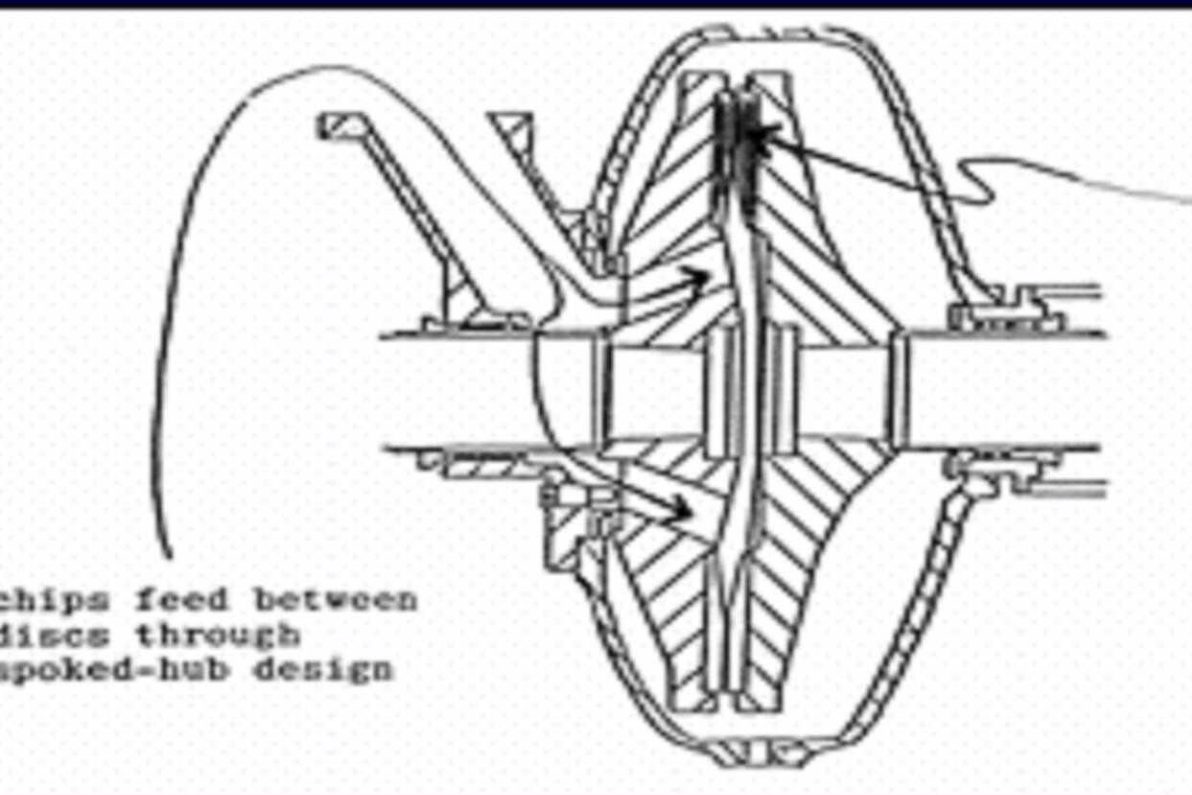
Dados:

- intensidade (A - ampères)
- tensão (kV - volts)
- fator de potência (cada equipamento), geral (0,85)
- fluxo, l/min
- consistência

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

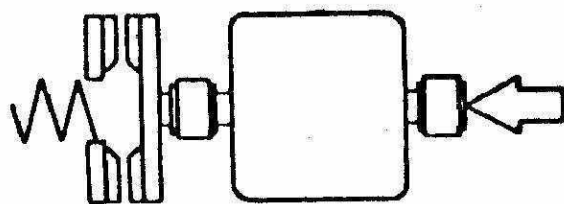
- Cavacos de madeira são triturados e transformados em fibras por barras fixadas em dois discos rotativos ou um rotativo e outro estacionário.



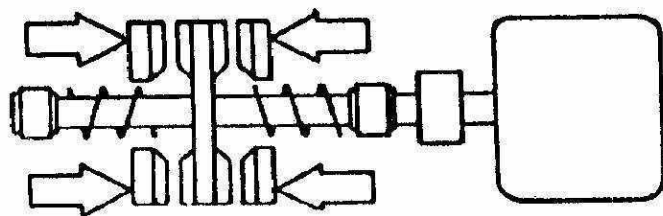
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

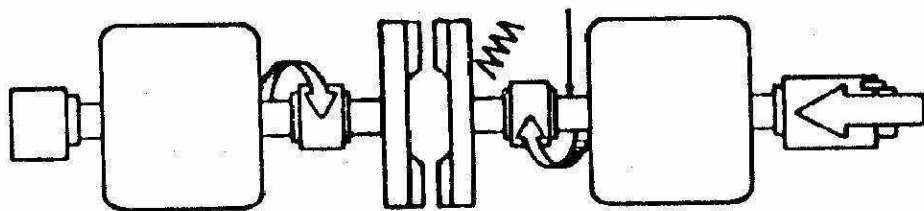
Tipos de Refinadores



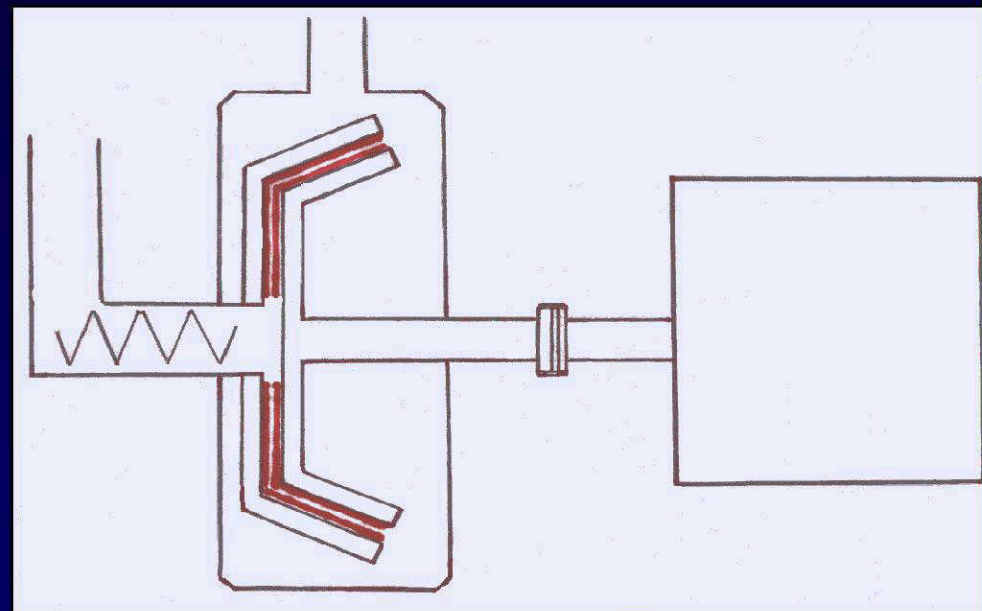
-refinador de discos simples



-refinador geminado (duplo)



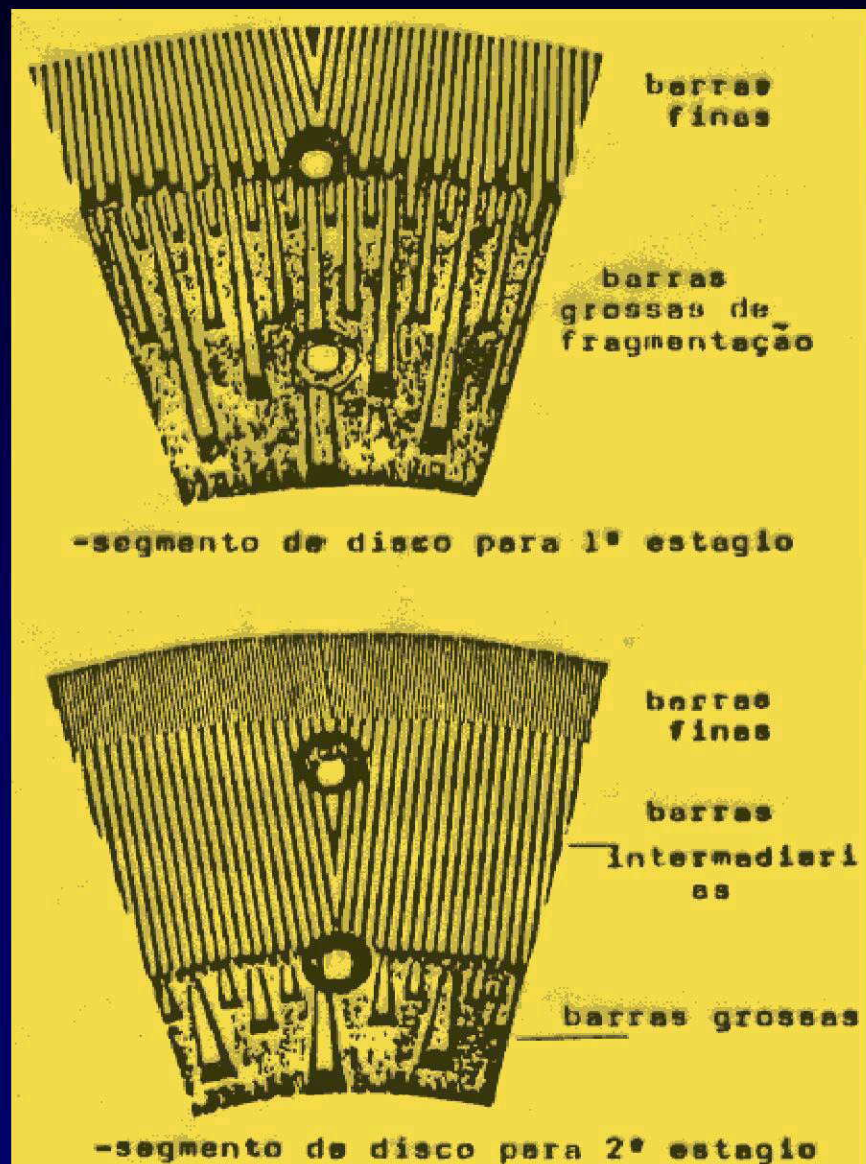
-refinador c/ acionamento duplo



Refinador de Discos Cônicos

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

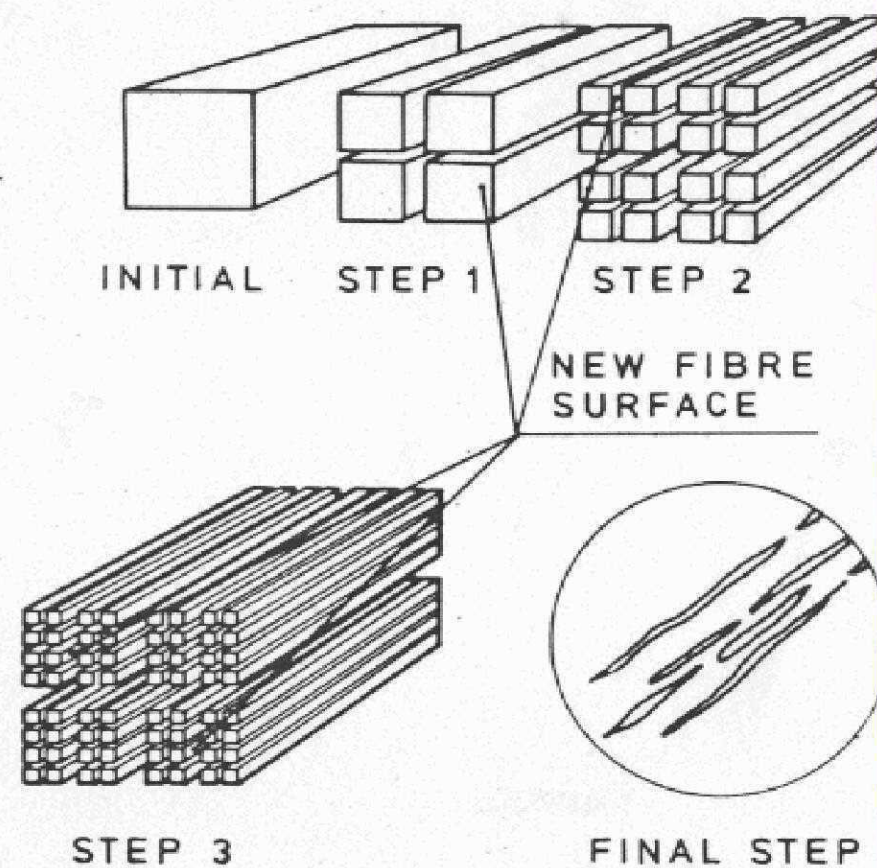
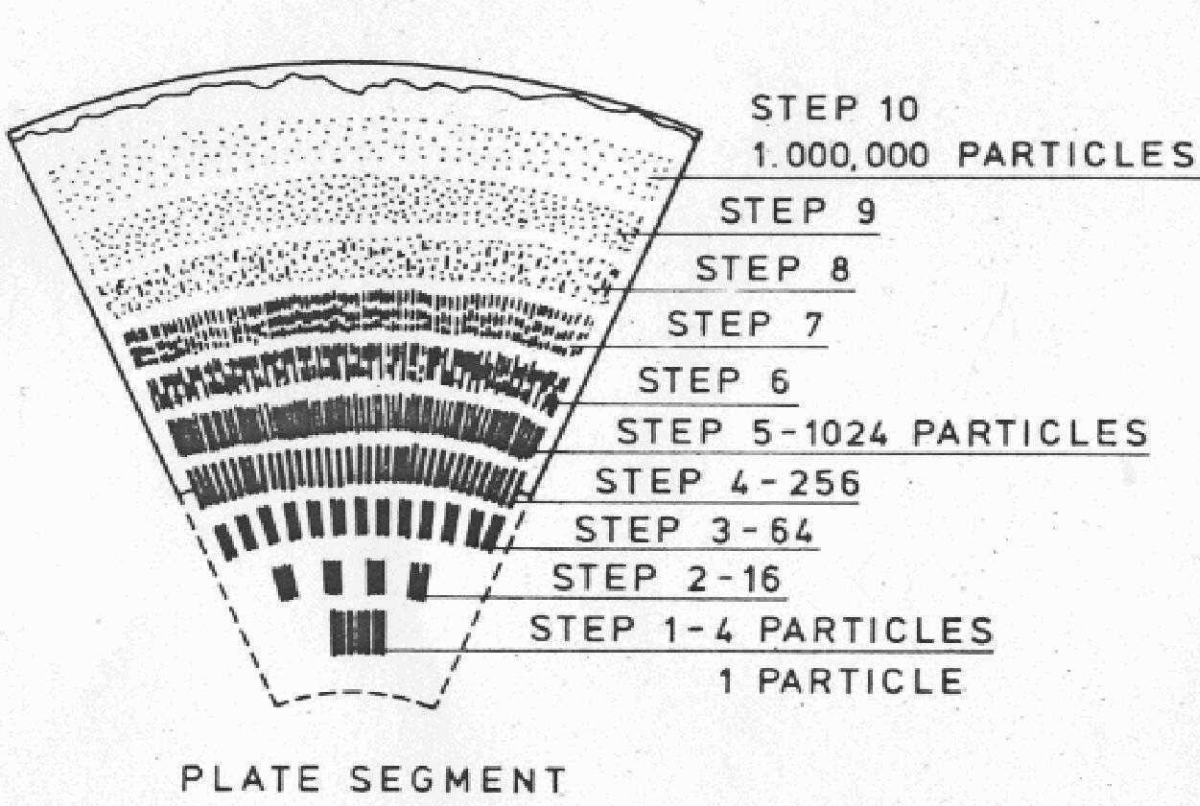


Teoria de Refino

1. Alimentação de cavacos
2. Pressurização
3. Primeiro estágio
4. Segundo Estágio

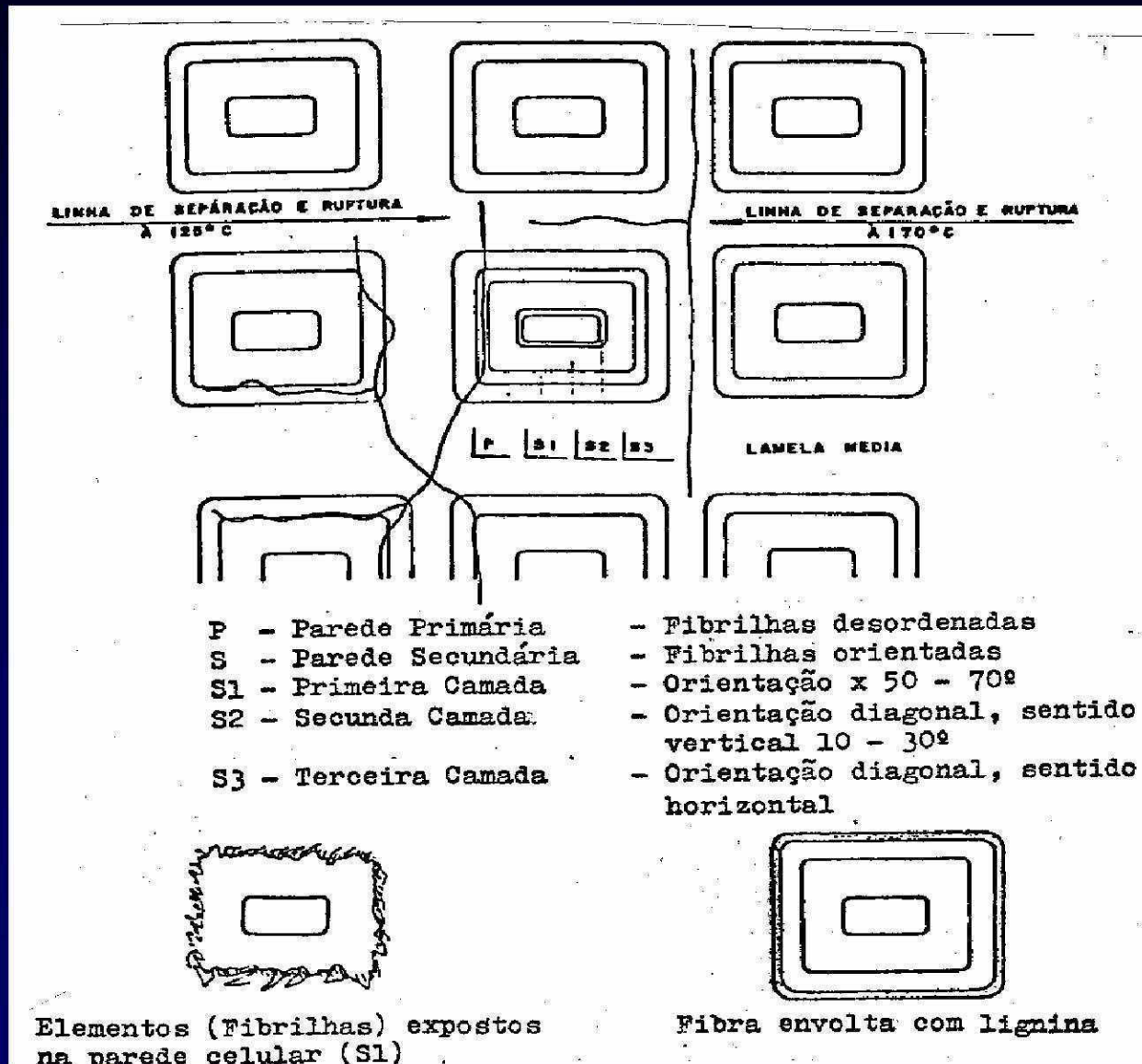
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP) Hipotética divisão de cavaco



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

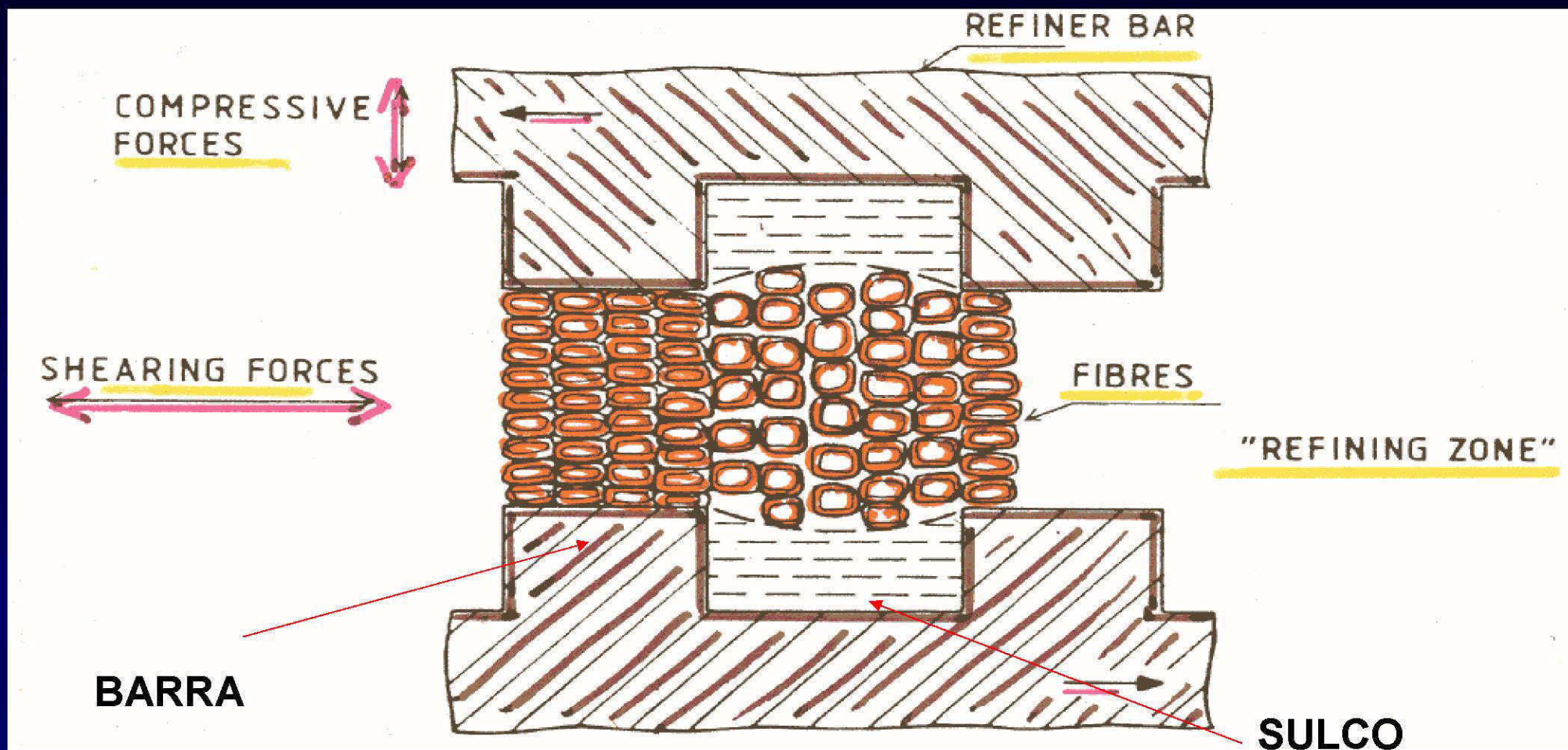
Efeito de calor na separação de fibras



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

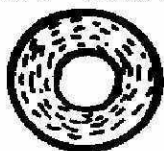
Efeito de vibrações na separação de fibras e na sua qualidade



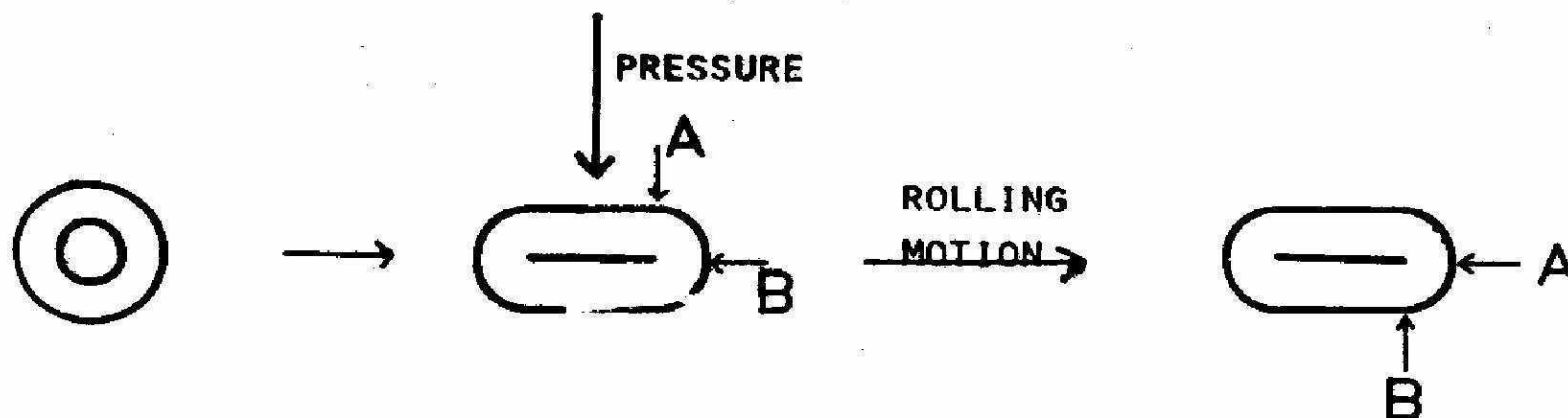
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP) Efeito de rolar na separação de fibras

LAMINATED
CROSS SECTION

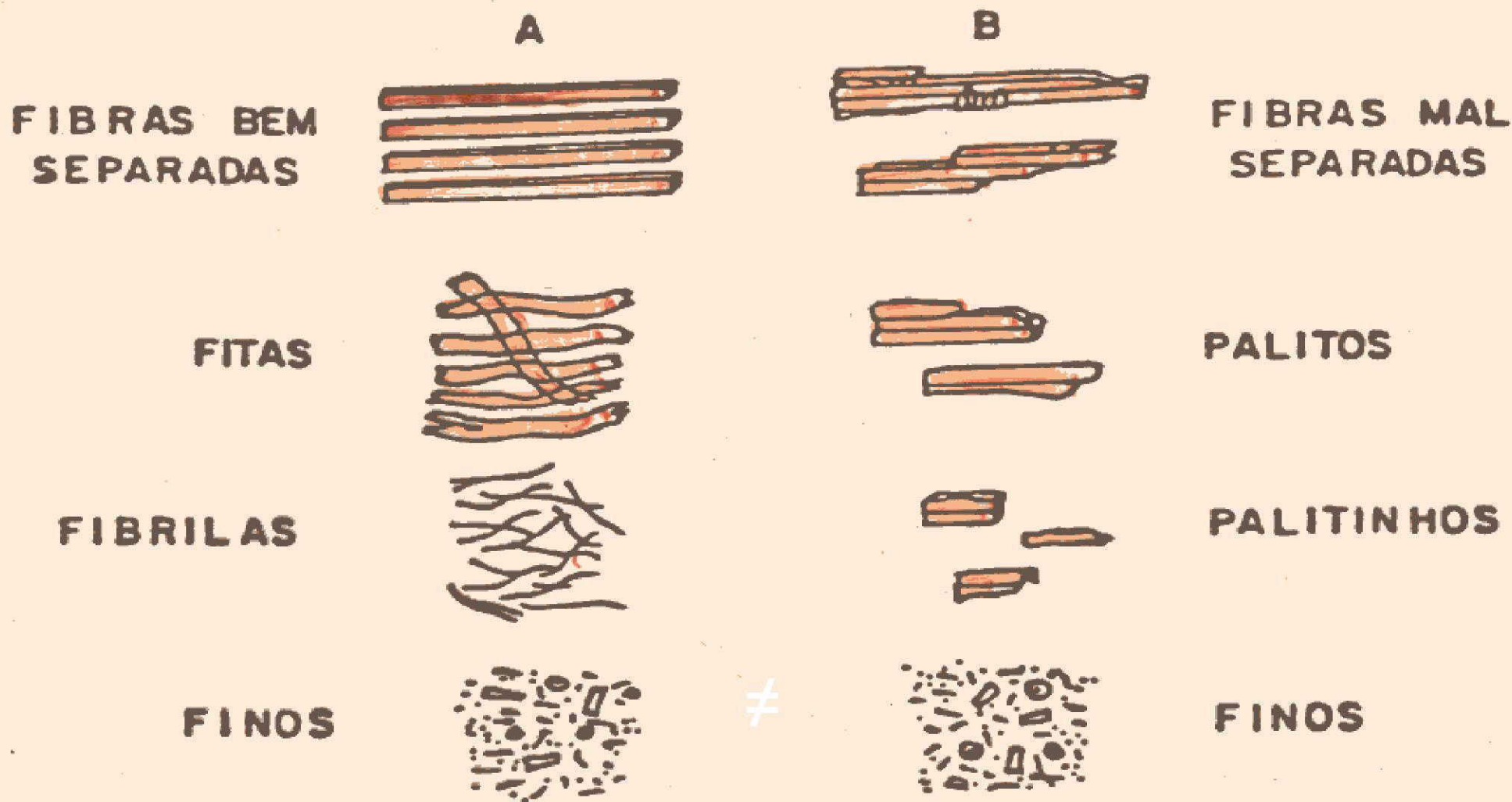


WOOD FIBRE WITH SPIRALLY WOUND CELLULOSE LAYER



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP) Separação de madeira em fibras



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

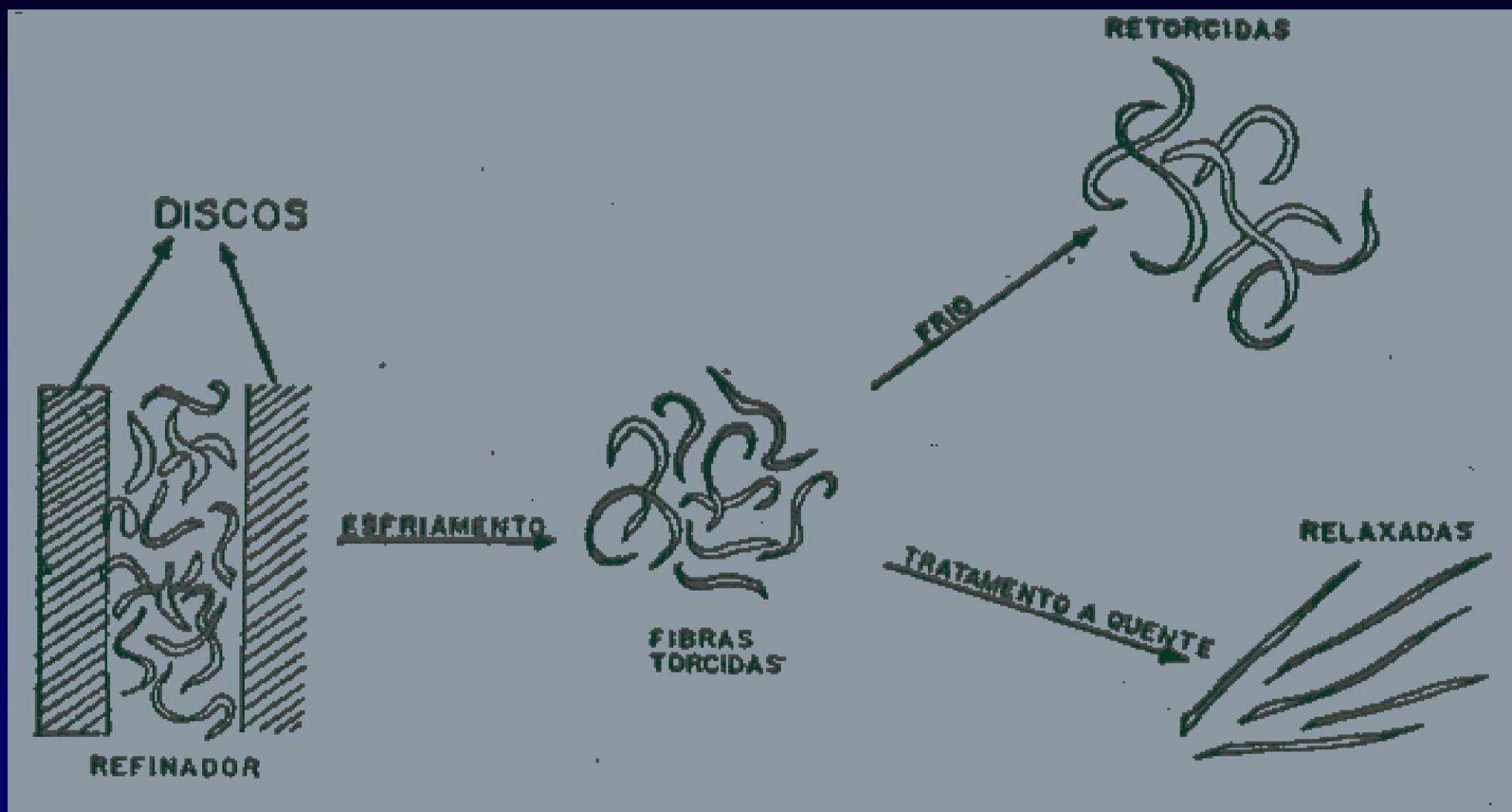
Efeito de desenrolar da fibra



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

Efeito da latência



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Mecânica por Refino (RMP)

Tanque de Latência

- O tratamento mecânico da madeira no estágio de desfibramento e refino deixa o material fibroso resultante altamente tensionado.
- O material fibroso, quando observado num microscópio, apresenta-se retorcido devido o tipo, número e intensidade dos impactos submetidos no refinador.
- Essas tensões devem ser removidas ou aliviadas da polpa ou pasta para não comprometer as fases seguintes do processo e ou da qualidade final do produto.
- As tensões são aliviadas em Tanque de Latência onde a polpa permanece em agitação por certo tempo de retenção e temperatura moderada (50-70°C).

Parte 2.3.- Pasta Termomecânica (TMP)

- Polpação realizada em dois refinadores
- Primeiro refinador – pressurizado com vapor
- Segundo refinador - à pressão atmosférica
- Calor amolece a lignina e torna fácil a separação das fibras.
- Produz fibras mais longas e menor quantidade de shives (pequenos feixes de fibras).

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Termomecânica (TMP)

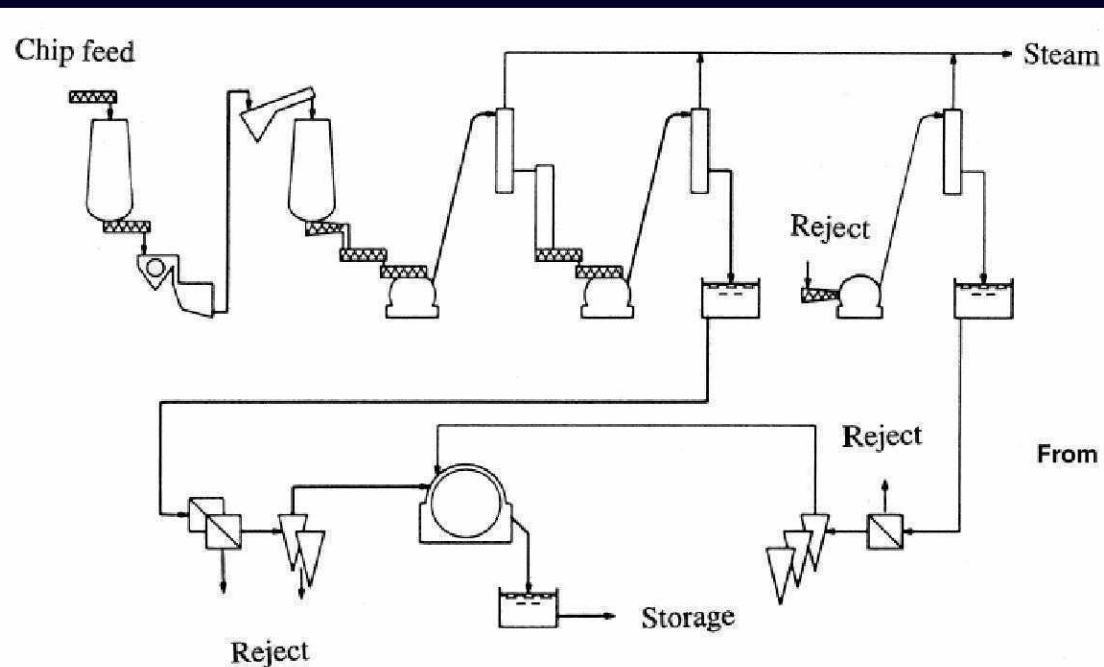
Introdução

- Como regra geral, uma linha de TMP é instalada para produção de uma pasta específica direcionada para fabricação de um papel específico.
- O Processo TMP propagou-se comercialmente nos anos de 1970. No fim da década de 80 firmou-se um padrão de linha de TMP para papel imprensa em papel de revistas.
- O Processo, envolve um estágio inicial de pré-aquecimento de cavacos com vapor recuperado da descarga do refinador. O aquecimento controlado promove um amolecimento da lignina que uma as fibras facilitando separação com degradação atenuada.
- O pré-aquecimento atmosférico (60-80°C) é suficiente quando os refinadores operam sob pressão e temperaturas mais altas.
- A energia elétrica requerida neste processo, logo o custo variável de fabricação é, entretanto maior (SEC >2,0 MWh por tonelada de polpa).

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

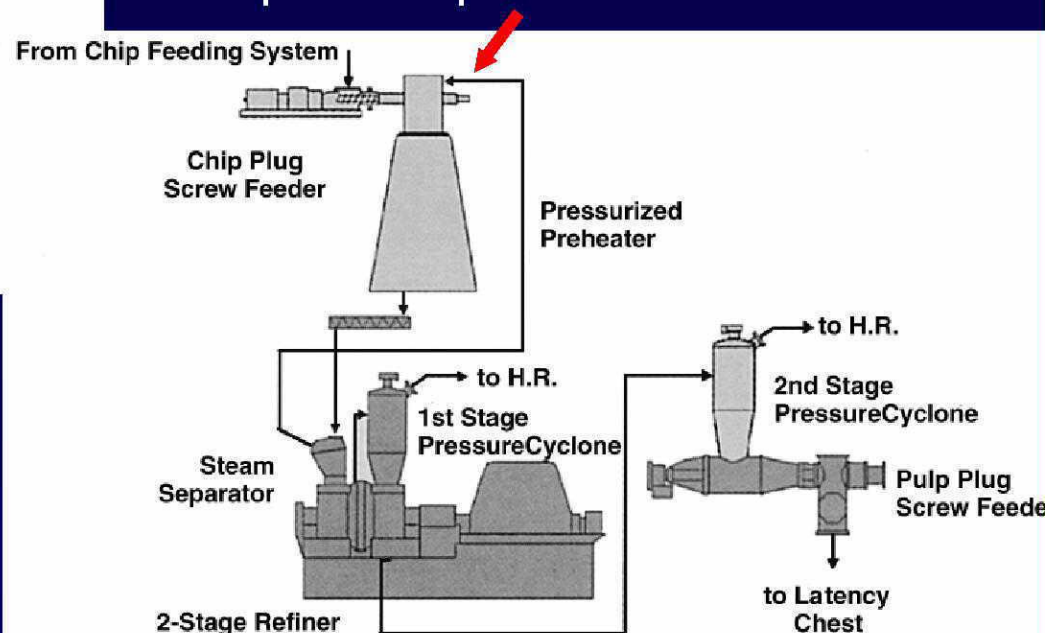
Pasta Termomecânica (TMP)

Processo



Pré-aquecimento dos cavacos Alternativas:

- Vapor vivo direto
- Vapor recuperado de refinador



Ref.: Sundholm, 1999

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Termomecânica (TMP)

Comparação de propriedades entre polpas (PAR)

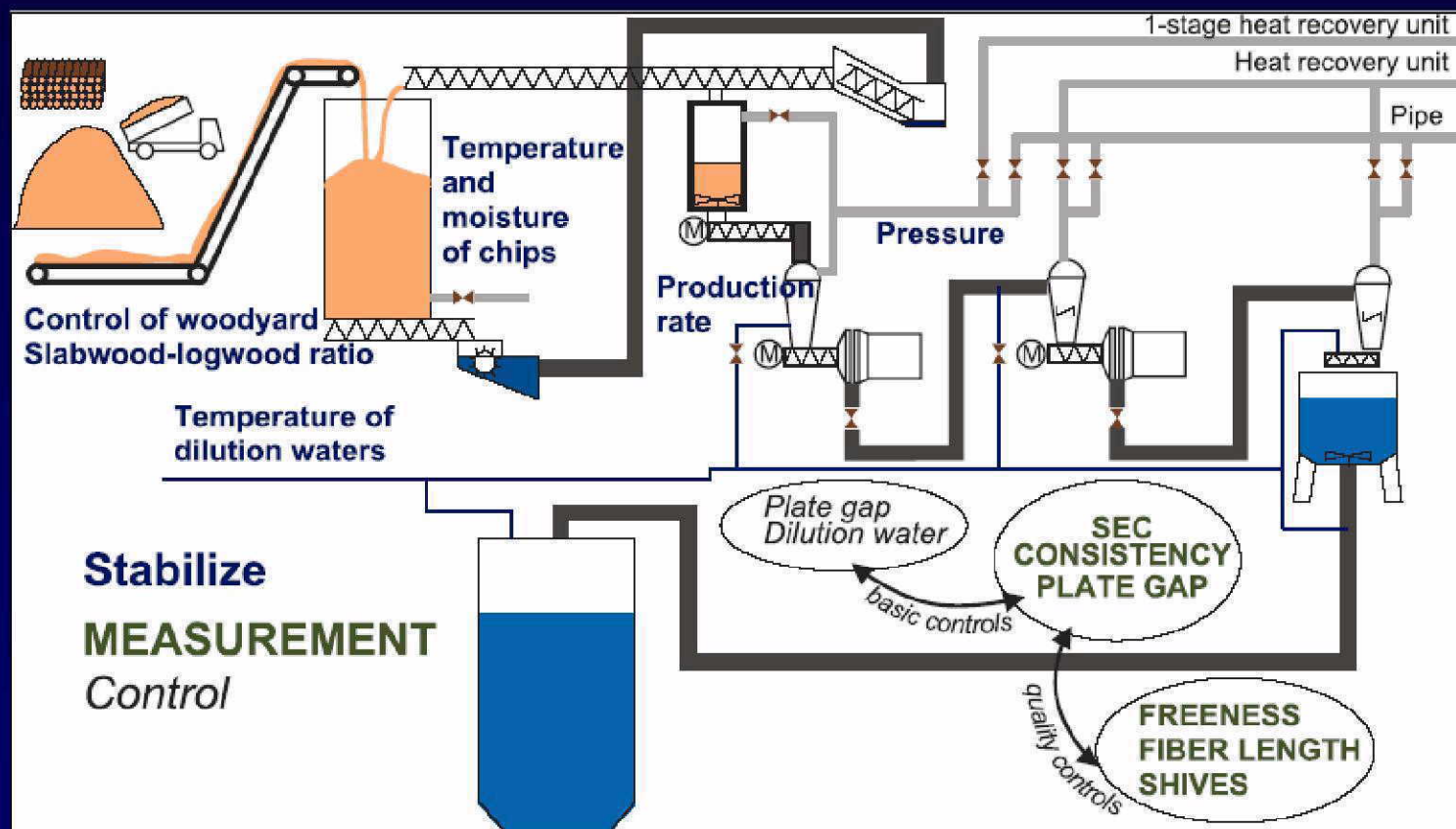
	SGW	RMP	TMP
Energia requerida (GJ/t)	5.0	6.4	7.0
Drenabilidade (CSF, ml)	100	130	100-150
Índice de Estouro	1.2	1.6	1.8-2.4
Índice de Rasgo	3.5	6.8	7.5-9.0
Compr. de rotura (km)	3.2	3.5	3.9-4.3
Teor de Shive (%)	3	2	0.5
Teor de fibra longa (R48)	28	50	55
Teor de finos (P100)	50	38	35
Alvura (não-branq.), % ISO	61.5	59	58.5

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Termomecânica (TMP)

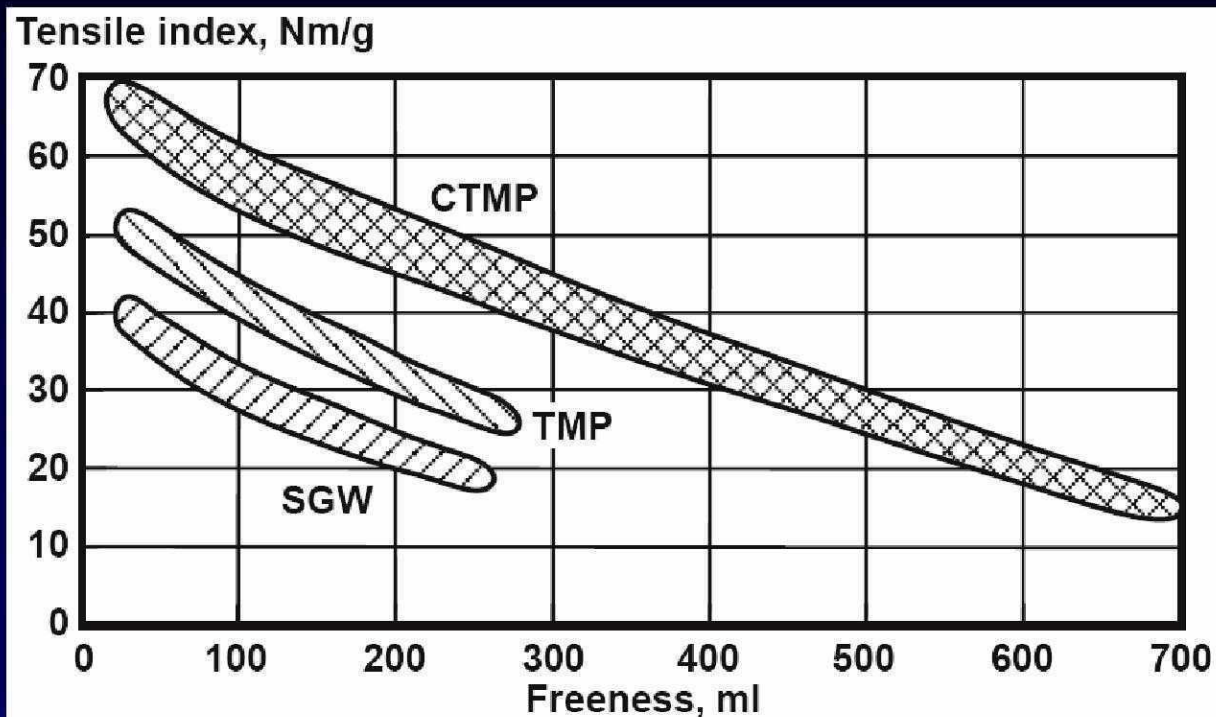
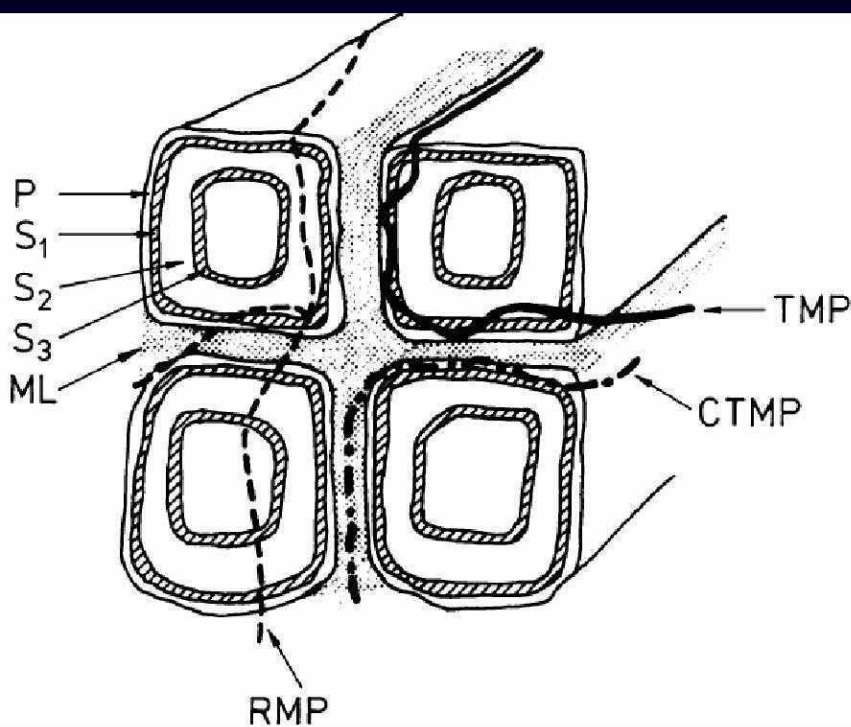
Controle de processo de produção de TMP

Controle geral do processo: envolve ajustes separação dos discos do refinador, coleta de amostras, determinação de drenabilidade, fracionamento do material fibroso, confecção de folhas em laboratório e determinação de propriedades físicas e óticas. Os pontos de controle estão indicados abaixo



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Termomecânica (TMP)



- Observar na figura o resultado do desfibramento preferencial do processo CMTP via medula média.
- Observar que, para uma mesma drenabilidade a polpa CMTP se destaca pela maior resistência a tração (maior índice de tração).

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

PARTE 2.4.- Pasta Quimitemomecânica (CTMP)

- O mais recente passo na evolução das polpas de alto Rendimento (PAR) ocorreu em 1978, quando a primeira fábrica utilizando o processo CTMP entrou em operação.
- Pelo tratamento químico dos cavacos antes do aquecimento e desfibramento os fabricantes de PAR produzem polpas que exibem melhorias adicionais em suas propriedades físicas em relação a TMP.
- Mais ainda, pela alteração dos parâmetros de processo (carga e concentração dos agentes químicos, tempo de exposição dos cavacos nesse tratamento e temperatura do tratamento) produzem polpas com propriedades específicas para fabricação de produtos específicos (papéis)

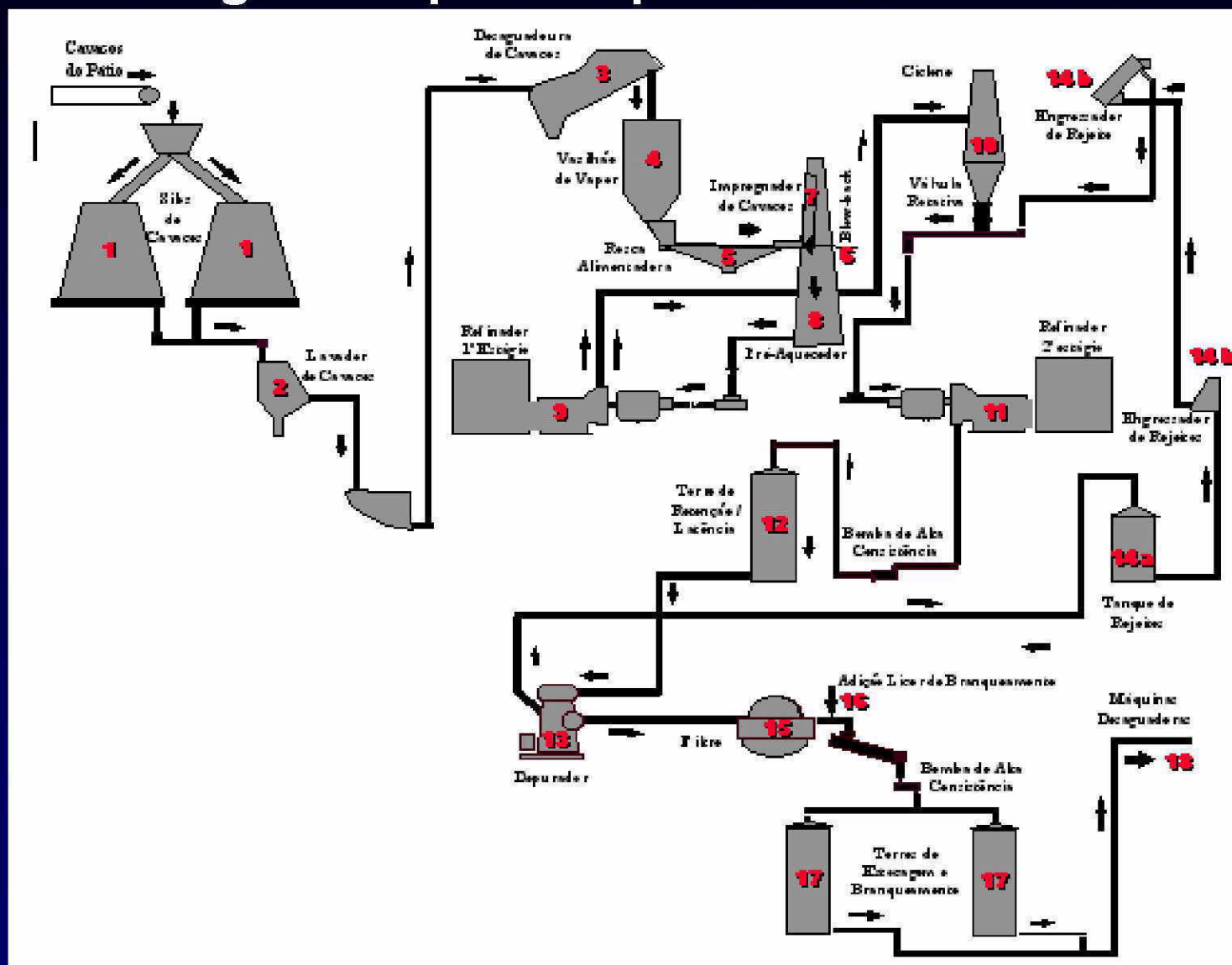
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Introdução a Pasta Quimitermomecânica (CMTP) (cont.)

- O processo CMTP de dois estágios de refino, com refino separado do rejeito permite:
 - O pré-tratamento, via impregnação, preferido pois impacta na ação do 1o. estágio de refino (CMTP, BCTMP, CMP, BCMP).
 - Tratamento no refinador via adição de licor de sulfito no refinador. DWS – Processo de diluição via sulfonação.
 - Tratamento entre-estágios onde a madeira desfibrada pode ser modificada (OPCO, CMTP) facilitando estágio seguinte.
- Variedade de usos finais desses polpas.

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Fluxograma típico de processo PAR - CTMP

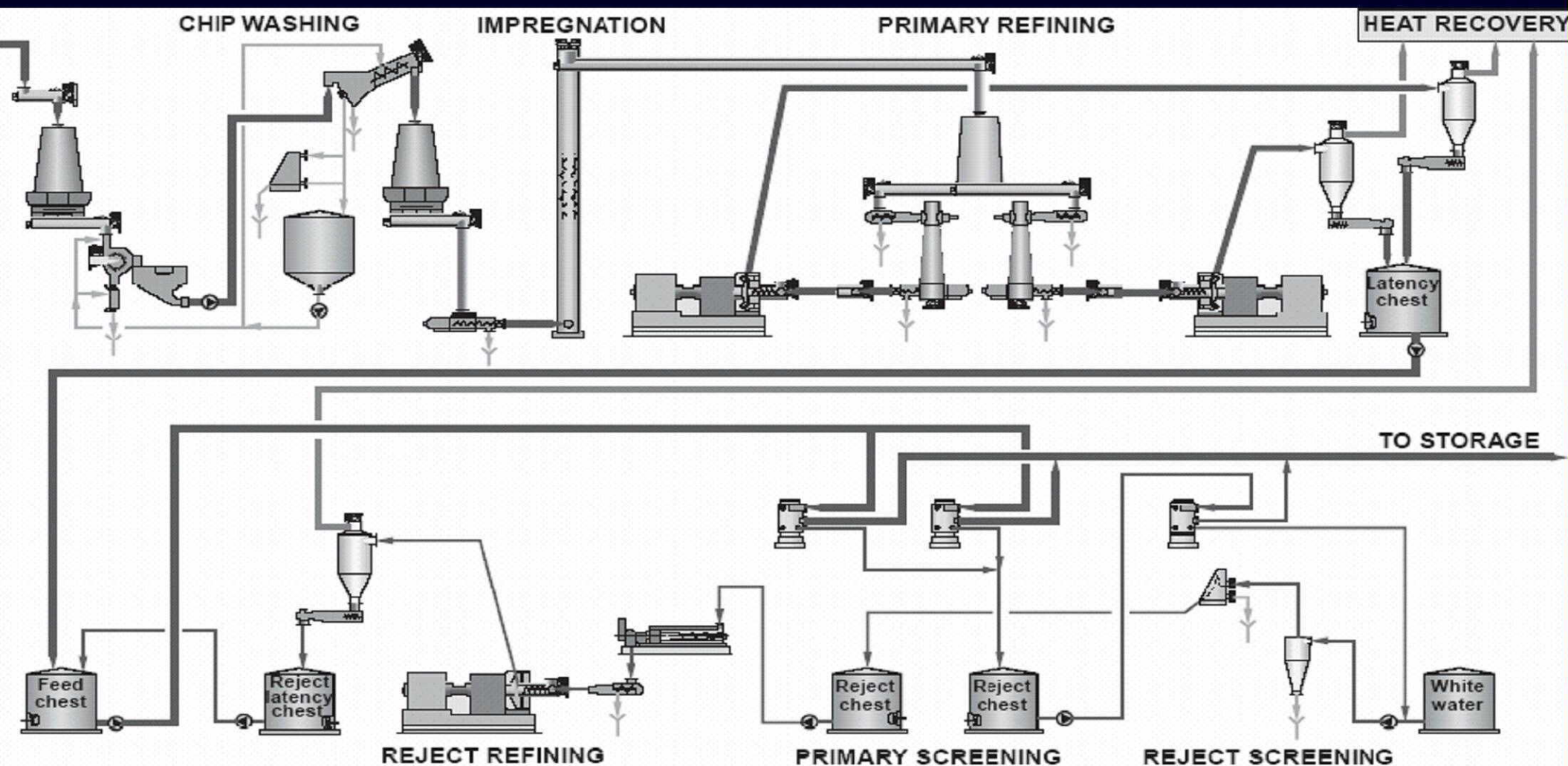


Ref.: KAPPEL, 1999 citado por Pavan, 2005)

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Quimitermomecânica (CMTP)

Exemplo de uma moderna linha de CTMP



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Equipamento - Sistema de lavagem de cavacos

Objetivo: Lavar cavacos para remover contaminantes pesados como pedras e partículas de metais.

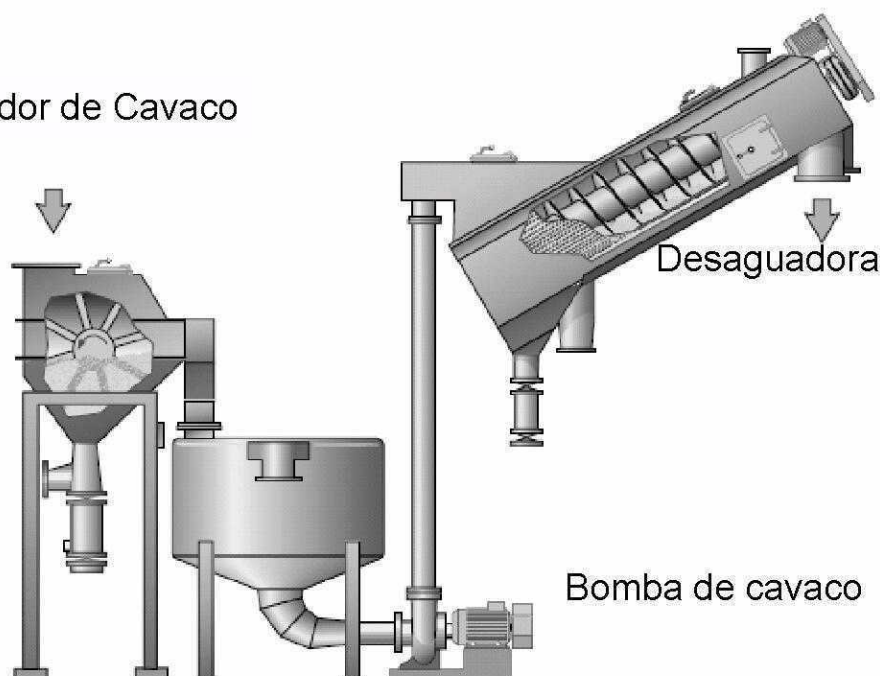
Contaminantes caem no fundo cônico e descarregados em caçamba.

Cavacos limpos descarregados Em tanque de bombeamento de cavacos.

Cavacos bombeados para rosca desaguadora para máxima remoção de água.

Água da desaguadora passa por peneira e é re-proveitada.

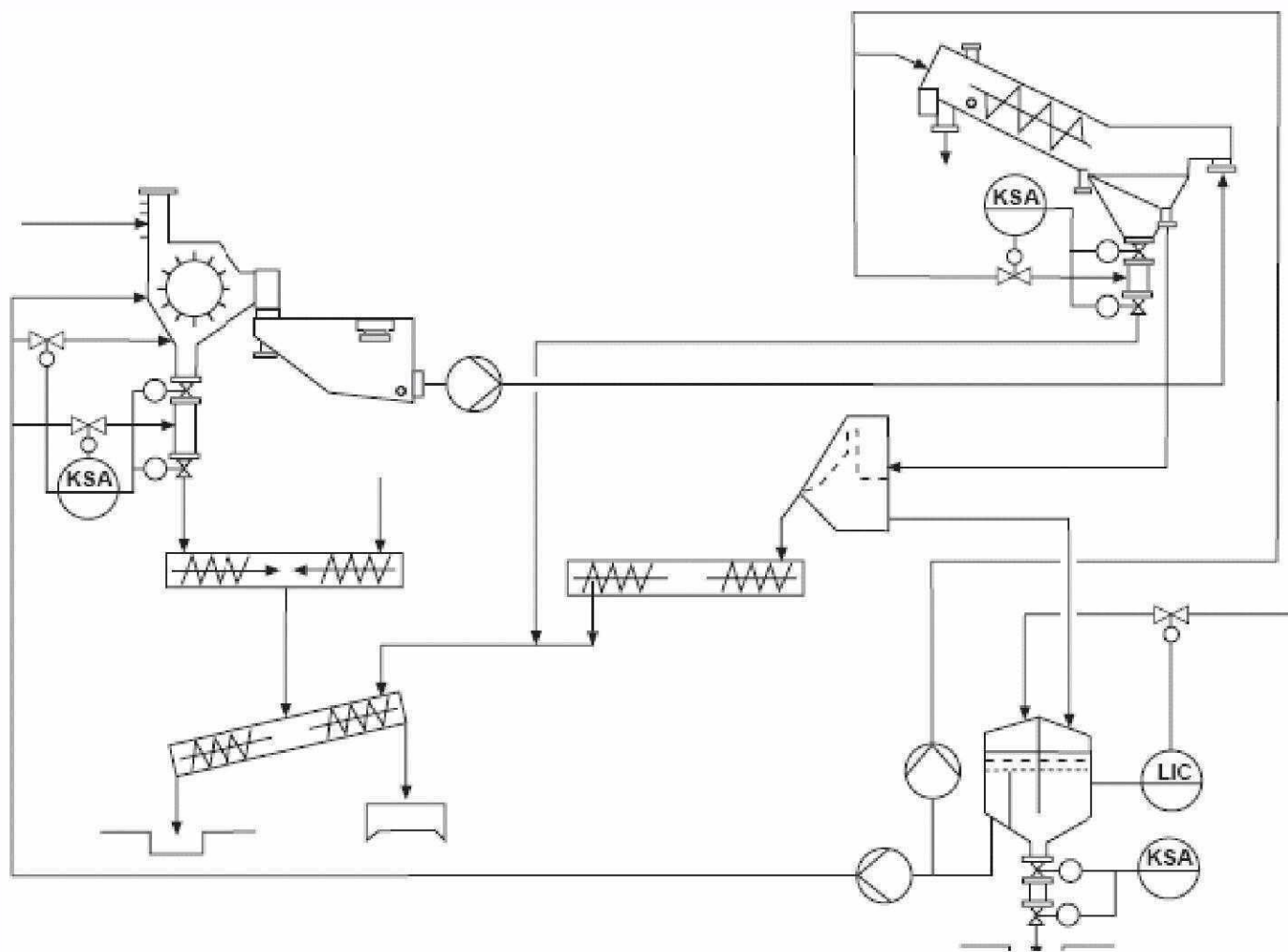
Lavador de Cavaco



Bomba de cavaco

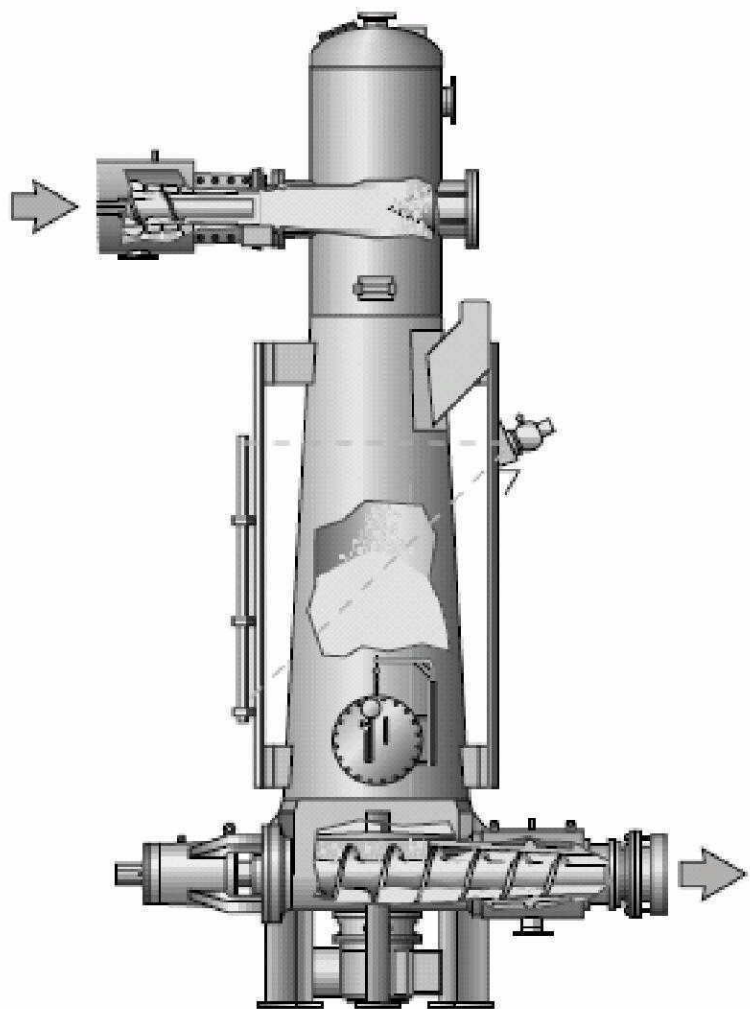
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Equipamento - Sistema de lavagem de cavacos



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Equipamento - Pré-aquecedor de cavacos



Objetivo: aquecer os cavacos para adequá-los aos processos TMP e CTMP.

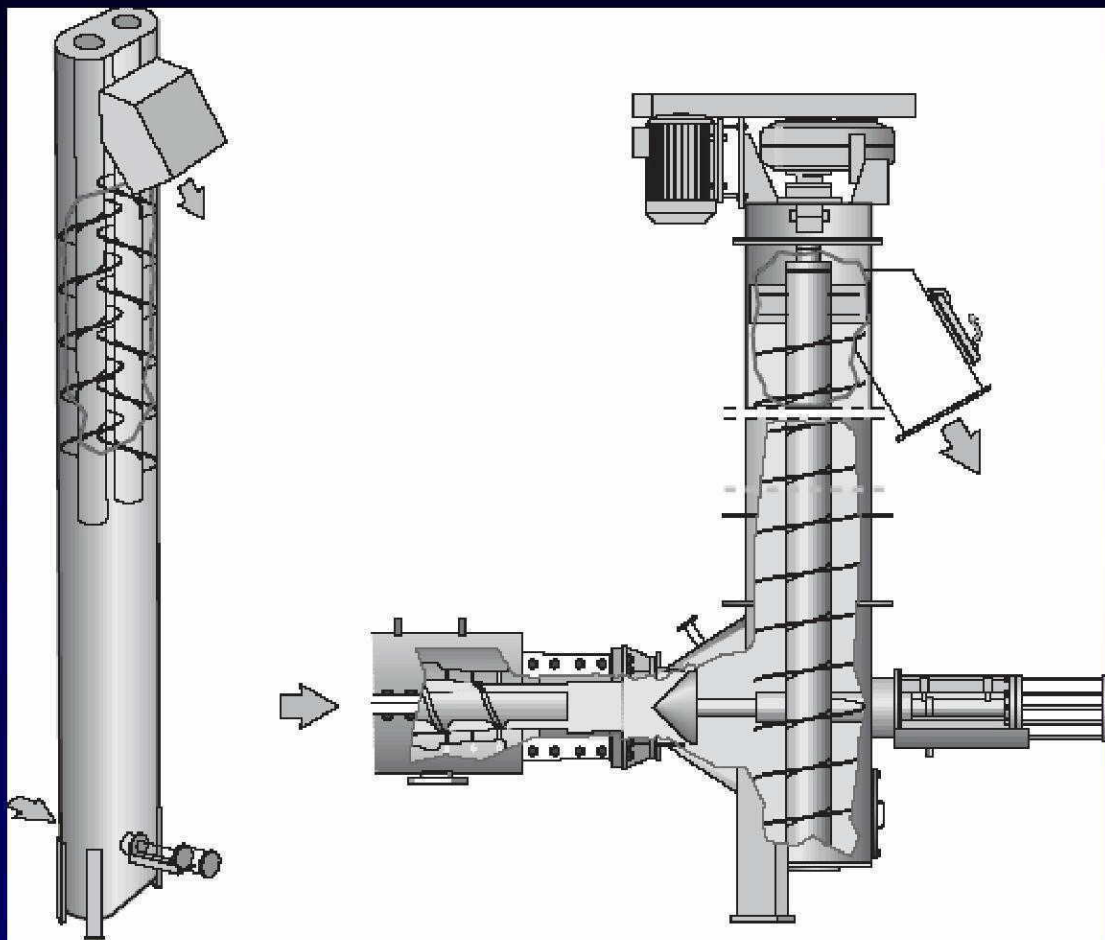
Aquecimento pode ser atmosférico ou pressurizado (temp. $> 100^{\circ}\text{C}$).

Pré-aquecimento pressurizado requer rosca de alimentação pressurizada.

Impregnação com agentes químicos específicos pode ser feita antes ou após pré-aquecedor.

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

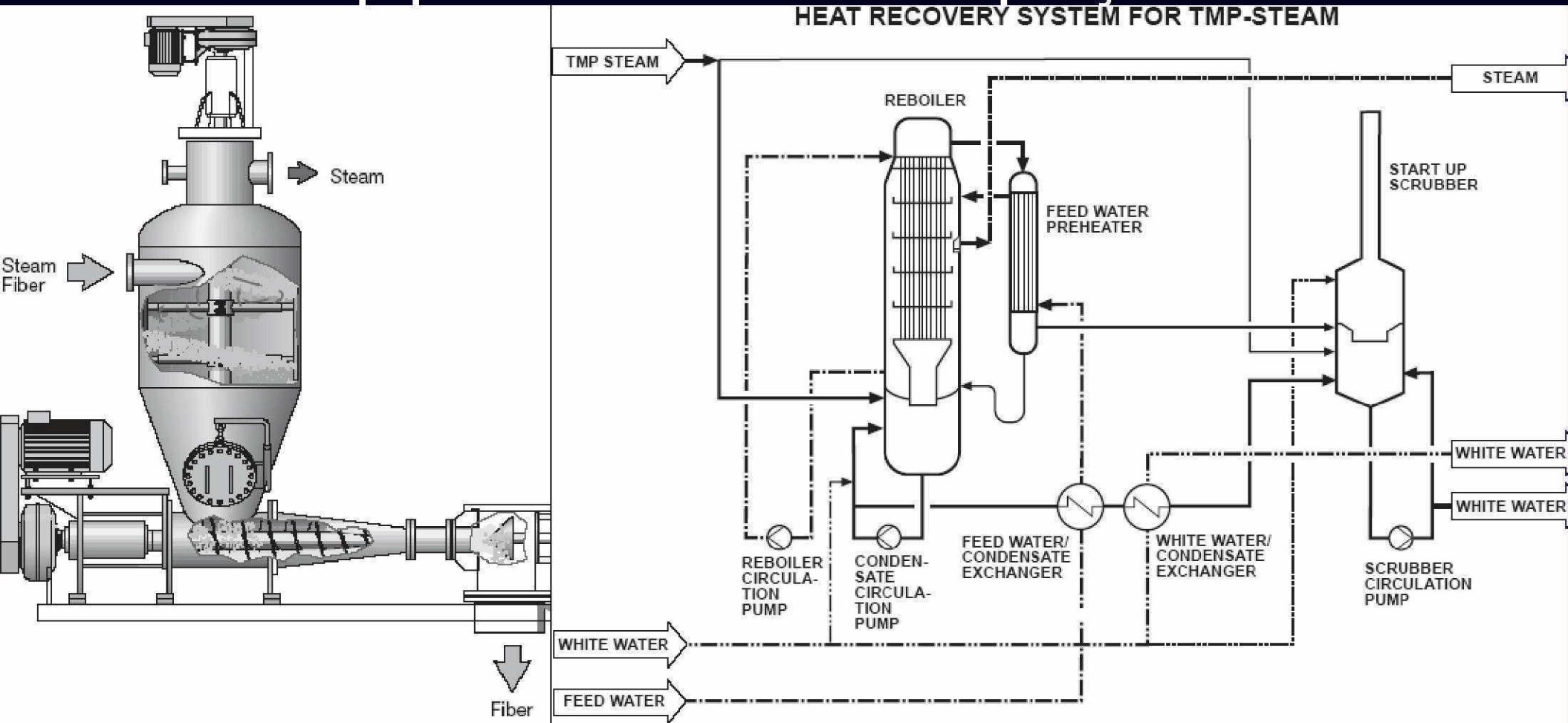
Equipamento – Impregnador de cavacos



- Impregnação com agentes químicos específicos pode ser feita antes ou após pré-aquecedor.
- Eficiente impregnação feita:
 - Aspersão sobre cavaco
 - Aquecimento e imersão de cavacos
 - Compressão e descompressão no licor e
 - Adição do licor no refinador.
- Em CMTP a impregnação esse pré-tratamento é feito em fase vapor e tempo curto de retenção que não permite plena difusão de químicos no cavaco.

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Equipamento – Sistema de recuperação de calor



- SRE na faixa de 2 -3,5 MWh/t per ton and 1,0 MWH gera 1,55 t vapor de 3,0 bar com água de 100°C..
- Em TMP, 1,0 MWH gera 1,1 t vapor (ca. 0,45 t para aquecer a polpa no processo)

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Quimitermomecânica (CMTP)

Para diminuir o item “custo de energia” no custo variável de fabricação da pasta e/ou para melhorar a qualidade da polpa, tratamentos químicos (sulfito alcalino, sulfito de sódio) são frequentemente adicionados na polpação mecânica.

- Pré-tratamento químico dos cavacos (para redução do consumo de energia na polpação).
- Tratamento químico inter-estágio (reduz consumo de energia e aumenta a flexibilidade das fibras)
- Pós-tratamento químico (aumenta flexibilidade das fibras)

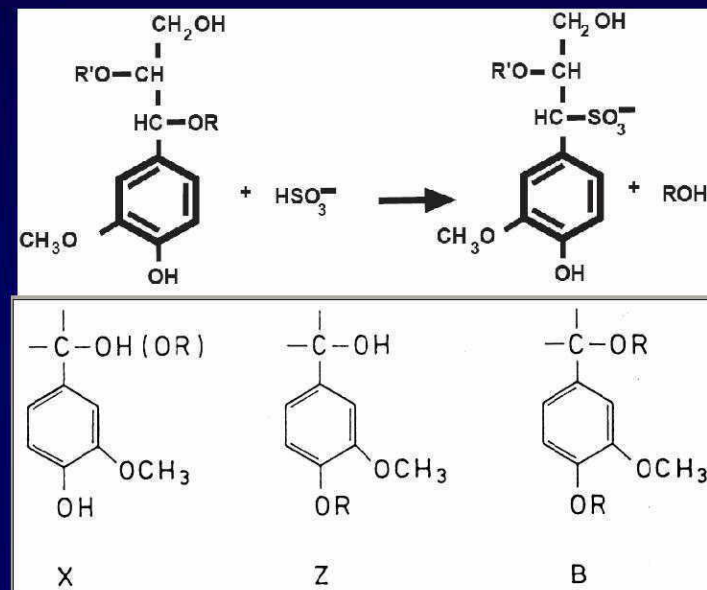
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Tratamentos químicos em processo PAR - CTMP

Sulfonação

- Modificações químicas na estrutura da lignina afetam seu grau de amolecimento. Daí o processo CMP onde grupos sulfônicos ácidos (sulfonação) ou grupos de ácidos carboxílicos (tratamento com peróxido) são incorporados na lignina reduzindo a sua temperatura de transição e amolecimento.
- Grupos básicos da Lignina (X, Z, B) que podem ser sulfonados em condições especiais na produção de PAR (CMP).
- Condições recomendadas para PAR de folhosas e reações resultantes

Processo PAR	CTMP	CMP	
Carga de químicos, % sm			
- Na ₂ SO ₃	0 a 4	10 a 15	
- NaOH	1 a 7		4 a 8
pH	12 a 13	9 a 10	12 a 14
Temperatura, °C	60-120	130 a 160	50 a 100
Retenção, min	0 a 30	10 a 60	30 a 60

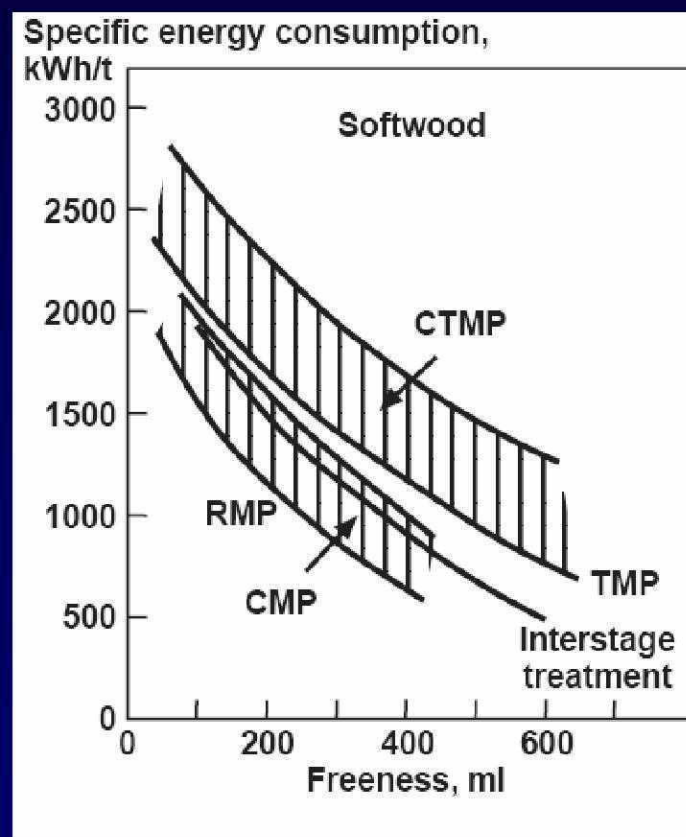


PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Quimitermomecânica (CMTP)

Controle de processo de produção de PAR

- Relações de controle do refinador na produção de PAR

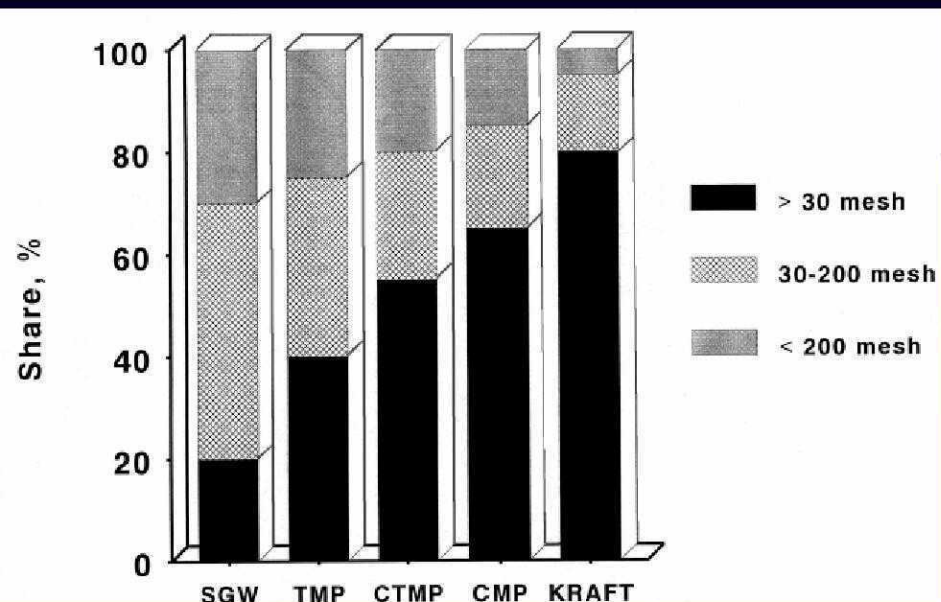


Variavel de Controle	Carga no refinador SEC, MWH per t	Consistência do refino %
Separação dos discos	Reduz	Reduz
Aumento da produção	Aumenta	Aumenta
Aumento da vazão de água de diluição	Reduz	Reduz

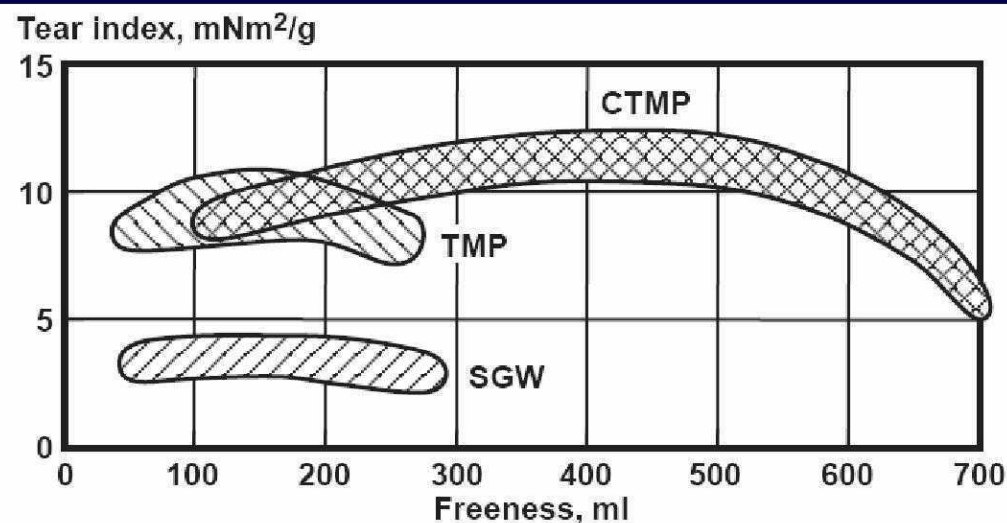
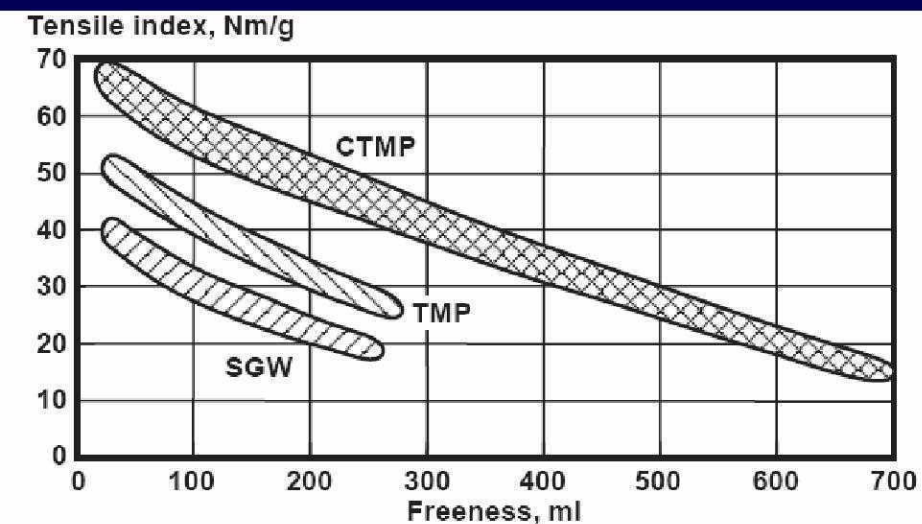
- Consumo de Energia

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Relações de controle do refinador na produção de PAR



Características de resistência físico-mecânica de PAR de Picea abies (Norway spruce)



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Pasta Quimitermomecânica (CMTP)

Discussão de Casos de produção de CTMP

- Pisa (Ref. Material do Curso de PAR – ABCP 2000-2002)
- Cia. Melhoramentos (Artigo da Revista O Papel)
- Klabin (Projeto MA-1100)
- CE Bauer (Artigo da Revista O Papel)
- Andritz -Processo P-RC (Artigo – Revista O Papel)
- Outros

DEPURAÇÃO E LIMPEZA NA FABRICAÇÃO DE PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Professor: Alfredo Mokfienski
Consultor Independente

Arapotí, PR, agosto 2006

Realização
Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Conteúdo

- Introdução
- Objetivos
- Processo
- Equipamentos
- Esquemas
- Exercícios

Introdução

Depuração e limpeza das PAR (Polpas ou Pastas de Alto Rendimento)

- Processo de polpação é imperfeito e/ou incompleto
- Pequenos feixes de fibras (shives) permanecem
- Estes shives devem ser removidos e, na sequência, refinados novamente
- A polpação mecânica é seguida, portanto, de um elaborado processo ou sistema de depuração e limpeza da polpa.

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

A polpa de alto rendimento (PAR) produzida por ralação das toras no reboło (SGW) ou produzida via desfibramento e refino de cavacos da madeira (RGW, RMP, TMP, CMP e, CMTP) contêm constituintes indesejáveis (contaminantes),

- que podem
 - ser separados e re-aproveitados (feixes de fibra, estilhas, etc.) através de refino em fases seguintes do processo,
 - causar danos em equipamentos (partículas metálicas)
 - comprometer a qualidade do produto final (pintas).
- logo devem ser separados mecanicamente em sistema de depuração e/ou limpeza da polpa compatível com o tipo de produto final produzido (polpas mais nobres – limpeza mais exigente, p.ex., polpa kraft branqueada de mercado)

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Constituintes Indesejáveis da polpa marrom

- Constituintes fibrosos
 - ◆ Estilhas, feixes de fibra (shives) e palitos
- Constituintes não-fibrosos
 - ◆ não metálicos - como pedras, areia, abrasivos, vidros, plásticos, elásticos, cascas, argamassa dos tanques e azulejos, e
 - ◆ metálicos - ferrugem de encanamentos e outras partículas metálicas.

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Objetivo da depuração da do processo PAR

- Remover seletivamente, através de peneiramento, os constituintes indesejáveis do fluxo de polpa ou pasta entre estágios de refino ou após pleno refino e após refino de rejeitos.
- As partículas indesejáveis (rejeito) removidas do fluxo de polpa devem ser recolhidas com mínima perda de fibras boas e descartadas.
- Uma parte do rejeito pode ser parcialmente re-aproveitado (p.ex., o materiais fibrosos podem ser novamente refinados seguido de nova depuração e limpeza).

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

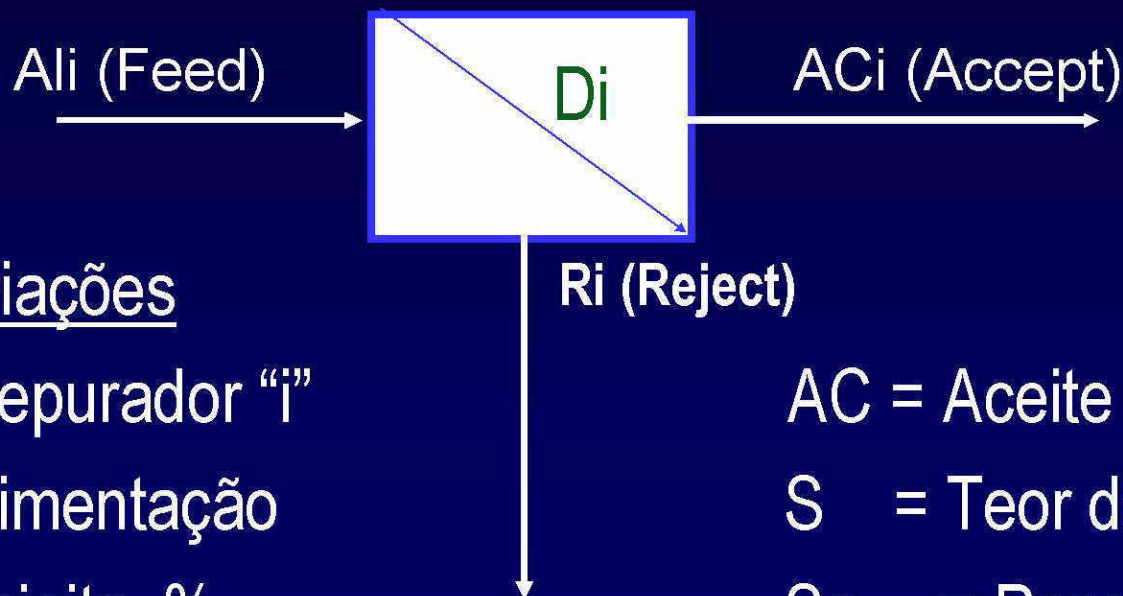
Procedimento básico na limpeza (depuração) da polpa

Remover as partículas indesejáveis contidas na polpa ou pasta:

- logo após descarga de cada estágio de refino.
- através de depuração seletiva e limpeza,
- minimizando arraste de fibras boas com a sujeira
- com maior delicadeza possível para evitar esmagamento da sujeira em partículas menores e pesadas (areia e partículas metálicas)

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Depuração - Definições Esquema típico de um depurador



Abreviações

Di = Depurador “i”

Al = alimentação

R = Rejeito, %

Ci = Consistência, %

AC = Aceite

S = Teor de sujeira, %

Ss = Peso de Sujeira

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Definições, termos e abreviações

- Taxa de rejeito, %

$$Ir (\%) = R \times 100 / AL \text{ (normalmente em volume)}$$

- Taxa de Remoção de Shives (SRE), %

$$SRE = \{1 - [1 - (Ir / 100)] \times (Sac / Sal)\} \times 100$$

com Ir = taxa de rejeito em peso (kg ou t)

- Eficiência de limpeza, %

$$EI (\%) = \{(Sal - Sac) \times 100 / Sal\} = [(1 - (Sac/Sal)) \times 100]$$

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Teoria da depuração de polpa marrom

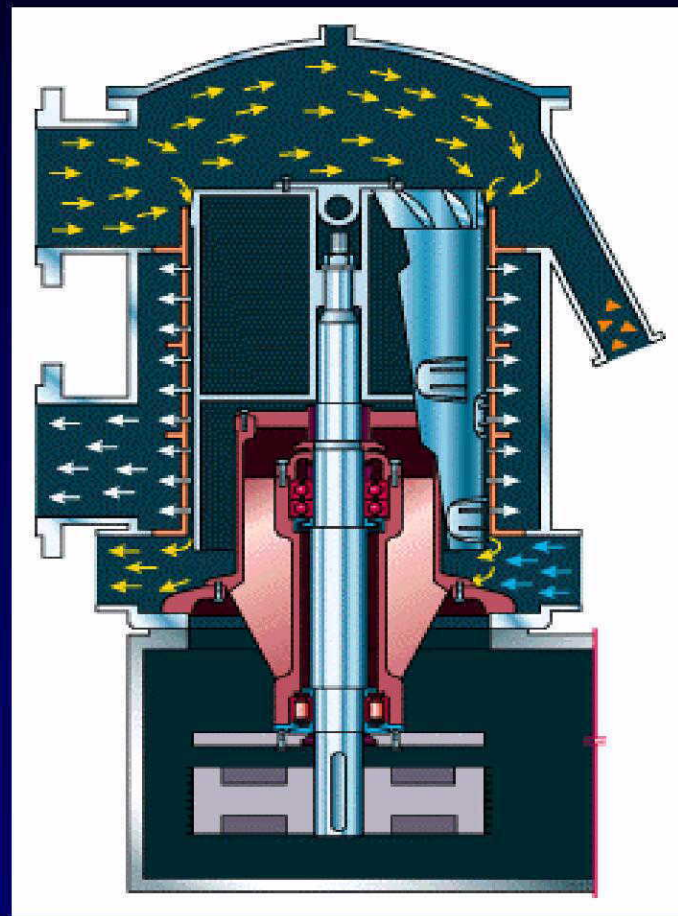
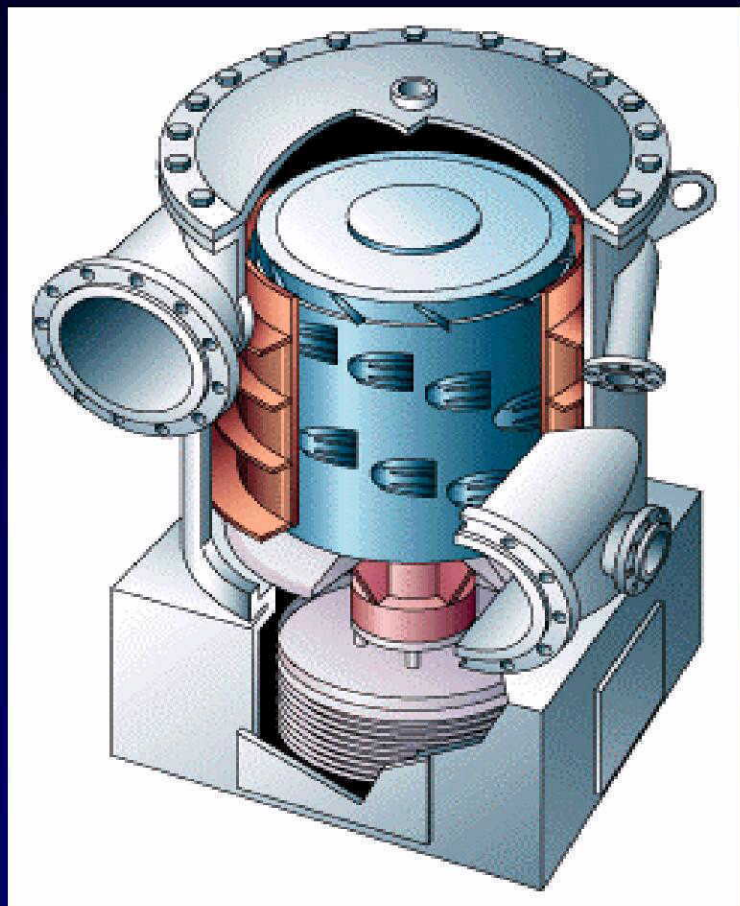
Depuração feita nos depuradores pressurizados e centrífugos.

Tipos de depuradores:

- depuradores que separam as partículas por tamanho e forma - atmosféricos e/ou pressurizados dotados de chapa perfurada com furos redondos ou ranhuras.
- depuradores que separam as partículas na base do peso - separadores centrífugos (centricleaners) do tipo cone. O peso específico das partículas (sujeira) mais alto que o da matéria fibrosa (sujeira = areia, partículas metálicas, etc.)

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Depurador Pressurizado



(IMPCOTM HI-QTM Fine Screen

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

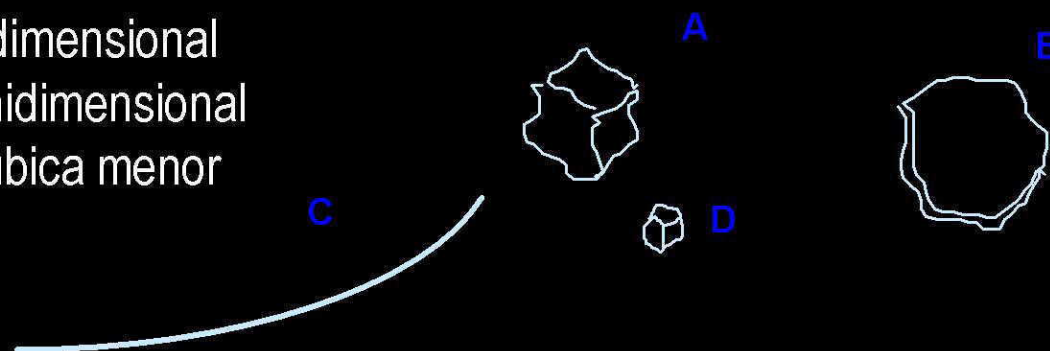
Depurador Pressurizado

A- Cúbica maior / Tridimensional

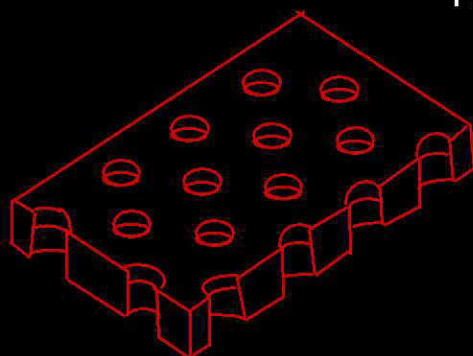
B- Bidimensional

C- Unidimensional

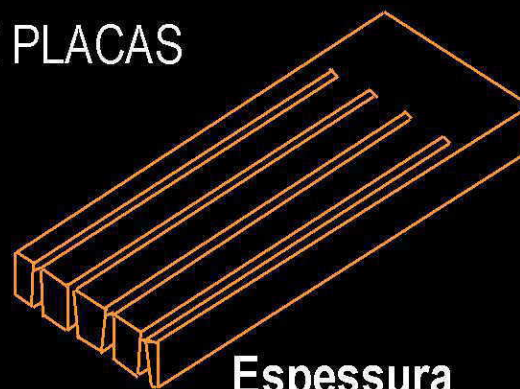
D- Cúbica menor



TIPOS DE PLACAS



$1,3\text{mm} < \text{Diâmetro} < 2,0\text{mm}$

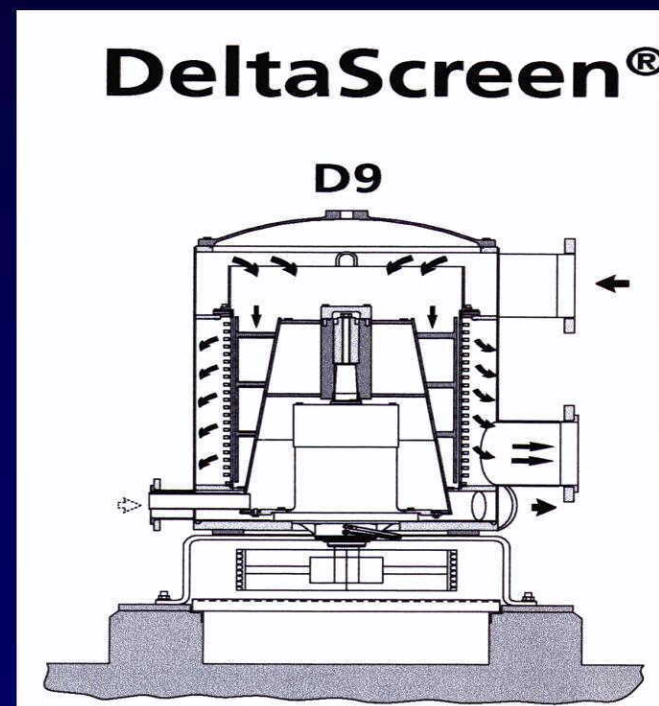
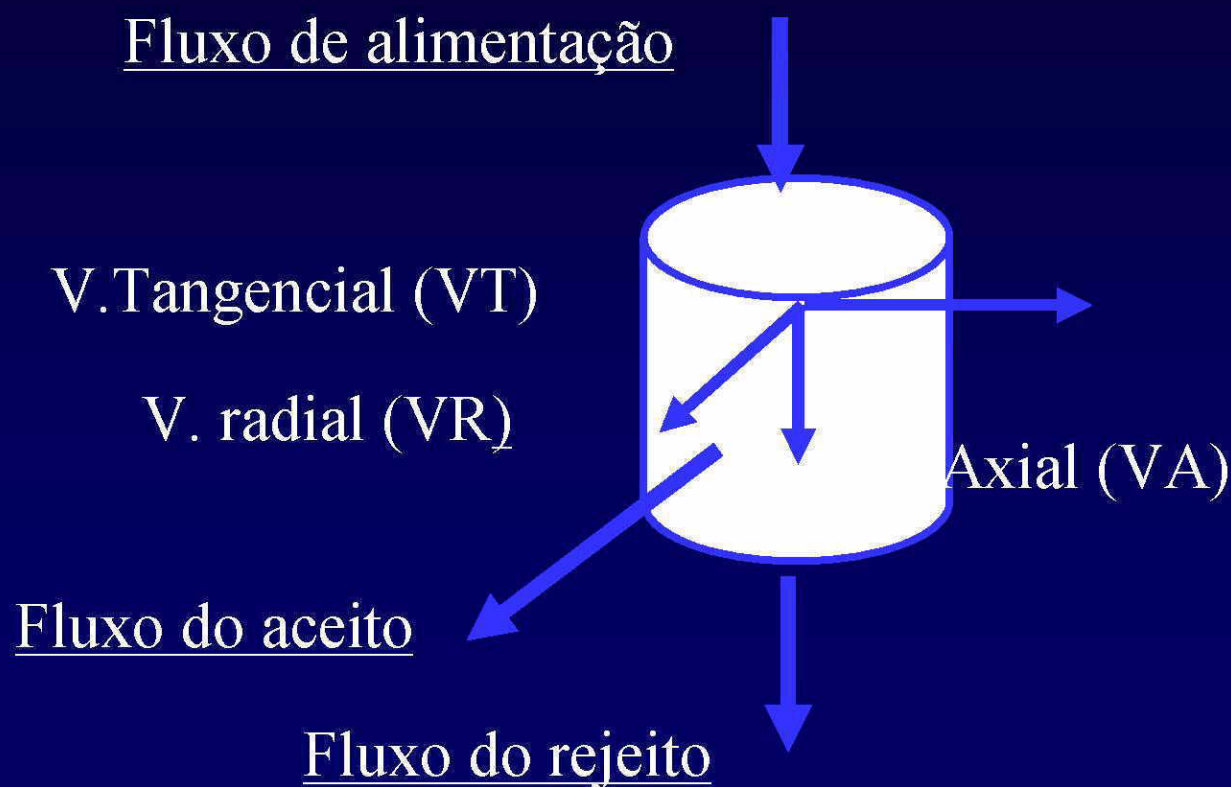


Espessura
 $0,15\text{mm} < \text{ranhura} < 0,35\text{mm}$

Desenhos de placas separadoras e formas de limpeza

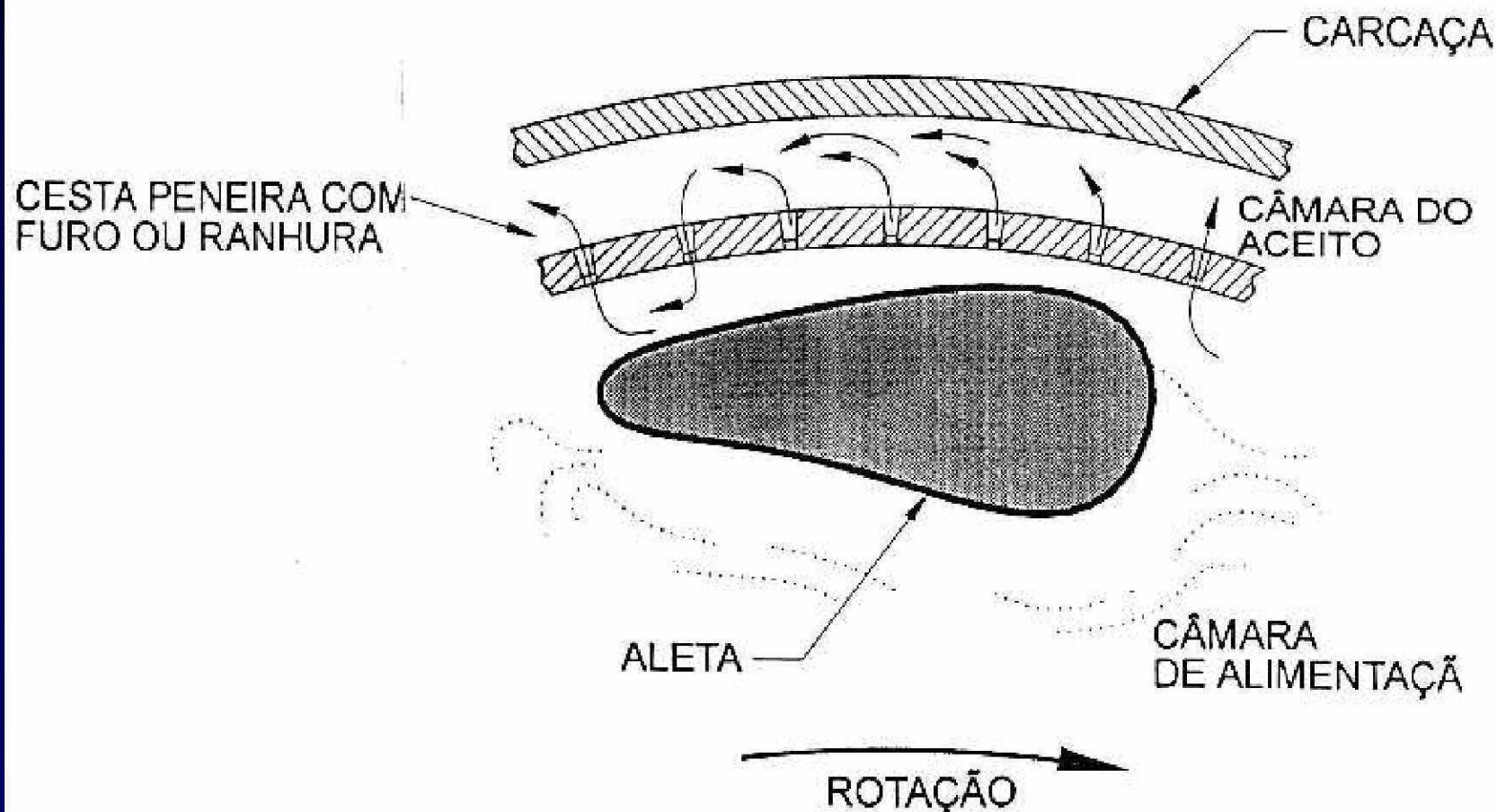
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Teoria da depuração de polpa marrom Velocidades num depurador rotativo pressurizado



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Teoria da depuração de polpa marrom



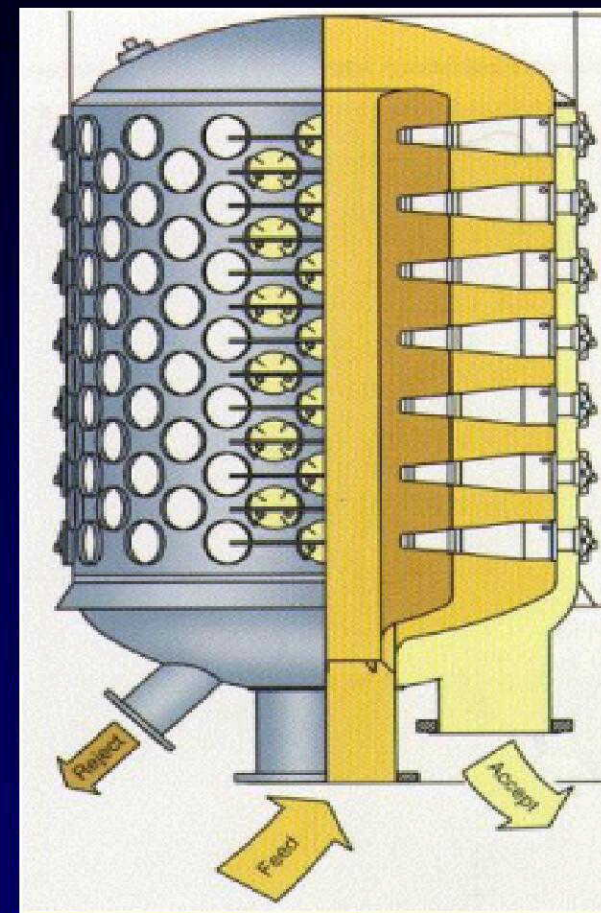
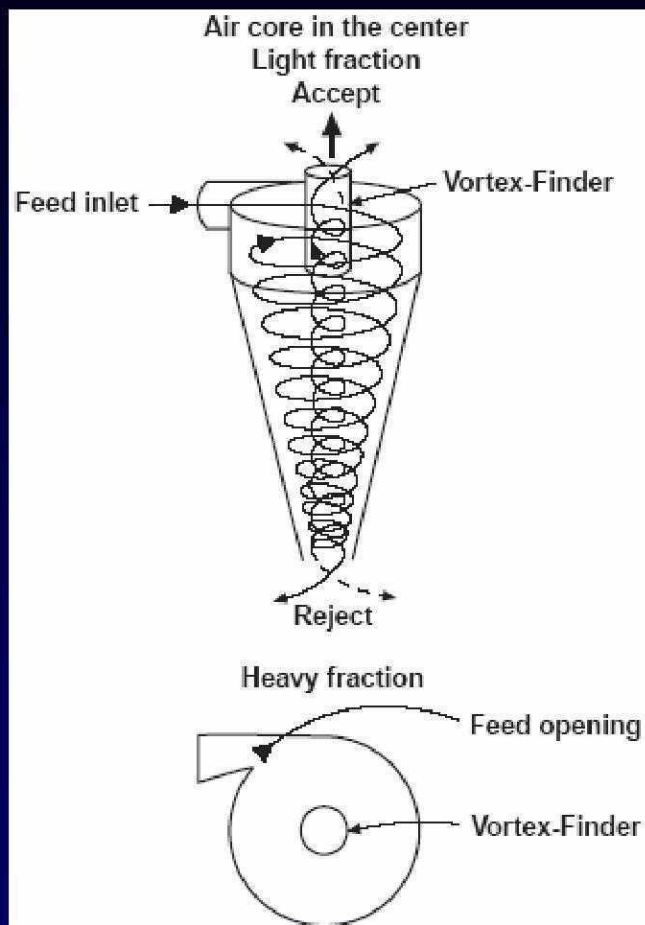
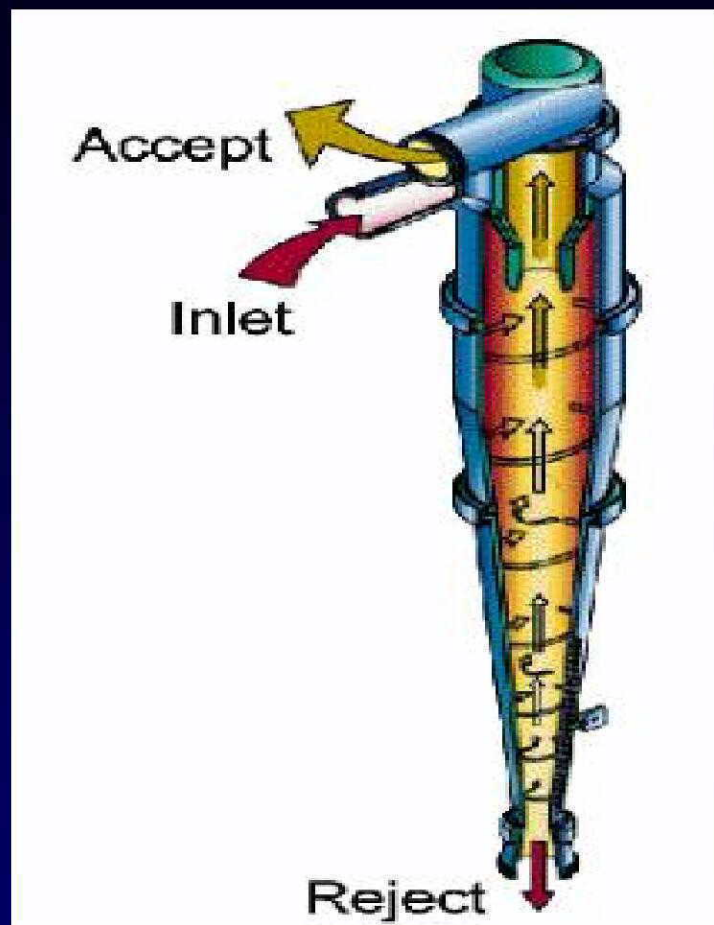
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Teoria da depuração de polpa marrom

Elementos principais de um depurador pressurizado

- Rotor
 - com foils / com barras / ressaltos e rebaixos
- Cesto
 - perfurado ou ranhurado (rasgos)
- Linhas de
 - alimentação de massa
 - aceito
 - rejeito
 - diluição
 - remoção de sujeira pesada (junkbox)
- Acionamento

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)



Separador Centrífugo de areia (Centricleaners)

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Eficiência da Depuração Parâmetros

Relacionados a Operação

- Tipo de polpa
- Velocidade através das fendas
- Tipo e quantidade de sujeira
- Taxa de rejeito
- Consistência da polpa
- Pressão diferencial
- Temperatura

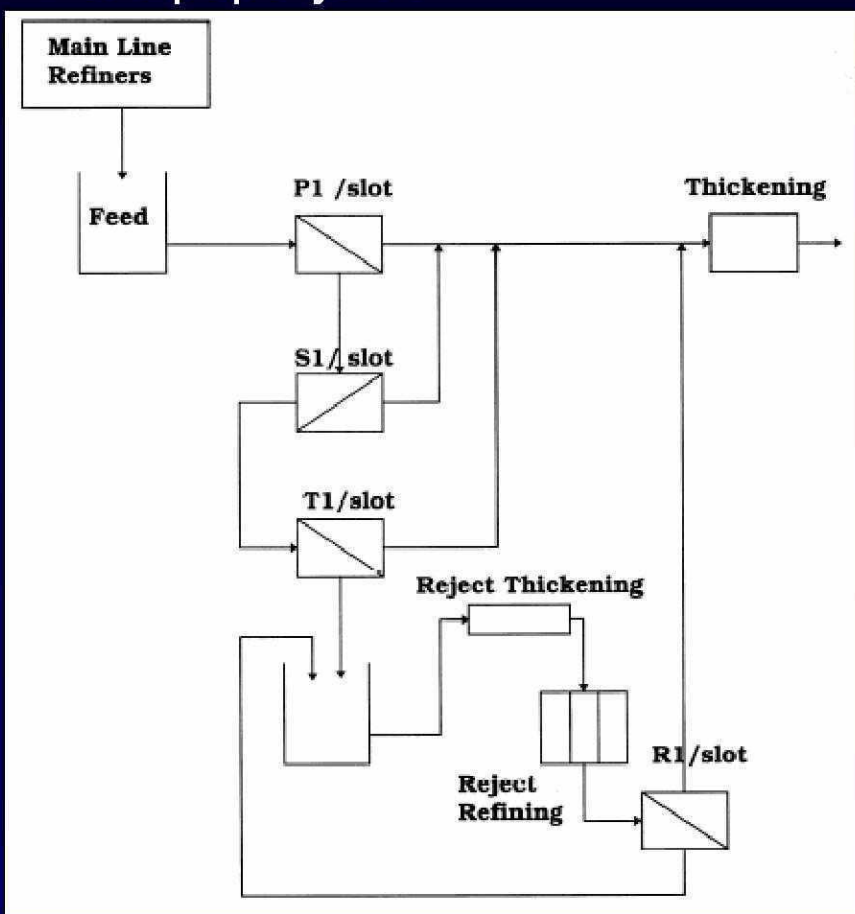
Relacionados ao Equipamento

- Desenho do rotor
- Gap entre “foil” e cesto
- Potência instalada
- Perfil da superfície do cesto
- Tamanho da fenda, diâmetro do furo

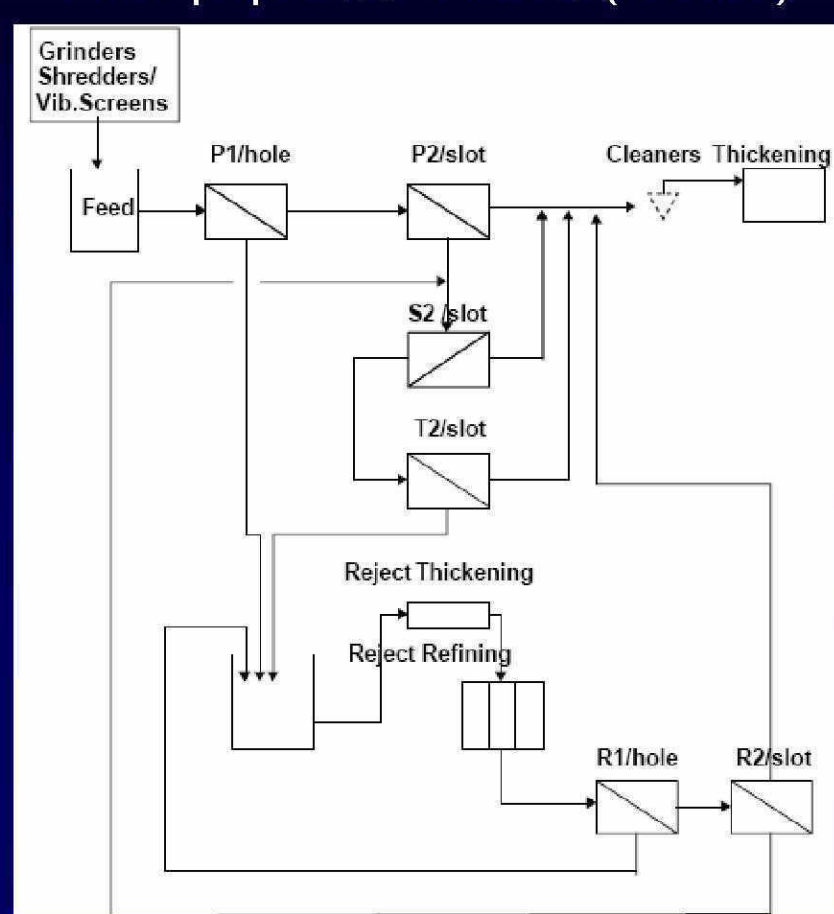
PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Fluxogramas típicos de depuração de PAR

- Para papel jornal



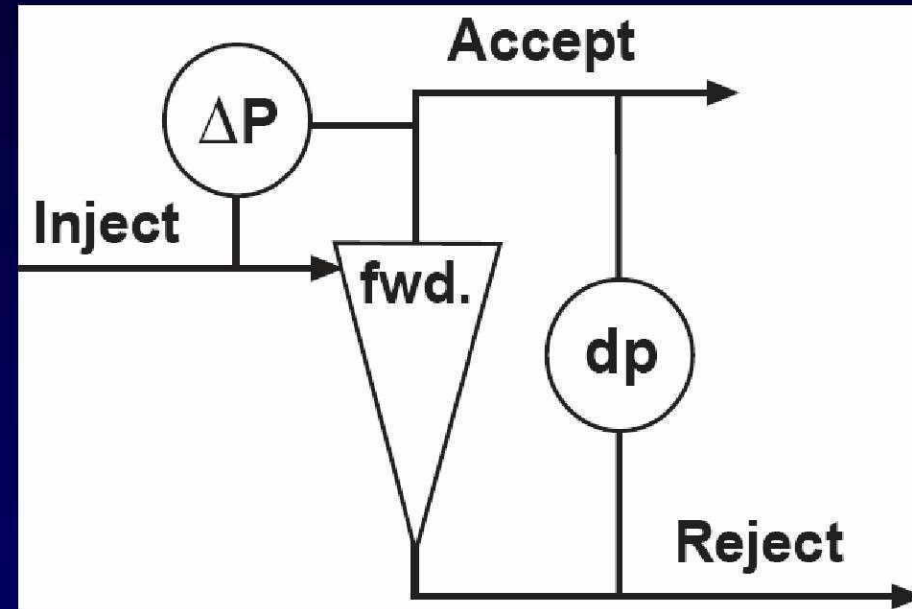
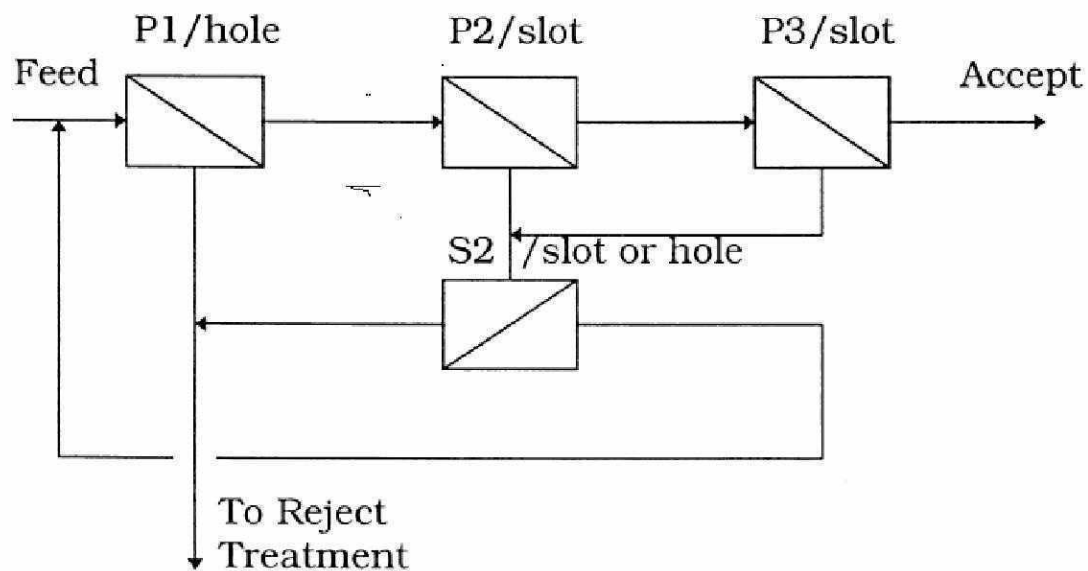
- Para papel SC e LWC (escrita)



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

- Fluxogramas típicos de depuração de PAR

- Controle típico de um depurador de PAR



PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Sistemas de depuração - Balanços de materiais

Sistema de depuração de estágio unitário

AL = 100,00

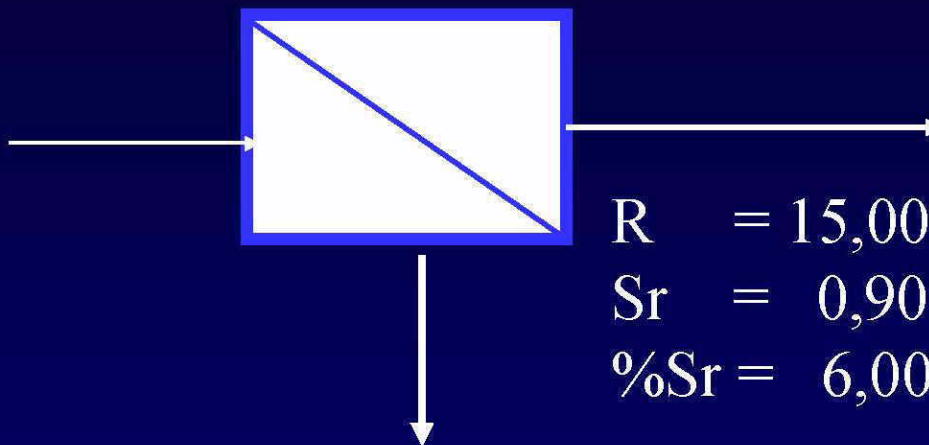
Sal = 1,00

%Sal = 1,00

AC = 85,00

Sr = 0,10

%Sr = 0,12



AL = fluxo de alimentação, t/hr, kg/min, m³/hr, lpm

AC = fluxo de aceite, t/hr, kg/min, m³/hr, lpm

S = fluxo de sujeira, t/hr, kg/min

%S = teor de sujeira no fluxo

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Sistemas de depuração - Balanços de materiais

Sistemas em cascata - Cascata direta

