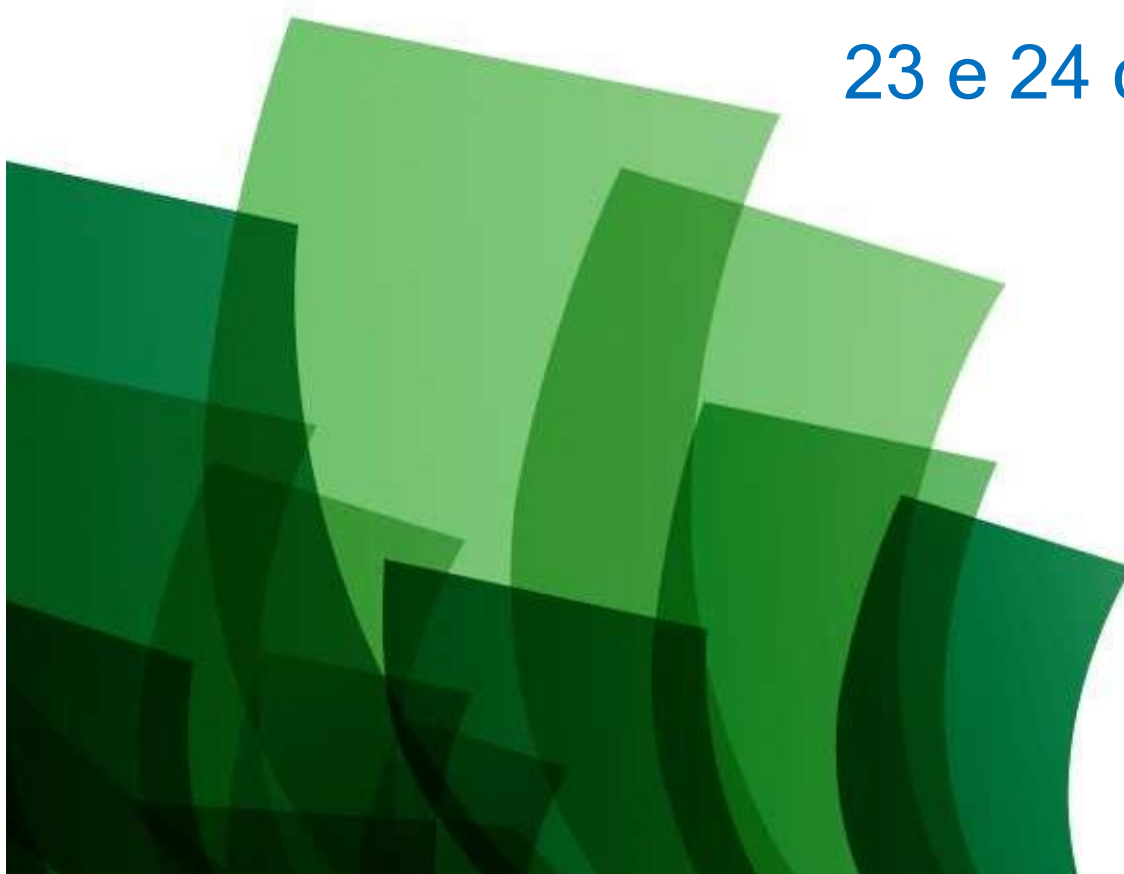


Preparação de Massa para Fabricação do Papel

23 e 24 de fevereiro de 2018

Vail Manfredi



105 - Ts'ai Lun – registrou método de produção no próprio produto (China).

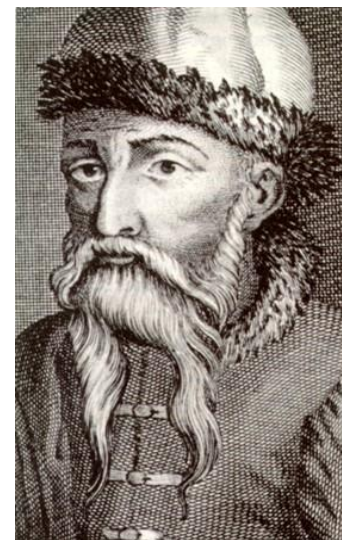
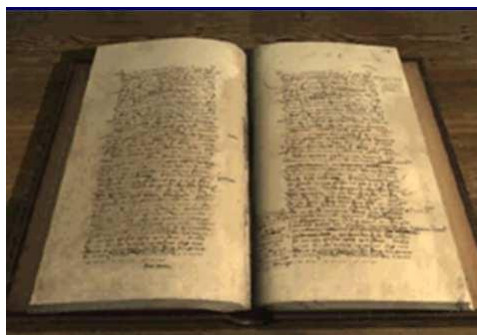
618 - 906 - Dinastia Tang - Impressão em Blocos de Madeira (China).

770-776 – impressão de um milhão de cópias de uma oração de graças (6 x 30-50 cm). Foi utilizada matriz fixa de cobre e, acredita-se, tipos móveis de madeira e de cerâmica (Imperatriz Shōtoku).

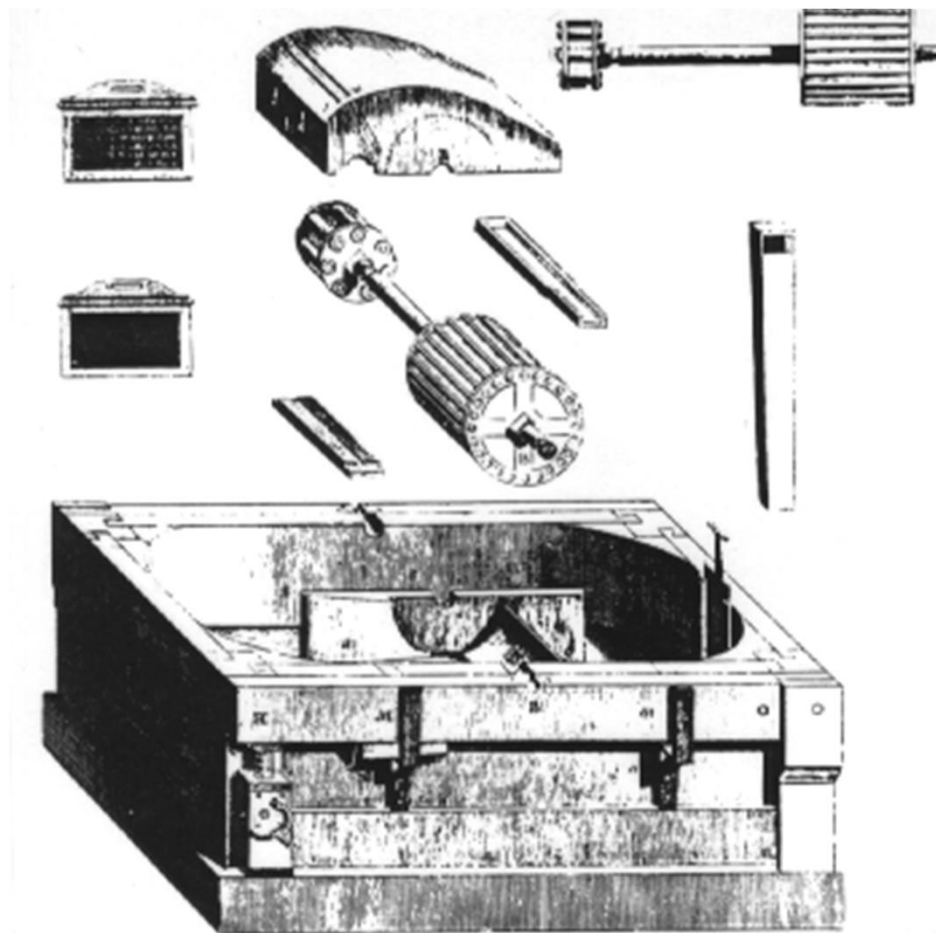
960-1279 - Dinastia Song – uso do papel como dinheiro (China).

1150 – Técnica de fabricação do papel chega à Europa (Espanha) provavelmente vindo do Marrocos.

1450 – Johann Gensfleisch Gutenberg (Alemanha) – Impressão por Tipos Móveis.



1680 – Invenção da “Holandesa” (Holanda)



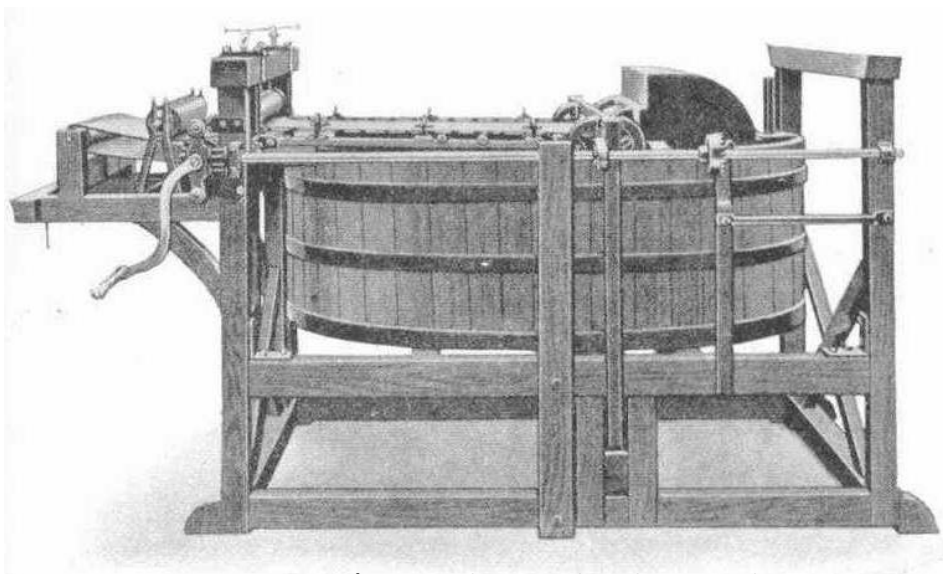
1680 – Invenção da “Holandesa” (Holanda)

1681 – Produção papel para cheques e lançamento do “dinheiro de papel” pelo Bank of London (Inglaterra)

1690 – Registro da primeira fabricação de papel nas Américas (EUA).

1764 – Primeiro “coating” de papel (Inglaterra).

1798 – Primeira máquina de papel – Nicholas-Louis Robert → Léger Didot (França).



Máquina de Papel Robert-Didot
(ano 1798) [84]

1680 – Invenção da “Holandesa” (Holanda)

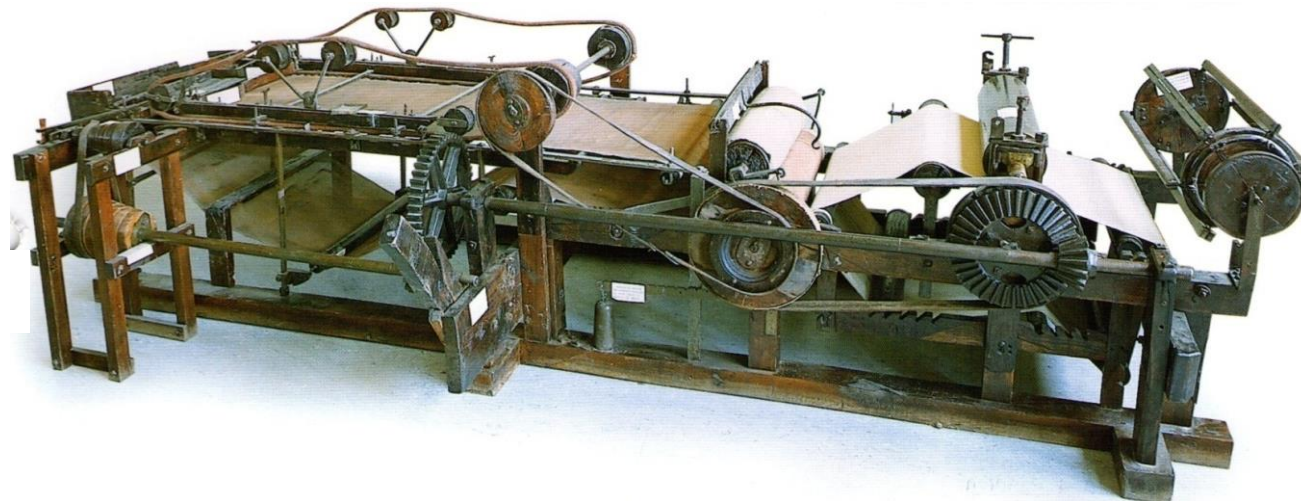
1681 – Produção papel para cheques e lançamento do “dinheiro de papel” pelo Bank of London (Inglaterra)

1690 – Registro da primeira fabricação de papel nas Américas (EUA).

1764 – Primeiro “coating” de papel (Inglaterra).

1798 – Primeira máquina de papel – Nicholas-Louis Robert → Léger Didot (França).

1803 – Operação da primeira máquina de papel Donkin-Fourdrinier (Léger Didot → Bryan Donkin e os irmãos Henry e Saely Fourdrinier) 76 cm de largura (Frogmore, Inglaterra).



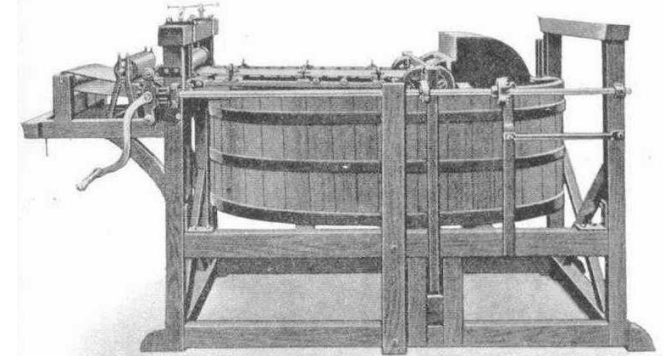
Esquema da máquina de papel – Donkin Fourdrinier ^[101]



Produção de papel no Oriente [85]

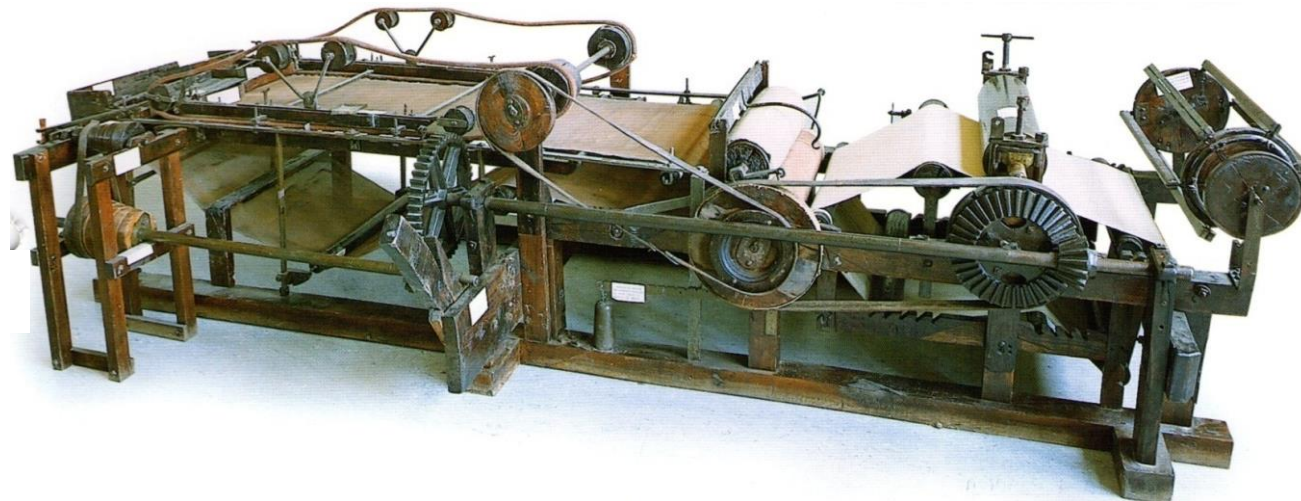


Produção Manual do
Papel Europa [75]



Máquina de Papel Robert-Didot
(ano 1798) [84]

Foram 17 séculos para se chegar à produção contínua de papel ...



Esquema da máquina de papel – Donkin Fourdrinier [101]

1807 – Primeiro registro de prática de colagem interna (Alemanha).

1809 – Invenção do cilindro formador permitindo a primeira máquina cilíndrica contínua de fabricação de papel – John Dickinson (Inglaterra).

1821 – Invenção do cilindro secador – secagem contínua do papel (irmãos Fourdrinier – Inglaterra).

1838 – L. Piette publica o processo de produção de pasta de celulose branqueada de resíduos agrícolas (“straw pulp”) – França.

1843 – Primeira fábrica de papel no Brasil (Salvador).

1845 – Keller e Voelter desenvolvem o processo de desfibramento mecânico da madeira (Alemanha).

1852 – Drecker & Co. inicia a comercialização de uma máquina para transformar madeira em fibras para fabricação do papel (Alemanha).

1854 – Charles Watt e Hugh Burges patenteiam o processo soda para polpação (EUA).

1856 – T. Kingsland introduziu o refinador de discos com superfícies irregulares.

1857 – Benjamin C. Tilghman apresenta o processo sulfito para produção de celulose.

1858 – Introdução dos refinadores cônicos (Alemanha).

1864 – Invenção dos feltros de prensas para máquinas de papel.

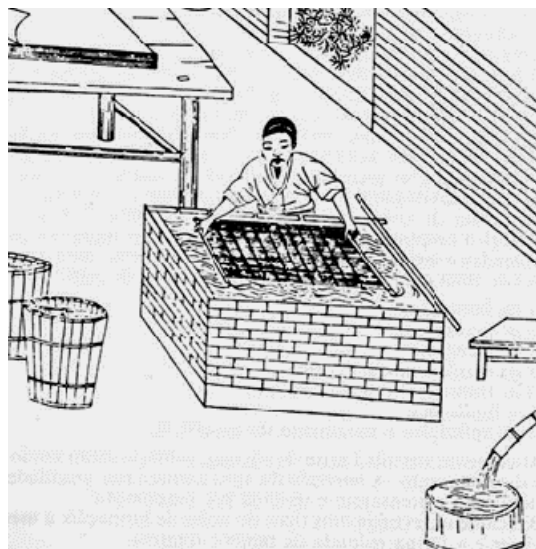
1866 – Tilghman patenteia o processo bissulfito ácido para polpação.

1879 – Invenção do processo “kraft” de polpação. Descrito em 1884 por Carl F. Dahl (Alemanha).

1906 – Primeira utilização industrial de “cleaners” para limpeza da massa para fabricação de papel.

1910 – Patenteado o equipamento de determinação de Grau Schopper-Riegler da celulose.

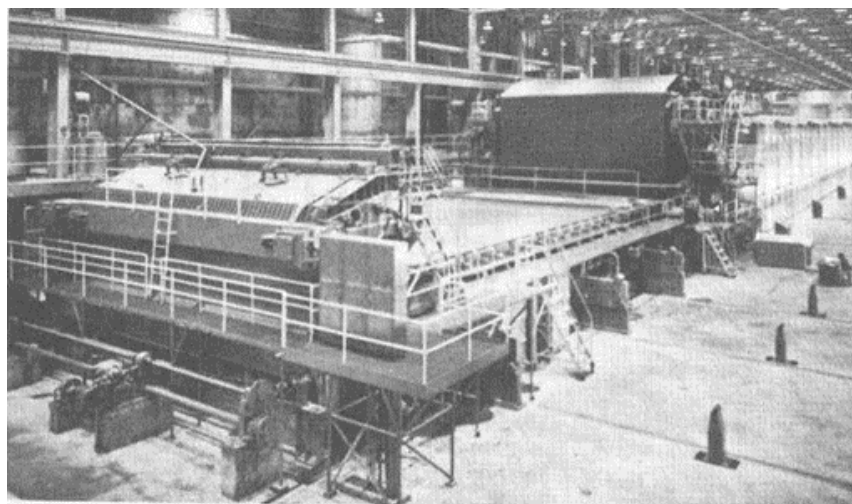
- 1911 – Patenteado o rolo prensa de sucção.
- 1925 – Carbonato de Cálcio é introduzido como carga mineral no papel.
- 1926 - Patenteado o equipamento de determinação de “Freeness” da massa de celulose (Canadá).
- 1934 – Início da produção de papéis e cartões de dupla camada (caixa de entrada secundária).
- 1945 – Desenvolvimento da tecnologia de branqueamento com Dióxido de Cloro.
Desenvolvimento da caixa de entrada pressurizada.
- 1960 – Desenvolvimento da colagem alcalina do papel.
- 1961 – Desenvolvimento das telas sintéticas para as áreas de formação da folha.
- 1962 – Primeiros “foils” instalados em máquina de papel para aumento da velocidade
“Start-up” da primeira máquina com formadores híbridos (Austrália).
- 1966 – Instalação do primeiro computador para controle de processo (Inglaterra).**
- 1970 – Primeira instalação industrial de branqueamento com Oxigênio (África do Sul).
- 1981 – Introdução das prensas de drenagem “shoe-press”.
- 1990 - em diante:
 - Desenvolvimento do branqueamento TCF,
 - Consolidação do branqueamento ECF para celuloses químicas,
 - Aumenta a pressão por “produtos verdes” ... Redução do consumo de energia,
... Redução de emissões (Efeito Estufa), e
... **Reduzir consumo / Reutilizar / Reciclar.**

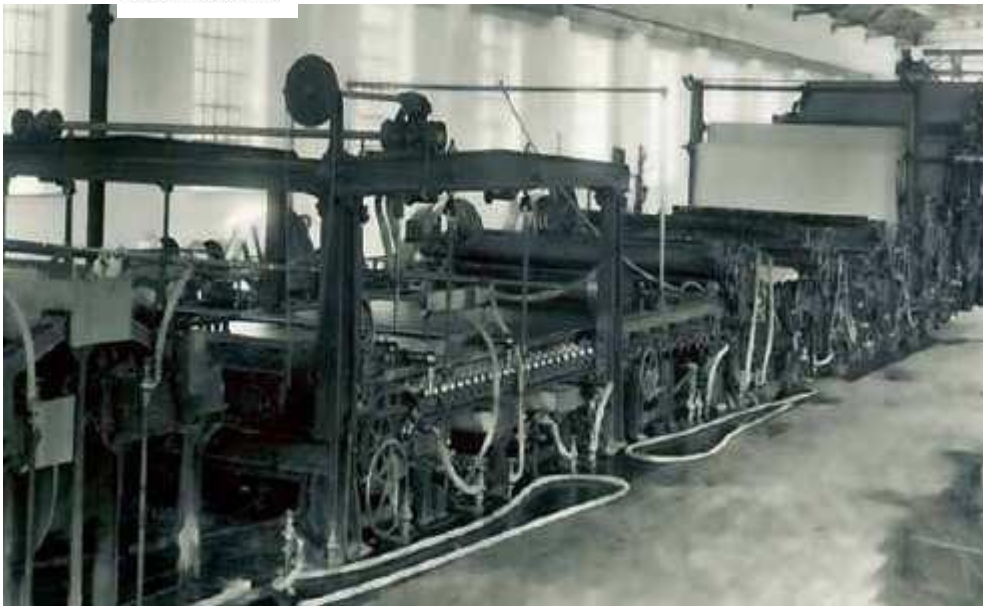


Primórdios da fabricação do papel [76]

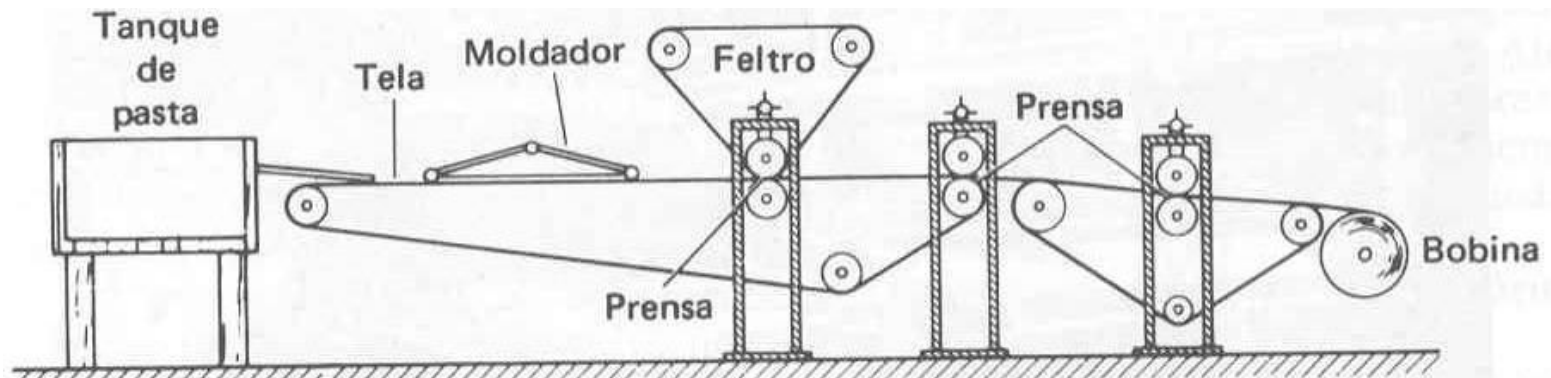
No início, os chineses utilizaram gramíneas e a casca interna da amoreira (*Broussonetia papyrifera*) maceradas em solução alcalina de cal ou cinzas de madeira com grãos de arroz ou trigo.

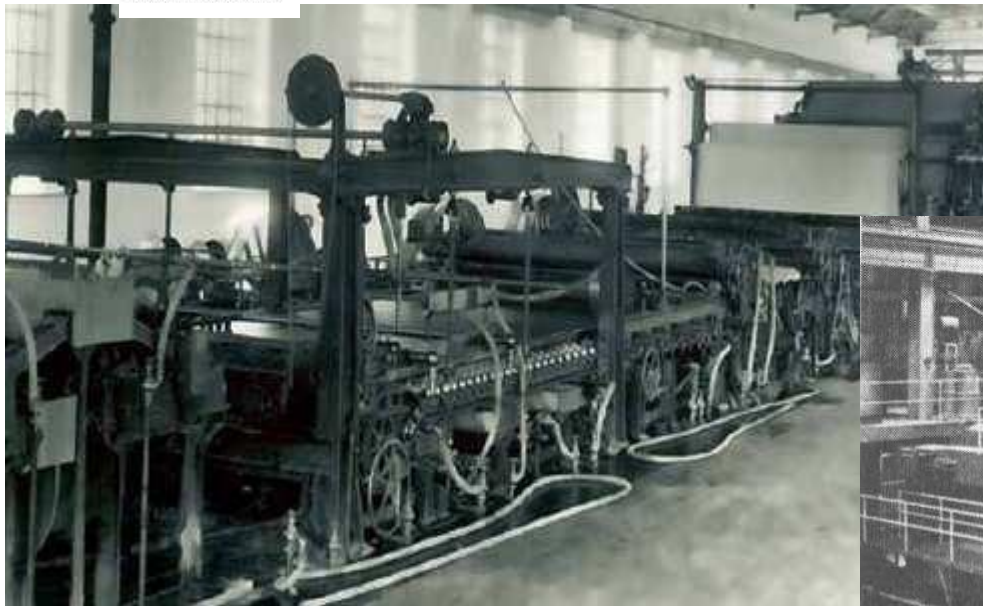
Atualmente são utilizadas diversas matérias primas fibrosas, incluindo madeiras de diversas origens, em máquinas de produção de papel de alta produção (velocidade) o que exige “resistências” do material fibroso utilizado



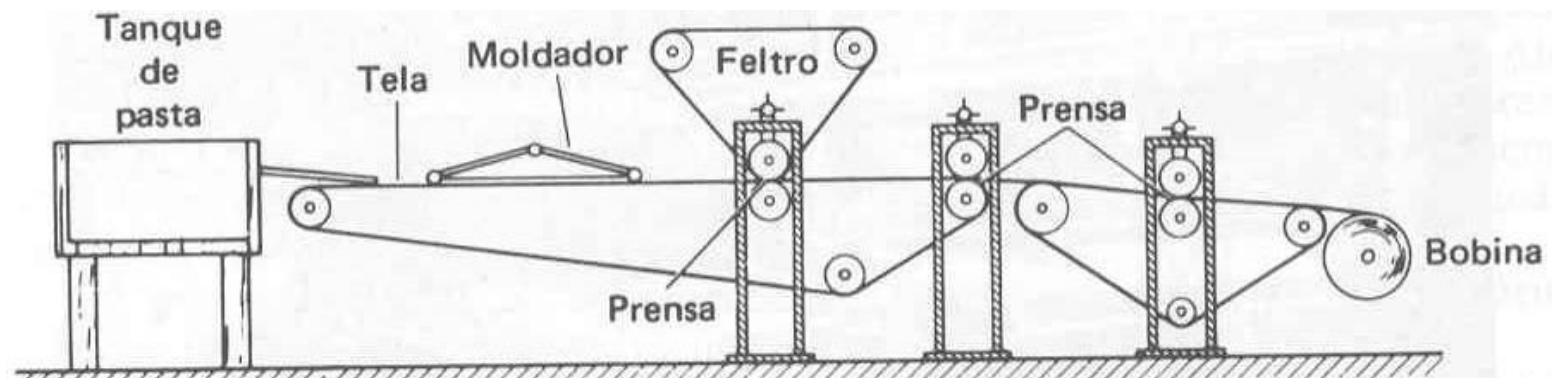
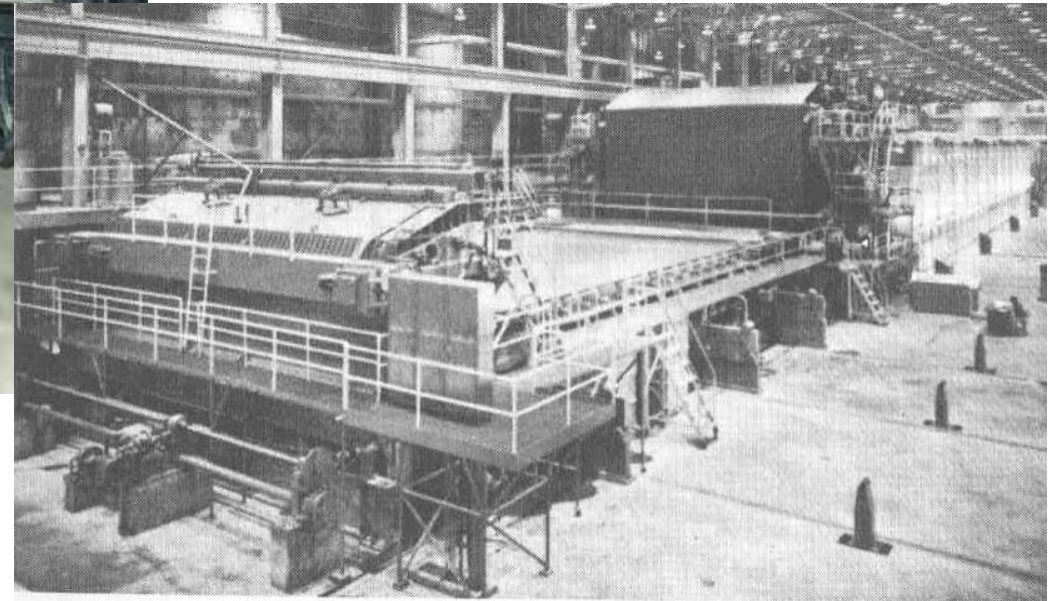


Máquina de papel - 1905 [2350x]

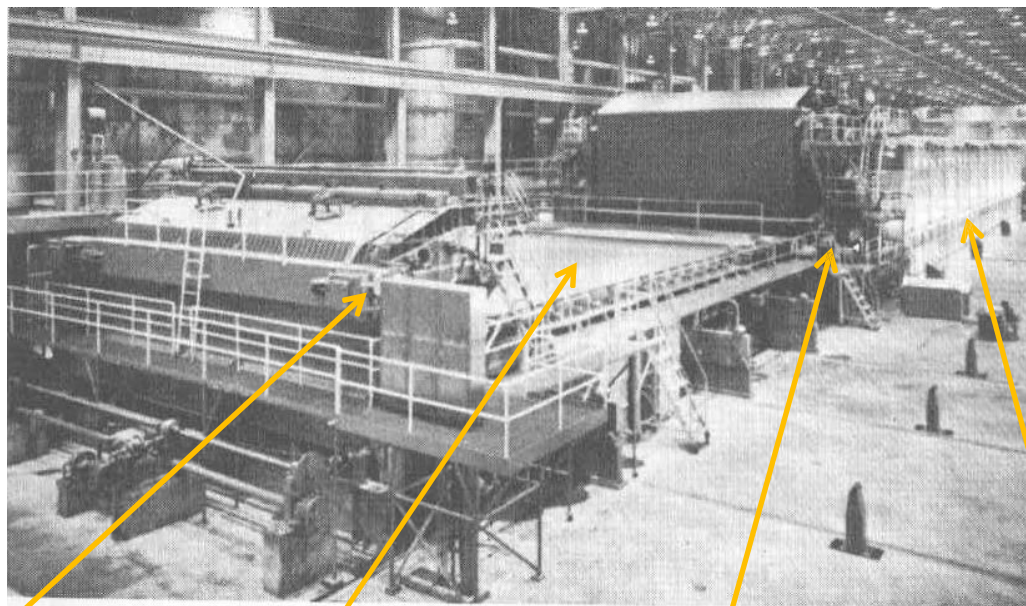




Máquina de papel - 1905 [2350x]



A evolução dos equipamentos de fabricar papel

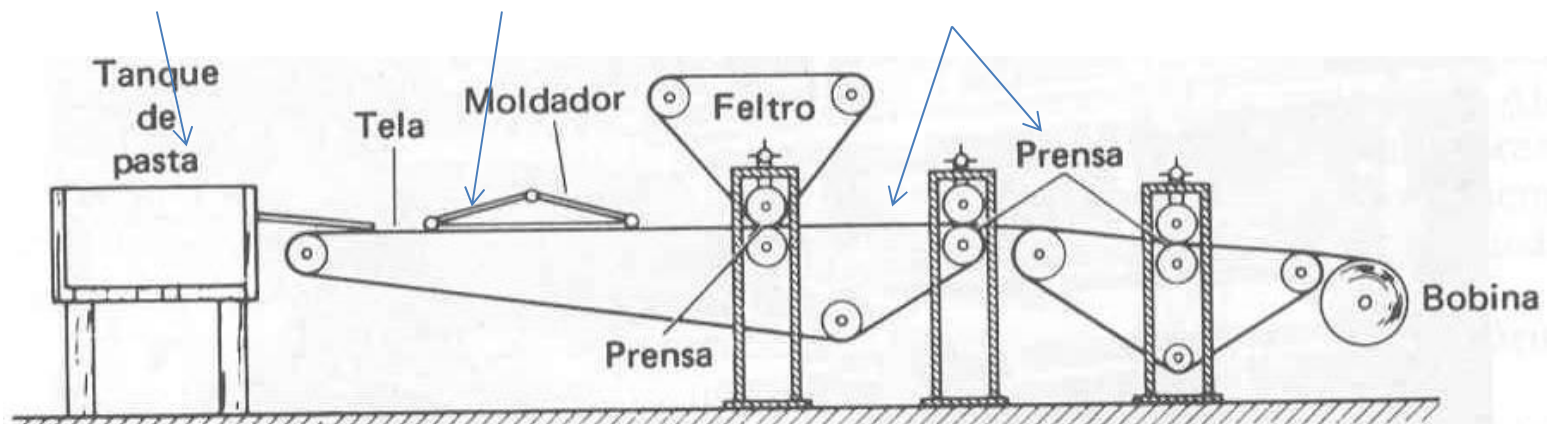


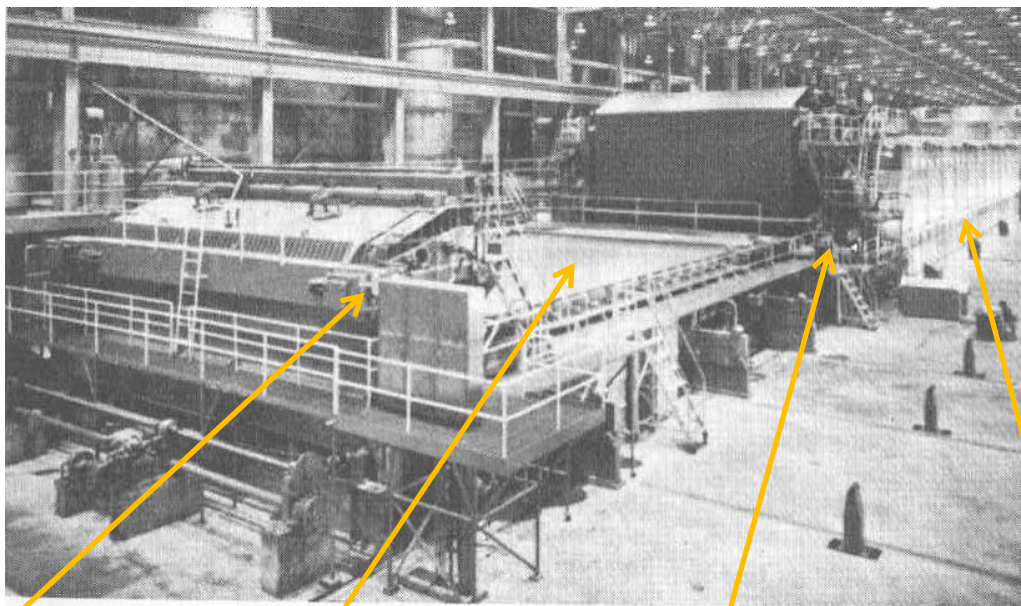
**DOSAR A
MASSA**

**FORMAR O PAPEL
(REMOVENDO ÁGUA)**

**REMOVER ÁGUA
(PRENSANDO)**

**REMOVER MAIS ÁGUA
(SECANDO)**





**DOSAR A
MASSA**

**FORMAR O PAPEL
(REMOVENDO ÁGUA)**

**REMOVER ÁGUA
(PRENSANDO)**

**REMOVER MAIS ÁGUA
(SECANDO)**

Uma máquina de papel é uma "máquina de remover água" de uma suspensão de fibras. Aproveita-se a retirada da água para dar a forma e o peso (gramatura) desejados ao produto.

Andamento de máquina ("runability") é a palavra chave. Quanto maior a velocidade na produção de um mesmo tipo de papel, maior a economicidade do processo.

**O PAPELEIRO QUER PRODUÇÃO
COM BAIXO CUSTO**

**O CLIENTE QUER QUALIDADE
COM BAIXO CUSTO**

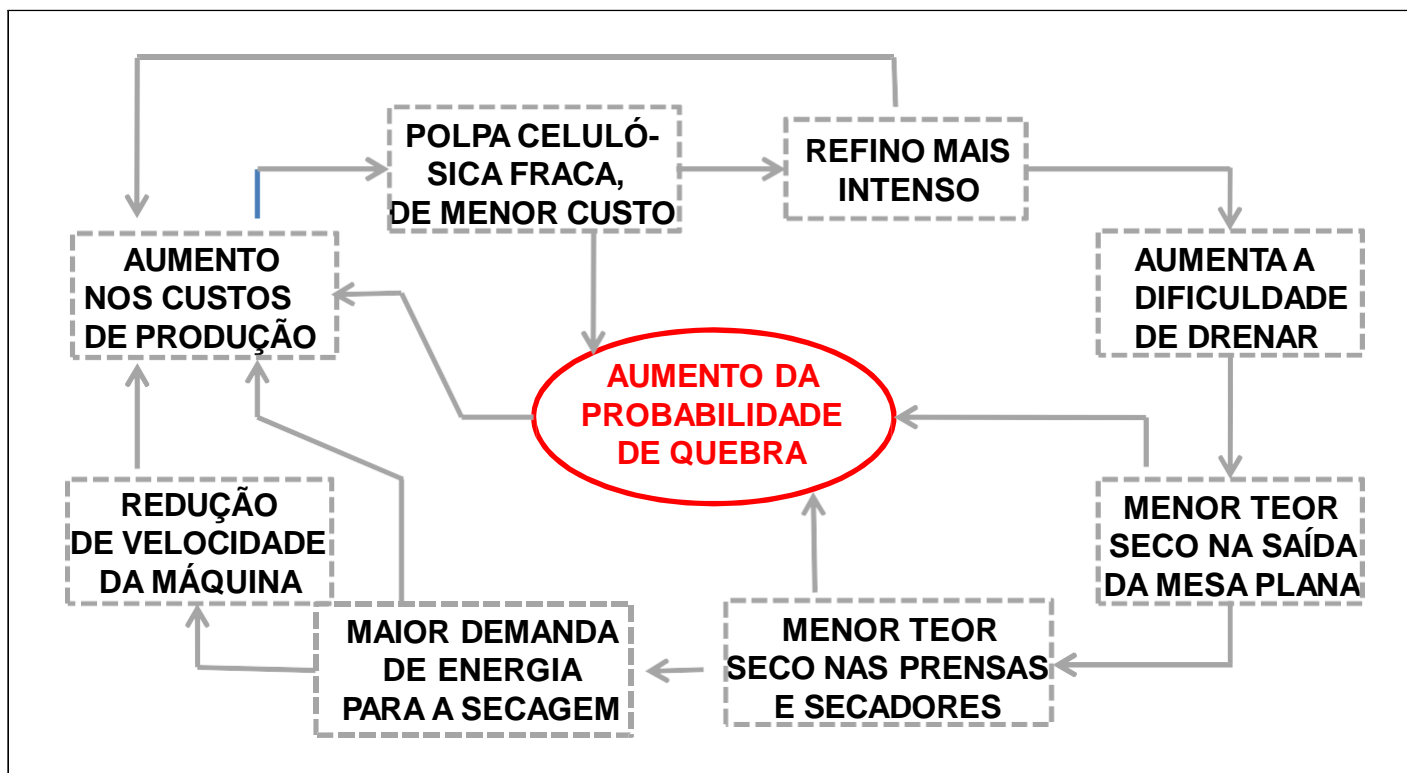
**SELEÇÃO DA MATÉRIA PRIMA FIBROSA (“CELULOSE”)
combinada com a
ADEQUADA PREPARAÇÃO DE MASSA PARA A MÁQUINA DE PAPEL**



Andamento de máquina (“runability”) é a palavra chave. Quanto maior a velocidade na produção de um mesmo tipo de papel, maior a economicidade do processo.

**O PAPELEIRO QUER PRODUÇÃO
COM BAIXO CUSTO**

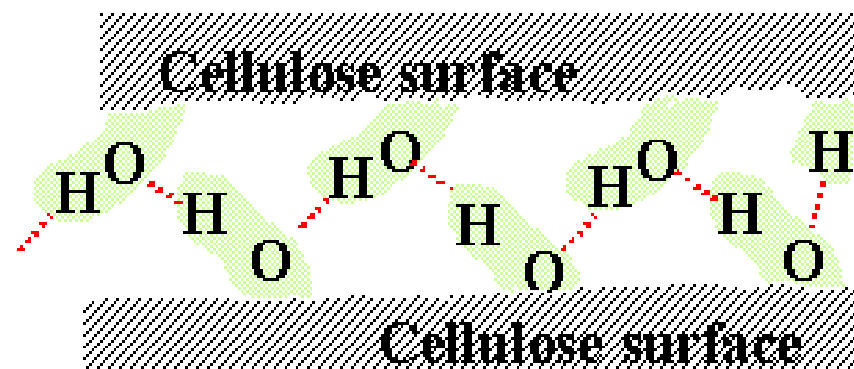
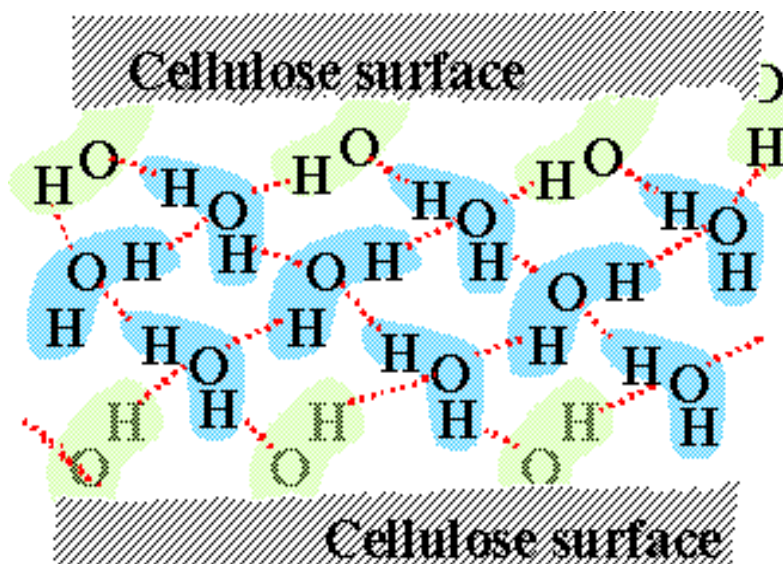
**O CLIENTE QUER QUALIDADE
COM BAIXO CUSTO**



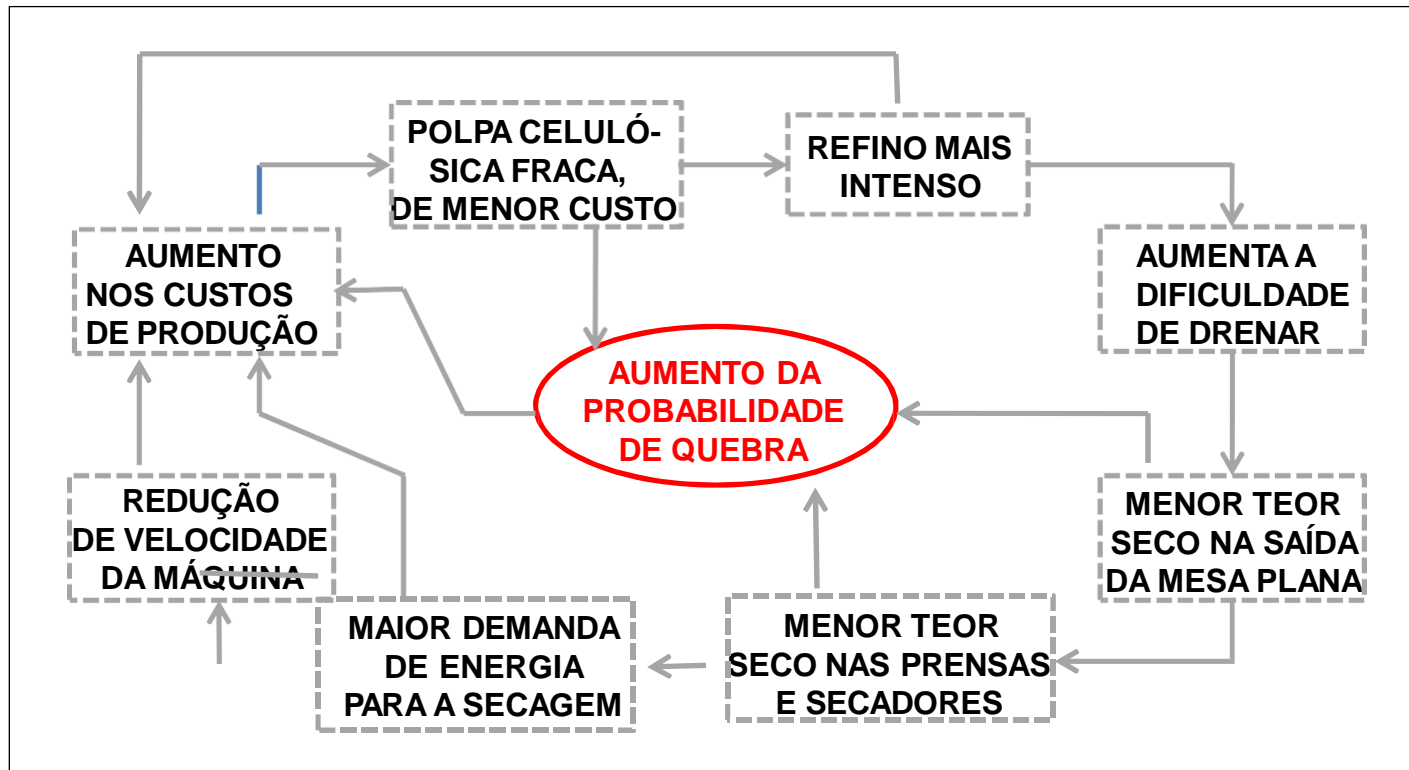
EFEITO DA UMIDADE DO PAPEL

Papel Úmido
Ligações mais fracas

Papel Seco
Ligações diretas



SELEÇÃO DA MATERIA PRIMA FIBROSA (“CELULOSE”)
combinada com a
ADEQUADA PREPARAÇÃO DE MASSA PARA A MÁQUINA DE PAPEL



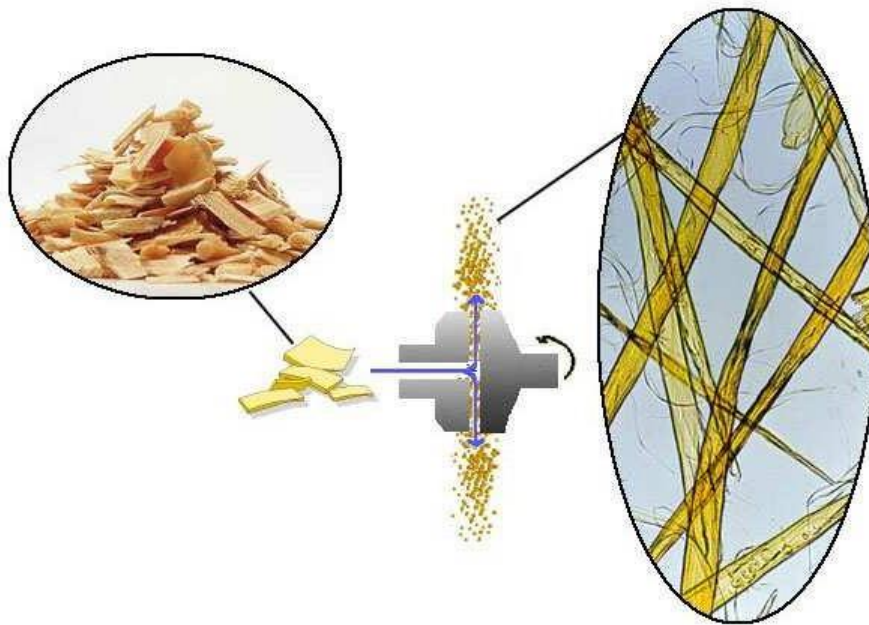
**O PAPELEIRO QUER PRODUÇÃO
COM BAIXO CUSTO**

**O CLIENTE QUER QUALIDADE
COM BAIXO CUSTO**

AS PRINCIPAIS PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO PAPEL

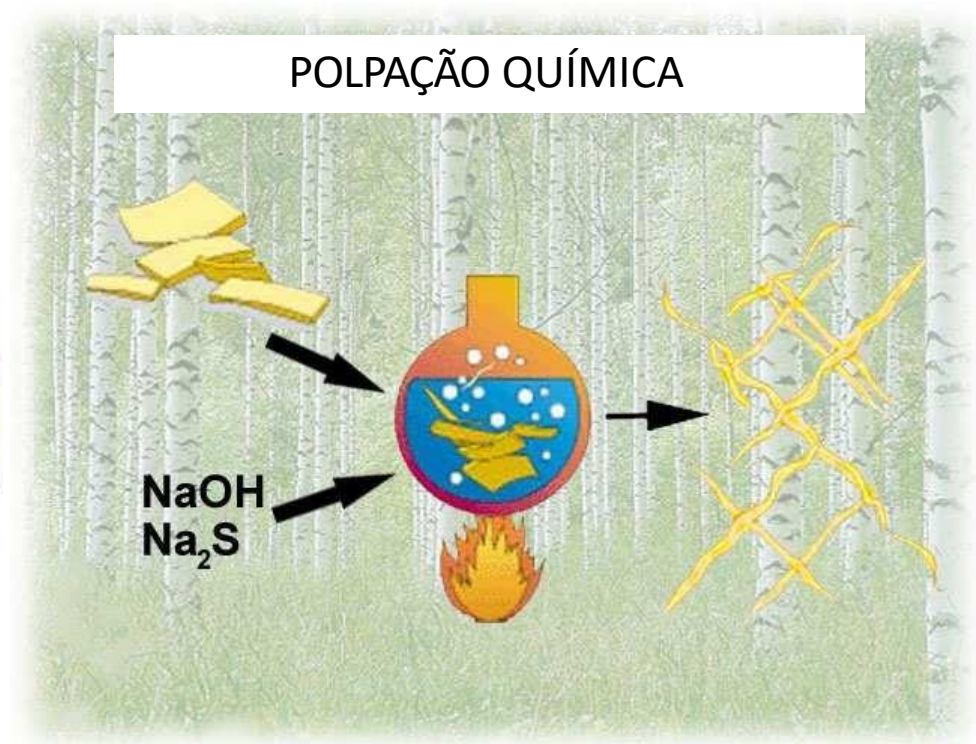
PROCESSO MECÂNICO

DEFIBRAMENTO



PROCESSO QUÍMICO

POLPAÇÃO QUÍMICA



Comparação entre processos mecânico e químico

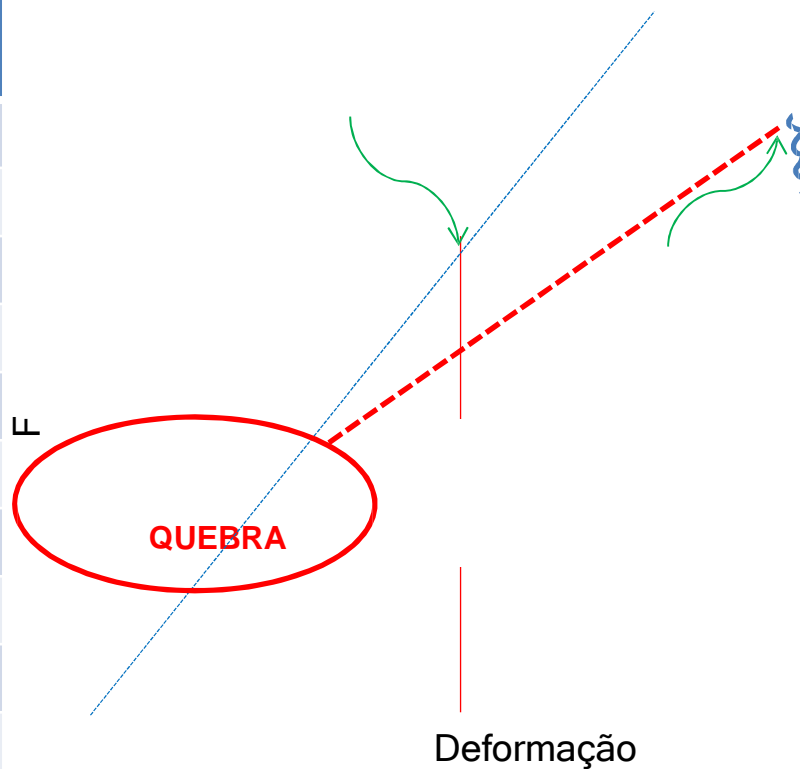


O PAPEL É UMA ESTRUTURA TRIDIMENSIONAL PLANA, FORMADA POR ELEMENTOS INTERLIGADOS E COM GRANDE VOLUME INTERNO DE VAZIOS.

ESTRUTURAIS	MECÂNICAS (RESISTÊNCIAS)	ÓPTICAS	QUÍMICAS	OUTRAS
Gramatura	Resistência à Tração	Alvura / Brancura	pH	Umidade
Espessura	Resist. à Compressão	Coordenadas de Cor	% Carga e Insumos	Resistência Ligações
Vol. Específico (Bulk)	Resist. ao Estouro	Opacidade	% Extrativos	
Densidade Aparente	Resistência ao Rasgo	Dispersão de Luz	% Carbohidratos	
Rugosidade / Lisura	Resistência à Dobras	Absorção de Luz	% Lignina	
Maciez ao Tato	Resistência à Úmido		Solubilidade NaOH	
Maciez Estrutural	“Zero-span”			
Absorção de Resinas	“Vessel-picking”			
Permeância ao Ar	Rigidez			
Expansividade	Alongamento			

**CORRESPONDEM À RELAÇÃO ENTRE
FORÇA E DEFORMAÇÃO DO PAPEL**

ESTRUTURAIS	MECÂNICAS (RESISTÊNCIAS)
Gramatura	Resistência à Tração
Espessura	Resist. à Compressão
Vol. Específico (Bulk)	Resist. ao Estouro
Densidade Aparente	Resistência ao Rasgo
Rugosidade / Lisura	Resistência à Dobras
Maciez ao Tato	Resistência à Úmido
Maciez Estrutural	“Zero-span”
Absorção de Resinas	“Vessel-picking”
Permeância ao Ar	Rigidez
Expansividade	Alongamento



CORRESPONDEM À RELAÇÃO ENTRE FORÇA E DEFORMAÇÃO DO PAPEL

ESTRUTURAIS	MECÂNICAS (RESISTÊNCIAS)	ÓPTICAS	QUÍMICAS	OUTRAS
Gramatura	Resistência à Tração	Alvura / Brancura	pH	Umidade
Espessura	Resist. à Compressão	Coordenadas de Cor	% Carga e Insumos	Resistência Ligações
Vol. Específico (Bulk)	Resist. ao Estouro	Absorção de Luz	% Carbohidratos % Lignina Solubilidade NaOH	
Densidade Aparente	Resistência ao Rasgo	Dispersão de Luz		
Rugosidade / Lisura	Resistência à Dobras	Opacidade		
Maciez ao Tato	Resistência à Úmido			
Maciez Estrutural	“Zero-span”			
Absorção de Resinas	“Vessel-picking”			
Absorção de Água	Rigidez			
Permeância ao Ar	Alongamento			

“ANATOMIA” DAS FIBRAS
(CELULOSE)

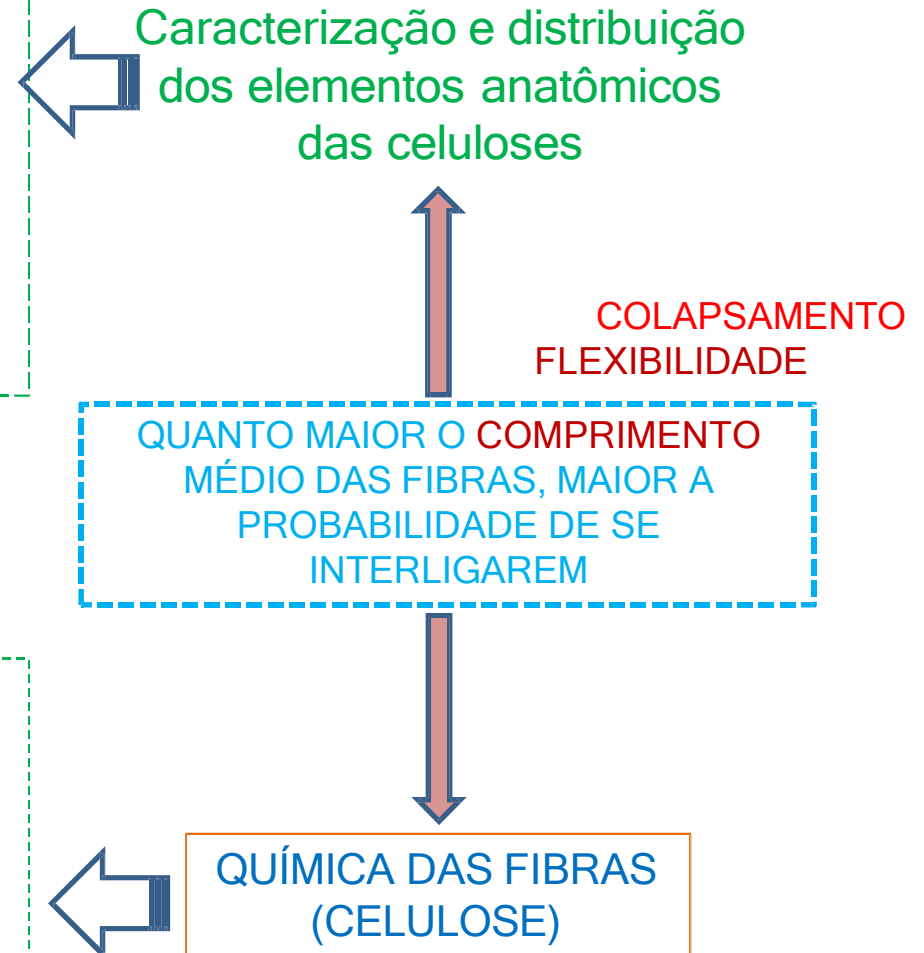
QUÍMICA DAS FIBRAS
(CELULOSE)

- MAIS COMENTADAS:
Comprimento Médio das Fibras
“Coarseness” Médio das Fibras
Número de Fibras por Unidade de Massa

MENOS COMENTADAS:
Deformações nas Fibras
Frequência de Distribuição

Teor de Celulose
Teor de Hemiceluloses
Teor de Ligninas (Solúvel e Insolúvel)
Teores de Extrativos

Mais: Viscosidade da Celulose



- MAIS COMENTADAS:

Comprimento Médio das Fibras
"Coarseness" Médio das Fibras
Número de Fibras por Unidade de Massa

MENOS COMENTADAS:

Deformações nas Fibras
Frequência de Distribuição

Teor de Celulose
Teor de Hemiceluloses
Teor de Ligninas (Solúvel e Insolúvel)
Teores de Extrativos

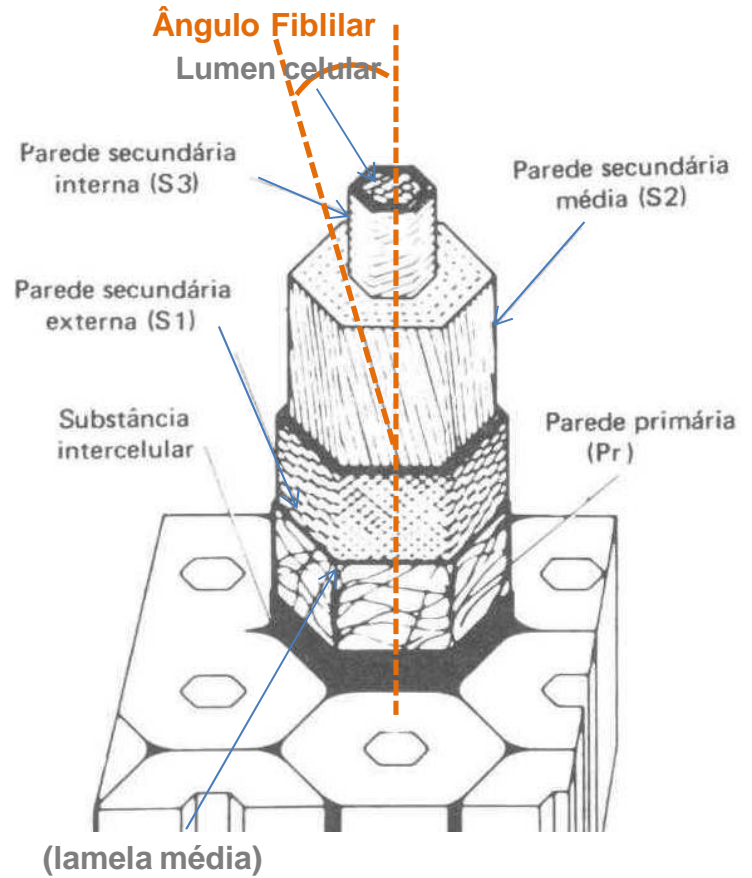
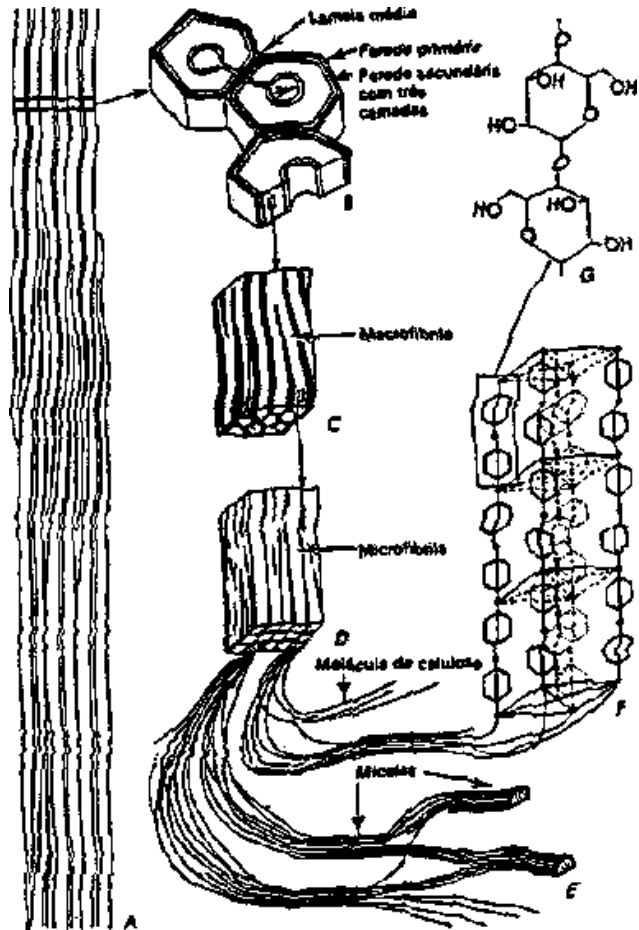
Mais: Viscosidade da Celulose

Caracterização e distribuição
dos elementos anatômicos
das celuloses

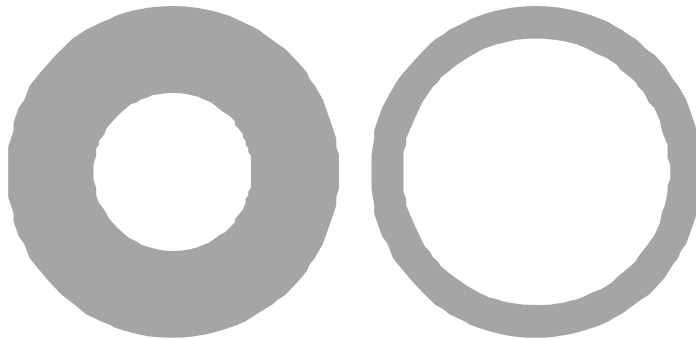
COLAPSAMENTO
FLEXIBILIDADE

CAPACIDADE
DE LIGAÇÃO

QUÍMICA DAS FIBRAS
(CELULOSE)

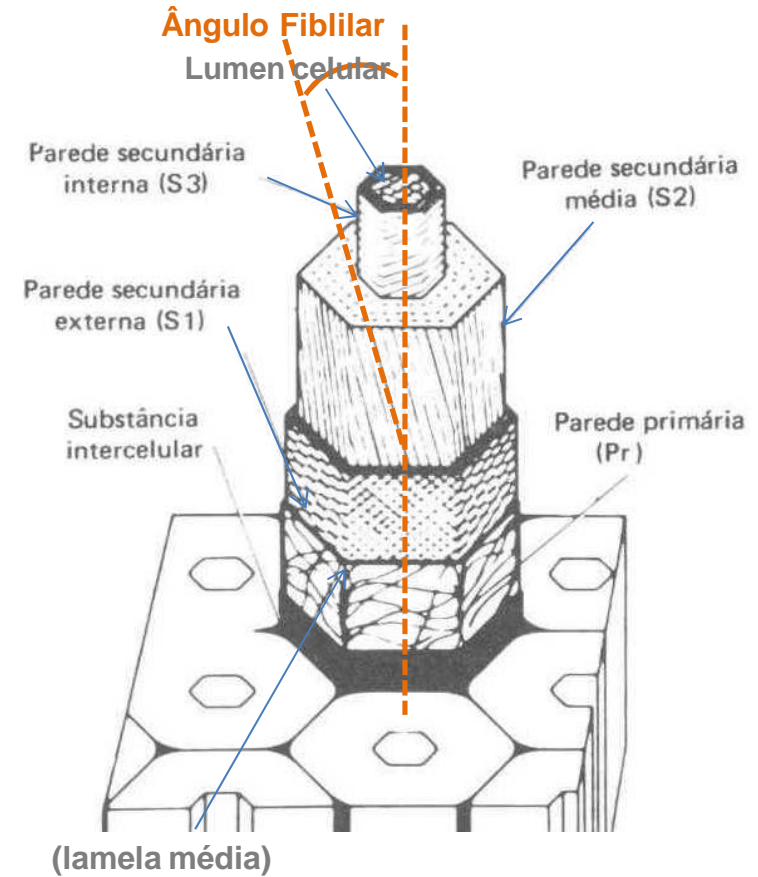
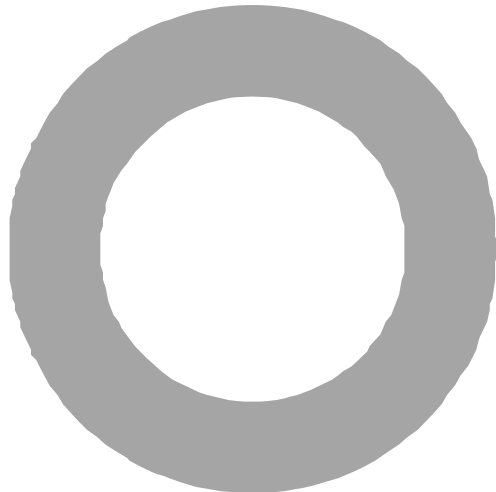


ESPESSURA DA PAREDE CELULAR

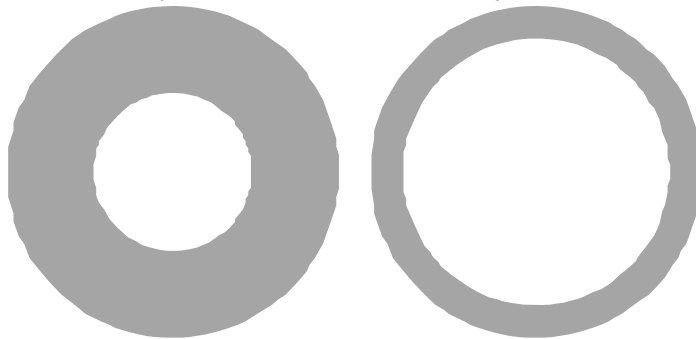


IGUAL ESPESSURA
DA PAREDE CELULAR

MAIOR "COARSENESS"

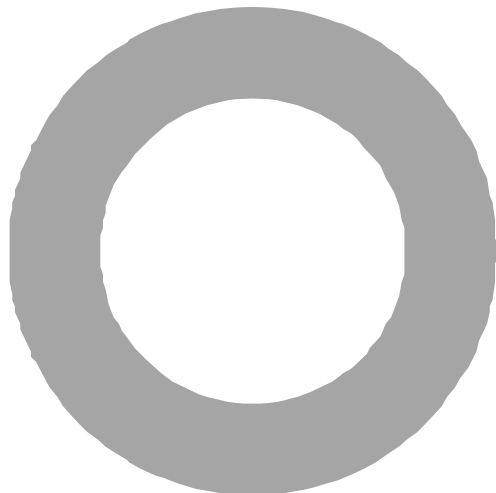


ESPESSURA DA PAREDE CELULAR



IGUAL ESPESSURA DA PAREDE CELULAR

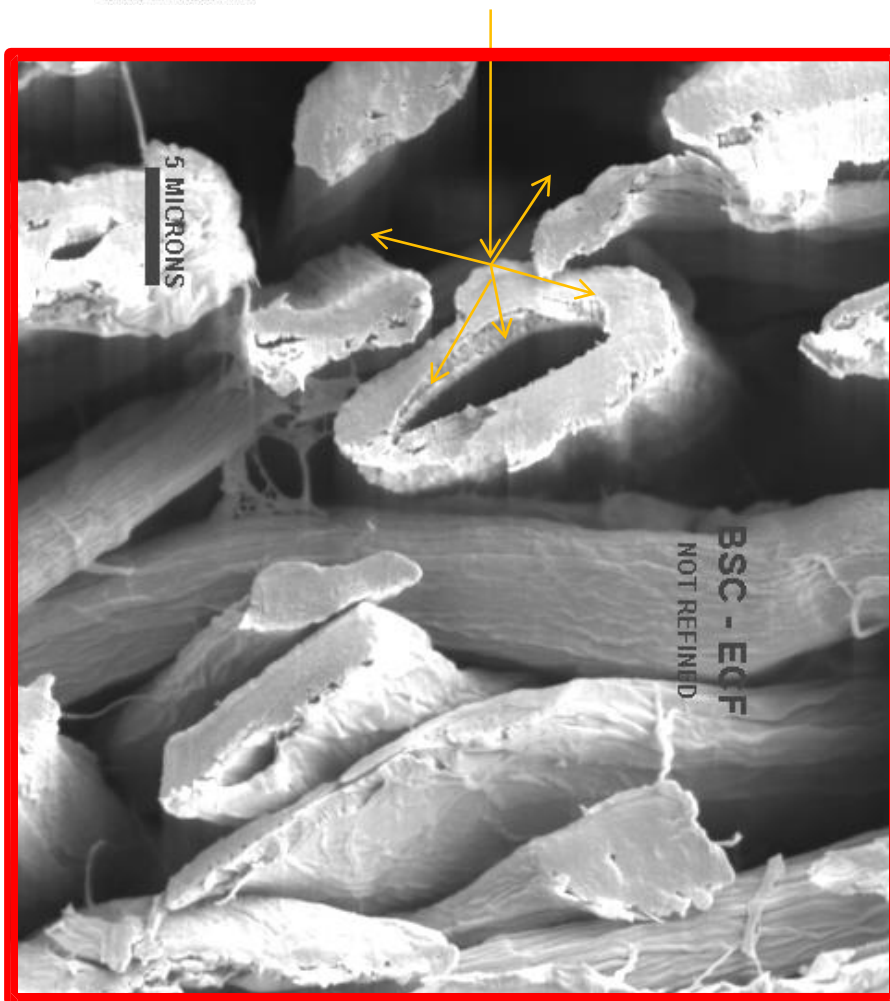
MAIOR "COARSENESS"



Ângulo Fibrilar

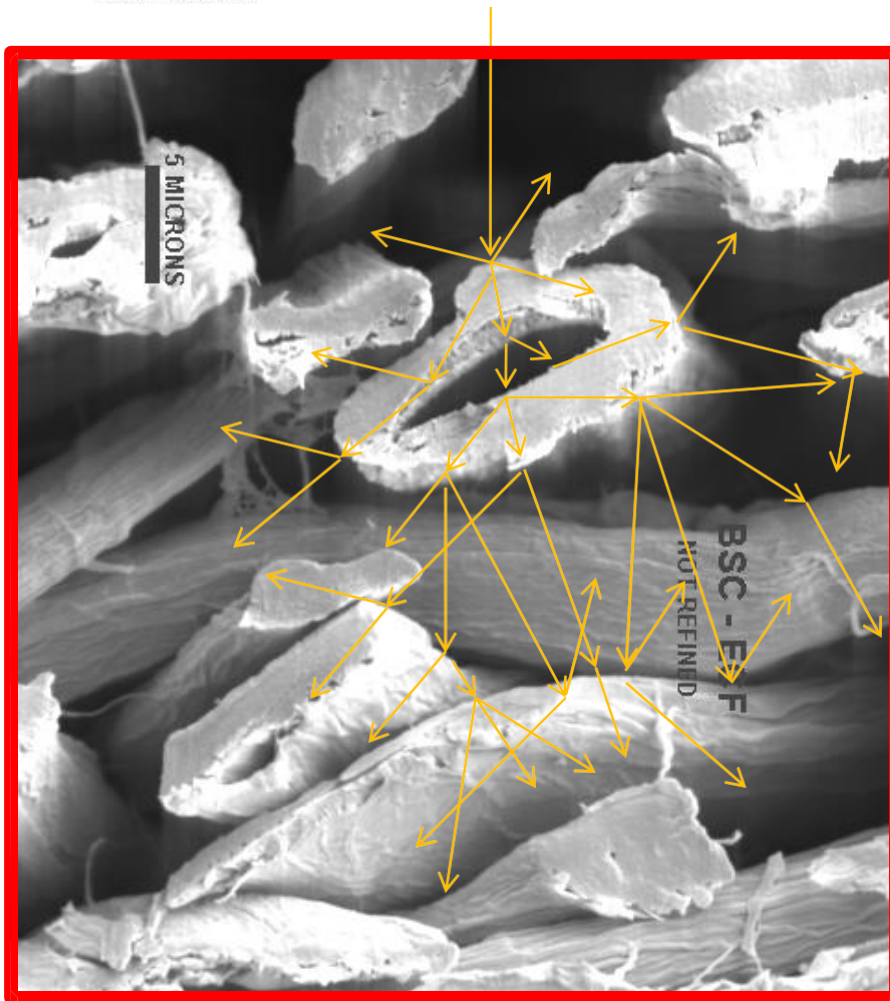


$$\text{Fração Parede} = \frac{\text{Área de Parede} \times 100}{\text{Área Total da Secção Transversal}}$$



A LUZ DISPERSA A CADA MUDANÇA DE MEIO.

Espalhamento de luz no interior do papel



Espalhamento de luz no interior do papel

A LUZ DISPERSA A CADA MUDANÇA DE MEIO.

ESPAÇO ENTRE AS FIBRAS

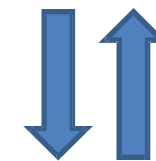
PAREDE CELULAR

LUMEN CELULAR

PAREDE CELULAR

ESPAÇO ENTRE AS FIBRAS

Superfícies "fibra - ar"



Número de Fibras por Grama

Relação entre características das fibras e as propriedades tradicionais do papel.

Propriedade de Papel	Fatores Determinantes da Propriedade	
	Principal	Secundário (Modificador)
Densidade (Volume Específico)	Conformabilidade a úmido	Teor e tipo de finos
Índice de Rasgo (Elmendorf)	Ligação entre fibras	Resistência Intrínseca
	Comprimento das fibras	Tipo de Finos
Índice de Estouro	Ligação entre fibras	Elongamento (“stretch”)
Índice de Tração	Ligação entre fibras	Comprimento das fibras
		Resistência Intrínseca
Elongamento (“stretch”)	Ligação entre fibras	“Deformações” das Fibras”* Tipo de Finos
“Folding Endurance” (dobras)	Ligação entre fibras	Comprimento das fibras
		Teor e tipo de finos
Resistência ao Ar - Gurley	Conformabilidade a úmido	-x-
	Teor e tipo de finos	
“Freeness”	Conformabilidade a úmido	-x-
	Teor e tipo de finos	

* Deformação” das Fibras inclui: “curl” e microcompressões.

À IMPORTÂNCIA DA CELULOSE

A “celulose” (material fibroso), via de regra, corresponde ao mais importante custo na fabricação do papel e geral.

Para o papeleiro, um bom material fibroso (“celulose”), é aquele que garante a obtenção de papéis com as características desejadas sem comprometer o andamento em máquina (“runabilidade”).

Para o cliente, o papel deve apresentar bom desempenho durante o uso, atendente às especificações requeridas.

- Capacidade de Ligação Entre Fibras
 - Flexibilidade e Colapsamento das Fibras
 - Resistência Intrínseca das Fibras
 - Hidratação das Fibras (“fiber swelling”)
 - Capacidade de Floculação das Fibras
- SÃO INFLUENCIADAS PELO PROCESSO
- INFLUENCIA O PROCESSO

A PREPARAÇÃO DA MASSA PARA A FABRICAÇÃO DO PAPEL



Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

Objetivo:

Garantir a adequada preparação da massa, incluindo os tratamentos de desagregação, de limpeza, de desenvolvimento das propriedades das fibras e de desaeração da suspensão fibrosa, assim como da adequada aplicação e incorporação dos aditivos e de fibras recuperadas das quebras ou dos circuitos de água branca da máquina.

Localização:

Antecede a máquina de papel propriamente dita.

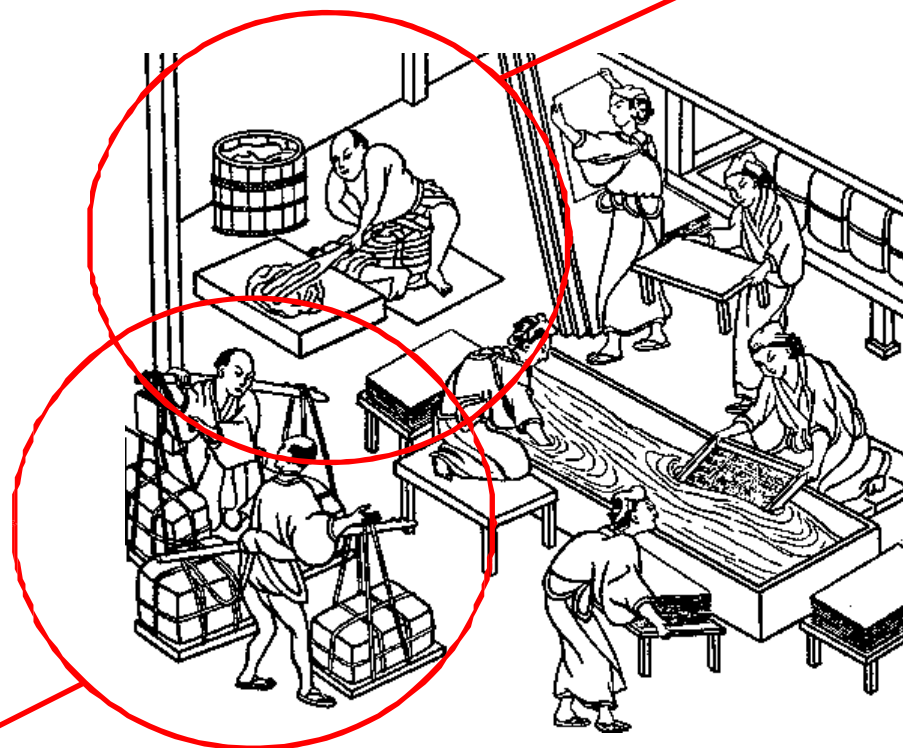
Corresponde aos equipamentos (etapas de processamento da celulose ou pasta celulósica) da desagregação dos fardos até o tanque de massa (alimentação das caixas de entrada) da máquina de papel.



Nas máquinas modernas, com velocidades cada vez maiores, e crescentes demandas por qualidade nos papéis produzidos, o preparo da massa deve ser consistente e preciso ^[90].

No início ...

REFINO DA CELULOSE



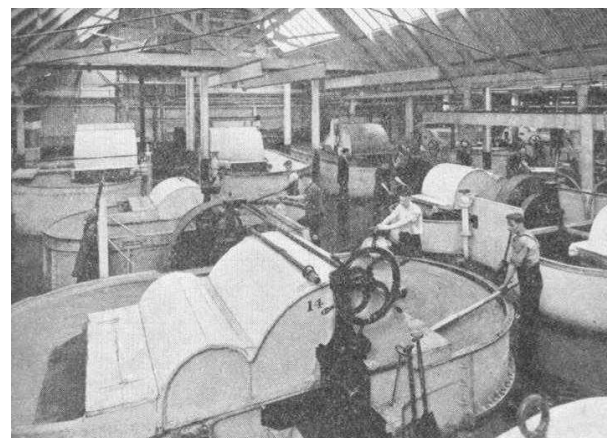
**RECEBIMENTO
DA MATÉRIA PRIMA**

Fábrica de papel no Japão (Século IX). [7]

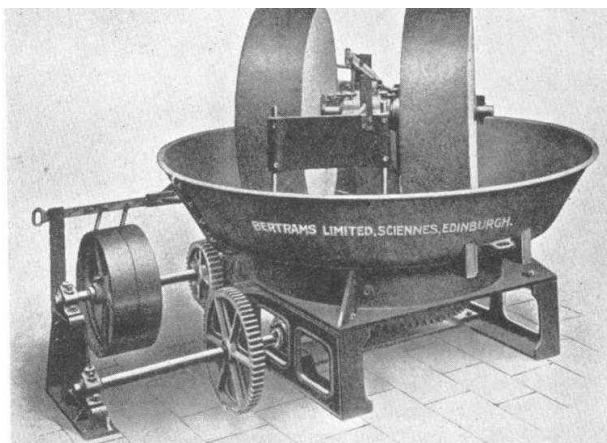
Evoluiu gradativamente ...



Sala de “Batedores” de Fibras [7]



Sala de Holandesas - final século XIX [8]



Moinho Kollergang [8]

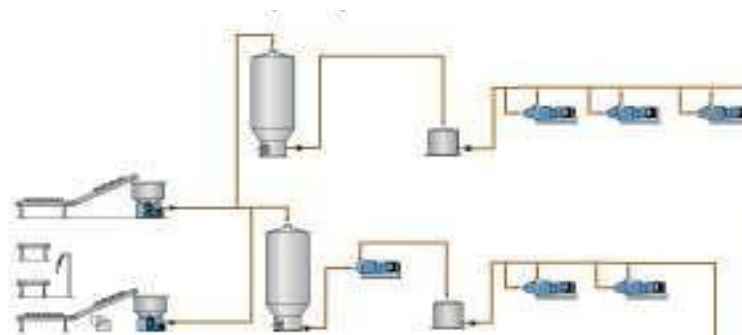


Sala de Classificação de Trapos
final século XIX [8]

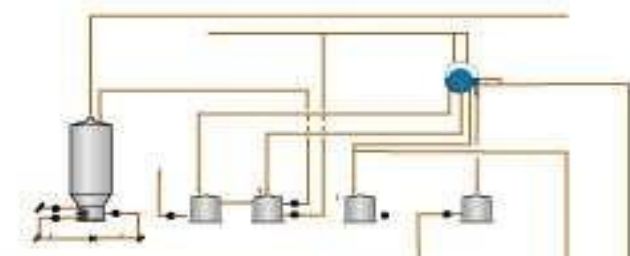
E atualmente ...

SISTEMA TÍPICO PARA A PREPARAÇÃO DE MASSA PARA A MÁQUINA DE PAPEL

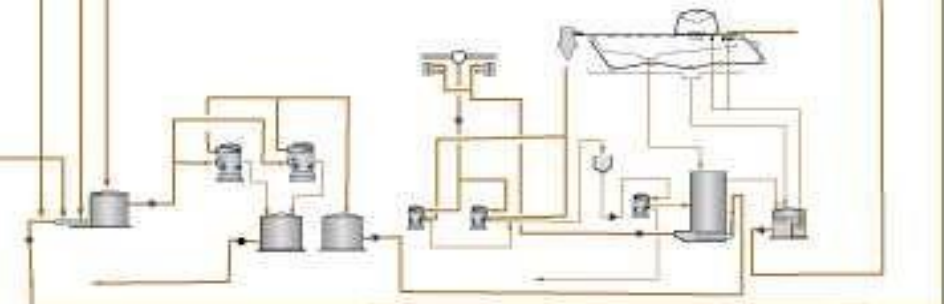
PREPARAÇÃO DE MASSA
(DESAGREGAR - LIMPAR - REFINAR)



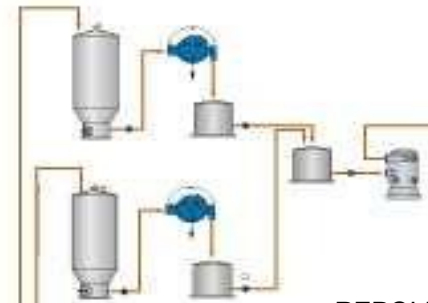
CIRCUITO DE ÁGUA DA MÁQUINA



SISTEMA DE CIRCULAÇÃO
(Short Circulation)



SISTEMA DE QUEBRAS



REPOLPEADORES



Preparação de Massa:

Não existe uma configuração padrão para a área de preparação de massa.

O ponto onde os diferentes tipos de fibras (celuloses ou polpas de celulose) são misturados e os diferentes aditivos, tais como cargas, agentes de retenção, pigmentos, cola, amidos, etc., adicionados à massa em suspensão variam de uma máquina para outra e em função do tipo de papel que é produzido.

Para a celulose (polpa celulósica) o mais comum é preparar cada tipo de fibra separadamente, refinando cada componente para o padrão requerido e ajustando-se a consistência com precisão antes da mistura final. As diferentes celuloses são, então, misturadas no tanque de mistura, compondo a suspensão final.

As características de construção e de agitação da suspensão neste tanque são importantes para a operação da máquina de papel, definindo a uniformidade e qualidade do papel produzido.

COMPONENTES (FUNÇÕES) DO SISTEMA DE PREPARAÇÃO DE MASSA

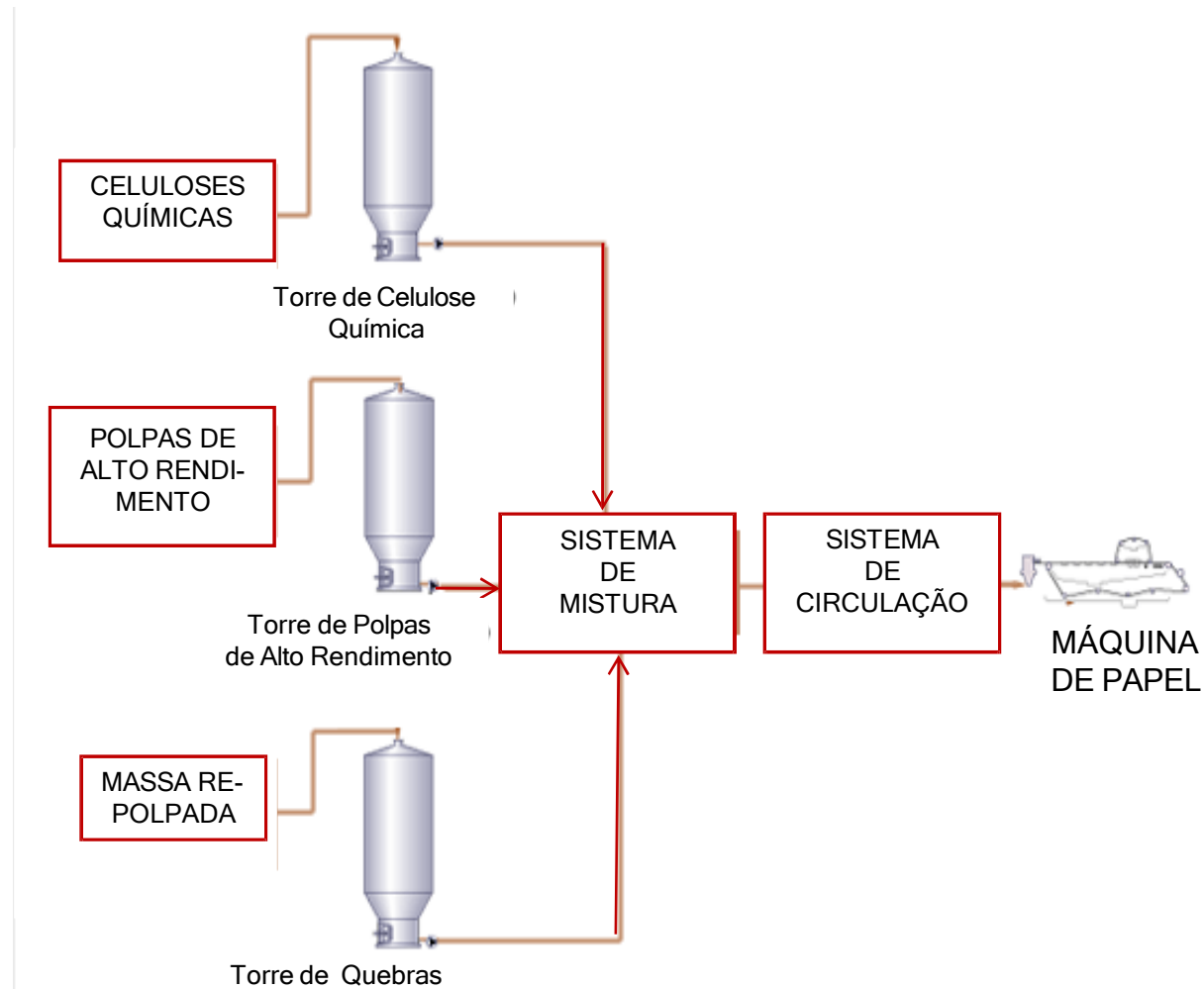
- Recebimento da matéria prima fibrosa (fábricas não integradas)
 - Receber os fardos (retirada de arames dos unitizados e fardos, quando existentes)
 - Desagregar a celulose dos fardos (gerar a suspensão de celulose)
- Limpeza da celulose
 - Retirada de contaminantes e outros materiais não fibrosos (Depuração)
- Desenvolver propriedades requeridas
 - Tratamento mecânico das fibras (Refino) para atribuir as características desejadas ao papel e para garantir o desempenho em máquina (“machine runability”).
- Adição de aditivos e insumos não fibrosos à massa para conferir propriedades específicas ao papel e/ou reduzir custos de fabricação.
- Mistura uniforme entre as várias fibras e insumos.
- Remoção do ar no interior da massa (evitar defeitos no papel e quebras durante a produção - “machine runability”).
- Recuperar e reincorporar à massa material fibroso e insumos das eventuais quebras em máquina e de refilos do processamento do papel, garantindo a “economicidade” do processo.

O RECEBIMENTO DA CELULOSE (Desagregação)



Atualmente ...

O RECEBIMENTO DA CELULOSE FÁBRICAS INTEGRADAS



Esquema de preparação dos fardos de celulose [77]

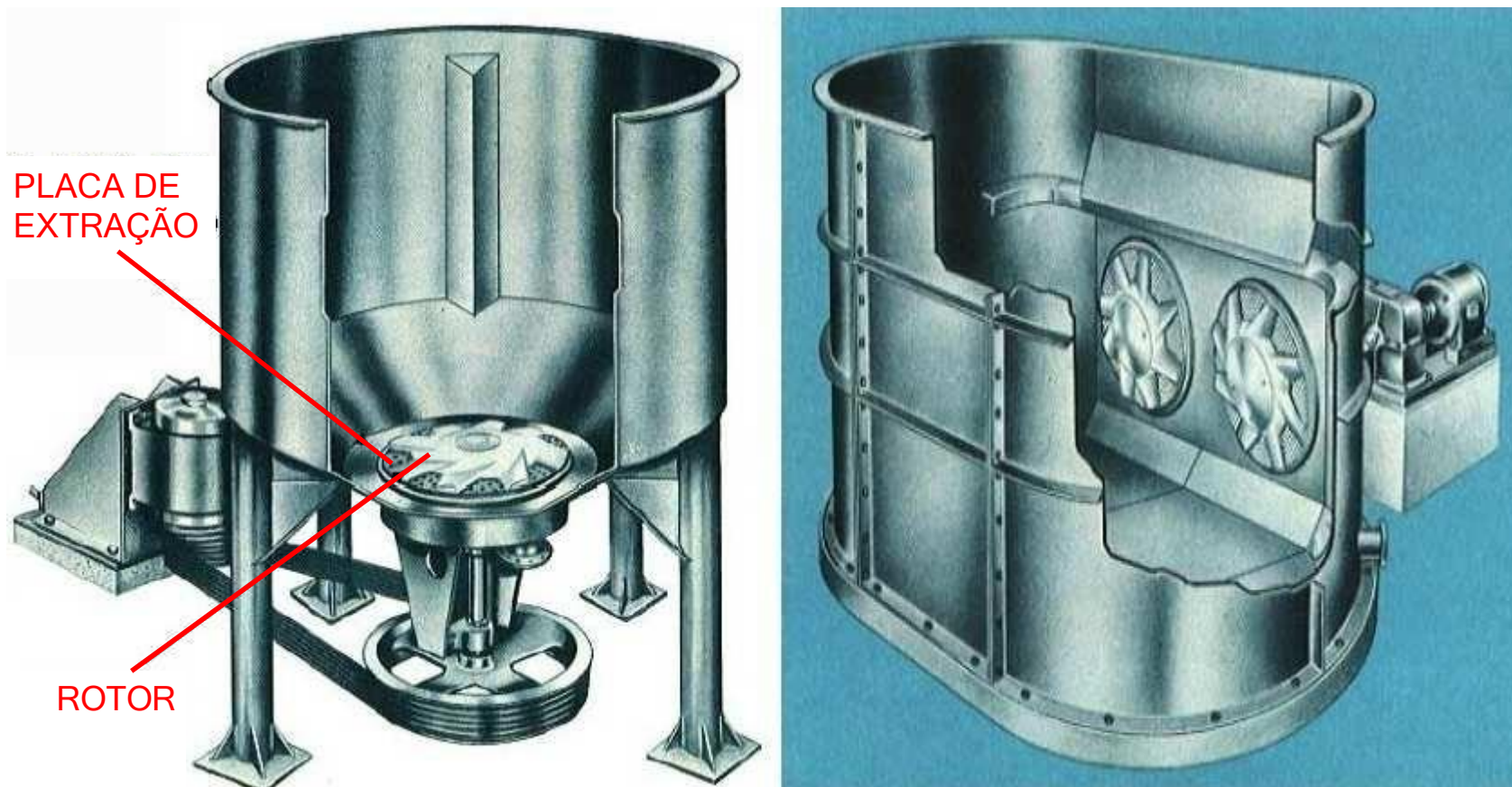
Atualmente ...

O RECEBIMENTO DA CELULOSE FÁBRICAS NÃO INTEGRADAS

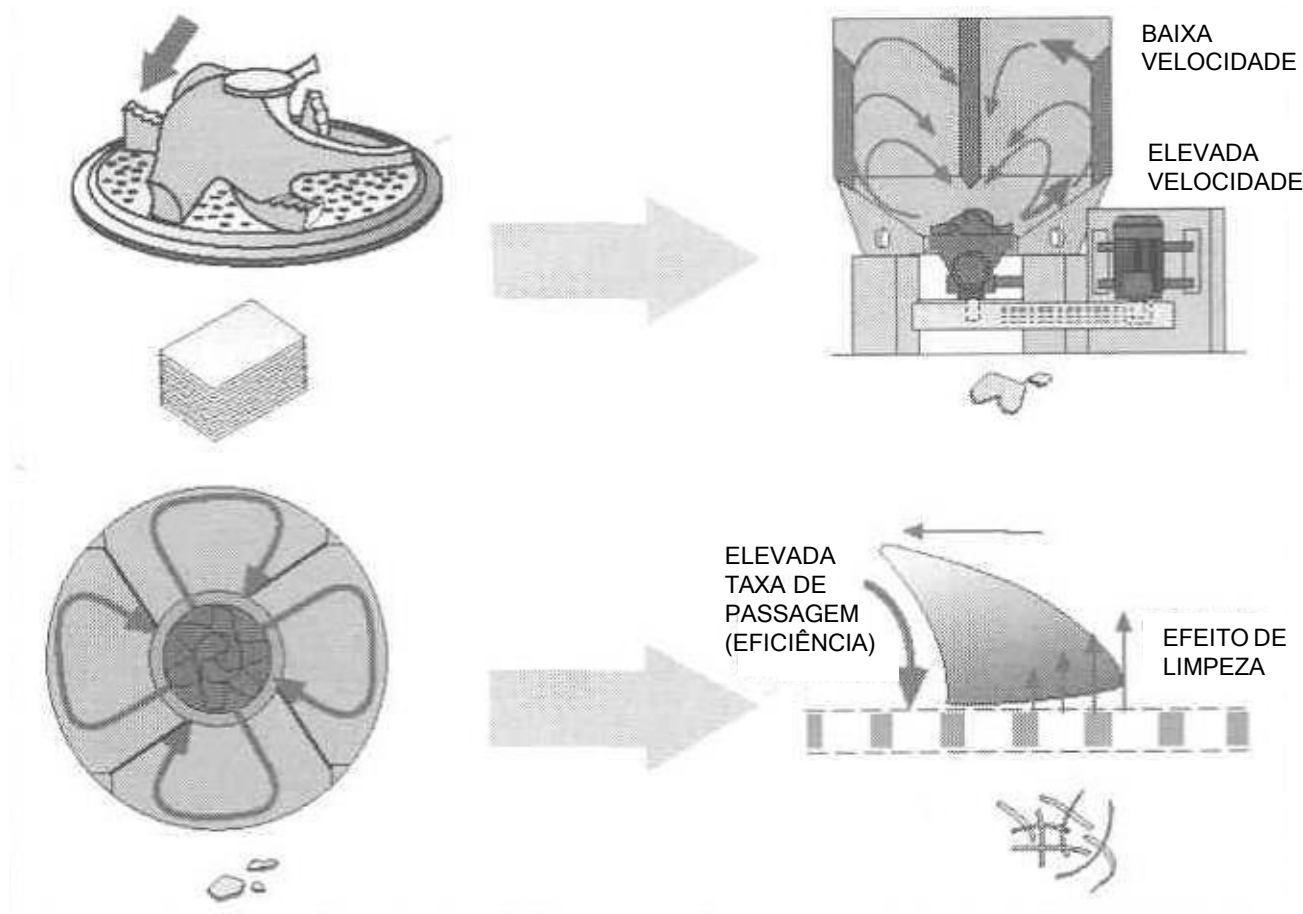


Esquema de preparação dos fardos de celulose [77]

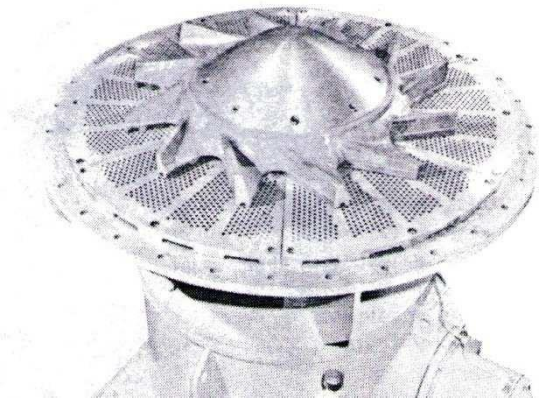
A DESAGREGAÇÃO DA CELULOSE



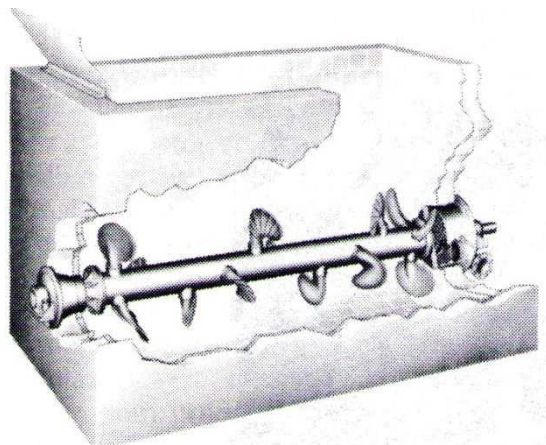
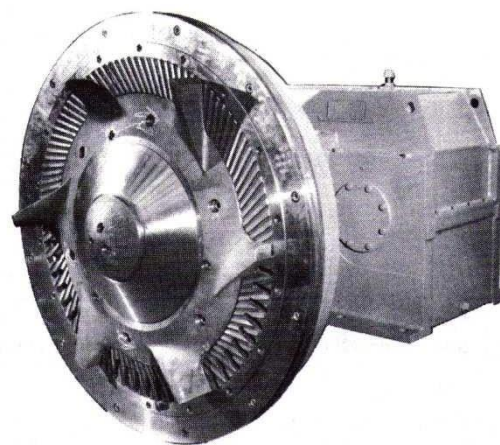
Desagregadores de celulose (“Pulpers”) [86]



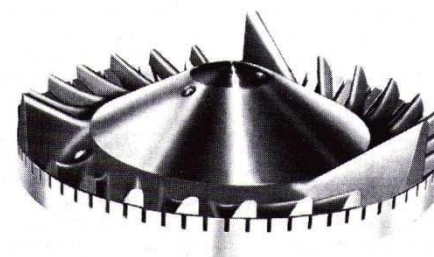
Operação do “pulper” [77]



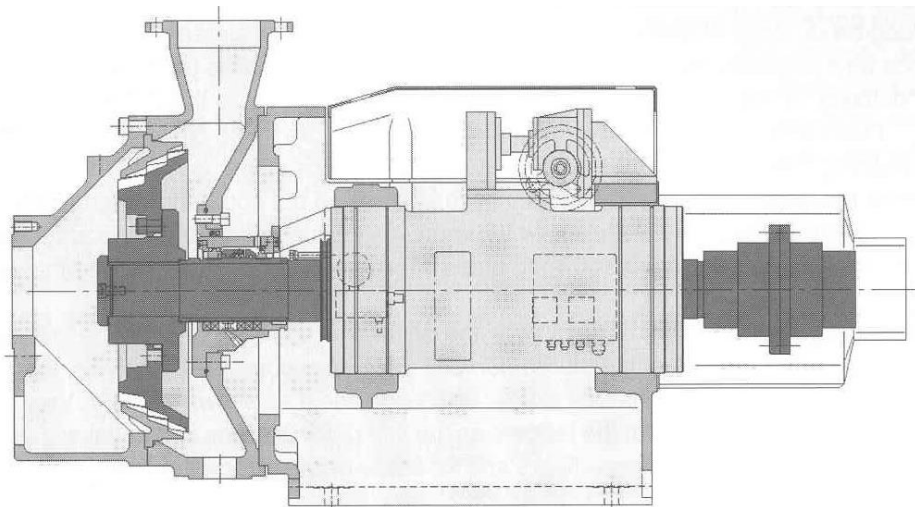
Repulpador de alto cisalhamento
com extrator [93]



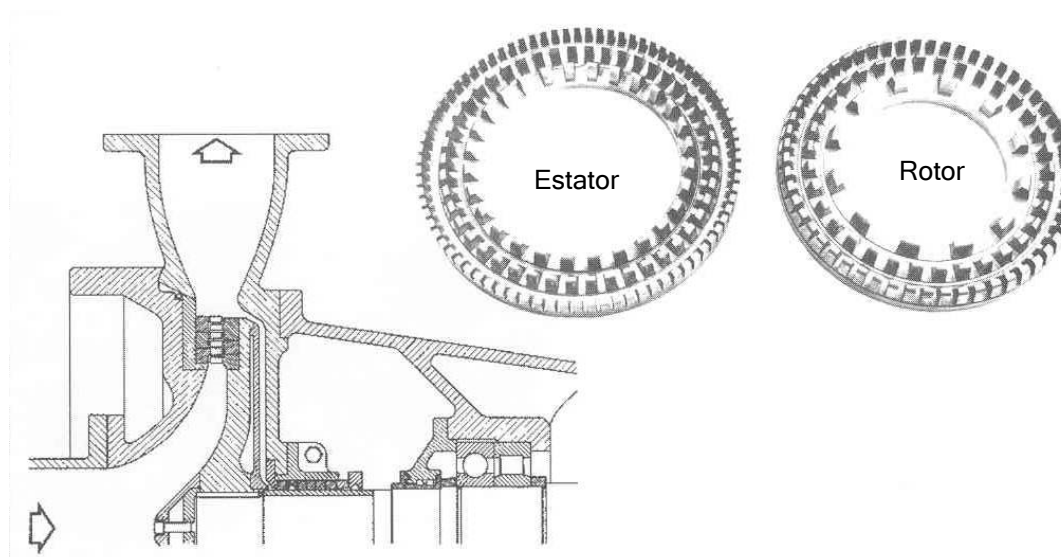
Agitador “cross-shaft” [93]



Desagregadores de Atrito [93]



Despastilhador Cônico [77]

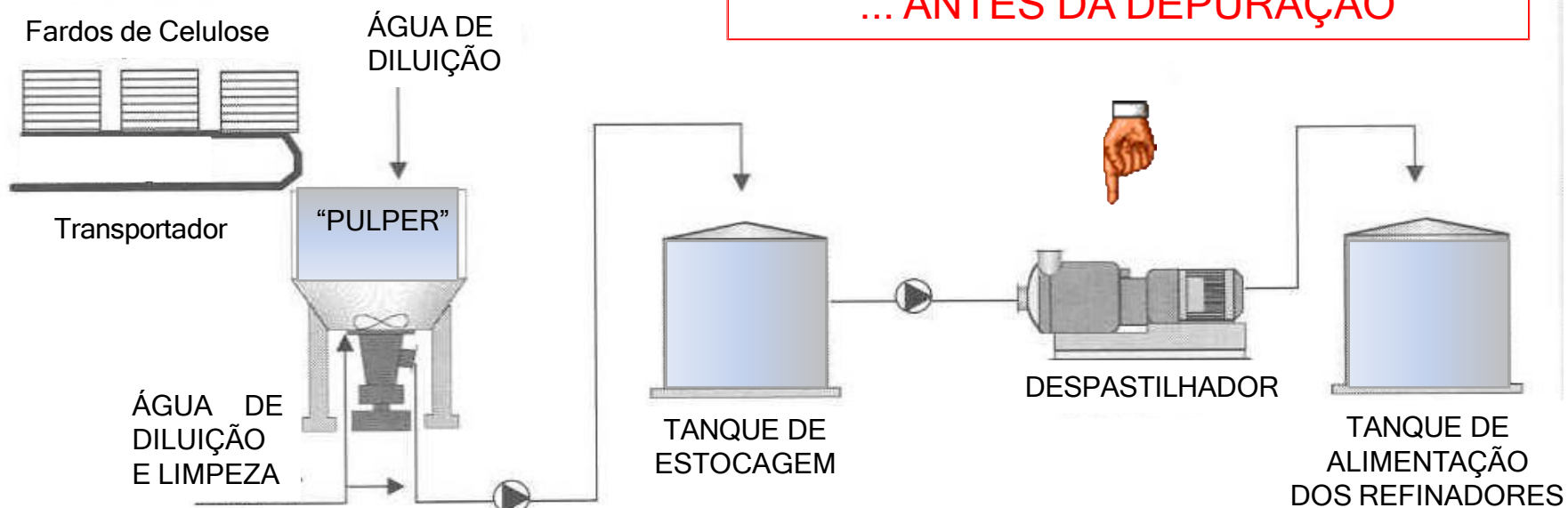


Despastilhador de Discos [77]

Embora seja uma instalação muito comum, há um problema conceitual na figura abaixo. Qual é?

AÇÃO MECÂNICA SOBRE A MASSA ...

... ANTES DA DEPURAÇÃO



Instalação típica de repolpamento [77]

SISTEMA DE LIMPEZA DA MASSA (Peneiramento)

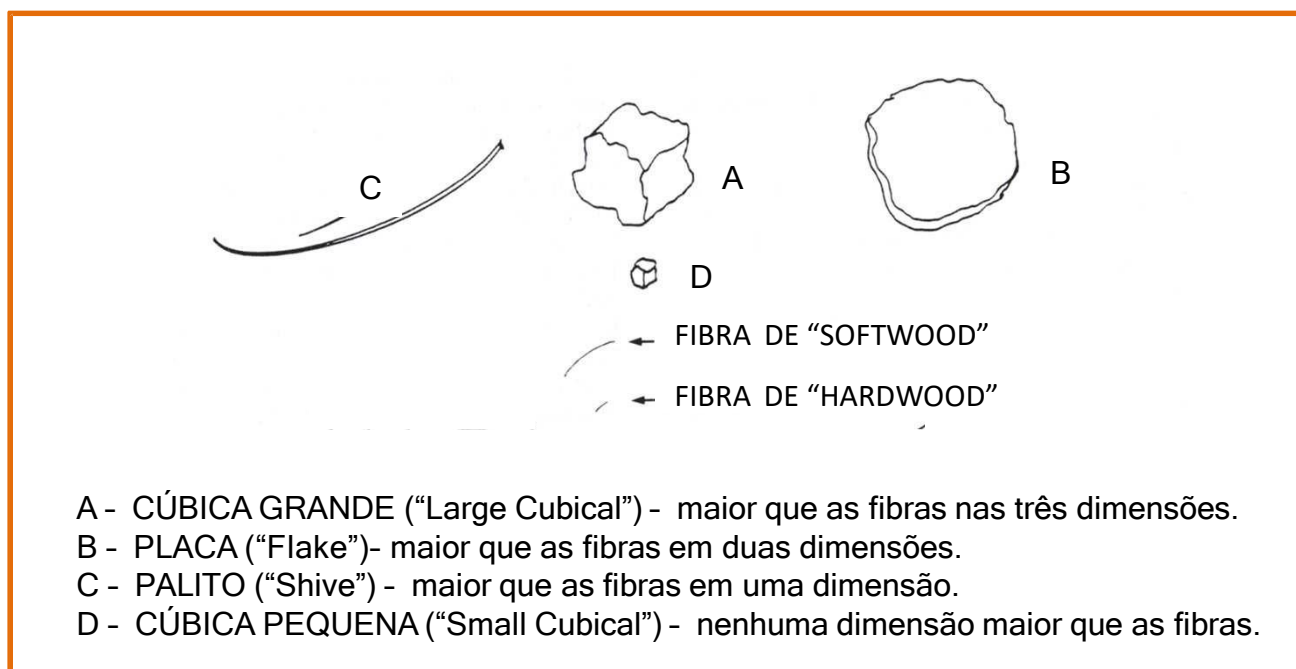


Objetivo:

Remover partículas contaminantes (“debris”) da massa responsáveis por defeitos no papel e por quebras em máquina (“machine runability”).

“Debris”:

São partículas, dos mais variados tipos e origens, maiores que as fibras de celulose em pelo menos uma de suas dimensões.



A remoção dos “debris” de uma suspensão “debris”-água, por peneiramento, por exemplo, é um processo fácil e simples. No entanto, a presença das fibras de celulose dificulta o processo pois estas tendem a se depositar nas aberturas da peneira, interrompendo o fluxo de fibras (aceite)



AS FIBRAS E “DEBRIS” SE MISTURAM COMO REJEITO DO PENEIRAMENTO E SÃO PERDIDAS

Como evitar que as aberturas da peneiras fiquem “entupidos” efetivando-se a separação dos “debris” e das fibras, garantindo a depuração da massa ?

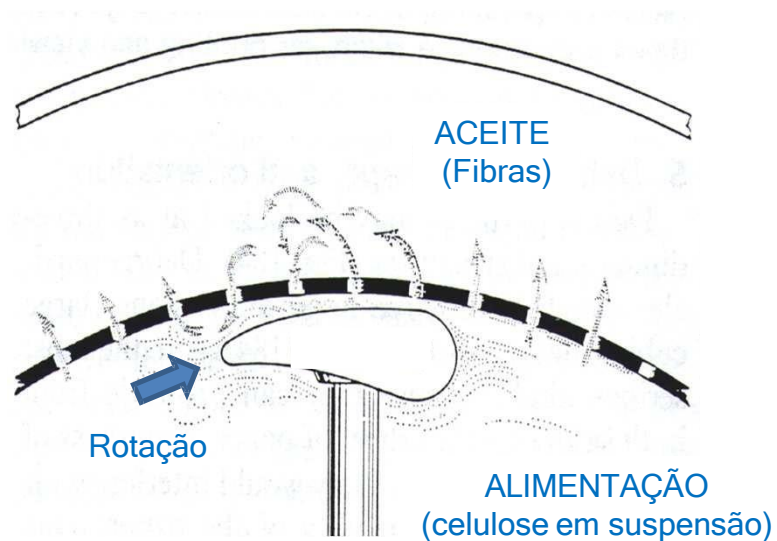
É isso mesmo!

Criando condições para ...

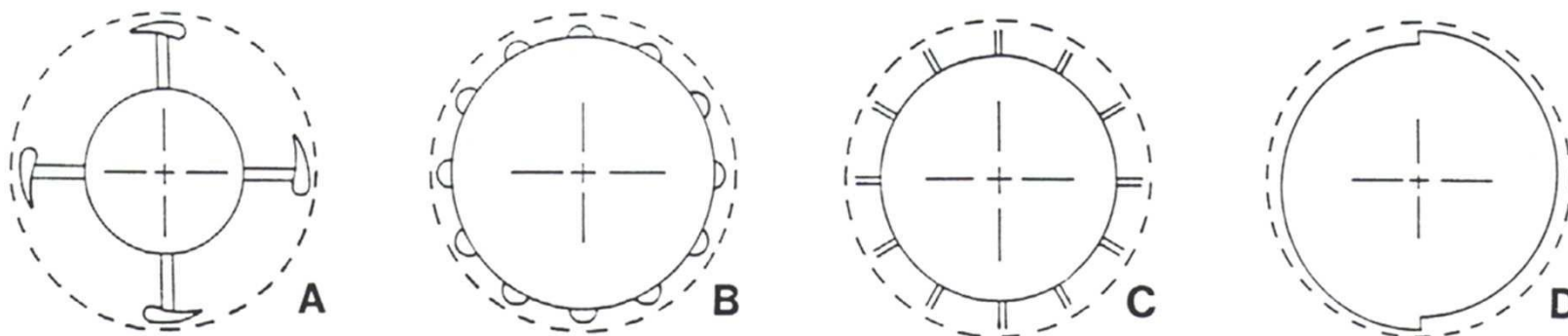
... “empurrar” as fibras pelas aberturas da peneira.

... criar contra-fluxo nas aberturas da peneira.

PENEIRAS PRESSURIZADAS



Interação rotor com “foil” e tela cilíndrica em peneira pressurizada [91]



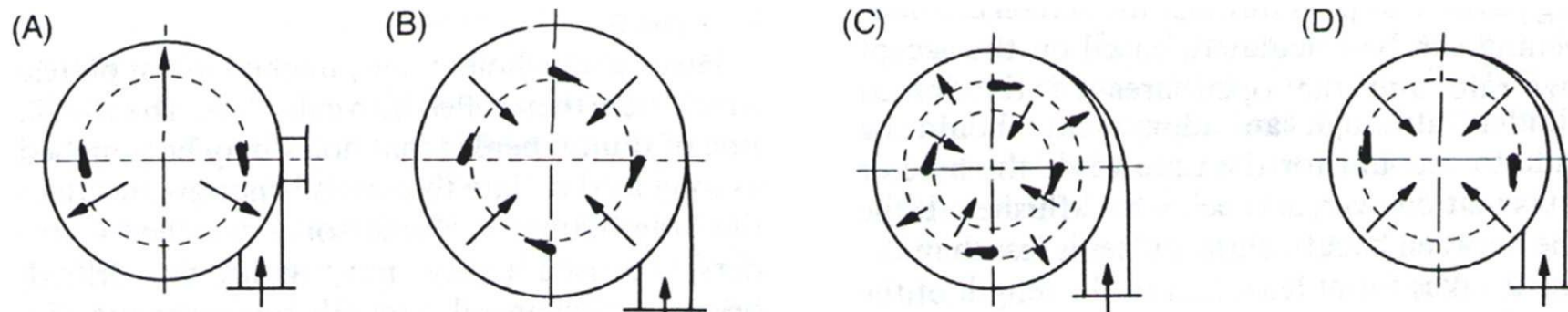
Rotores típicos em peneiras pressurizadas ^[91]

A - “Foils”

B - Arredondados (“Bumps”)

C - haletas radiais

D - Degraus (“Tapeds”)



Tipos de peneiras pressurizadas segundo a posição do rotor em relação à alimentação de massa ^[91]

A - Centrífugo - “foils” posicionados no lado de alimentação da massa

B - Centrípeto - “foils” posicionados no lado do aceite

C - Misto - “foils” posicionados no lado de alimentação da massa (duas peneiras)

D - Centrífugo - “foils” posicionados no lado do aceite.

A área de trabalho de uma peneira pressurizada consiste de:

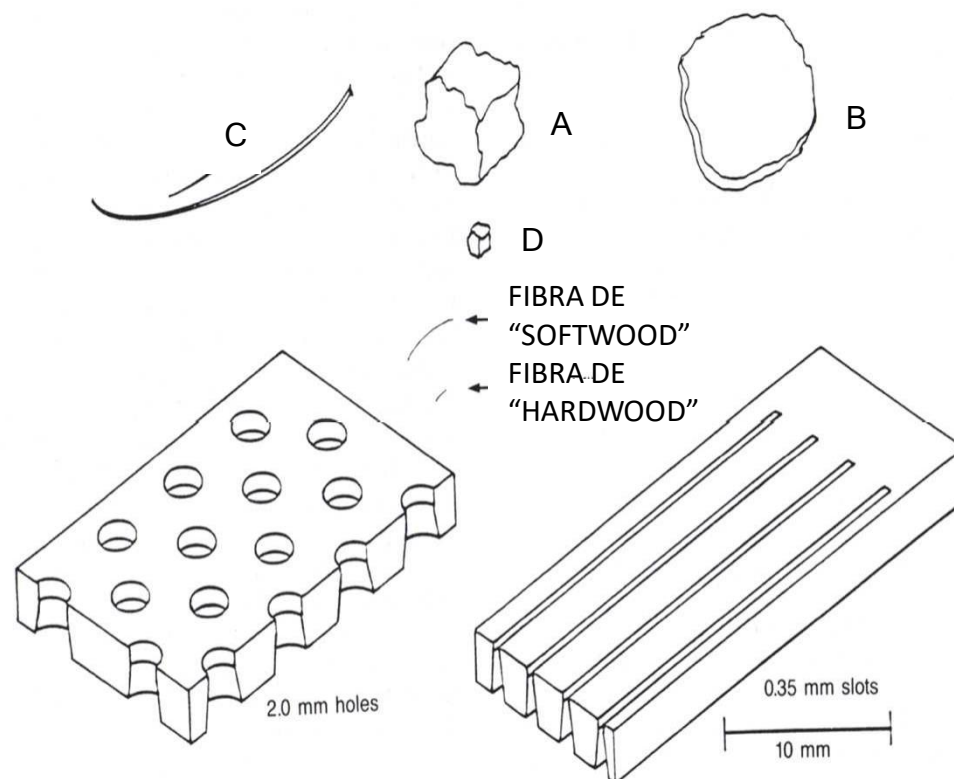
- Peneira cilíndrica (de orifícios circulares ou de fendas)
- Rotor com elementos que causam pulsação na superfície da peneira

PULSAÇÕES:

CAUSAM A CONTRALAVAGEM DOS ORIFÍCIOS DA PENEIRA.

ENTRE AS PULSAÇÕES:

A PRESSÃO FORÇA A PASSAGEM DA ÁGUA E DOS ELEMENTOS MENORES QUE OS ORIFÍCIOS ATRAVÉS DA PENEIRA (ACEITE).



Tipos de "debris" e de peneiras de depuração [91]

→ A REMOÇÃO DOS "DEBRIS" OCORRE PELO TAMANHO E PELA ORIENTAÇÃO ←

Orientação:

- Controlada por
- tipo de fluxo de massa
 - desenho do rotor
 - velocidade do rotor
 - distância entre rotor e superfície da peneira
 - tipo de peneira
 - queda de pressão e velocidade através da peneira

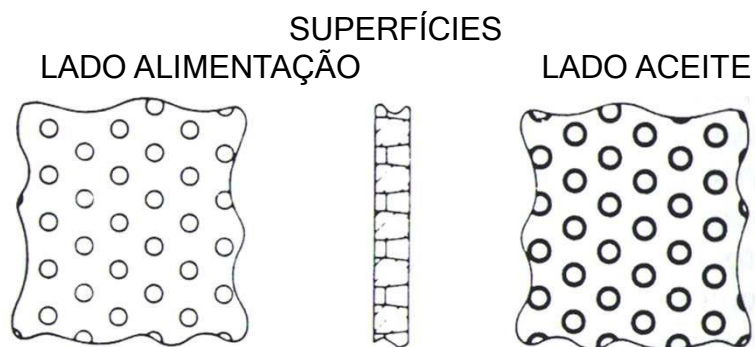
Estes fatores afetam a eficiência do processo de depuração, tradicionalmente medida como “Rejeição de Debris”, e expressa como E_R .

$$E_R = [(D_M - D_A) / D_A] \times 100$$

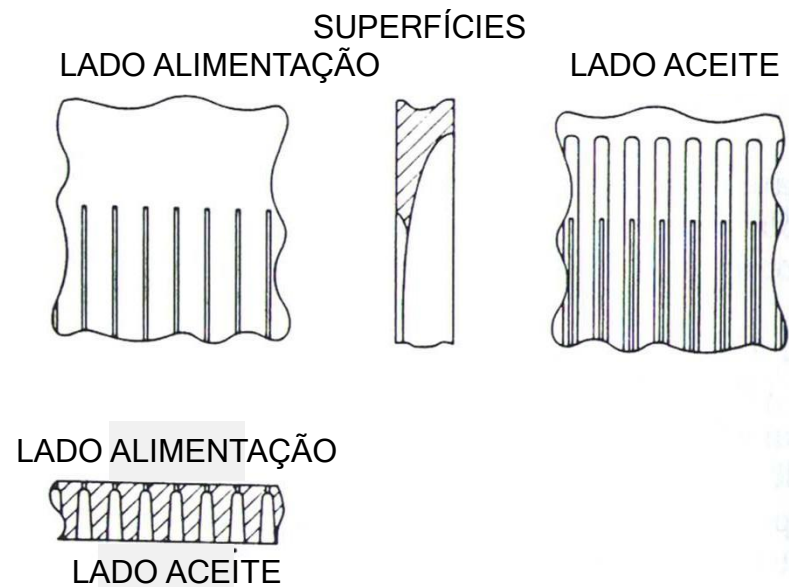
Onde: E_R = eficiência de remoção de contaminantes (“debris”)
 D_M = quantidade de “debris” na massa na alimentação da peneira
 D_A = quantidade de “debris” no aceite da peneira

PENEIRAS COM SUPERFÍCIES LISAS

PENEIRA DE ORIFÍCIOS

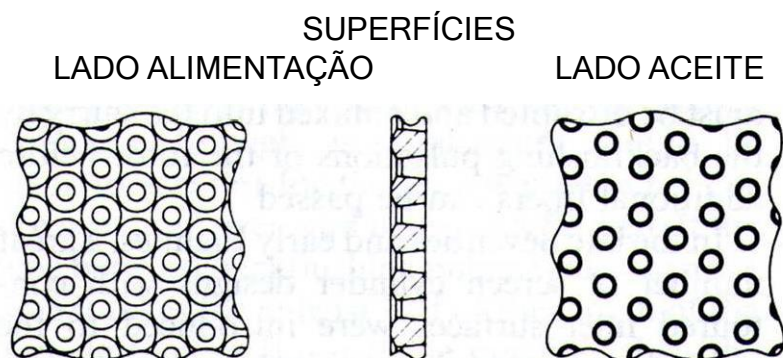


PENEIRA DE FENDAS VERTICAIS

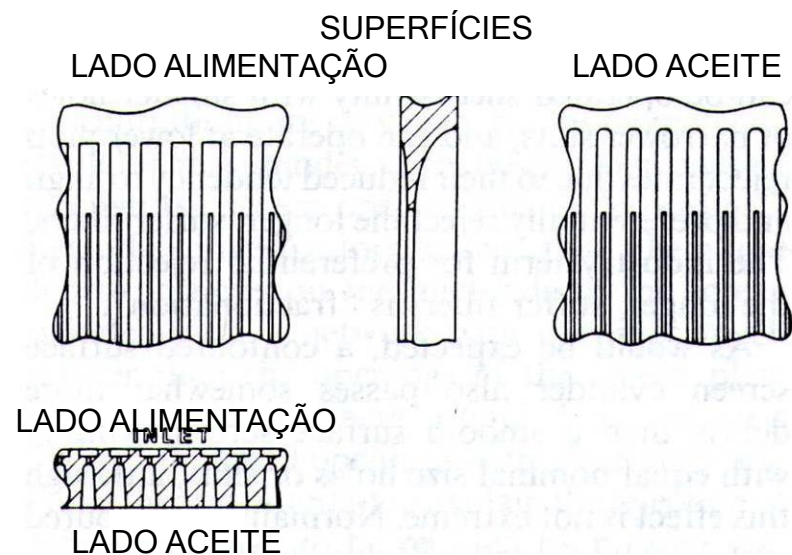


PENEIRAS COM ORIFÍCIOS COM CONTORNO

PENEIRA DE ORIFÍCIOS COM CONTORNO



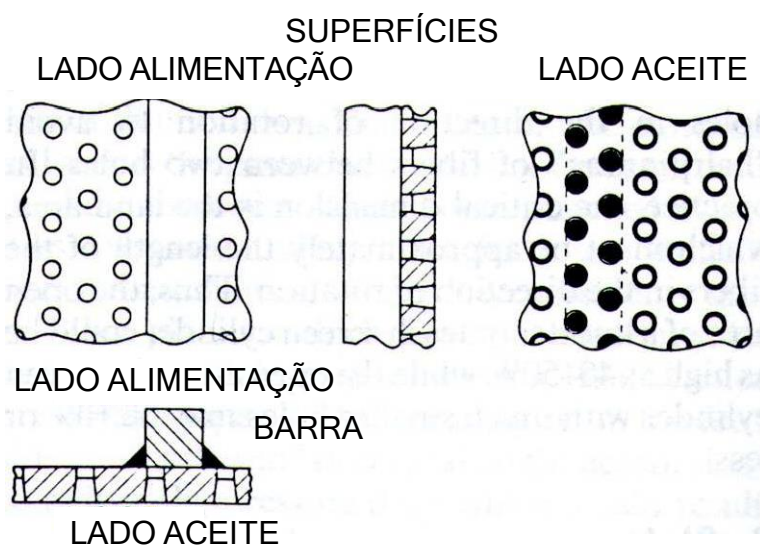
PENEIRA DE FENDAS VERTICAIS COM CONTORNO



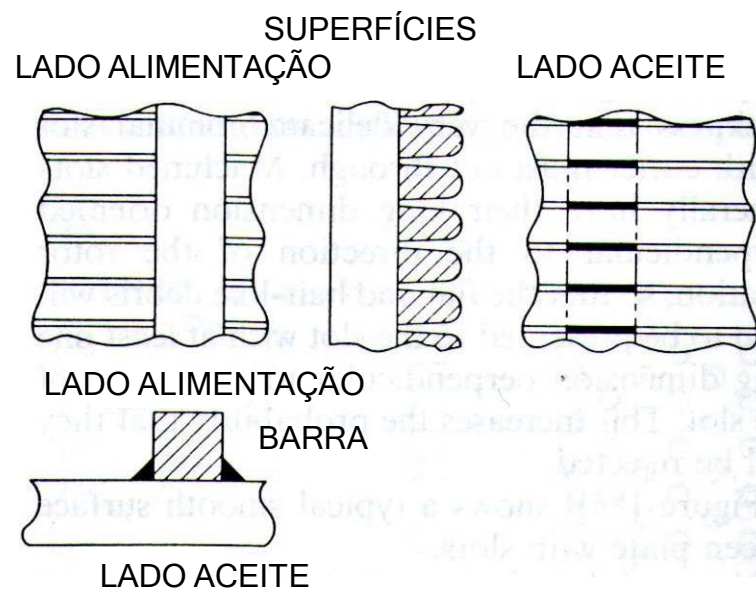
Peneiras com orifícios com contorno [91]

PENEIRAS COM SUPERFÍCIES COM BARRAS

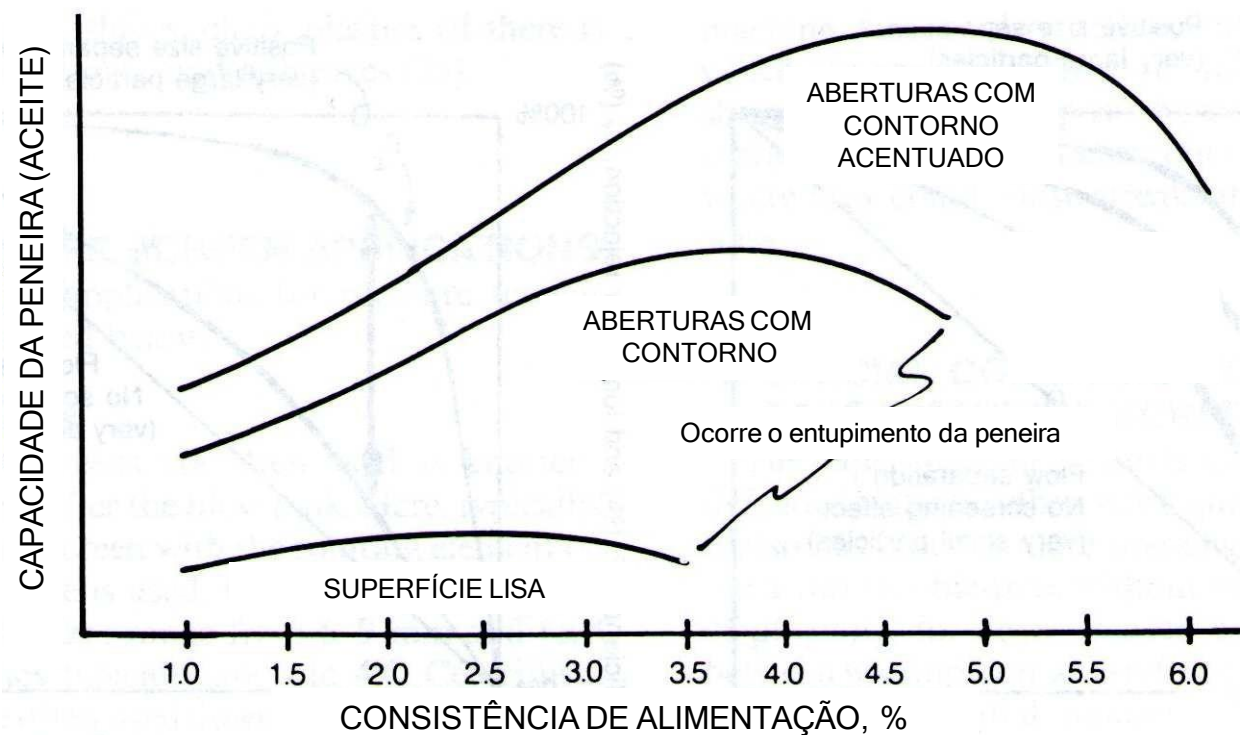
PENEIRA DE ORIFÍCIOS



PENEIRA DE FENDAS HORIZONTAIS

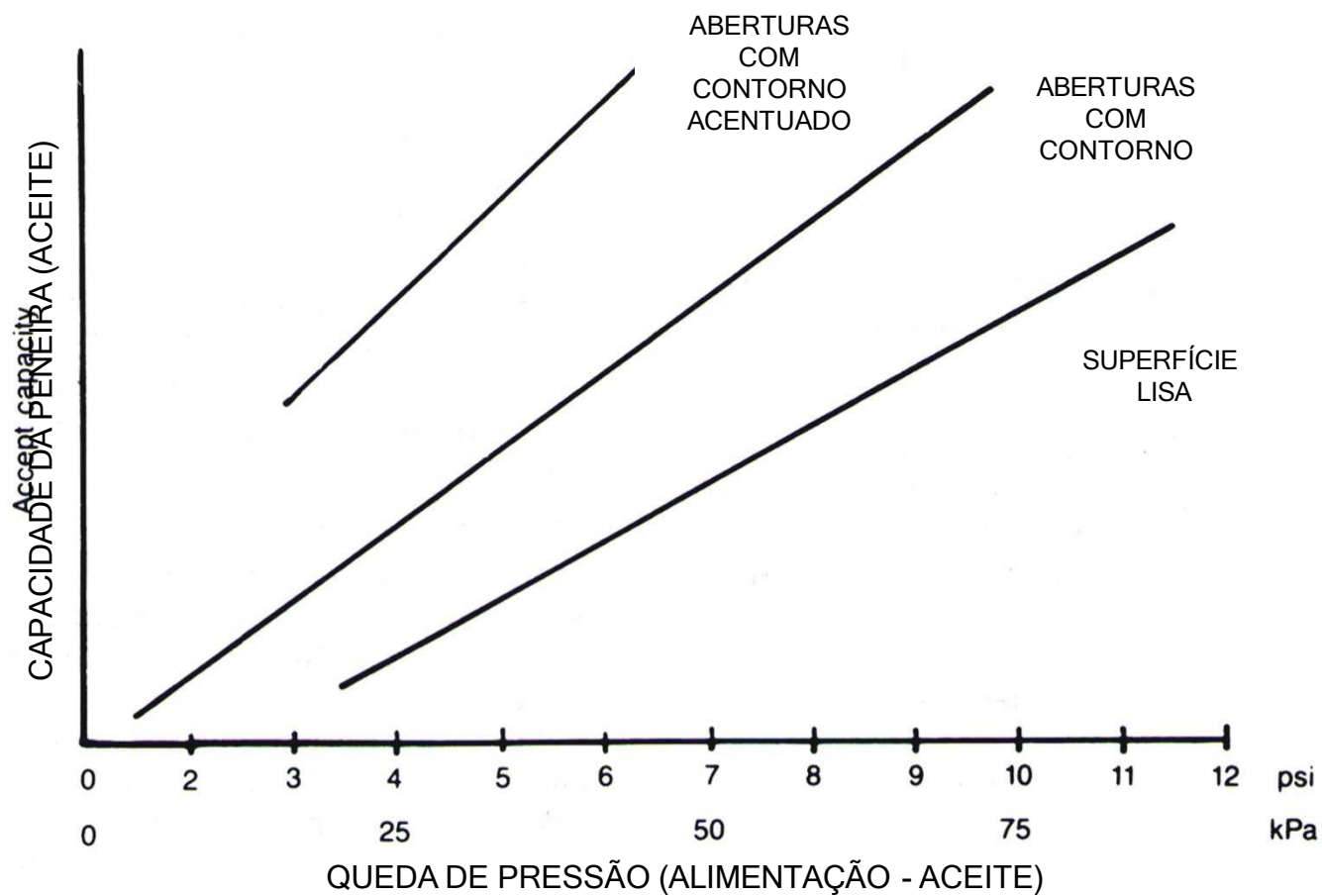


➔ EFEITO DA CONSISTÊNCIA DE ALIMENTAÇÃO

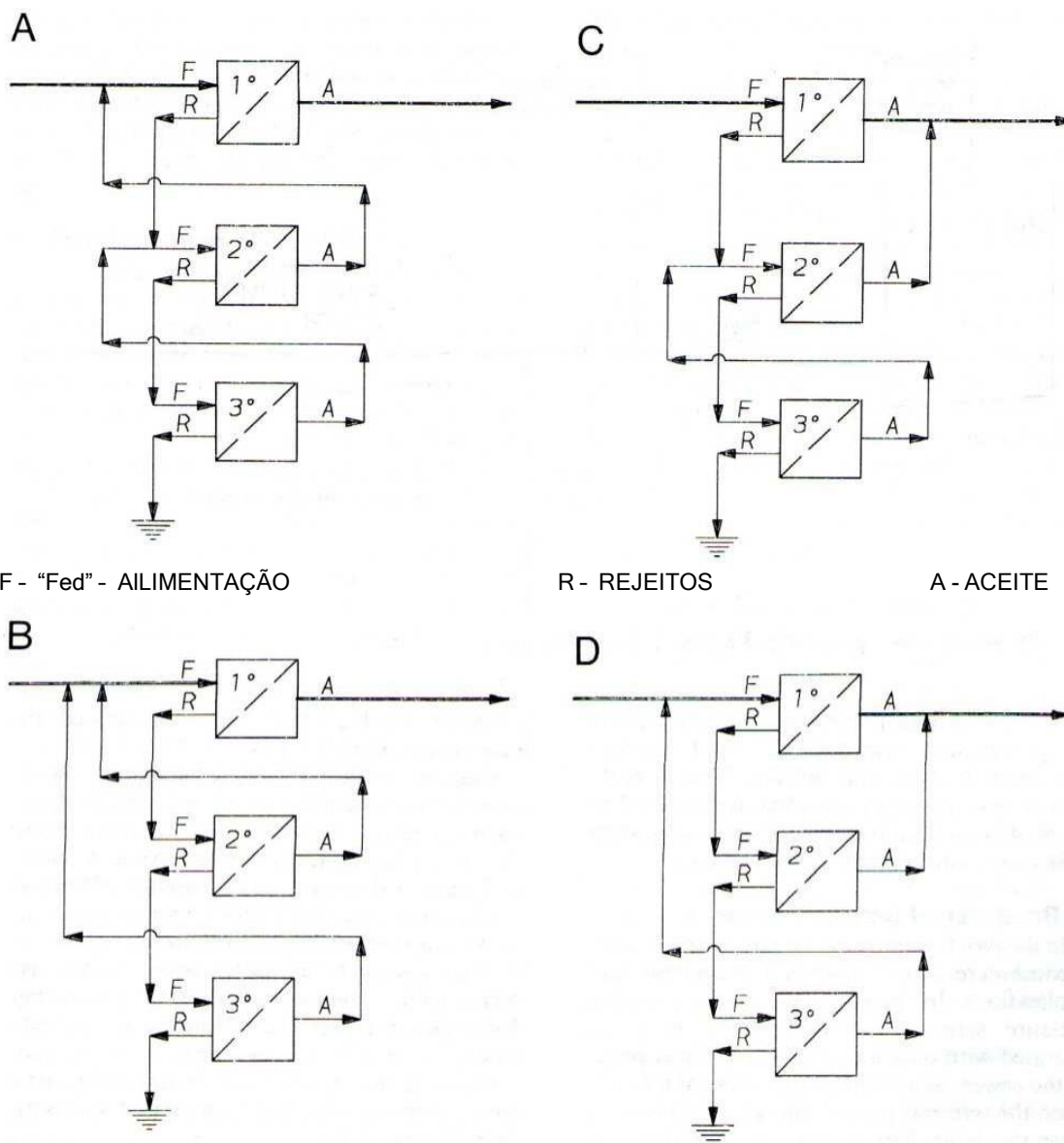


Capacidade da peneira em função da consistência de alimentação [91]

➔ EFEITO DA REDUÇÃO DE PRESSÃO

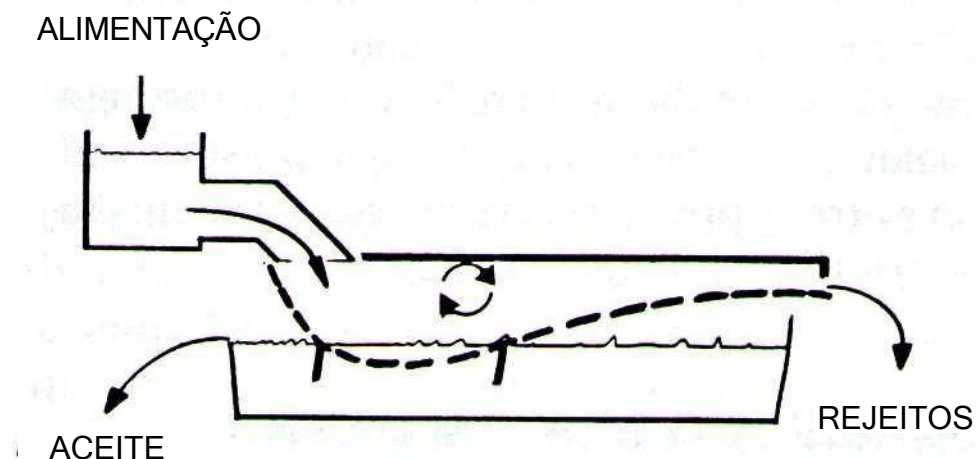


Capacidade da peneira em função da queda de pressão de alimentação [91]



Esquema de instalações típicas de peneiras pressurizadas [91]

PENEIRAS VIBRATÓRIAS



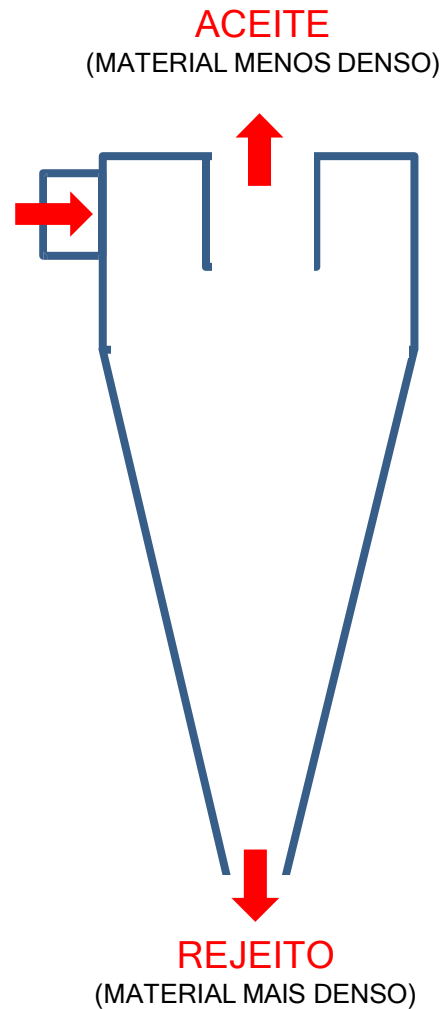
Esquema de peneira vibratória [91]

- ➔ Separação ocorre basicamente por tamanho (“positive size”)
A limpeza da peneira ocorre pela própria movimentação do material
Permite maior consistência na descarga dos rejeitos
Baixo teor de fibras nos rejeitos
Maior área aberta que as peneiras pressurizadas
São normalmente alimentadas por gravidade a partir de uma caixa de entrada
Baixo teor de fibras nos rejeitos
Apresentam menor capacidade de produção que as peneiras pressurizadas
Operam à baixas consistências (0,5 a 2,0%)

SISTEMA DE LIMPEZA DA MASSA (Hidrociclones)

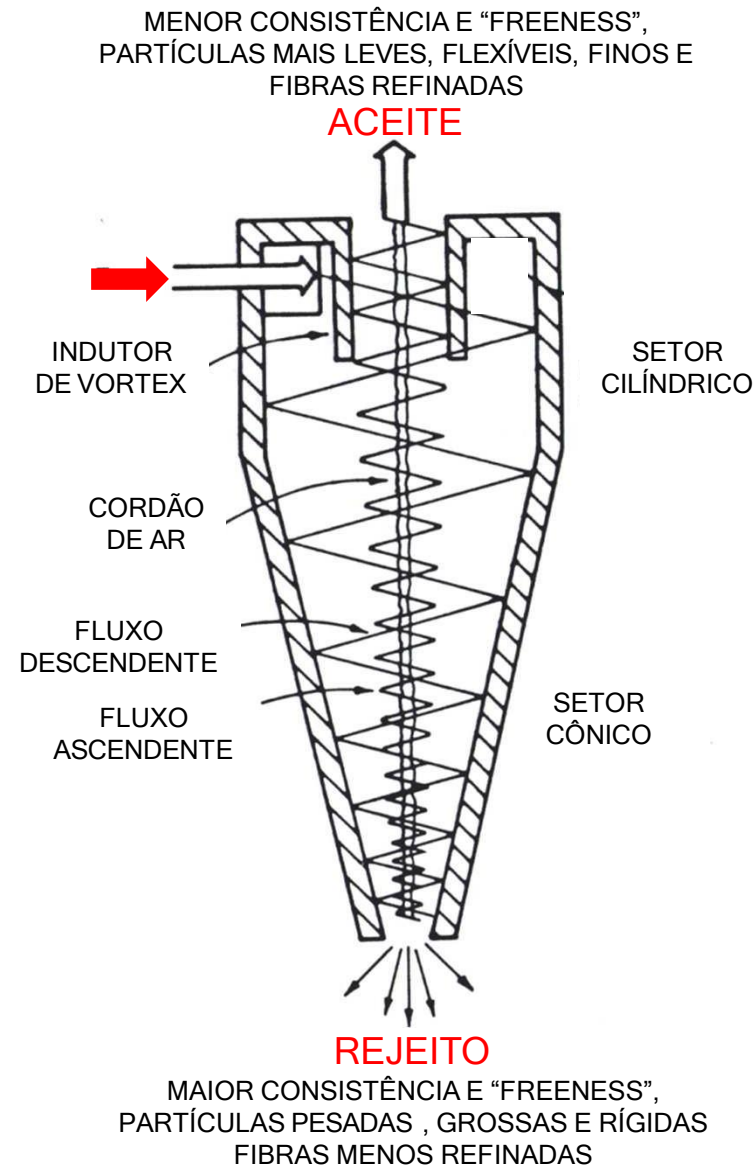
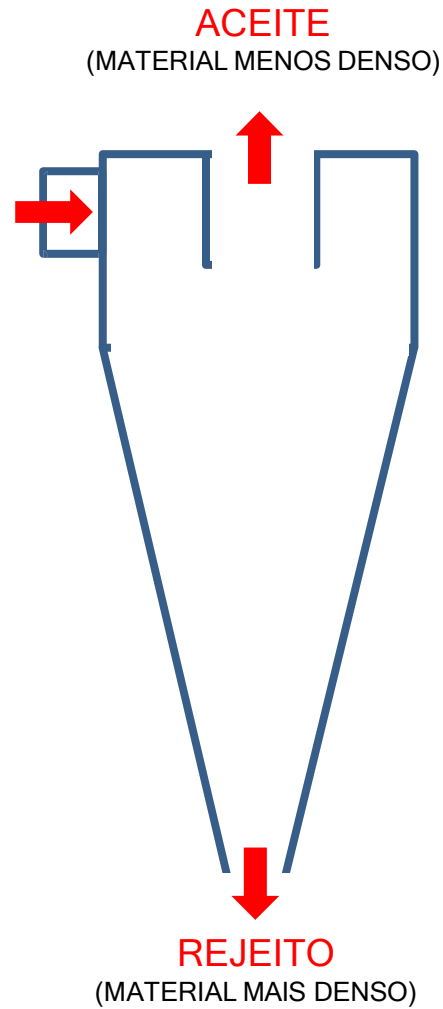


HIDROCICLONES (“CLEANERS”)



Primeiro hidrociclone foi desenvolvido em 1891 (alta densidade).

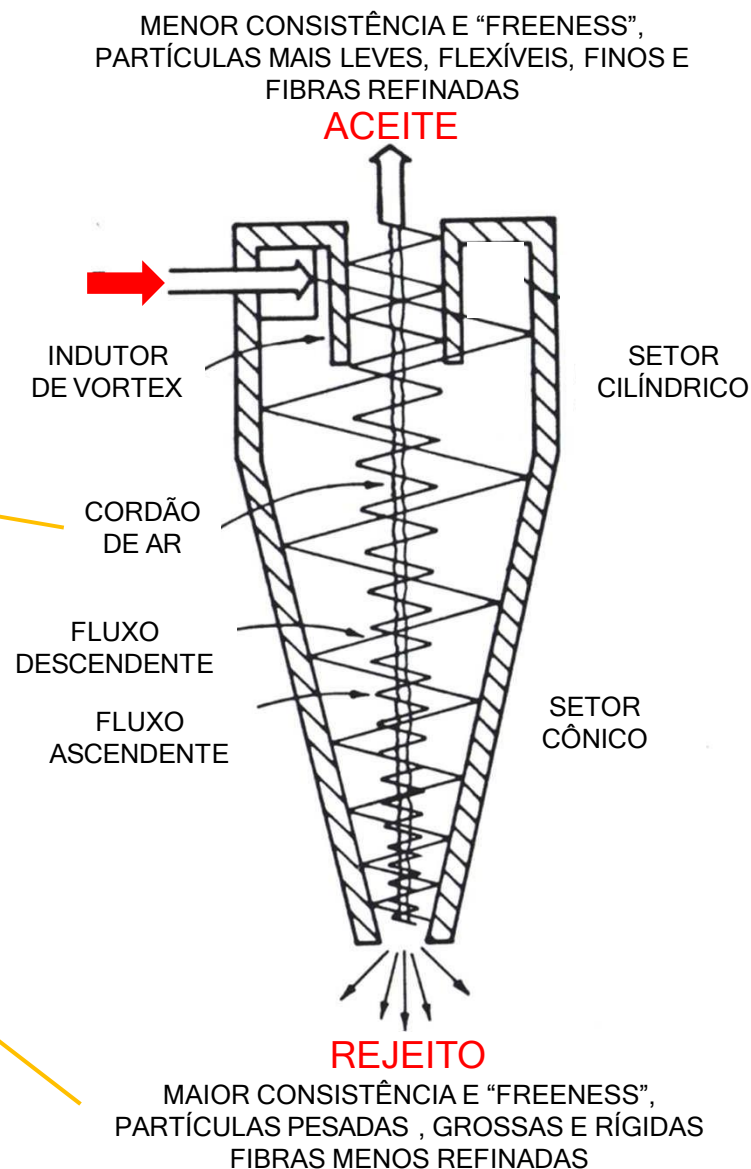
Primeira utilização na indústria de papel ocorreu em 1906. No entanto, seu uso generalizado nesta indústria ocorreu a partir de 1970, após a introdução de pequenas modificações visando permitir a separação de materiais com menor densidade (gravidade específica).



PRESENTE AO LONGO DE TODO O COMPRIMENTO DO HIDROCICLONE

SEU DIÂMETRO DEPENDE DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS, DO DIÂMETRO DO HIDROCICLONE E DA QUANTIDADE DE AR PRESENTE NA MASSA.

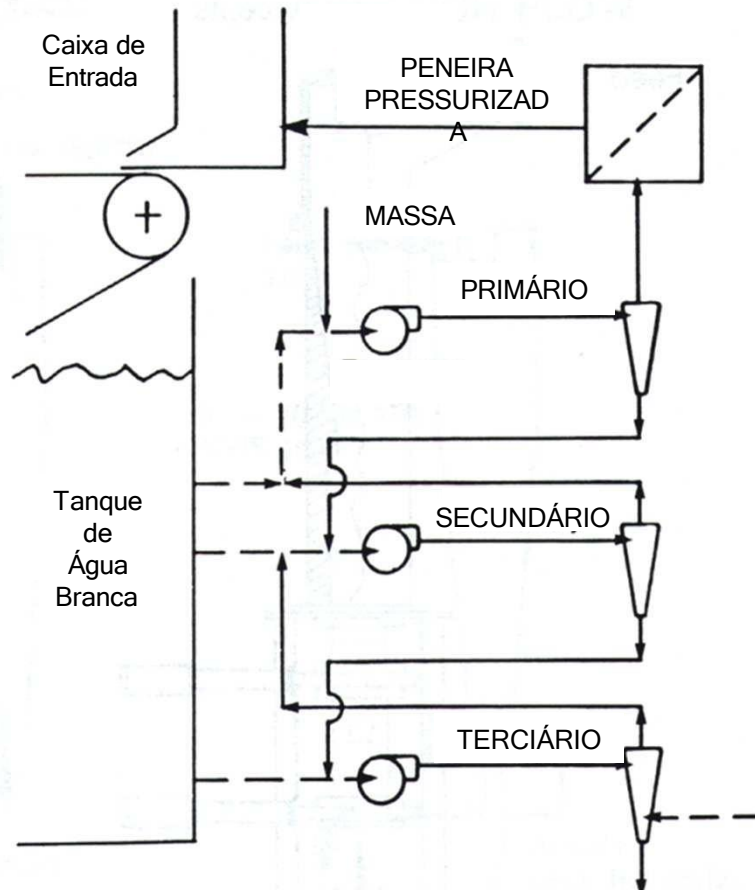
SE O DESCARTE FOR ATMOSFÉRICO, O AR EXTERNO SERÁ CAPTURADO PELO HIDROCICLONE E DESCARTADO COM O ACEITE.



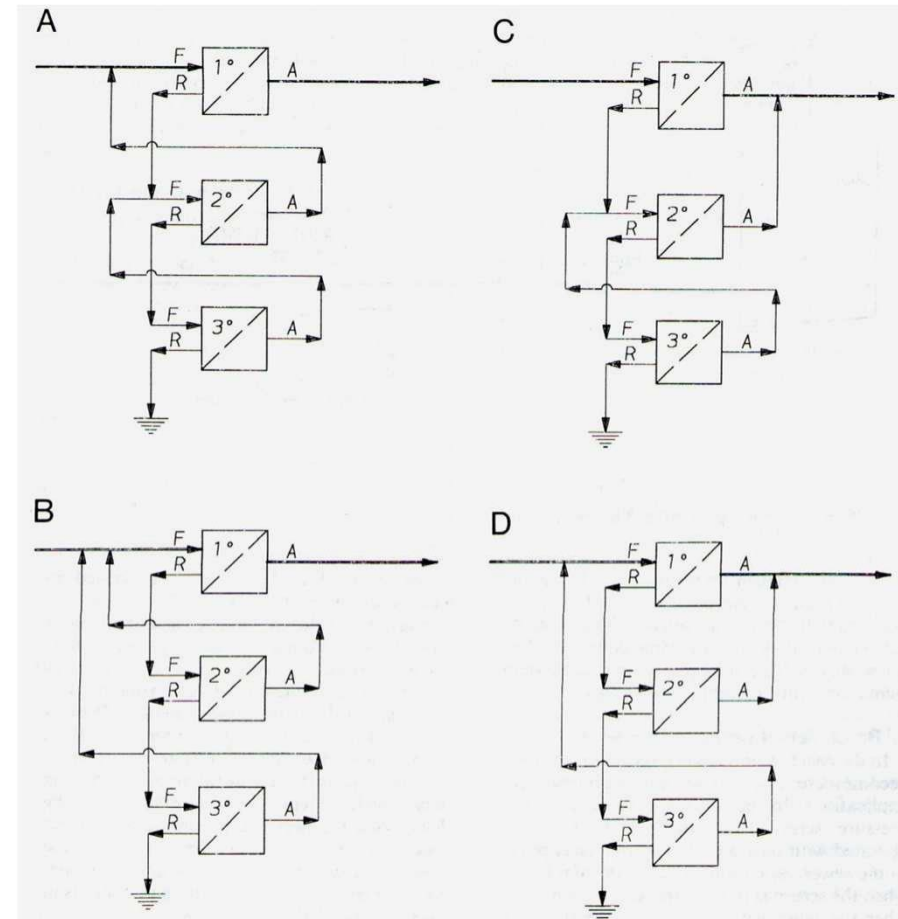
➔ A EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS “CLEANERS” DEPENDE

- **DIÂMETRO INTERNO** (menores diâmetros normalmente levam a melhor eficiência, mas entopem com maior facilidade e são de menor produção).
- **ÂNGULO DO CONE** (ângulos menores favorecem a remoção das impurezas, mas são de menor produção e mais fáceis de entupir).
- **DIMENSÕES DA ALIMENTAÇÃO DE MASSA** (menores alimentadores apresentam maiores eficiência de limpeza, mas entopem mais facilmente e são de menor produção)
- **MODO REMOÇÃO DOS REJEITOS** (a remoção contínua tende a aumentar a eficiência de limpeza, mas apresentam mais fibras junto aos rejeitos. Requerem sistemas em série mas garantem a uniformidade da operação).
- **RUGOSIDADE DA PAREDE INTERNA** (superfícies irregulares tendem a reduzir a remoção das impurezas e reduzem a probabilidade de entupimentos).
- **TEMPERATURA DE OPERAÇÃO** (maiores temperaturas tendem a aumentar a remoção das impurezas).
- **CONSISTÊNCIA DA MASSA NA ALIMENTAÇÃO** (menores consistências favorecem a remoção das impurezas, especialmente no caso das de menor tamanho).
- **DIMENSÕES DA SAÍDA DE MASSA (ACEITE) E DA DESCARGA DE REJEITOS**

POSICIONAMENTO TÍPICO
("CLEANERS" EM SÉRIE)



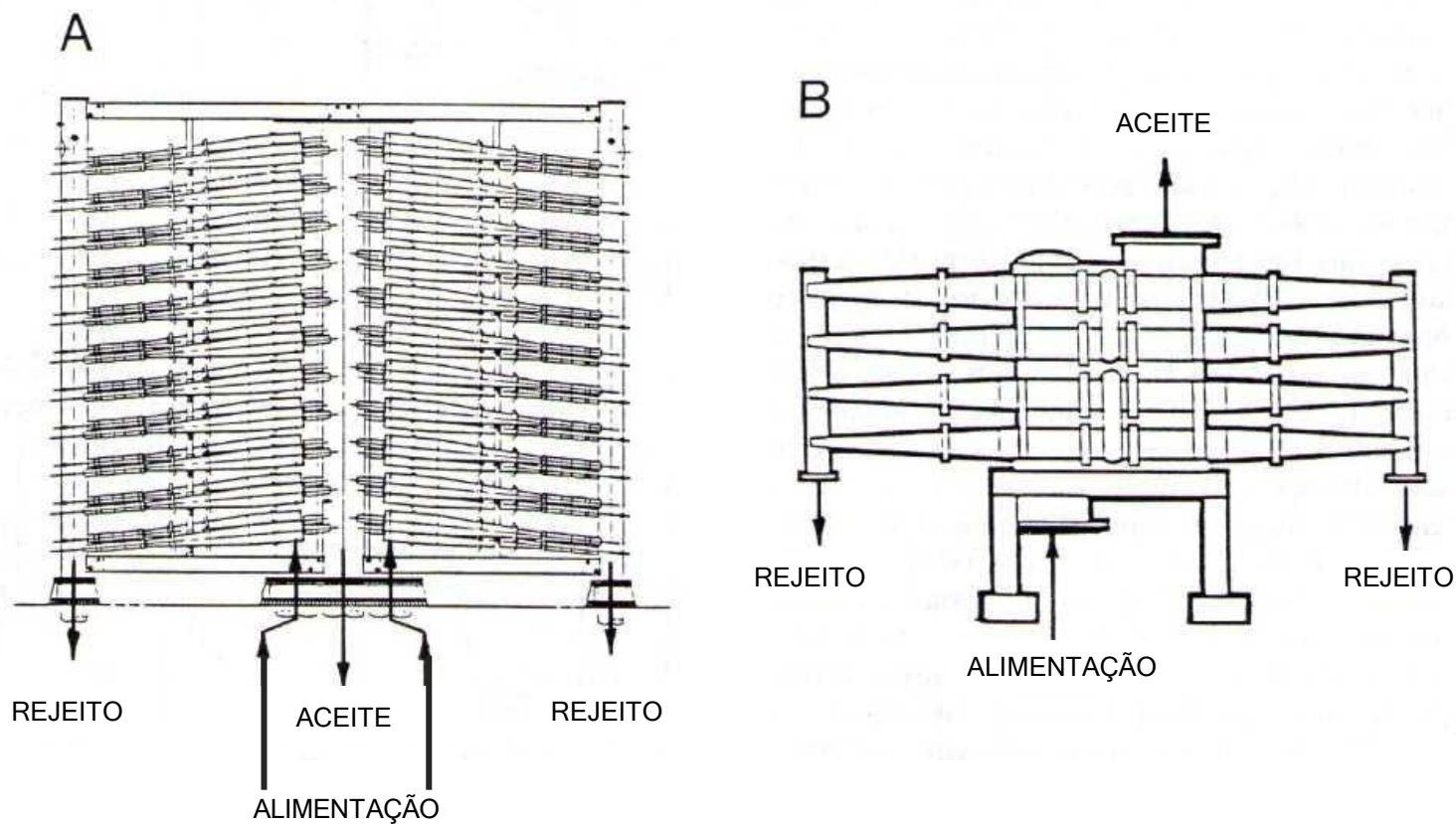
POSICIONAMENTO TÍPICO
(PENEIRAS EM SÉRIE)



Esquemas típicos de depuração em série [91, 92]

MONTAGEM DA BATERIA DE “CLEANERS”

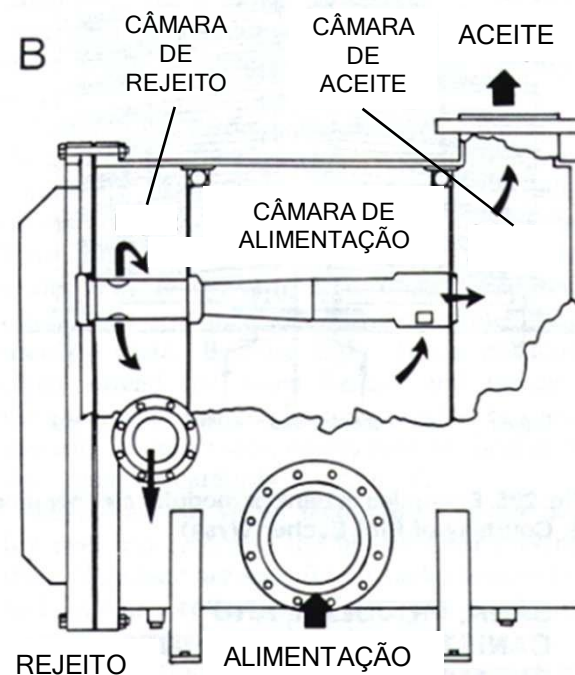
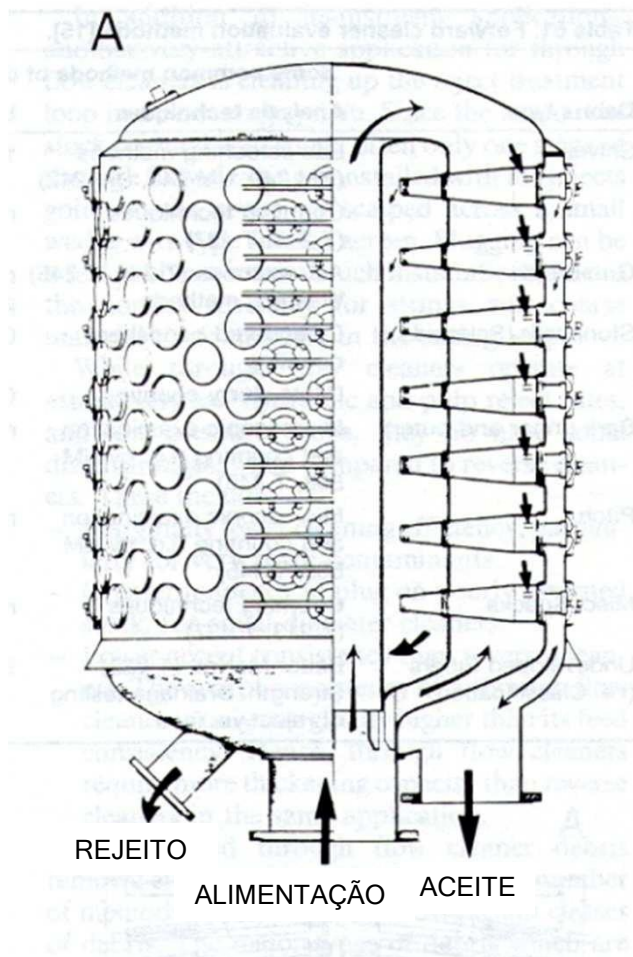
A - BANCO B - MÓDULO



Exemplos de montagem de bateria de “cleaners” [92]

MONTAGEM DA BATERIA DE “CLEANERS”

A - CANISTER DUPLO B - CANISTER SIMPLES



Exemplos de montagem de bateria de “cleaners” [92]

“REGRAS DE OURO” DO PENEIRAMENTO

EVITAR A DESAGREGAÇÃO DOS “DEBRIS” (IMPUREZAS)

PENEIRAS EM SÉRIE:

- primeiro uma de orificos, depois as de fendas.
- primeiro as de fendas mais largas, depois as de fendas mais estreitas.

TRATAR O “REJEITO GROSSEIRO” E O “REJEITO FINO” SEPARADAMENTE

LIMPEZA, MANUTENÇÃO E CONTROLE (SUPERVISÃO) DE PRIMEIRO NÍVEL

EVITAR INTERRUPÇÕES NO SISTEMA – OPERAÇÃO DEVE SER ESTÁVEL

EFICIENTE CONTROLE DE CONSISTÊNCIA

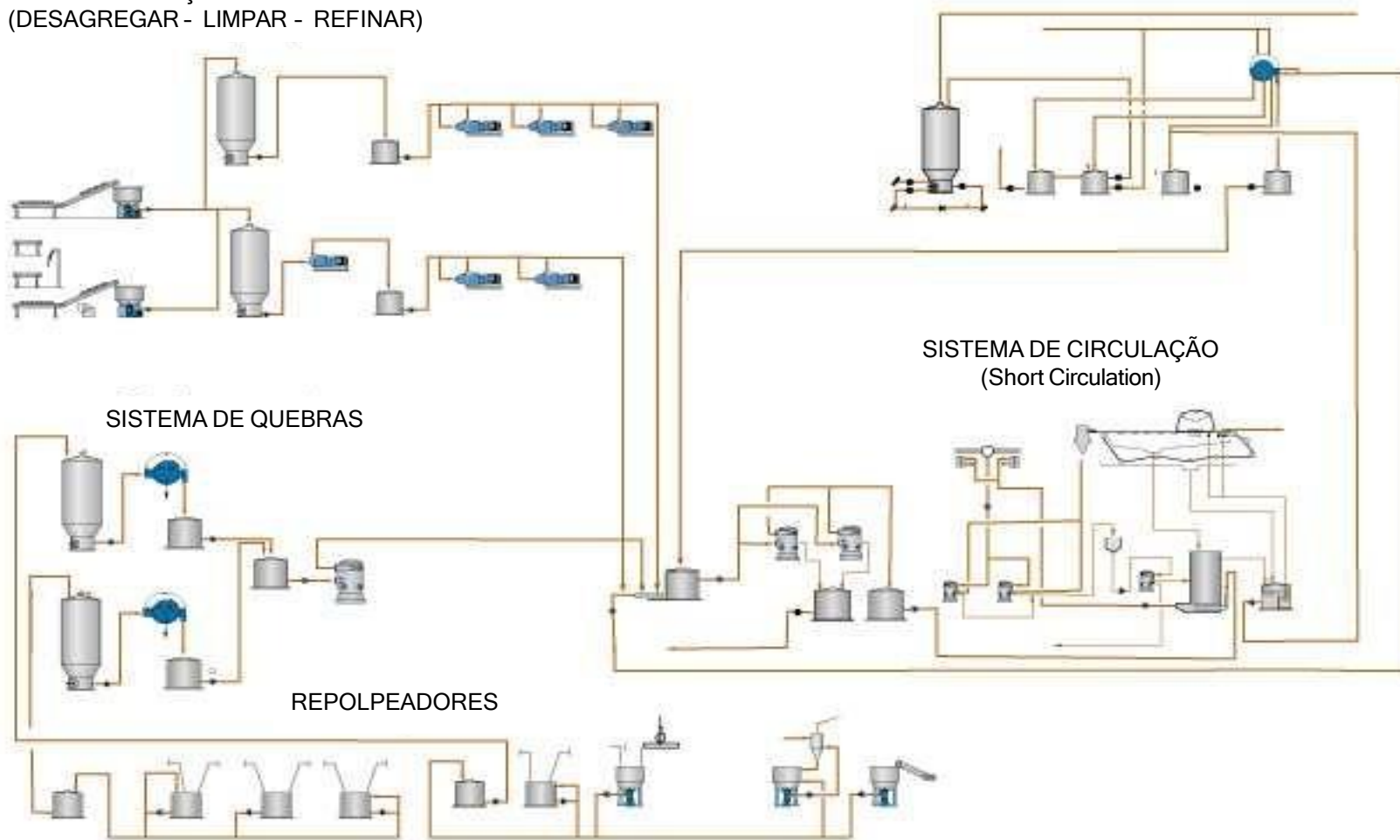
SISTEMA DE DESAERAÇÃO E APROXIMAÇÃO FINAL



SISTEMA TÍPICO PARA A PREPARAÇÃO DE MASSA PARA A MÁQUINA DE PAPEL

PREPARAÇÃO DE MASSA
(DESAGREGAR - LIMPAR - REFINAR)

CIRCUITO DE ÁGUA DA MÁQUINA



PRESENÇA DE AR NA SUSPENSÃO DE FIBRAS

DESDE O RECEBIMENTO, A CELULOSE (POLPA DE CELULOSE) É SUBMETIDA A TRATAMENTOS MECÂNICOS DE VÁRIOS TIPOS, VIA DE REGRA SEMPRE Á BAIXA CONSISTÊNCIA, O QUE PERMITE A ENTRADA DE AR NA SUSPENSÃO.

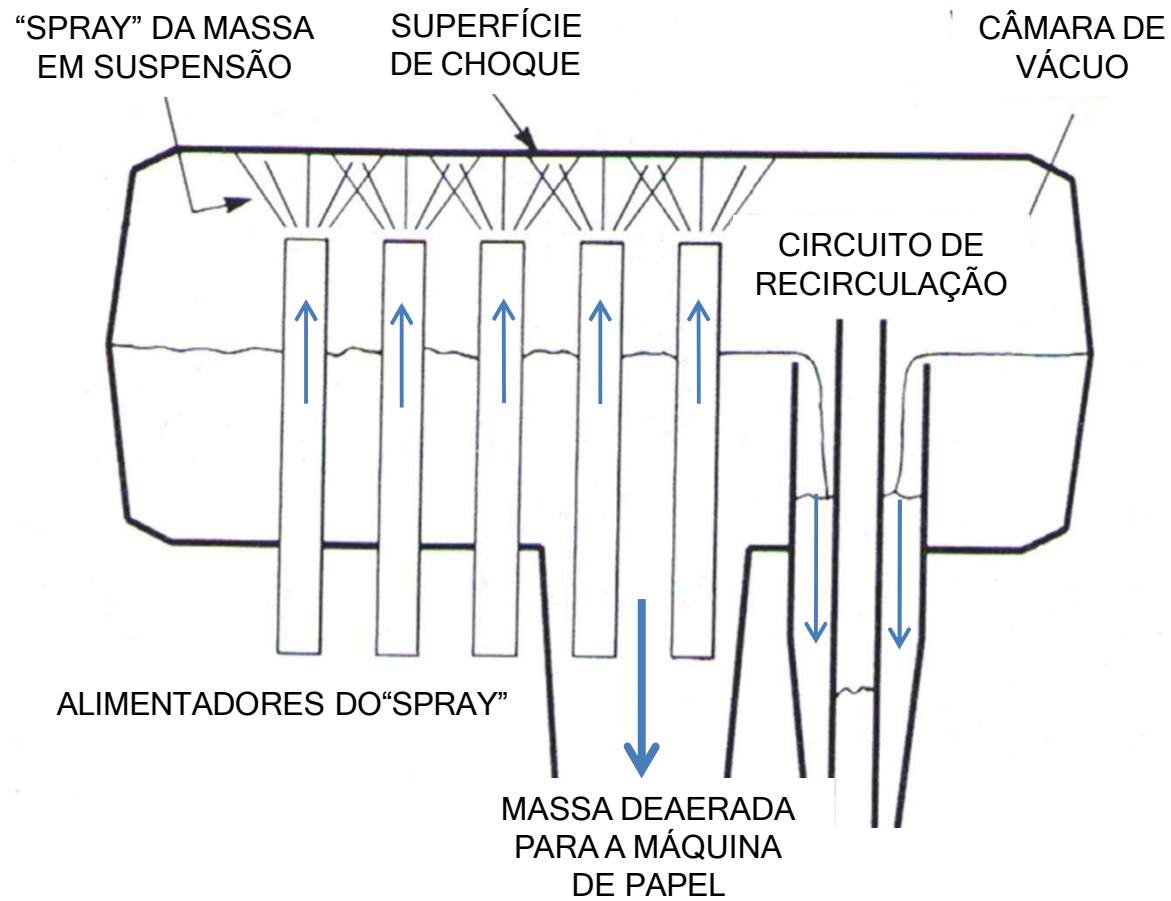
O AR ESTÁ PRESENTE EM TRÊS FORMAS NA SUSPENSÃO:

- AR LIGADO
- AR DISSOLVIDO
- AR LIVRE

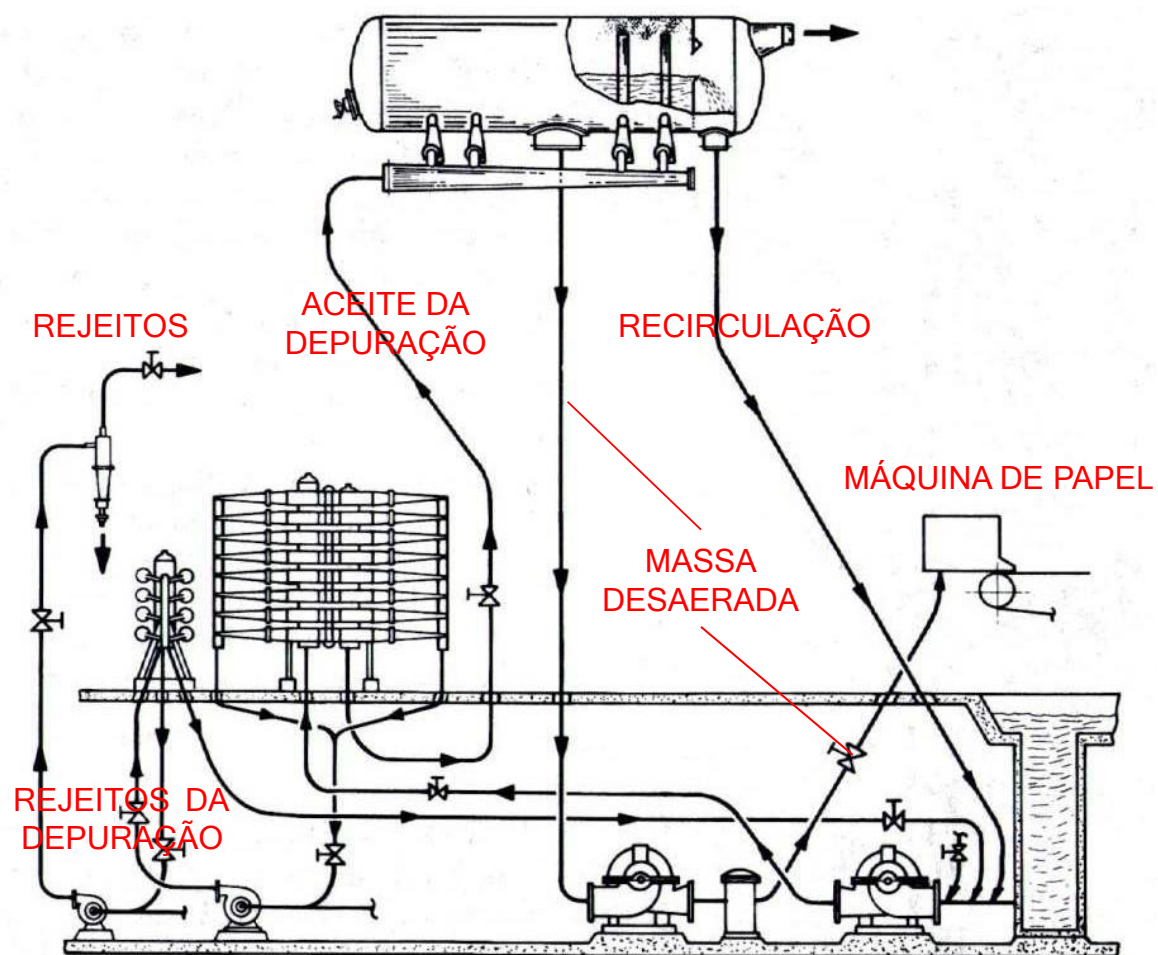
A remoção do ar da suspensão traz os seguintes benefícios:

- MELHORA A FORMAÇÃO DO PAPEL
- MELHORA E UNIFORMIZA A DRENAGEM NA ZONA DE FORMAÇÃO
- REDUZ A VARIAÇÃO NA SAÍDA DA CAIXA DE ENTRADA
- REDUZ A PROBABILIDADE DE QUEBRAS (Melhora a “machine runability”)

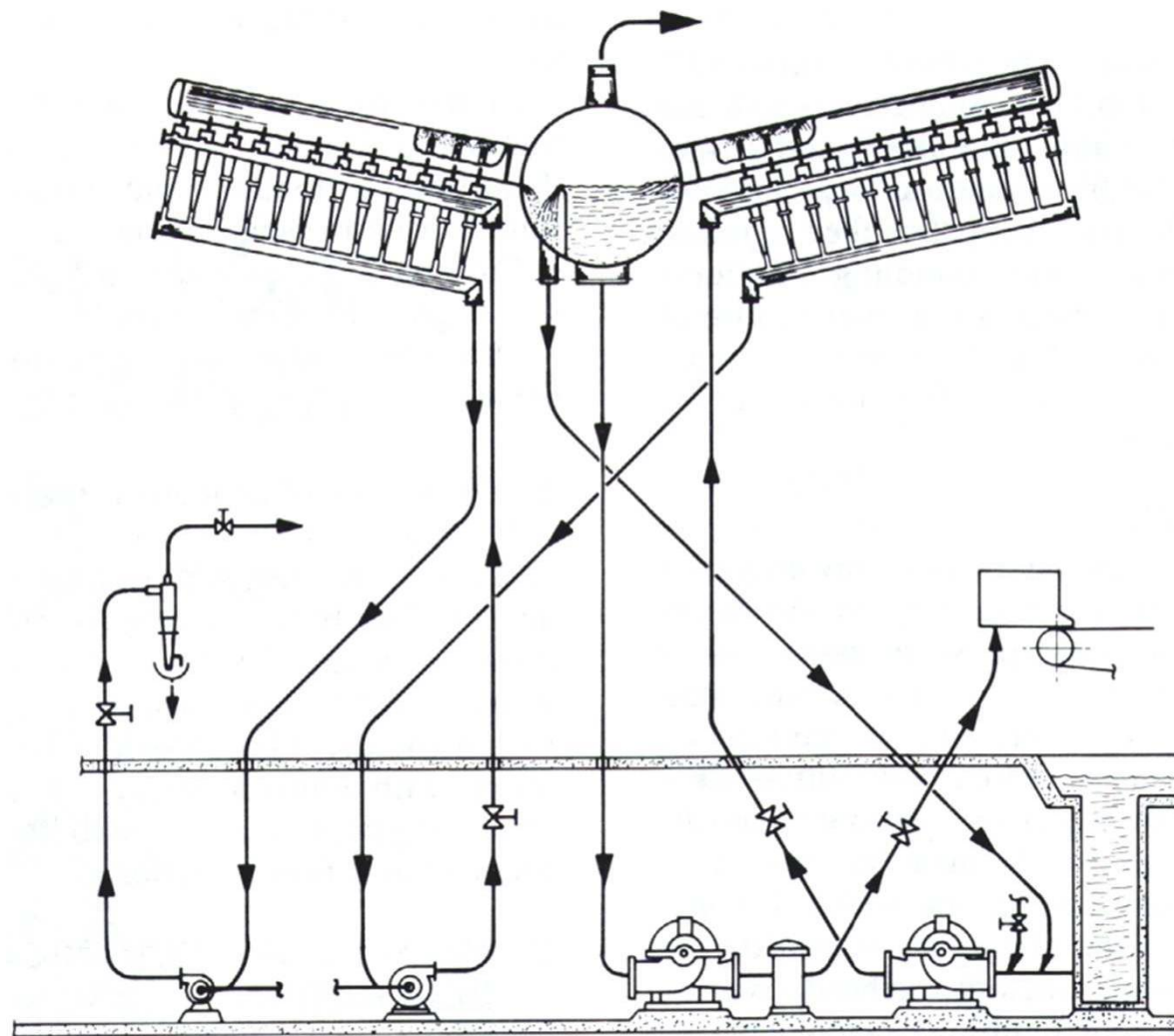
REMOÇÃO DE AR DA SUSPENSÃO DE FIBRAS



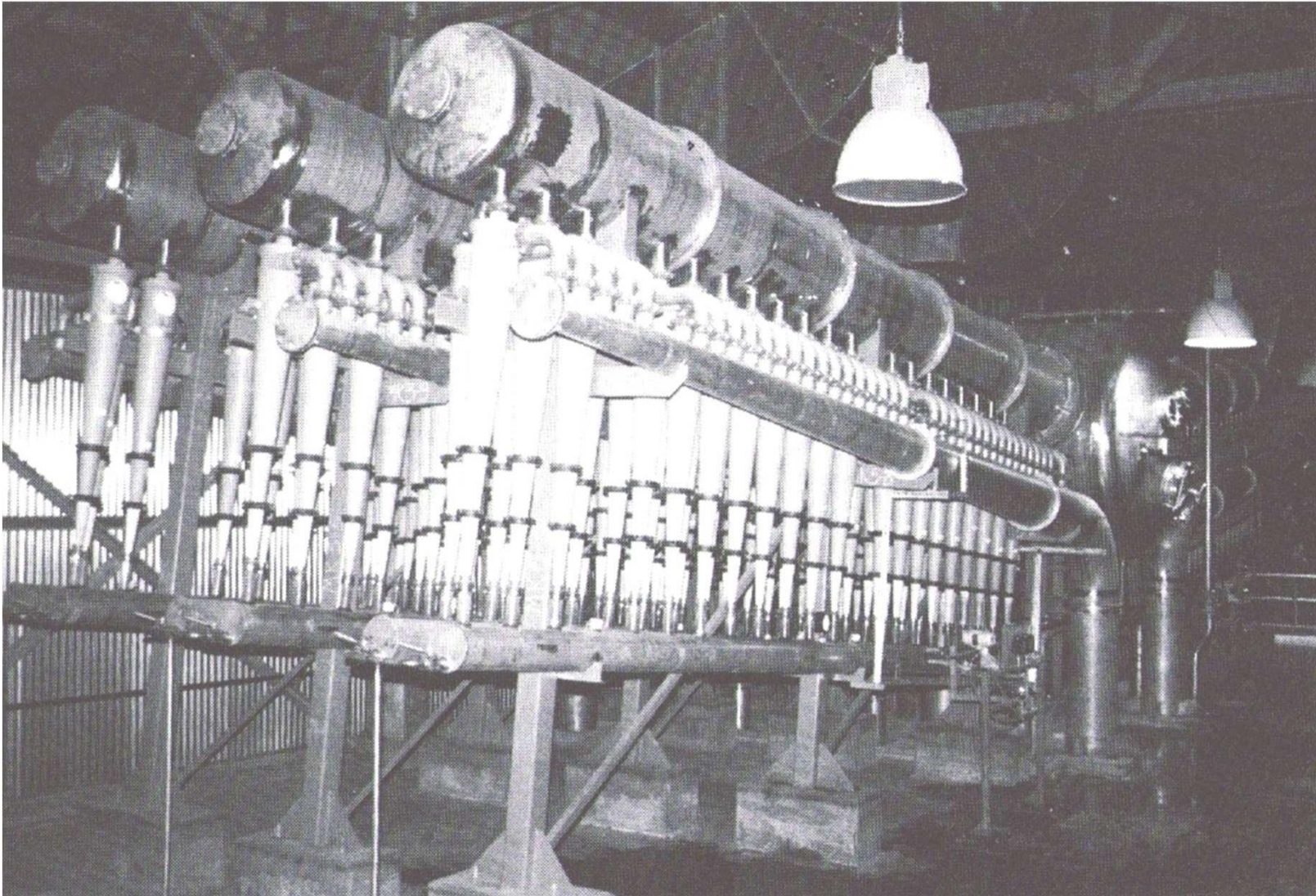
Esquema do sistema de desaeração [89]



Fluxo (Esquema) do sistema de desaeração [89]



Sistema de desaeração (Deculador) com depuração (“cleaners”) [89]



Sistema de desaeração (Deculator) com depuração (“cleaners”) [89]



O REFINO DA CELULOSE PARA A PRODUÇÃO DO PAPEL



Produção de papel no oriente [85]



Produção de papel no oriente [85]



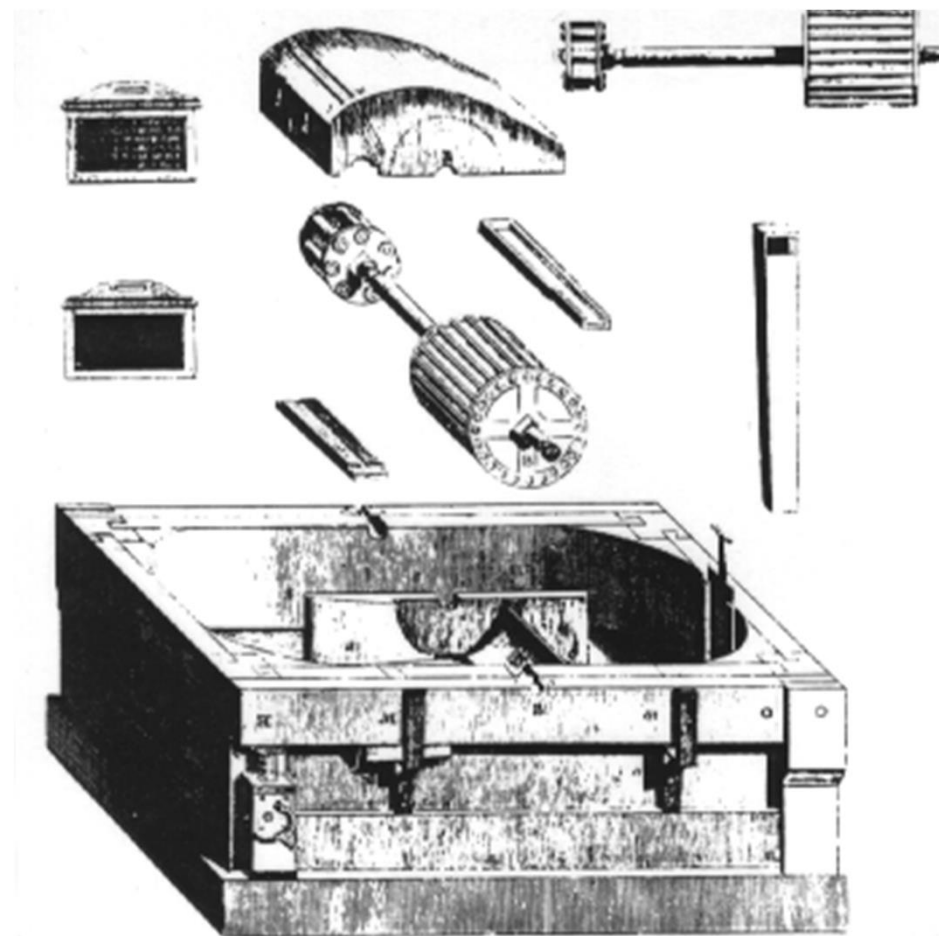
Fábrica de papel no Japão (Século IX). [7]



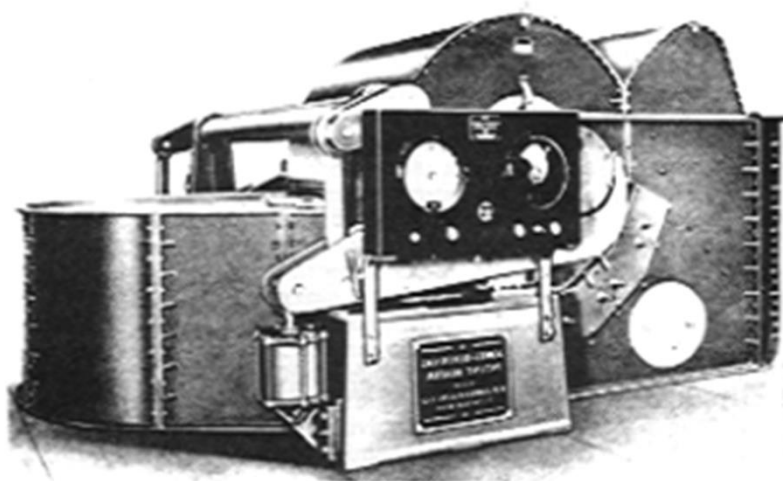
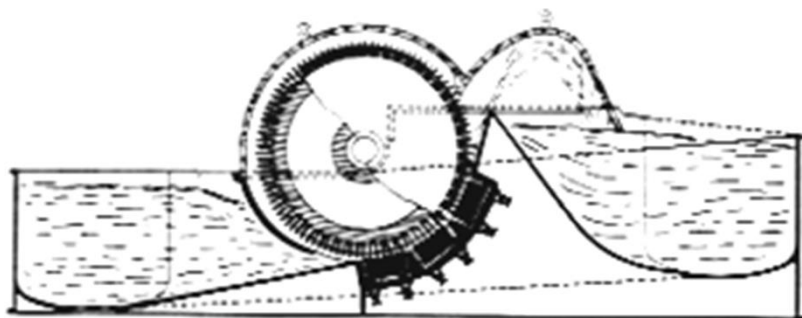
Produção Manual do Papel Europa [75]



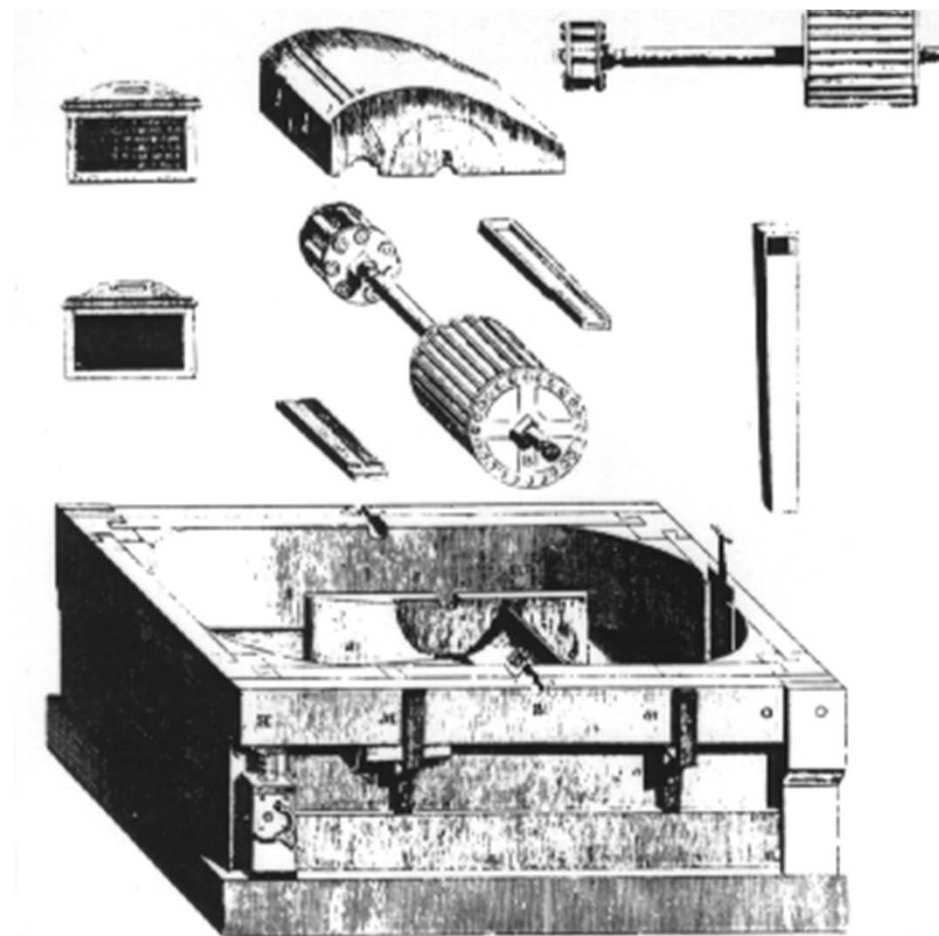
Produção de papel no oriente [85]



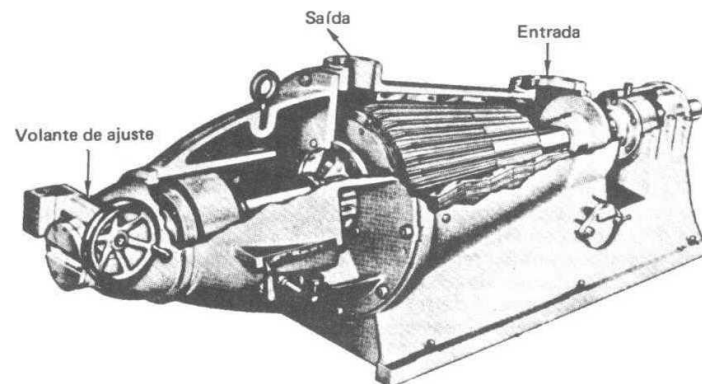
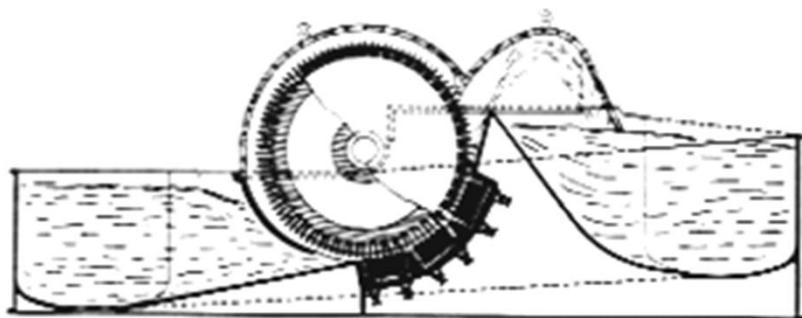
Esquema original de uma Holandesa [7]



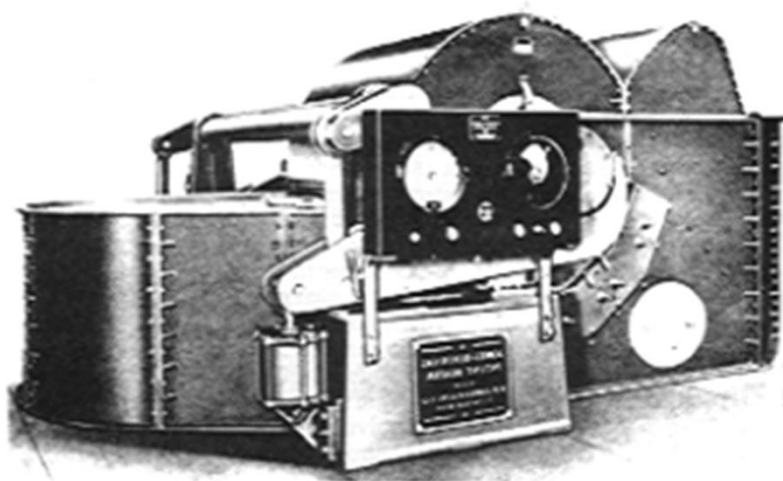
Holandesa [86]



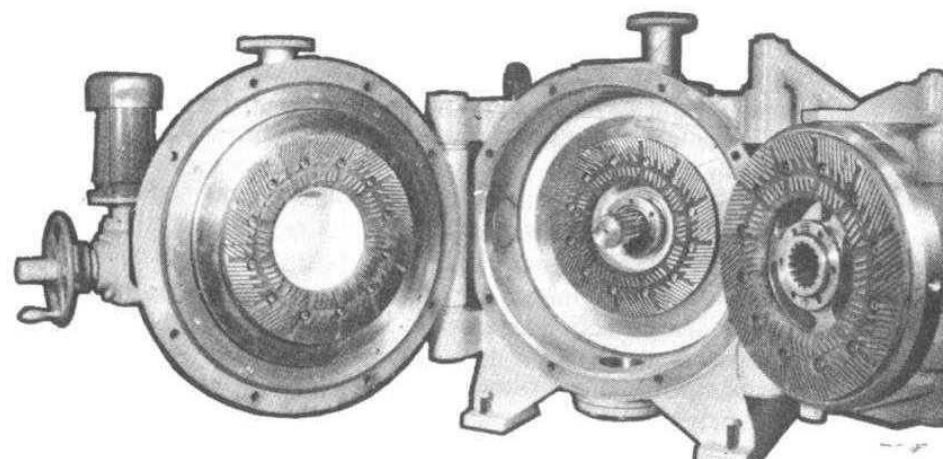
Esquema Original de uma Holandesa [7]



Refinador cônico [86]



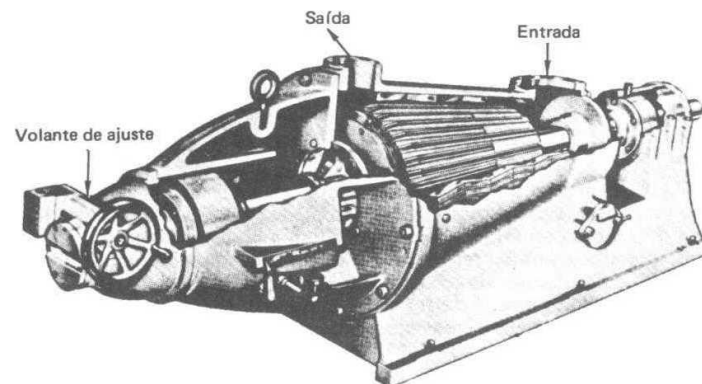
Holandesa [86]



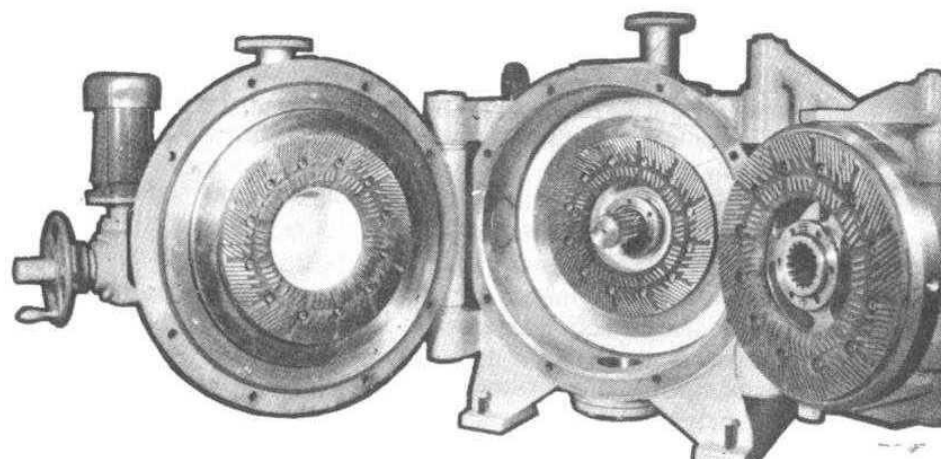
Refinador de discos duplos [86]



Segmento de disco de refino [87]



Refinador cônico [86]

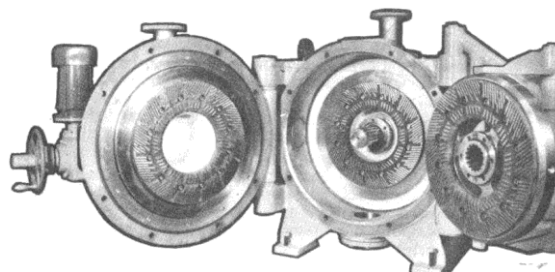
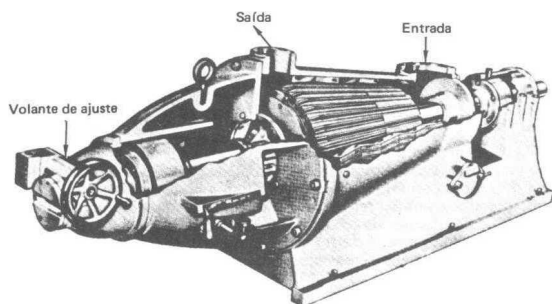
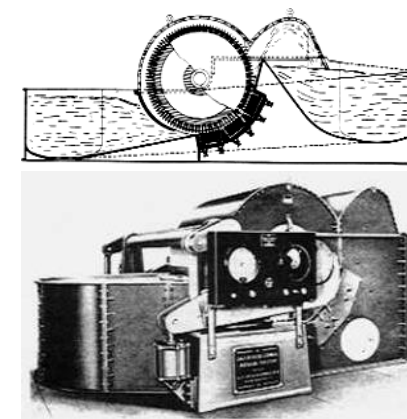
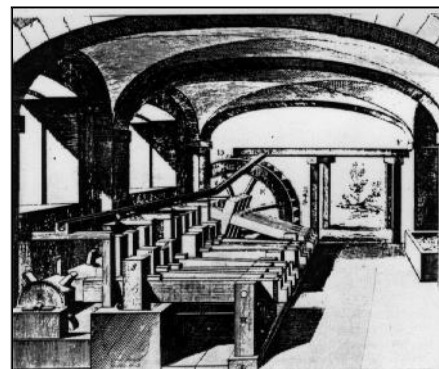


Refinador de discos duplos [86]

POR QUE REFINAR?

Para muitos tipos de papéis, as fibras vindas da polpação não apresentam características de ligação suficientes para permitir adequado desempenho em máquina e resistências ao papel.

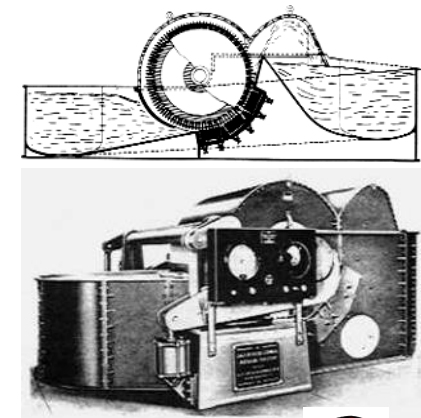
O QUE É O REFINO?



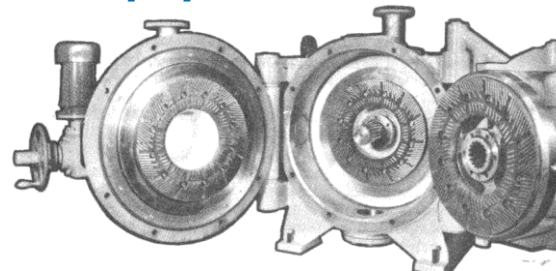
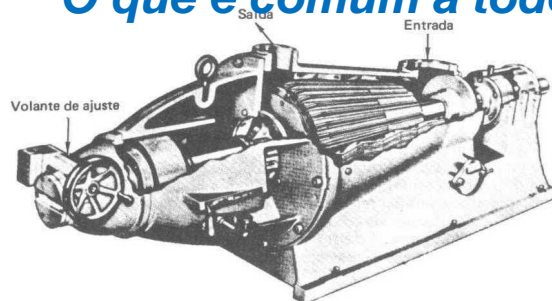
POR QUE REFINAR?

Para muitos tipos de papéis, as fibras vindas da polpação não apresentam características de ligação suficientes para permitir adequado desempenho em máquina e resistências ao papel.

O QUE É O REFINO?



O que é comum a todos os “equipamentos” de refino apresentados ?



POR QUE REFINAR?

Para muitos tipos de papéis, as fibras vindas da polpação não apresentam características de ligação suficientes para permitir adequado desempenho em máquina e resistências ao papel.

O QUE É O REFINO?

O refino é o tratamento mecânico dado às fibras em suspensão, visando melhorar as condições de ligação entre elas, para a produção do papel com as características desejadas.

Comum a todos os “equipamentos” apresentados:

- 1. Impactos (ação mecânica).**
- 2. Fibras em suspensão (presença de água).**

POR QUE REFINAR?

Para muitos tipos de papéis, as fibras vindas da polpação não apresentam características de ligação suficientes para permitir adequado desempenho em máquina e resistências ao papel.

O QUE É O REFINO?

O refino é o tratamento dado às fibras em suspensão, visando melhorar as condições de ligação entre elas, para a produção do papel com as características desejadas.

Não é obrigatório!

ENZIMAS
“QUÍMICO” (COZIMENTO e BRANQUEAMENTO)
CONGELAMENTO
ULTRA-SOM.

Comum a todos os “equipamentos” apresentados:

1. Impactos (~~ação mecânica~~).
2. Fibras em suspensão (**presença de água**).

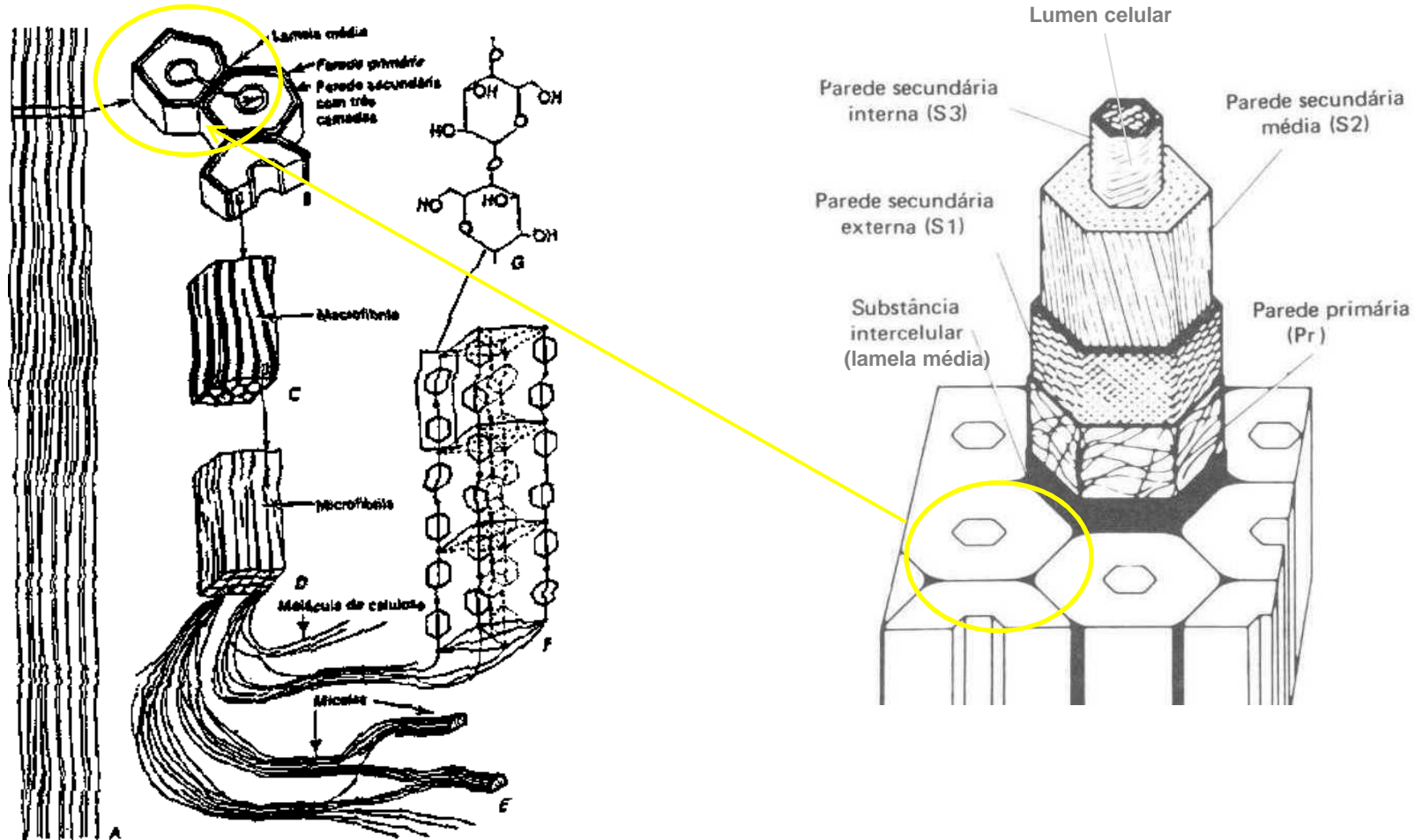
POR QUE REFINAR?

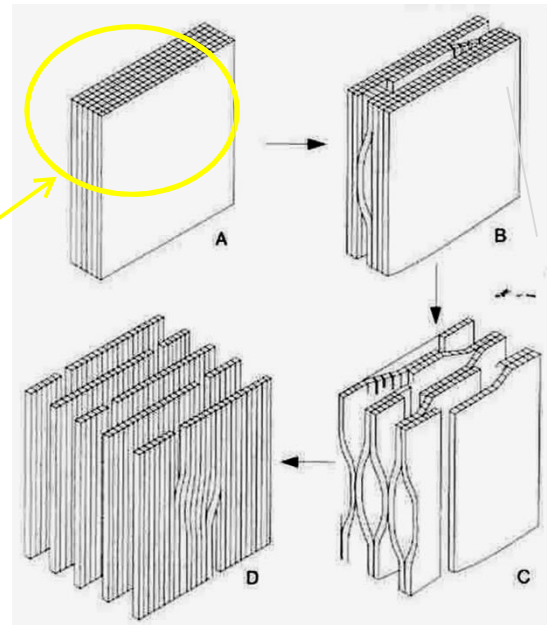
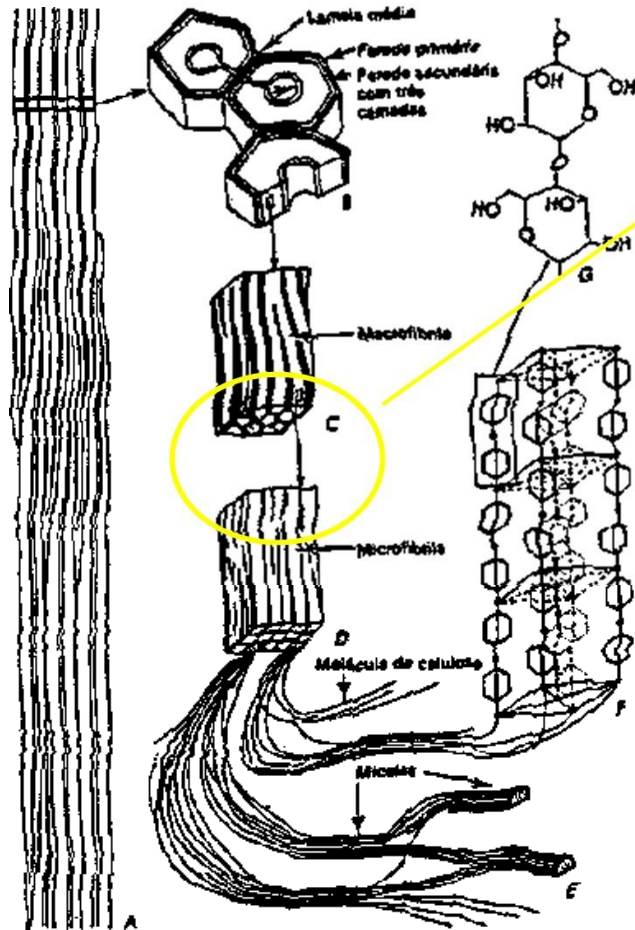
Para muitos tipos de papéis, as fibras vindas da polpação não apresentam características de ligação suficientes para permitir adequado desempenho em máquina e resistências ao papel.

O QUE É O REFINO?

O refino é o tratamento mecânico dado às fibras em suspensão, visando melhorar as condições de ligação entre elas, para a produção do papel com as características desejadas.

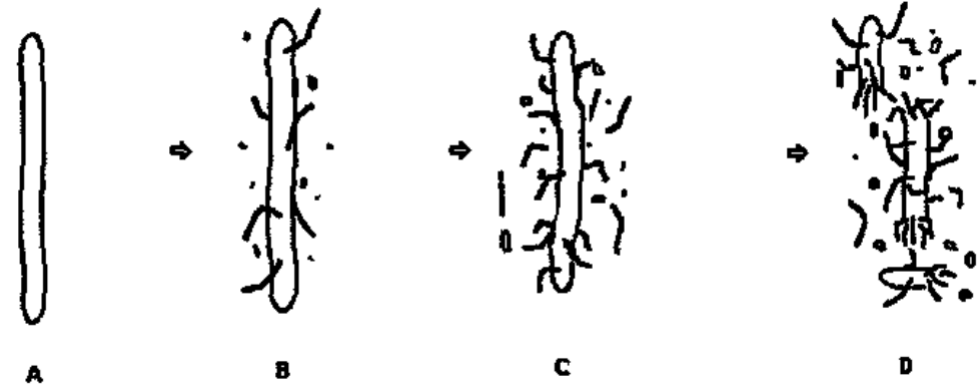
ENTÃO, QUAL O EFEITO DO REFINO?





**A HIDRATAÇÃO
“ENFRAQUECE”
A PAREDE CELULAR**

EFEITOS DO REFINO SOBRE AS FIBRAS

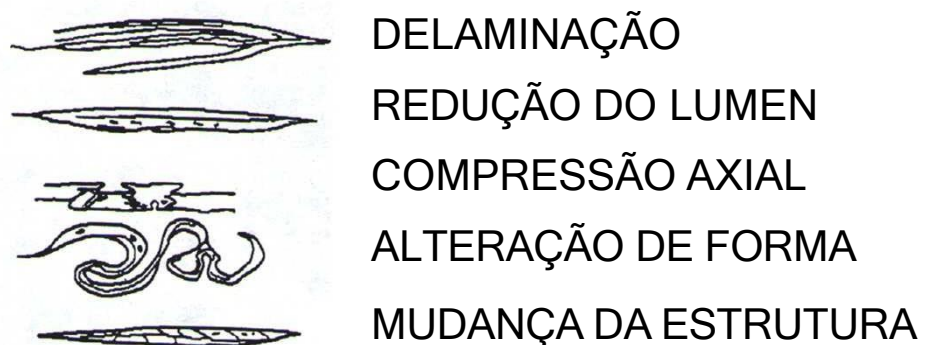


CLASSIFICAÇÃO TRADICIONAL DOS EFEITOS DO REFINO NAS FIBRAS

EFEITOS PRIMÁRIOS



EFEITOS SECUNDÁRIOS



O REFINO

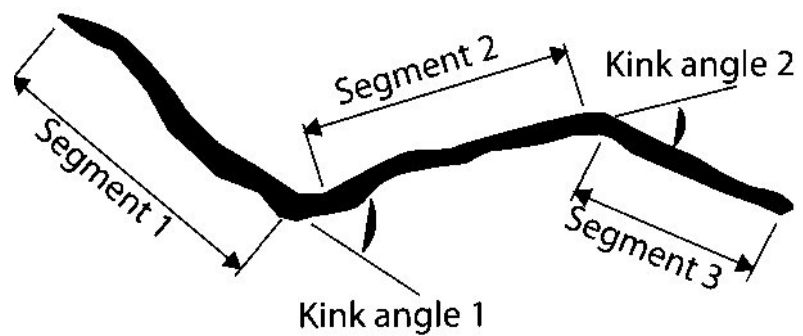
HIDRATA

A PAREDE

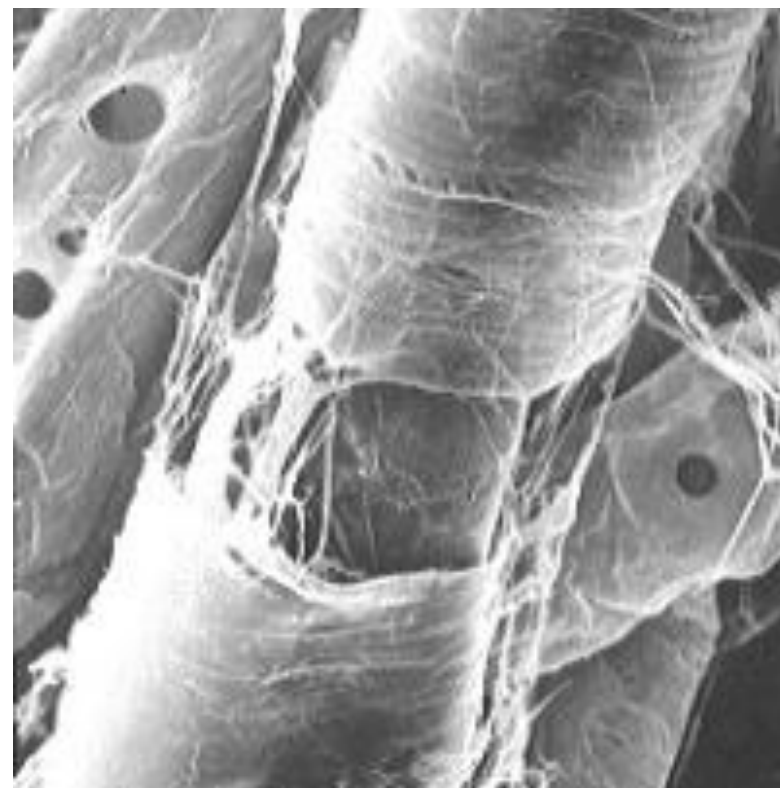
CELULAR

DAS

FIBRAS



Esquema de "kinks" nas fibras



Ação de refino concentrada em
Um ponto da parede celular [86]



SEM MOAGEM



APÓS 2000 REVOLUÇÕES PFI



APÓS 8000 REVOLUÇÕES PFI



APÓS 12000 REVOLUÇÕES PFI

EFEITO DO REFINO (MOAGEM) NAS FIBRAS DE “SOFTWOOD” KRAFT BRANQUEADA



SEM MOAGEM

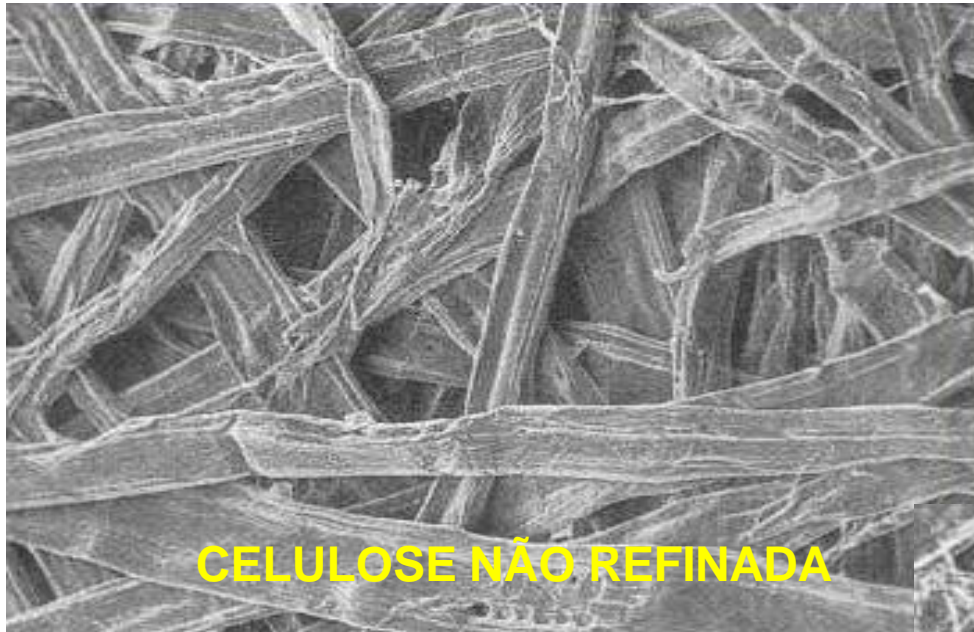
O REFINO:

- Modifica a estrutura interna das fibras.
- Modifica a estrutura externa das fibras.
- Altera o comprimento das fibras e gera finos
- Altera a secção transversal das fibras.
- Altera as “deformações” das fibras.
- Retira material constituinte da parede celular.

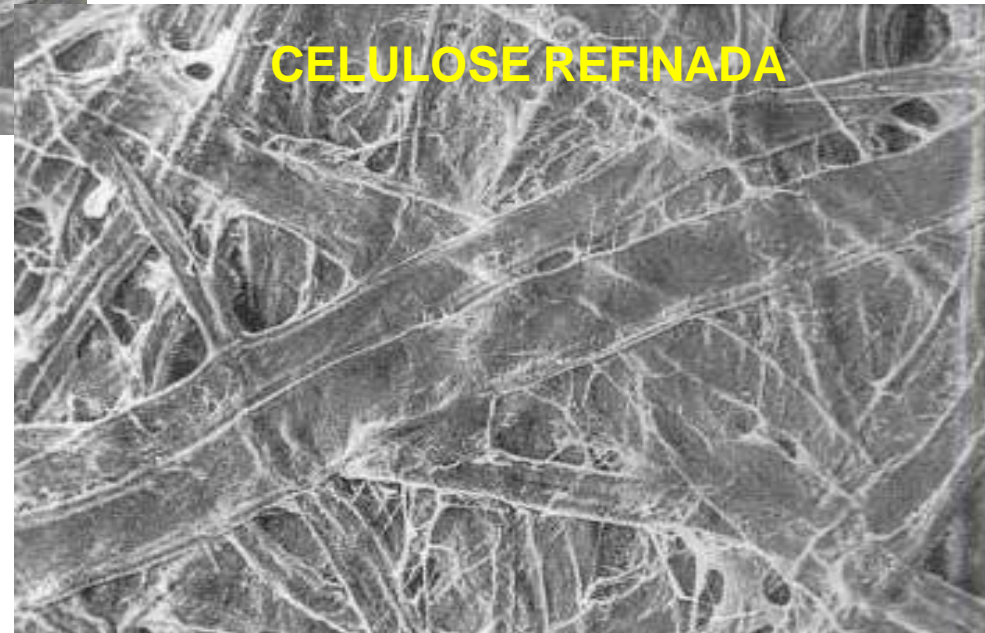


APÓS 12000 REVOLUÇÕES PFI

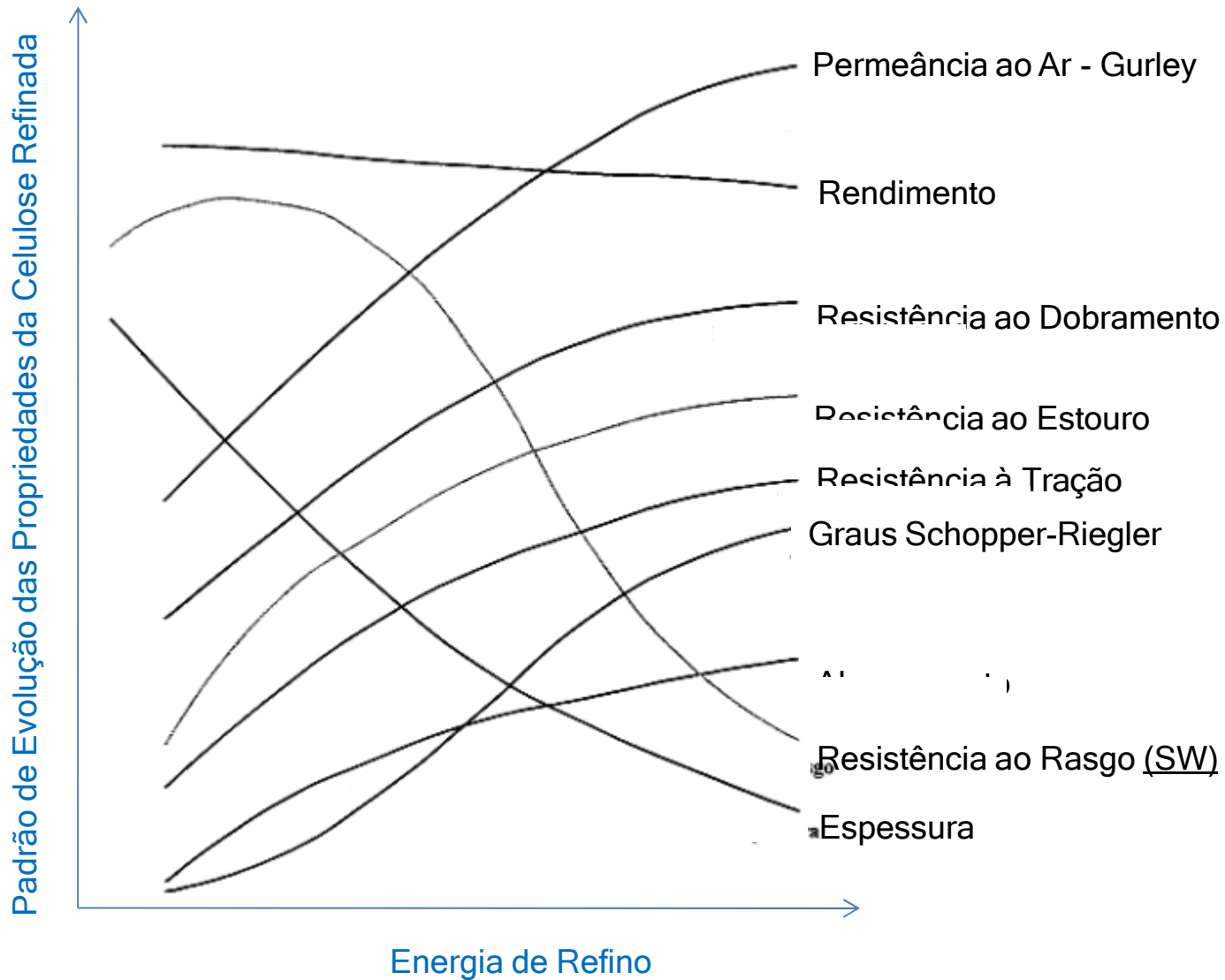
EFEITO DO REFINO (MOAGEM) NAS FIBRAS DE “SOFTWOOD” KRAFT BRANQUEADA



COMPACTA
A ESTRUTURA DO PAPEL
(colapsamento das fibras)



CONSOLIDA
A ESTRUTURA DO PAPEL
(ligação entre as fibras)



Evolução das propriedades da celulose de fibras longas com o refino [86]



MODELAGEM DO PROCESSO DE REFINO ("Teorias" do Refino)

MODELOS (“TEORIAS”) DE REFINO

Devido à sua relevância nos custos de produção e na qualidade do produto acabado, o refino tem sido uma das mais estudadas etapas da fabricação do papel. Ao longo do tempo, vários modelos têm sido propostos visando a melhorar a compreensão do processo.

Tais modelos são utilizados para:

1. Ampliar a compreensão do processo visando a aumentar sua eficiência e otimizar sua operação,
2. Permitir a quantificação do processo, e
3. Permitir a comparação de diferentes equipamentos e instalações.

Modelo de Jacenberg (1887)^[9]

Jacenberg definiu os parâmetros básicos do processo como sendo:

- (a) *Força* de moagem
- (b) *Área* de moagem (“área de Jacenberg”),

sendo a relação (Força/Área) a **primeira referência à *intensidade* de tratamento.**

Wulsch e Flucher (1958)^[12]

Introduzem o conceito de **intensidade de refino** como sendo o quociente entre a **carga efetiva de refino** e o **comprimento linear das barras** através das quais a carga efetiva é aplicada por unidade de tempo.

$$\textit{intensidade} = \textit{carga efetiva} / \textit{comprimento das barras}$$

Brecht e Siewert (1966)^[16]

A partir da proposta de Wultsch e Flucher ^[12] conceituaram intensidade de refino como *carga específica das barras* (“specific edge load”) e definiram a *energia específica de refino* como um importante parâmetro do processo.

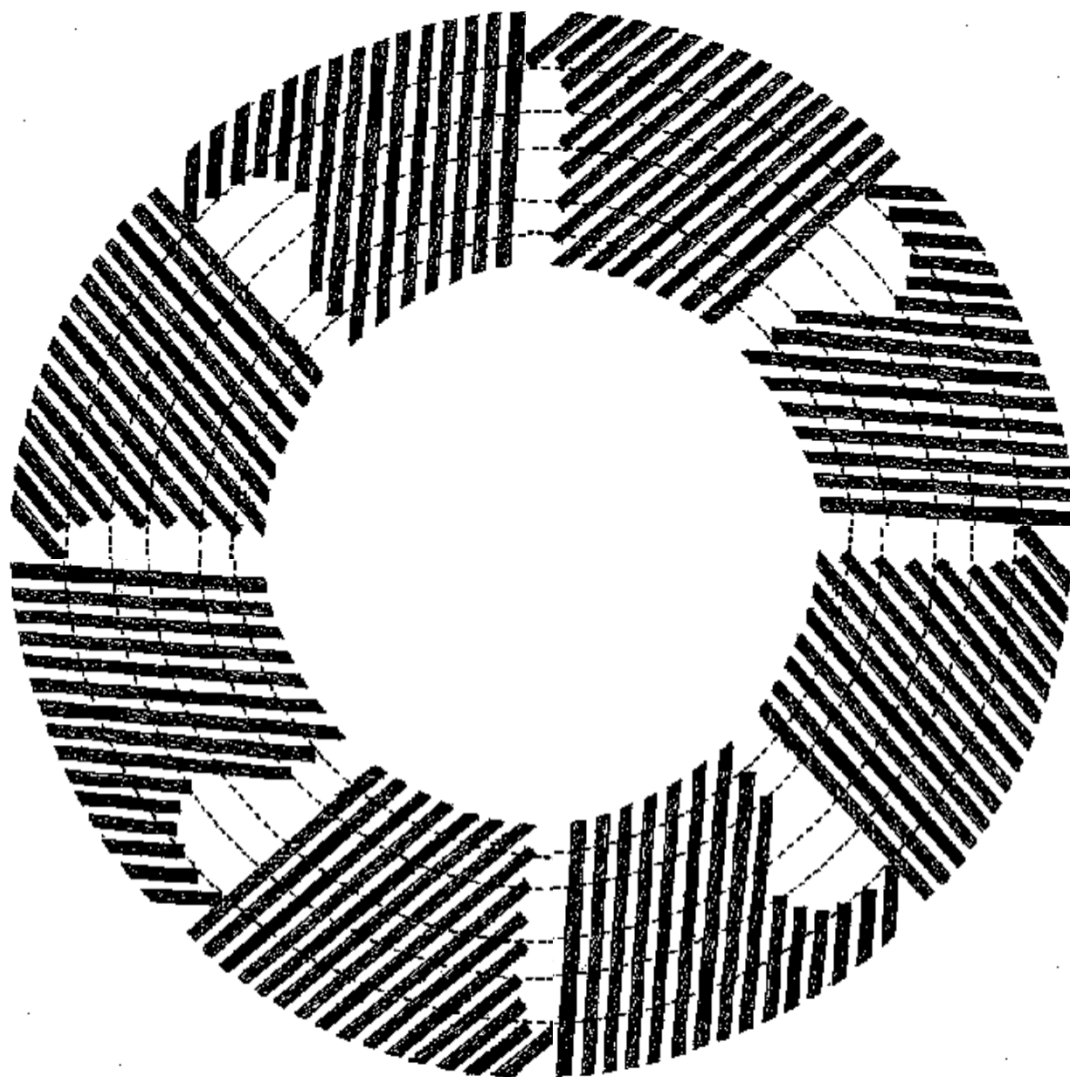
→ Carga Específica das Barras INTENSIDADE DE REFINO
Energia Específica QUANTIDADE DE REFINO

O modelo assume que a ação de refino ocorre predominantemente pela ação dos cantos das barras dos elementos refinadores. A energia de refino é aplicada pelo comprimento total das barras que se inter cruzam em uma dada unidade de tempo (*comprimento de corte dos discos*)

Uma pausa nas "teorias" de refino.

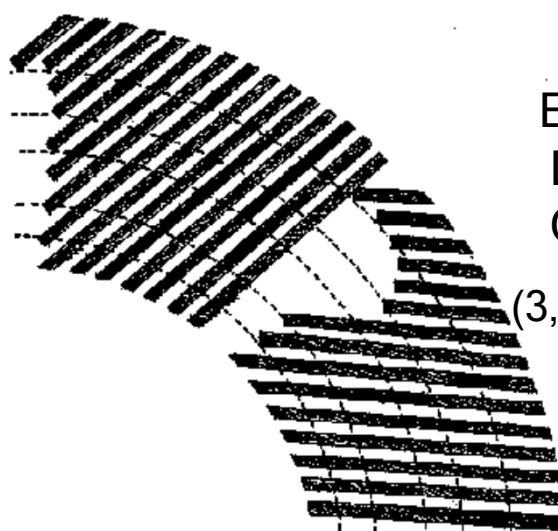
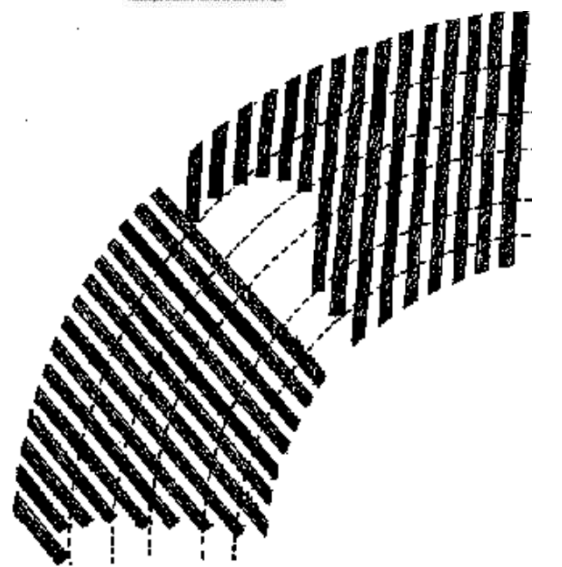
Alguns aspectos importantes sobre discos (elementos) de refino





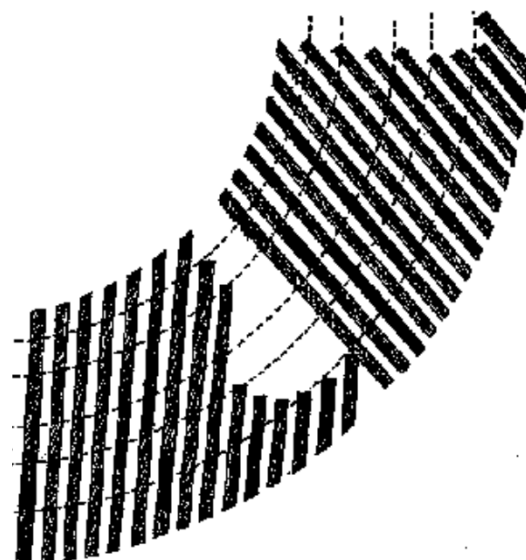
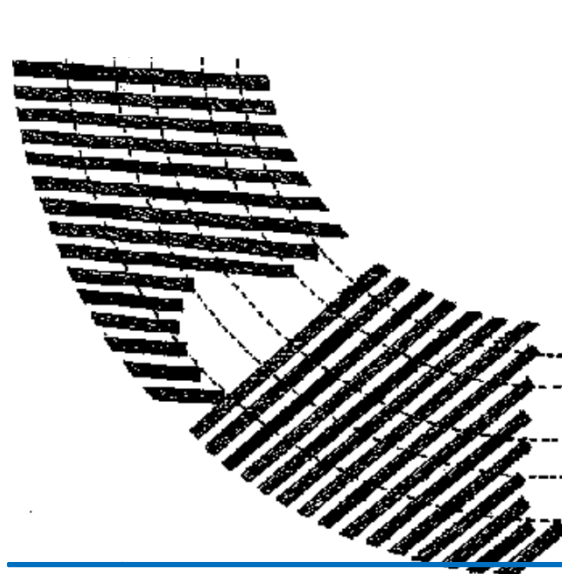
EXEMPLO DE CÁLCULO
DO COMPRIMENTO DE
CORTE DE UM DISCO

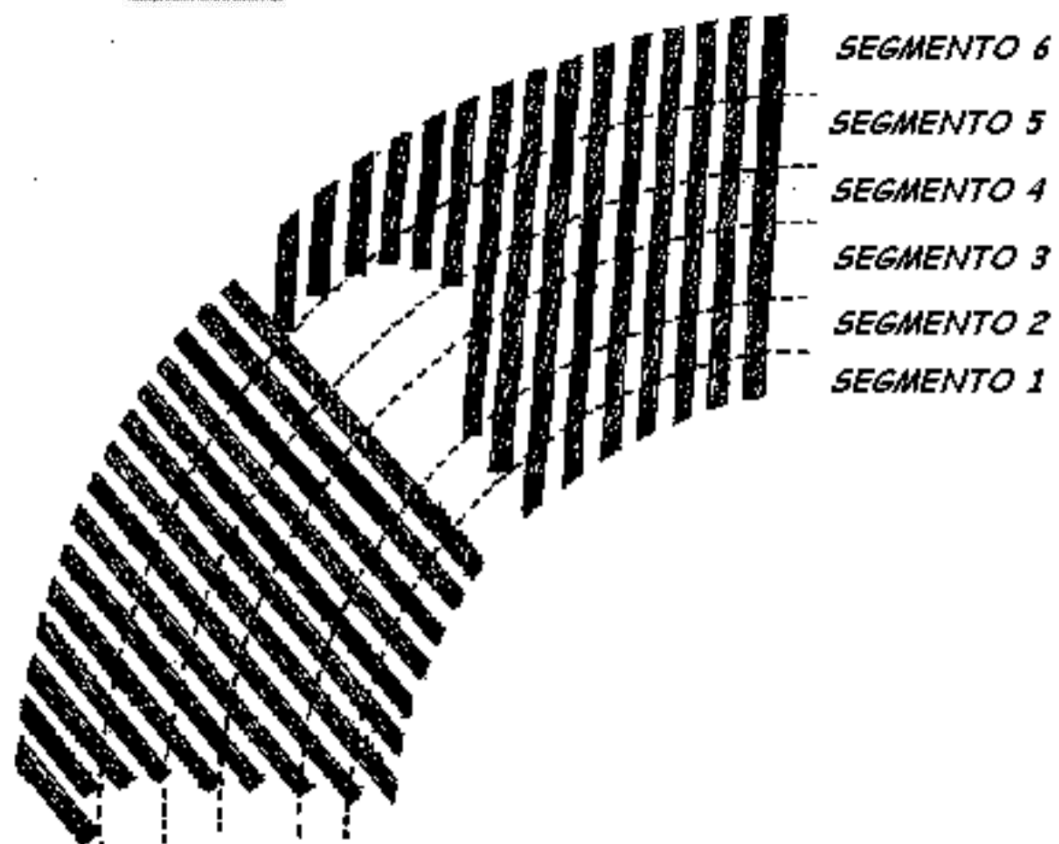
(3,0x 3,0 / 5º - Diâmetro: 30 cm)



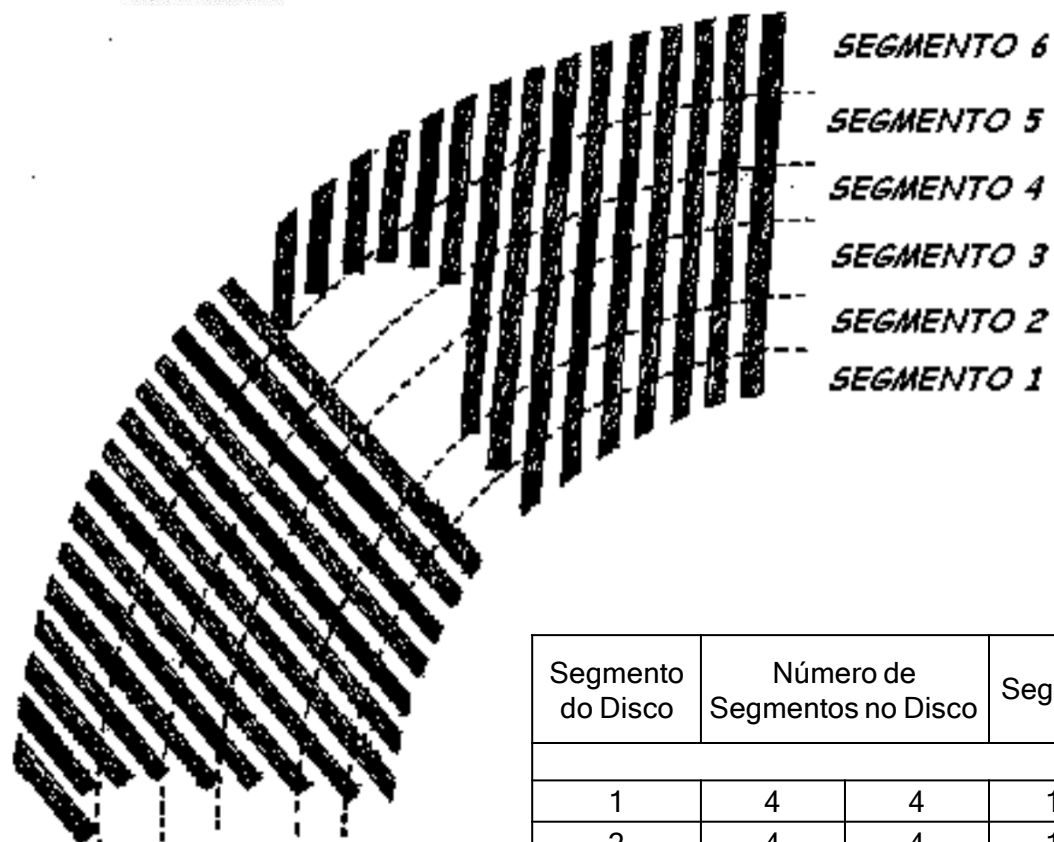
EXEMPLO DE CÁLCULO
DO COMPRIMENTO DE
CORTE DE UM DISCO

(3,0x 3,0 / 5º - Diâmetro: 30 cm)





EXEMPLO DE CÁLCULO
DO COMPRIMENTO DE
CORTE DE UM DISCO
(3,0x 3,0 / 5º - Diâmetro: 30 cm)



EXEMPLO DE CÁLCULO DO COMPRIMENTO DE CORTE DE UM DISCO

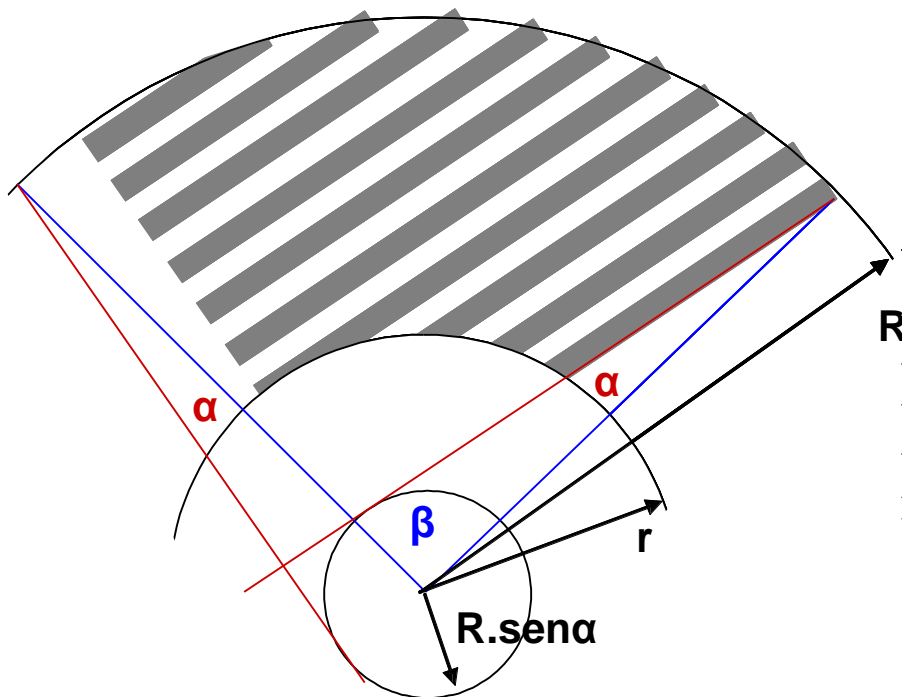
(3,0x 3,0 / 5º - Diâmetro: 30 cm)

Segmento do Disco	Número de Segmentos no Disco	Número de Segmentos de Barra no Disco	Comprimento Médio dos Segmentos de Barra, cm	Comprimento de Corte Gerado, cm/rotação		
1	4	4	14	14	0,94	2.948
2	4	4	17	17	1,01	4.670
3	4	4	19	19	1,6	9.242
4	4	4	20	20	1,12	7.168
5	4	4	25	25	1,39	13.900
6	4	4	30	30	1,76	25.344
Comprimento de Corte por Rotação						63.272 cm/rotação
Comprimento Total, para 1185 rpm = (63.272 x 10-5)x(1185 rpm/60s)						12,5 km/s

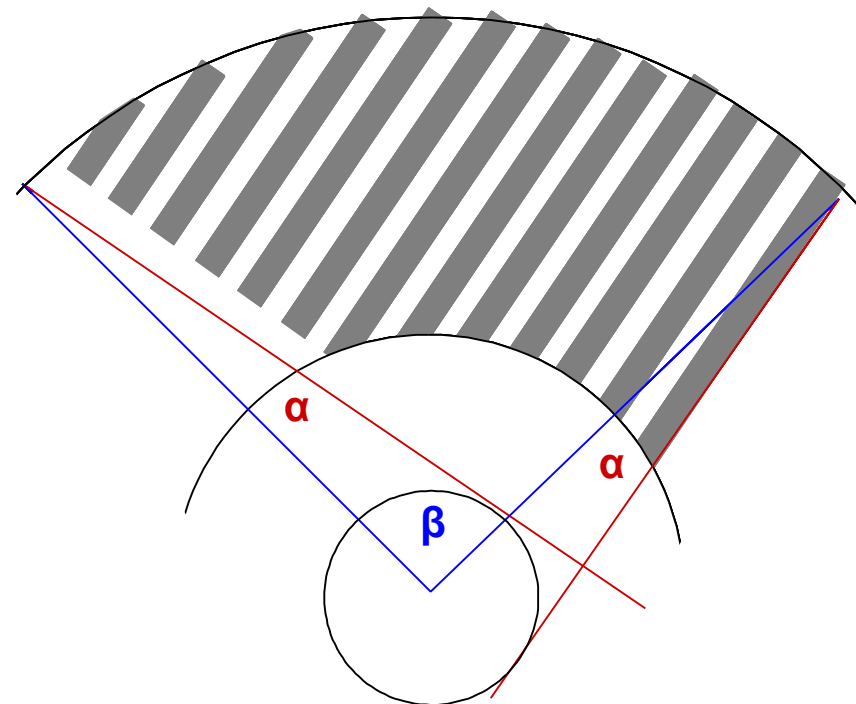
OUTRAS DEFINIÇÕES ENVOLVENDO DISCOS DE REFINO

α - Ângulo de "Corte"

β - Ângulo de Setorização



Ângulo de Corte Positivo
Orientação à Direita

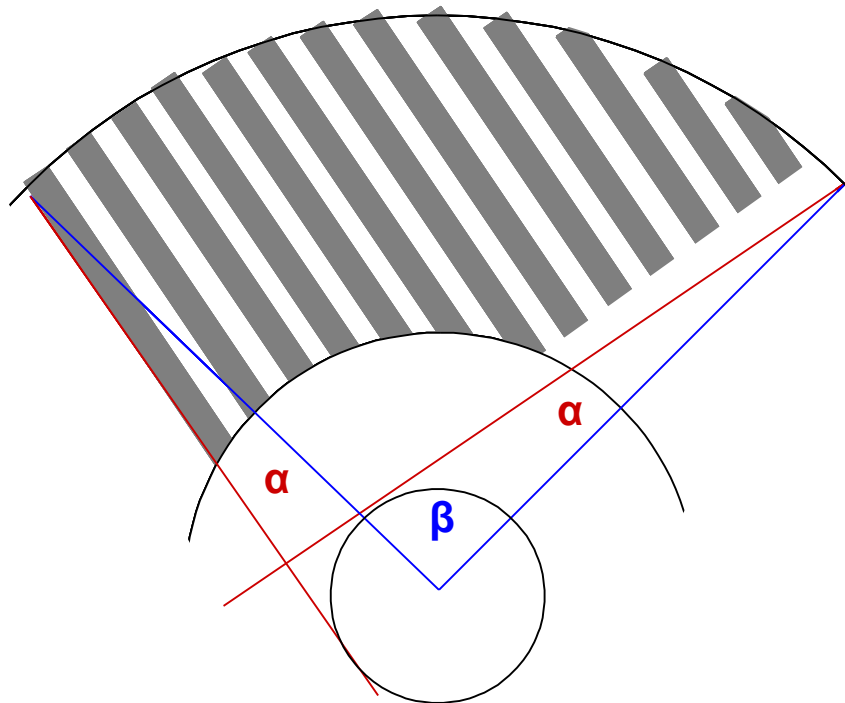


Ângulo de Corte Negativo
Orientação à Direita

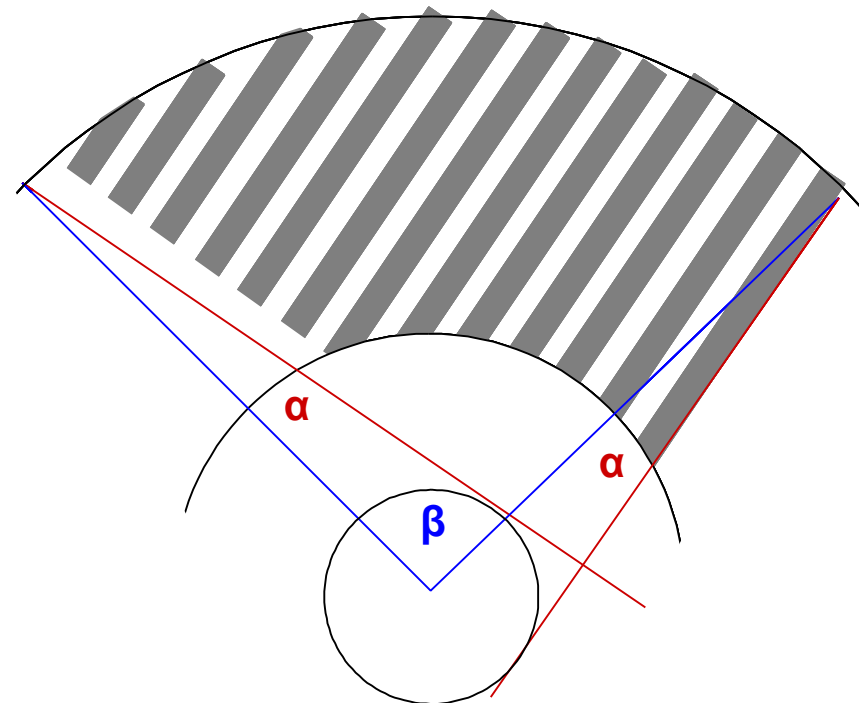
OUTRAS DEFINIÇÕES ENVOLVENDO DISCOS DE REFINO

α - Ângulo de "Corte"

β - Ângulo de Setorização

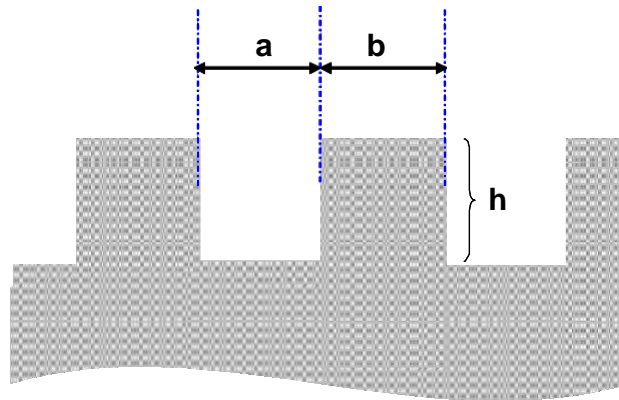


Ângulo de Corte Negativo
Orientação à Esquerda

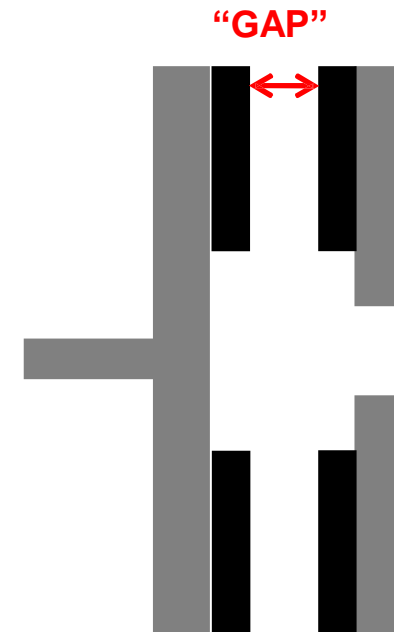


Ângulo de Corte Negativo
Orientação à Direita

OUTRAS DEFINIÇÕES ENVOLVENDO DISCOS DE REFINO



h = profundidade dos canais
 a = largura dos canais do disco
 b = largura das barras do disco



Refinador Disco Simples

'GAP' = Afastamento Entre os Discos

OUTRAS DEFINIÇÕES ENVOLVENDO DISCOS DE REFINO



a = largura dos canais do disco

b = largura das barras do disco

Voltando às "teorias" de refino ...

Banks (1967)^[17]

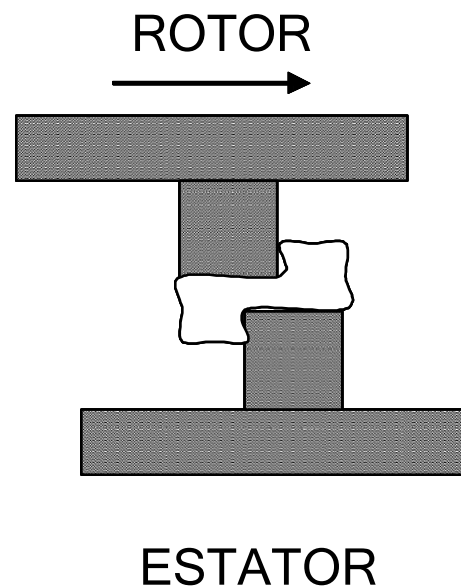
O refino inicia-se com uma ação de desaguardamento nos **flocos de fibras** conforme estes se aproximam dos cantos das barras e são compactados. Conforme a pressão aplicada excede o limite elástico estrutural das fibras, estas sofrem modificações estruturais.

Uma ação de cisalhamento ocorre quando as barras de um disco passam sobre as barras do outro disco, comprimindo os flocos entre as barras. Após a passagem entre as barras os flocos sofrem descompressão permitindo a reabsorção de água pelas fibras.

Refino ocorre através de cisalhamento e compressão dos flocos de fibras.

Refino de Flocos de Fibras

Conceito inicialmente introduzido por Banks (1967)^[17] teve aceitação crescente nos anos 1980, a partir dos estudos de Stenberg (1980)^[20] permitindo grande avanço na compreensão do processo de refino. **O flocos de fibras em suspensão correspondem à unidade básica a receber o tratamento mecânico nos refinadores** ^[21-47].



Forças no Refino

Diversos autores [15, 45, 51, 61-72] apontaram que evidências práticas e teóricas sugerem que dois parâmetros não são suficientes para caracterizar o refino. Mencionam que pelo menos três parâmetros seriam necessários.

A energia não seria uma variável primária do refino e, portanto, intensidades de refino baseadas em *energia* teriam limitações quanto a completa caracterização do processo.

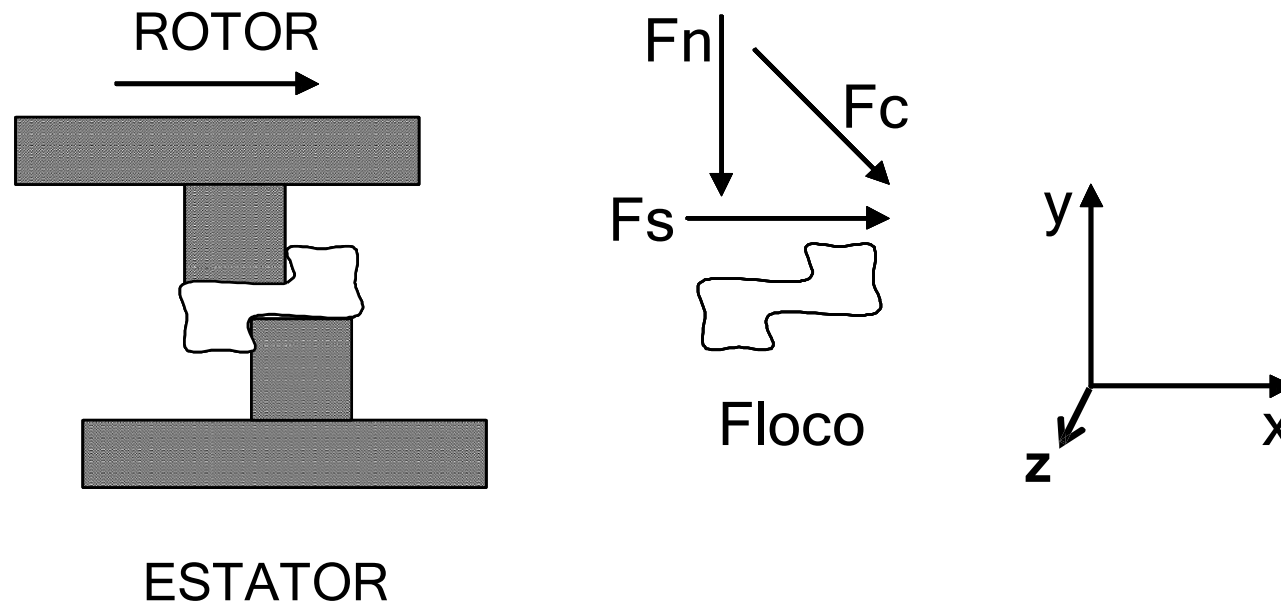
A ação do refino deve ser analisada como resultante das FORÇAS presentes e da FORMA como estas são aplicadas. Baseado no processo de FADIGA *o número de ciclos de compressão* e o *nível de compressão em cada ciclo* seriam os fatores determinantes nos resultados do refino.

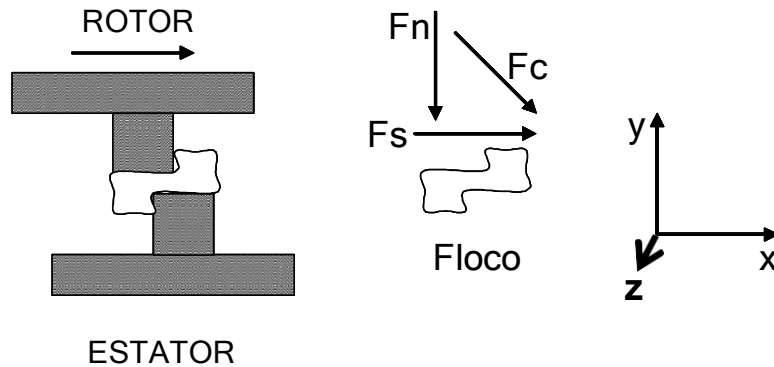
Três forças são impostas pelas barras dos refinadores às fibras [15, 45, 51, 61-72]

F_n = força **normal comprimindo as fibras**

F_s = força de **cisalhamento** pela superfície da barras comprimindo as fibras

F_c = força exercida pelos **cantos das barras**





A força normal sobre os flocos (N) e a tensão sofrida pelas fibras no interior dos flocos (F_f) podem ser expressas como a seguir [45]

$$N = E \left[x \sqrt{\left(\frac{\gamma L_o}{2} \right)^2 - x^2} + \left(\frac{\gamma L_o}{2} \right)^2 \sin^{-1} \left(\frac{2x}{\gamma L_o} \right) - \gamma L_o \frac{G}{G_C} x \right]_{x_0}^{x_c}$$

$$F_f(\psi) = \frac{8}{3} \mu_d E (\beta + D_W) \cos^2 \psi \left[x - \frac{\gamma L_o}{2} \frac{G}{G_C} \sin^{-1} \left(\frac{2x}{\gamma L_o} \right) \right]_{x_0}^{x_c}$$

Onde:

E = módulo de elasticidade de compressão das fibras

x_c = posição crítica (os flocos não são comprimidos sob o regime 2)

γ = fator de expansão dos flocos no plano $x - z$ para o ponto crítico de transição

G = afastamento entre as barras do rotor e do estator

G_C = afastamento crítico dos discos acima do qual os flocos nunca são comprimidos sob o regime 2.

β = espaço entre as fibras no ponto de transição sob compressão

ψ = ângulo entre a fibra e a direção do movimento da barra

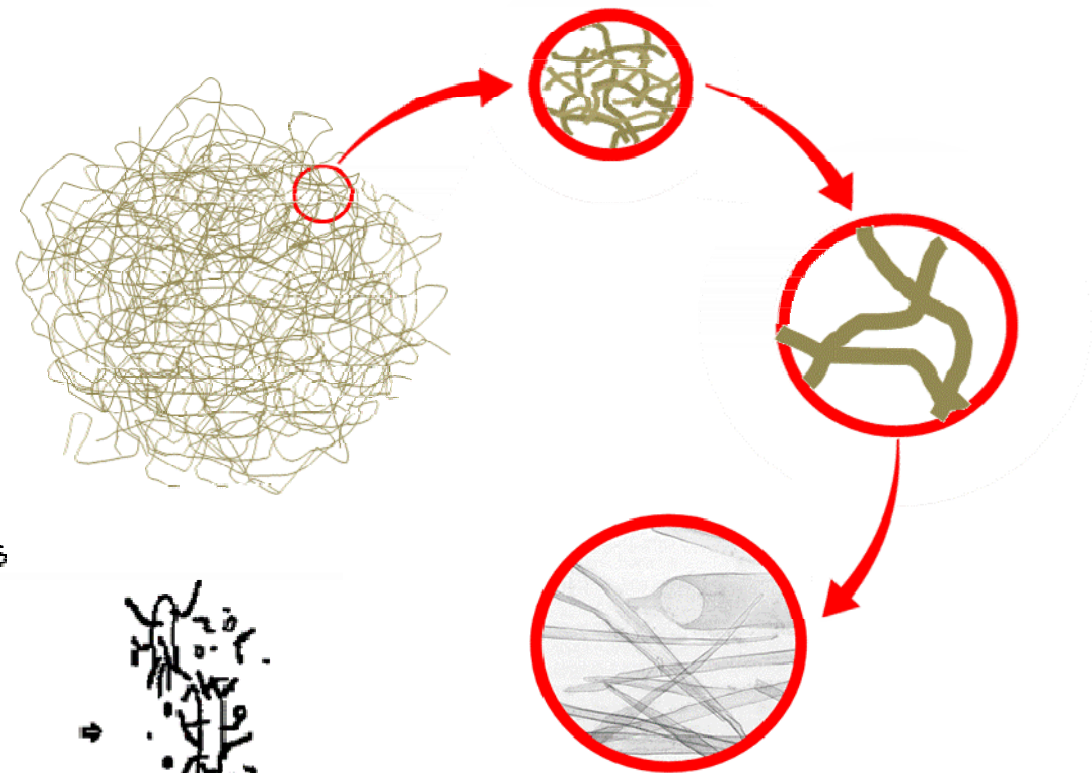
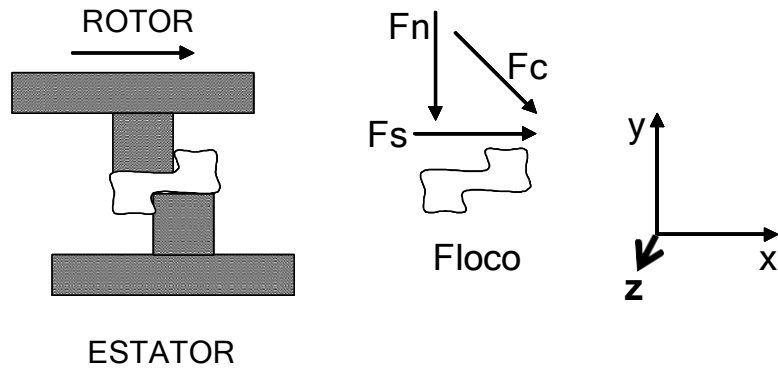
x = direção do movimento da barra

x_0 = ponto de captura dos flocos

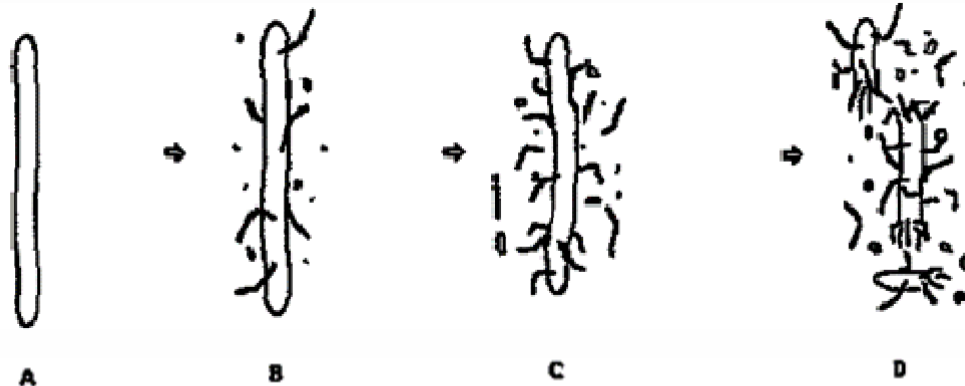
L_o = diâmetro dos flocos

μ_d = coeficiente de fricção

D_W = diâmetro das fibras



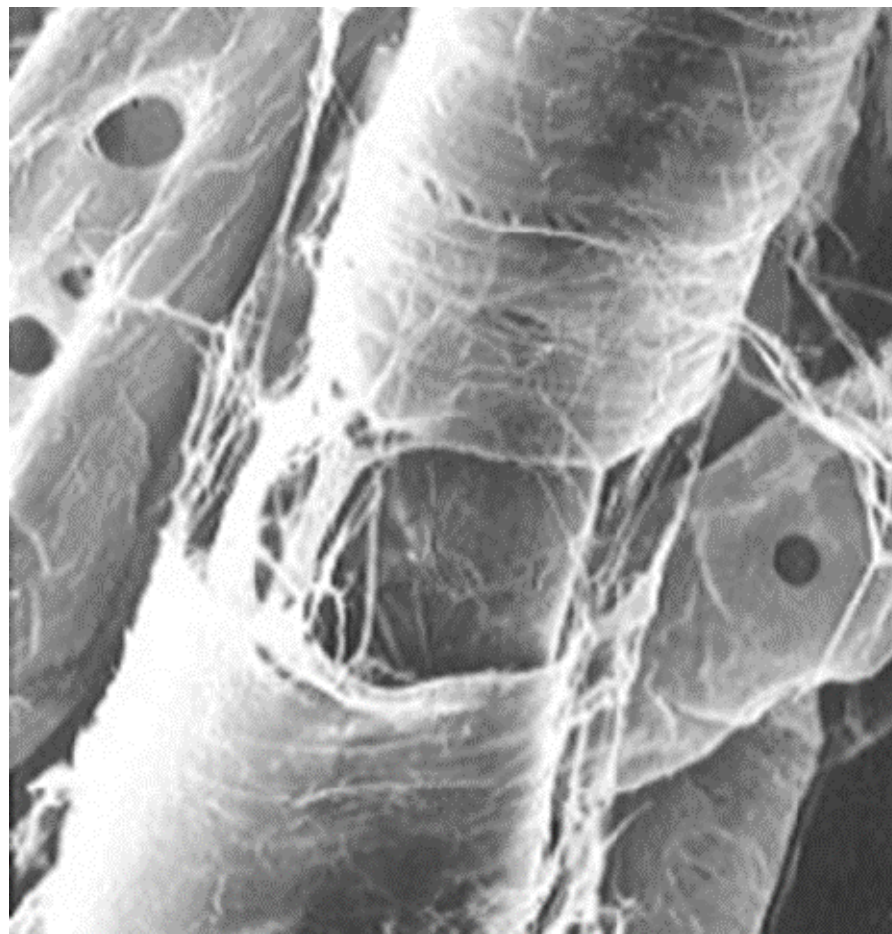
EFEITOS DO REFINO SOBRE AS FIBRAS



Fibras após tratamento de refino



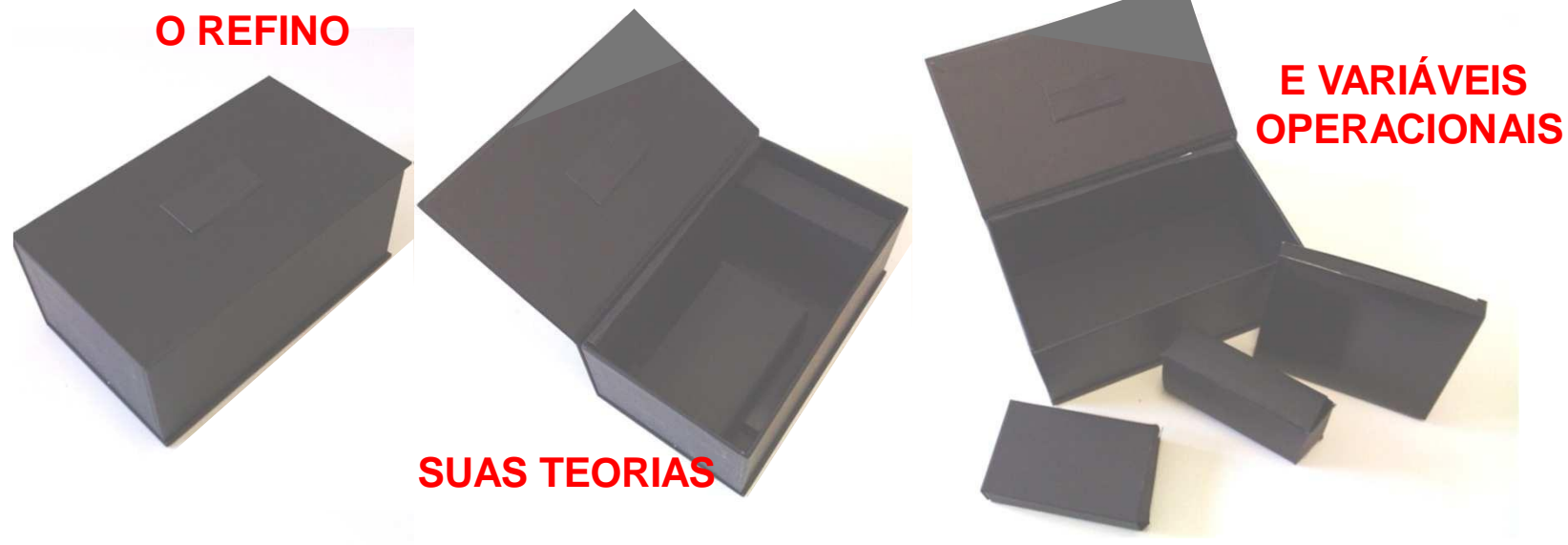
BAIXA INTENSIDADE = “BRUSCH”



ALTA INTENSIDADE = “CUT”

AS VARIÁVEIS OPERACIONAIS DO PROCESSO DE REFINO





Então ...

**PRECISAMOS
CONHECER
OS EFEITOS DAS
VARIÁVEIS
OPERACIONAIS.**



Avaliação do efeito da

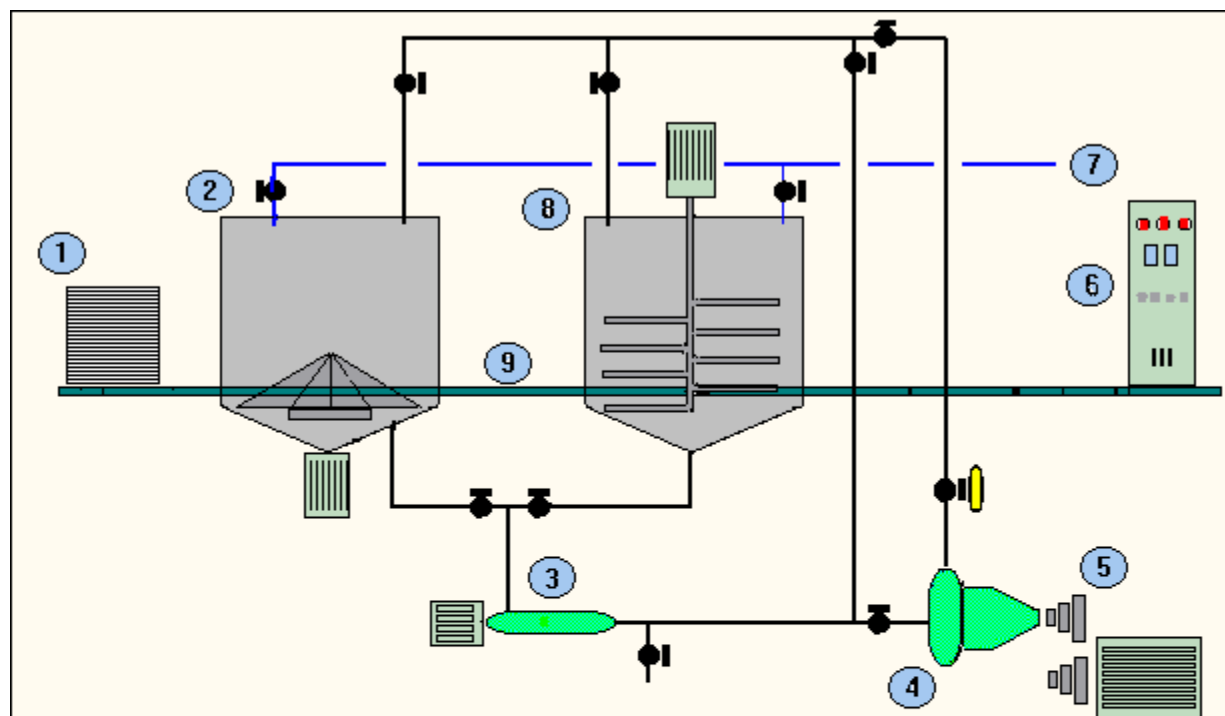
ENERGIA DE REFINO E DO TIPO DE CELULOSE UTILIZADAS NO PROCESSO

no desenvolvimento das propriedades da polpa refinada.

Experimental:

- Refino em instalação piloto:
intensidade de refino = 0,5 Ws/m
consistência = 4,5%,
discos = 3,0 x 3,0 / 5º
velocidade de rotação dos discos = 1185 rpm.
- Duas celuloses comerciais de eucalipto
(BEKP - Híbridos naturais de *Eucalyptus grandis*, Brasil).


Intensidade = 0,5 Ws/m consistência = 4,5 % discos = 3x3/5º a 1185 rpm




LEGENDA

- 1 - Celulose para Análise
- 2 - Desagregador
- 3 - Bomba de Massa
- 4 - Refinador de Discos (30 cm)
- 5 - Sistema de Polias (velocidade)
- 6 - Painel de Controle
- 7 - Água Desmineralizada
- 8 - Tanque de Massa
- 9 - Plataforma de Operação

 Válvula Automática (pressão no refinador)

 Motores Elétricos

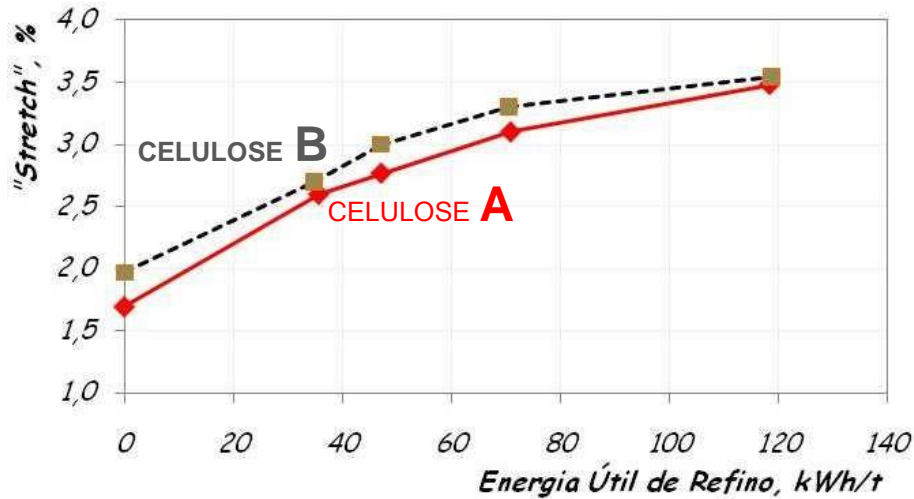
 Válvulas Manuais

$$\text{ENERGIA ÚTIL DE REFINO (QUANTIDADE)} = \frac{\text{Potência Útil de Refino (kW)}}{\text{Produção (t/h)}} \text{ (kWh/t)}$$

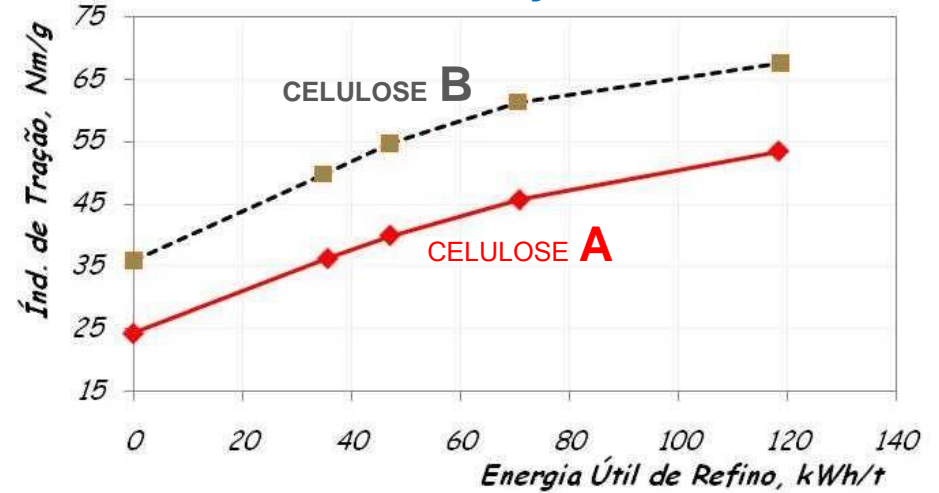
Vazão ↑ ↑ **Consistência**

EFEITO DA "QUANTIDADE" DE REFINO E DO "TIPO" DE CELULOSE

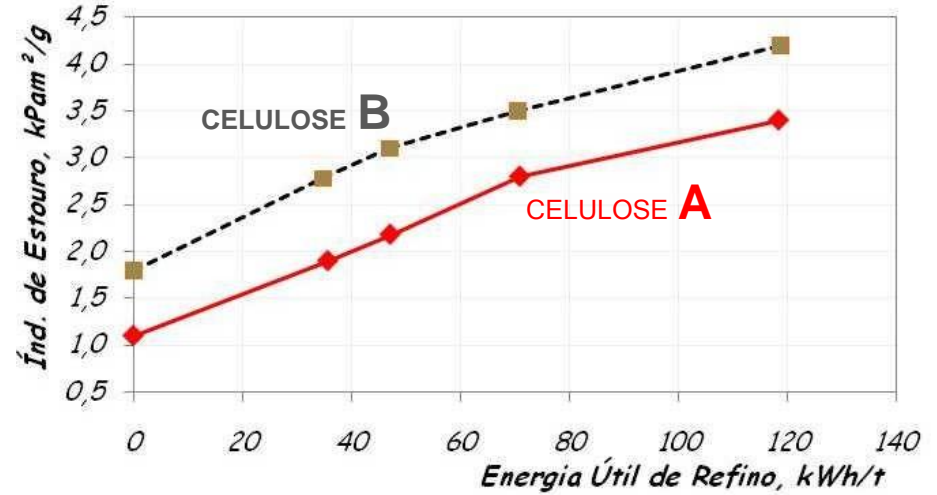
ALONGAMENTO



ÍNDICE DE TRAÇÃO



ÍNDICE DE ESTOURO

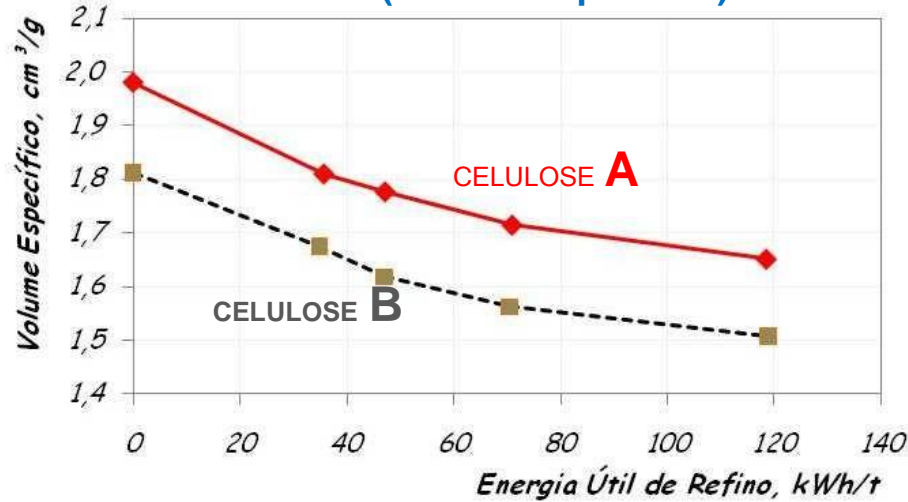


Intensidade = 0,5 Ws/m

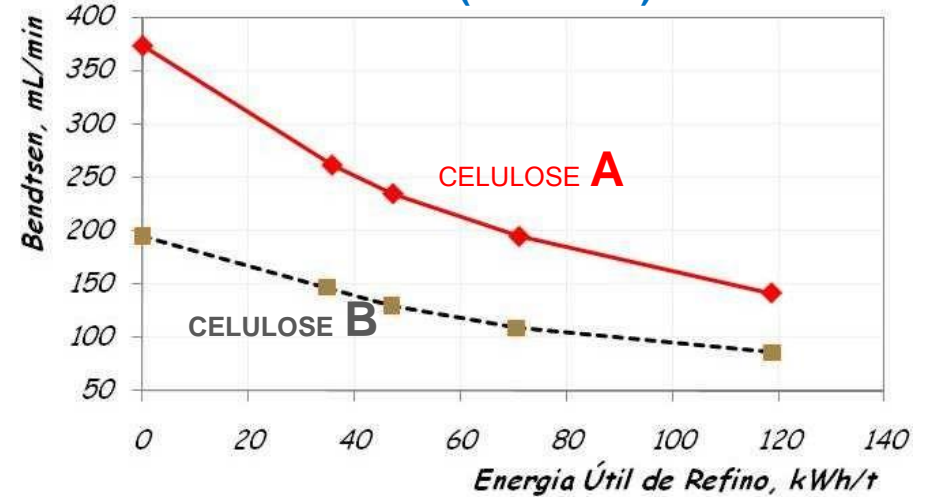
consistência = 4,5 %

discos = 3x3/5º a 1185 rpm

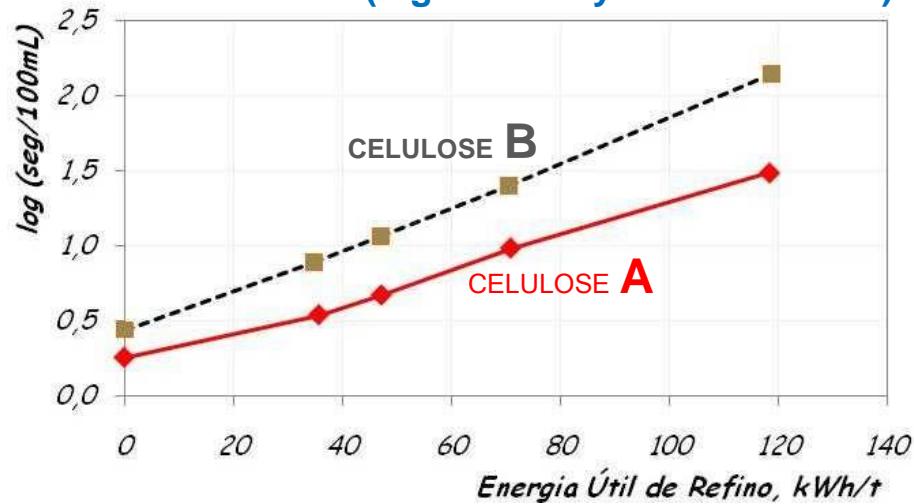
“BULK” (Volume Específico)



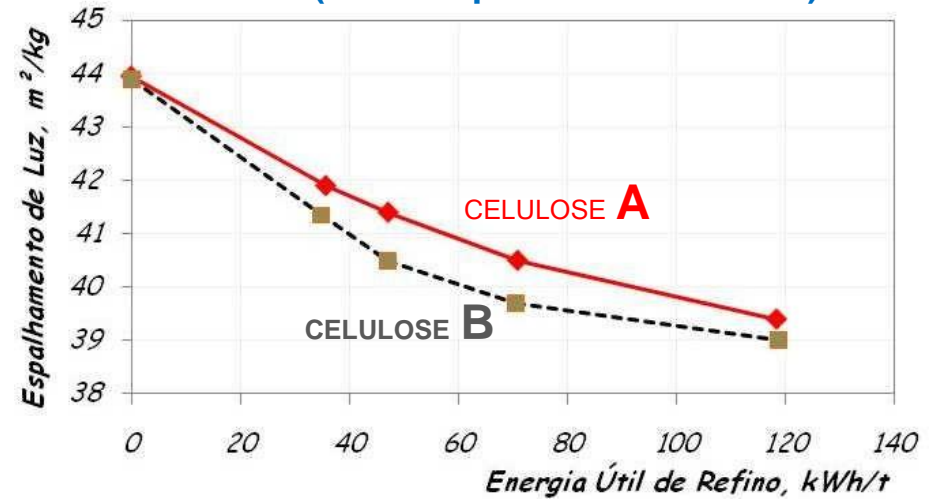
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)



“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)

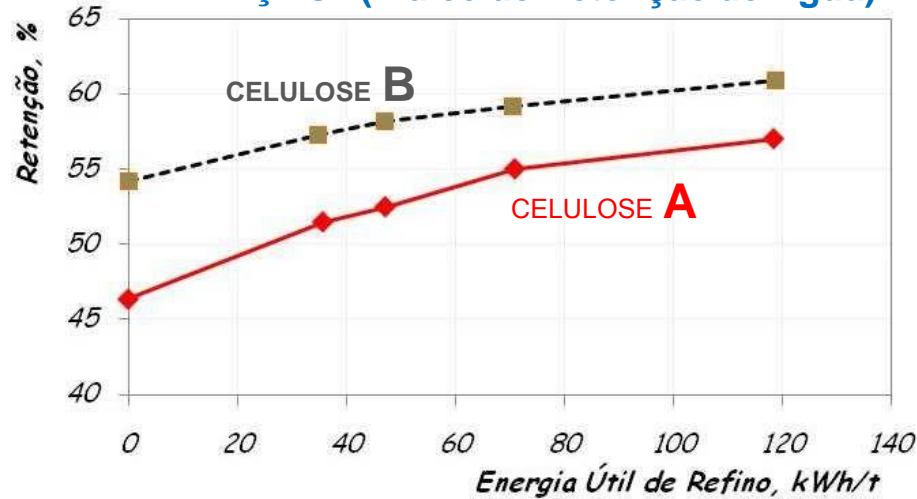


Intensidade = 0,5 Ws/m

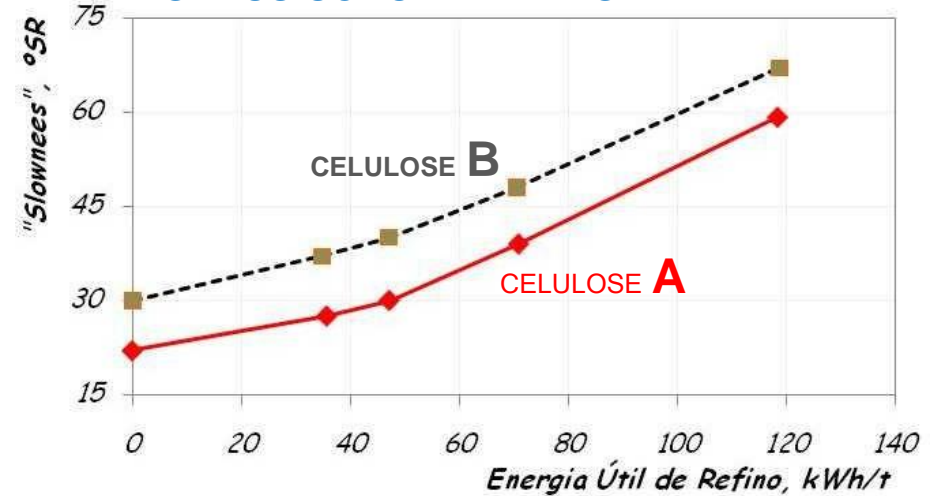
consistência = 4,5 %

discos = 3x3/5º a 1185 rpm

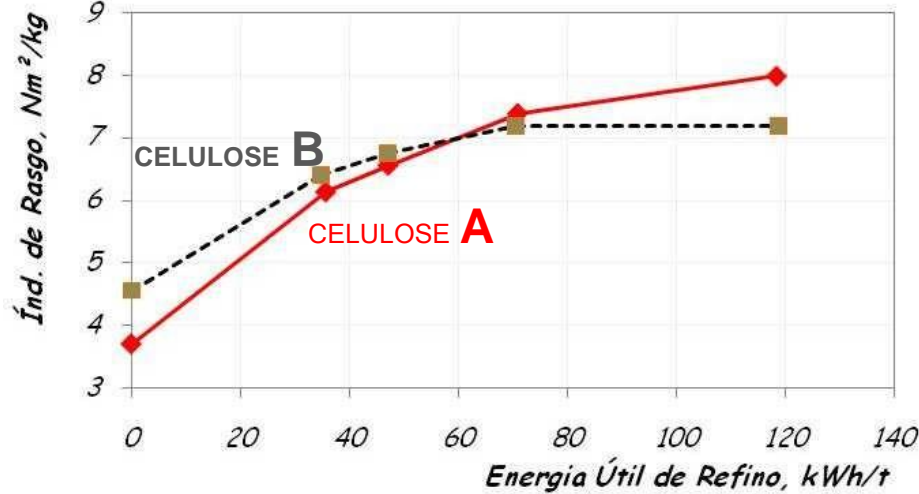
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)

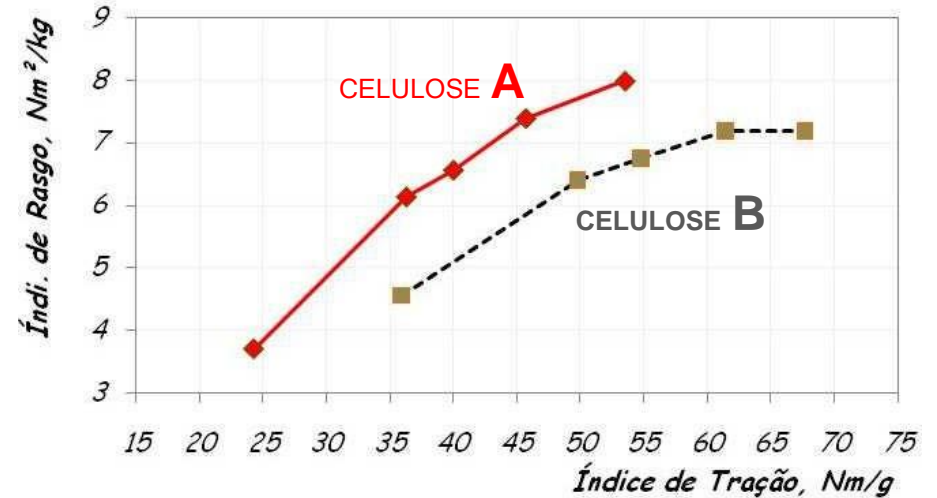


**A “QUANTIDADE” DE REFINO
E O “TIPO” DE CELULOSE TÊM
EFEITO SIGNIFICATIVO
NOS RESULTADOS DO REFINO.
- Consumo de Energia**

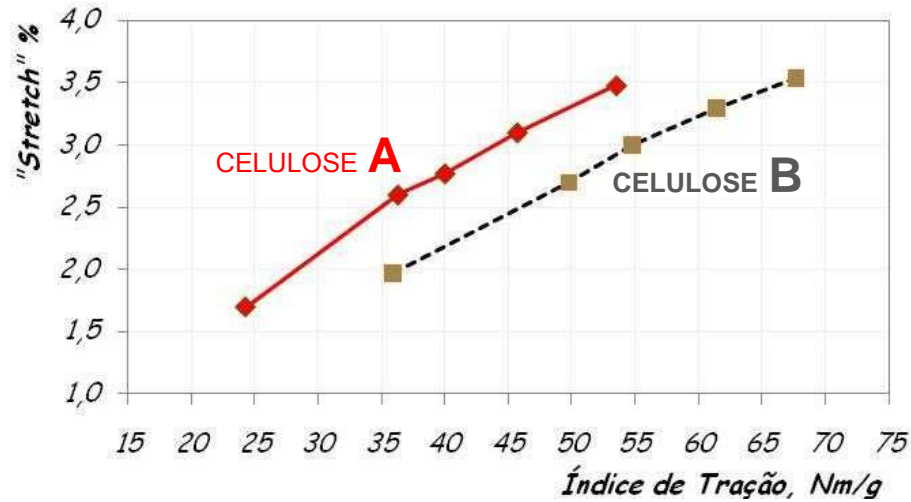
Intensidade = 0,5 Ws/m consistência = 4,5 % discos = 3x3/5º a 1185 rpm

COMPARAÇÕES A UMA MESMA
CONSOLIDAÇÃO
DA ESTRUTURA DO PAPEL
(Índice de Tração, Nm/g)

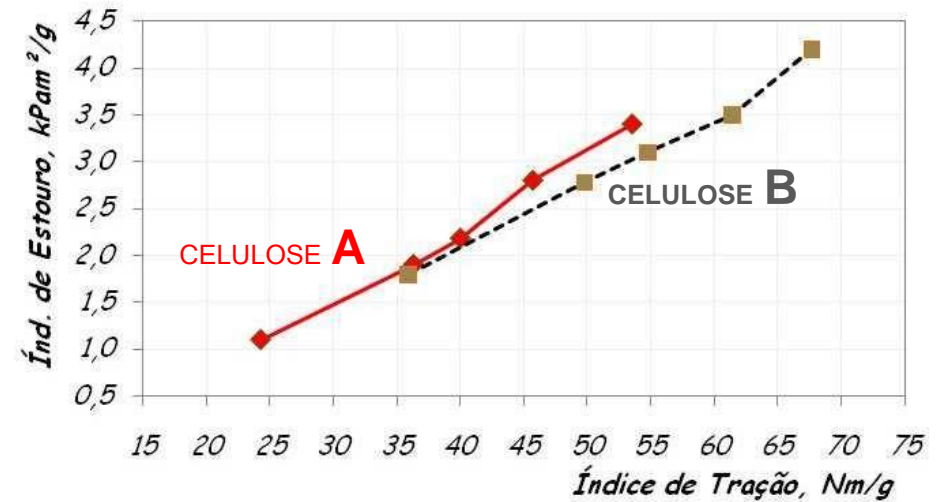
ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



ALONGAMENTO



ÍNDICE DE ESTOURO

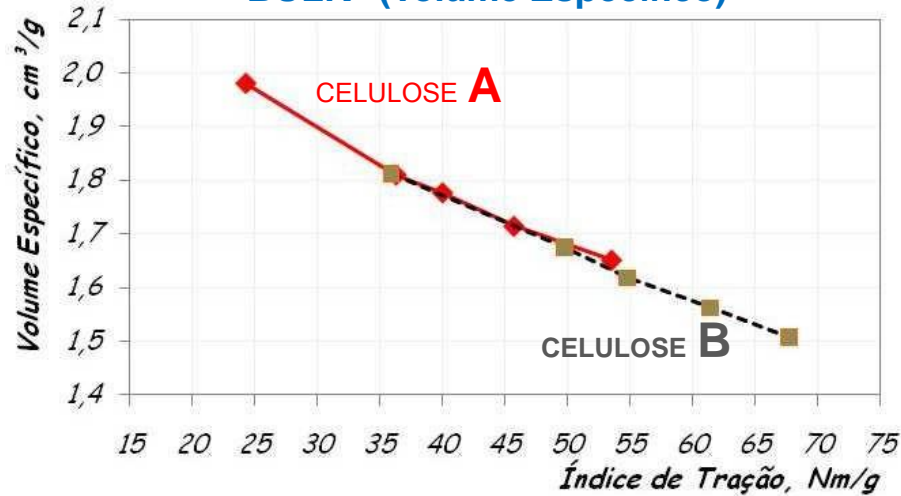


Intensidade = 0,5 Ws/m

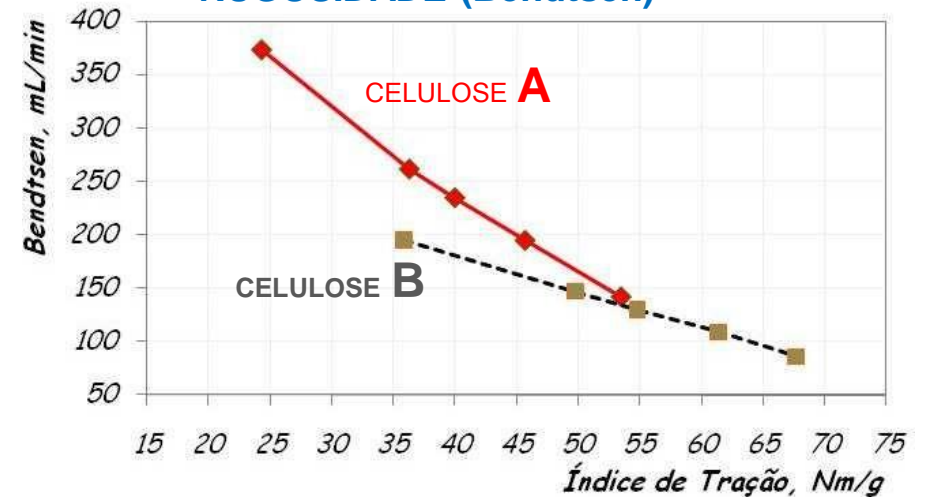
consistência = 4,5 %

discos = 3x3/5º a 1185 rpm

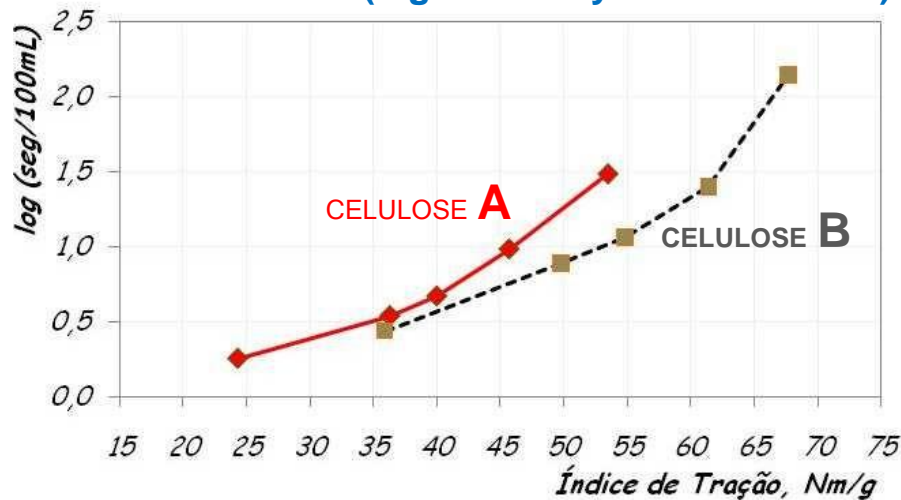
“BULK” (Volume Específico)



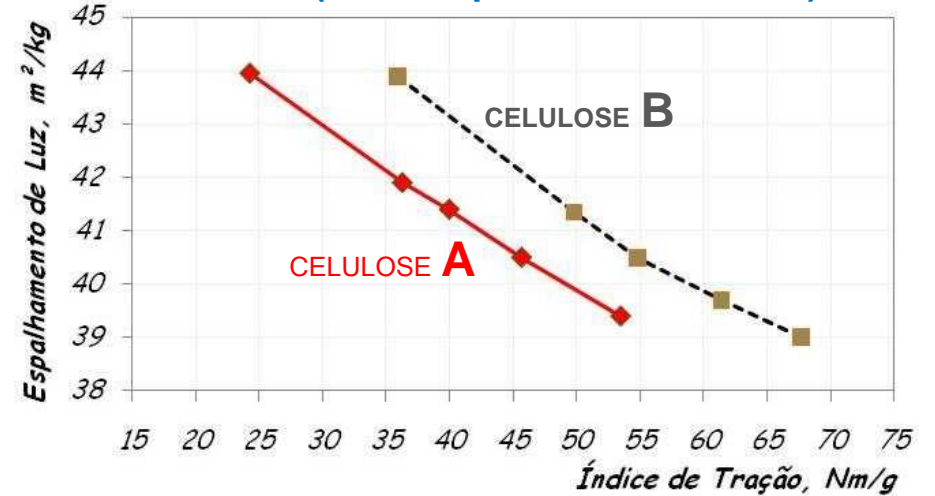
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)



“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)

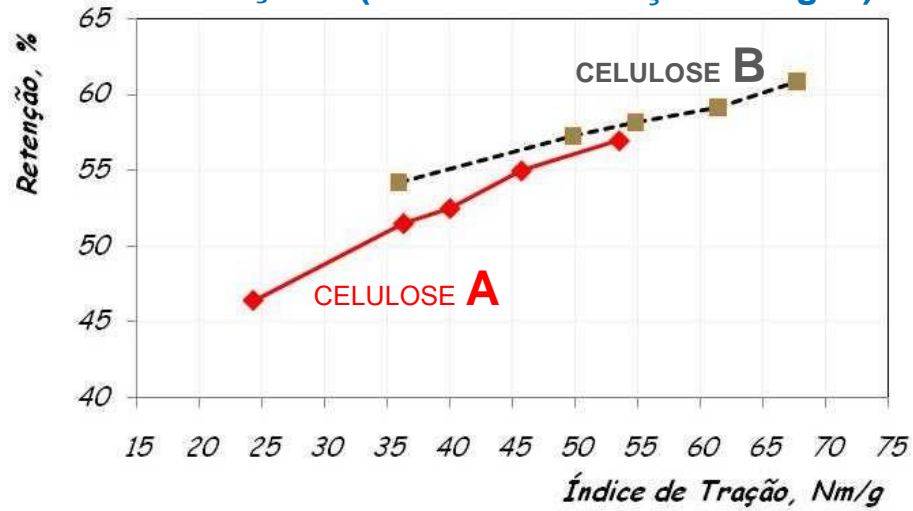


Intensidade = 0,5 Ws/m

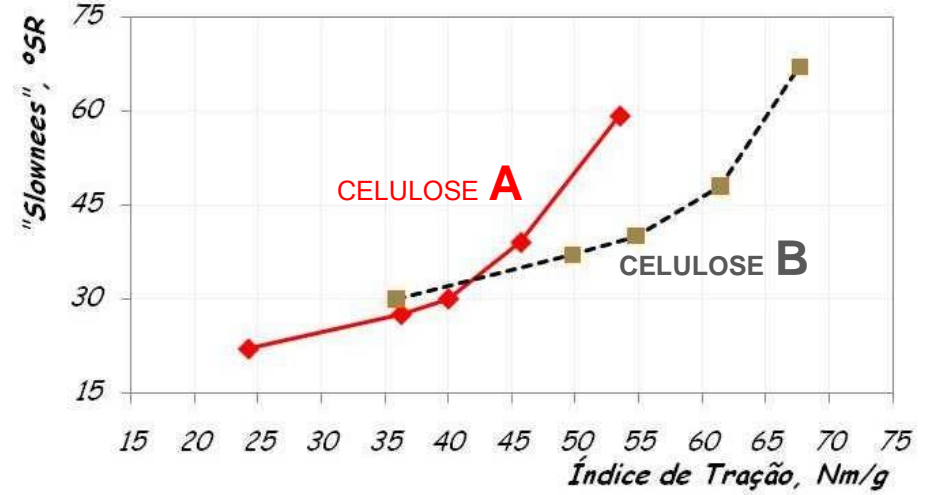
consistência = 4,5 %

discos = 3x3/5º a 1185 rpm

“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



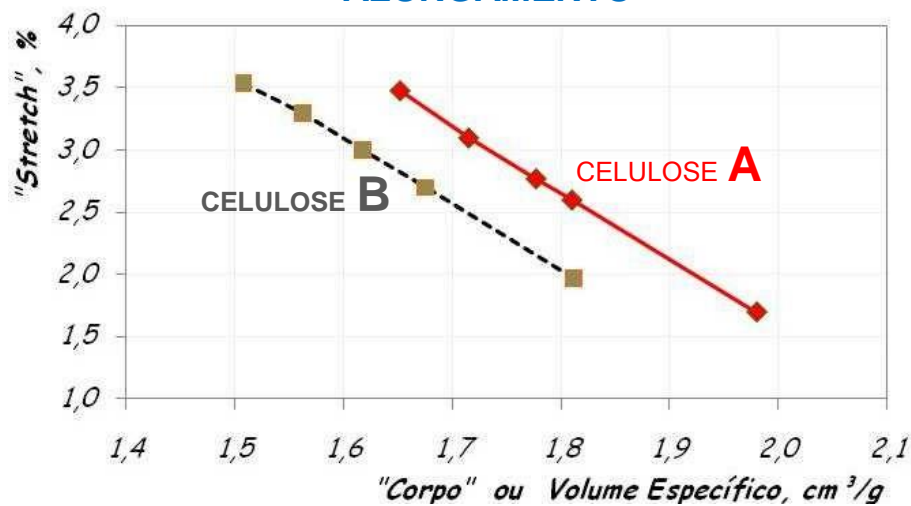
Intensidade = 0,5 Ws/m

consistência = 4,5 %

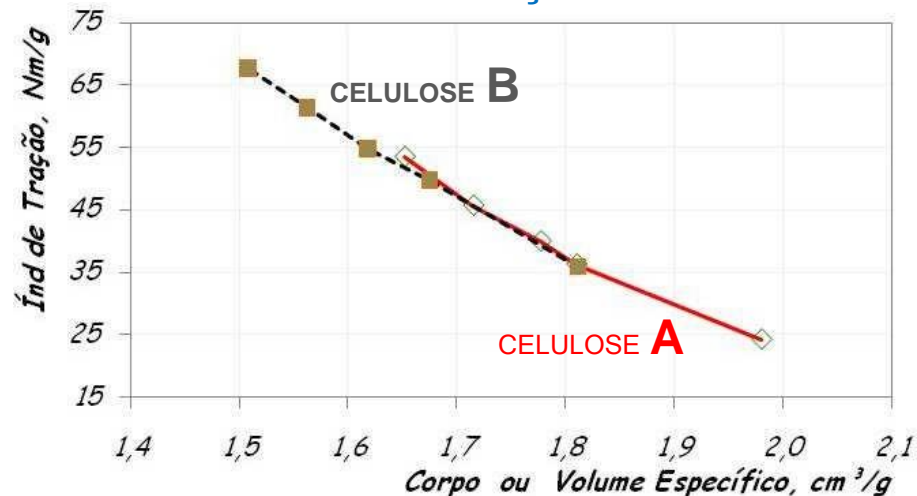
discos = 3x3/5º a 1185 rpm

**COMPARAÇÕES A UMA MESMA
COMPACTAÇÃO
DA ESTRUTURA DO PAPEL
("Bulk" ou Volume Específico, cm^3/g)**

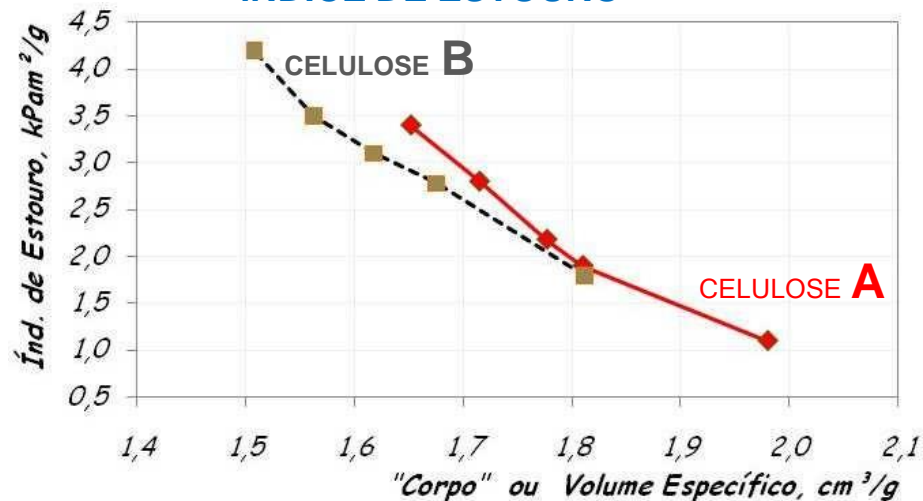
ALONGAMENTO



ÍNDICE DE TRAÇÃO



ÍNDICE DE ESTOURO

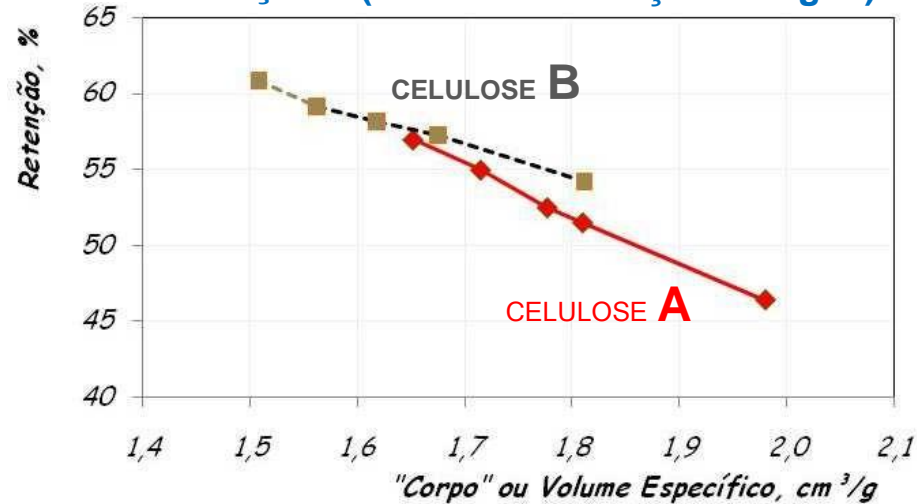


Intensidade = 0,5 Ws/m

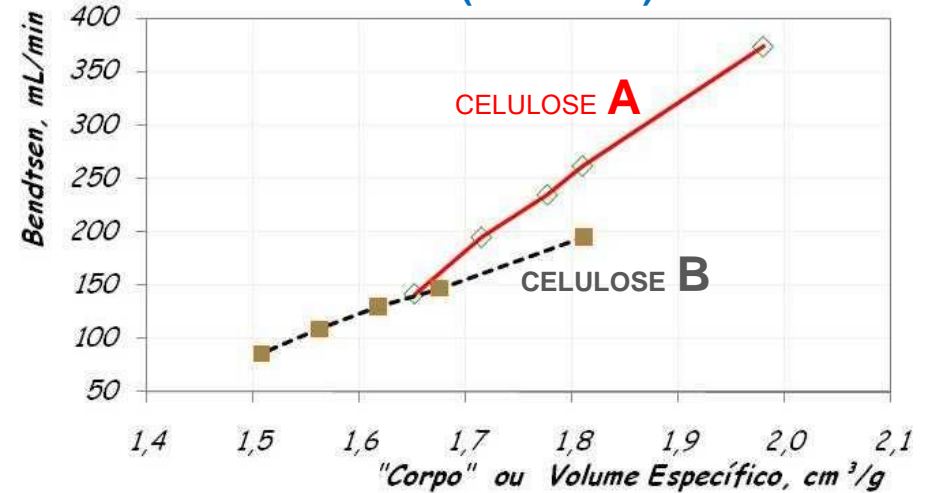
consistência = 4,5 %

discos = 3x3/5º a 1185 rpm

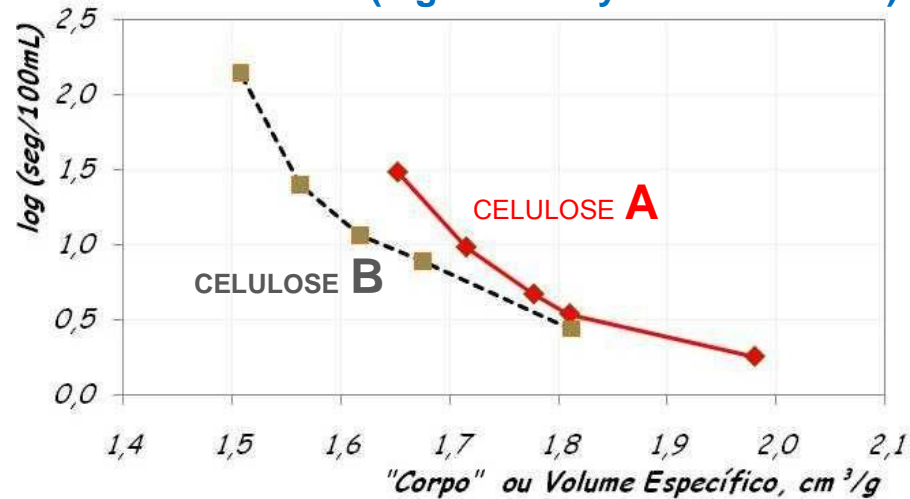
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



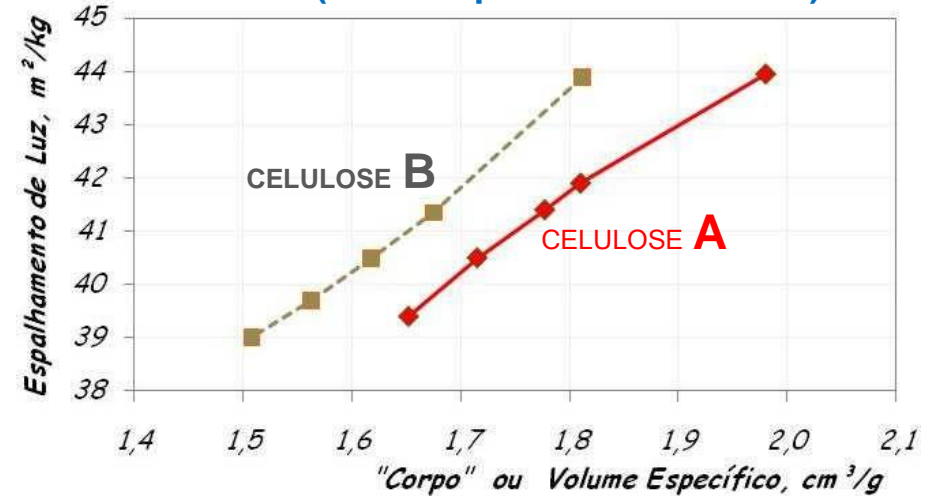
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)

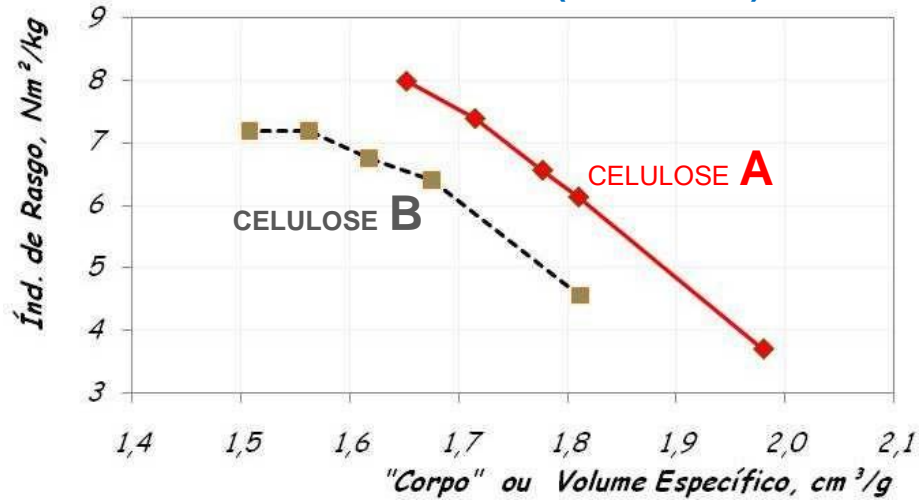


“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)

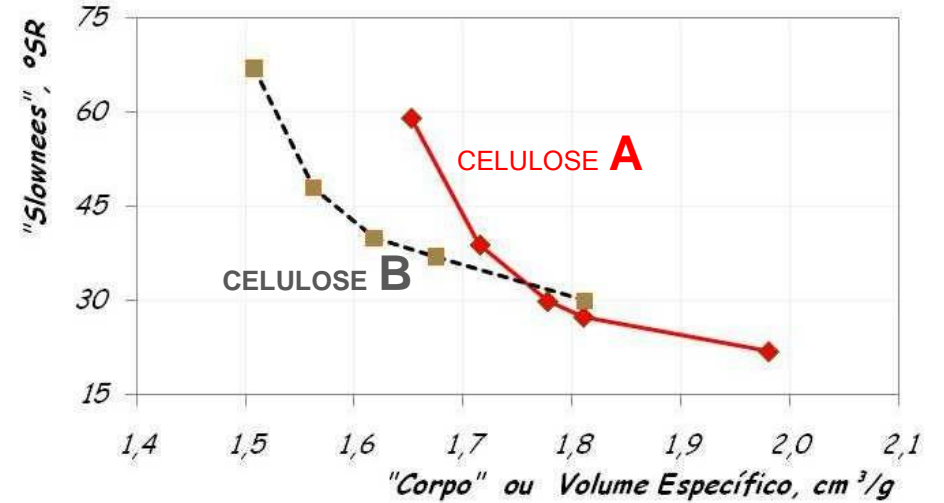


Intensidade = 0,5 Ws/m consistência = 4,5 % discos = 3x3/5º a 1185 rpm

INDICE DE RASGO (Elmendorf)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



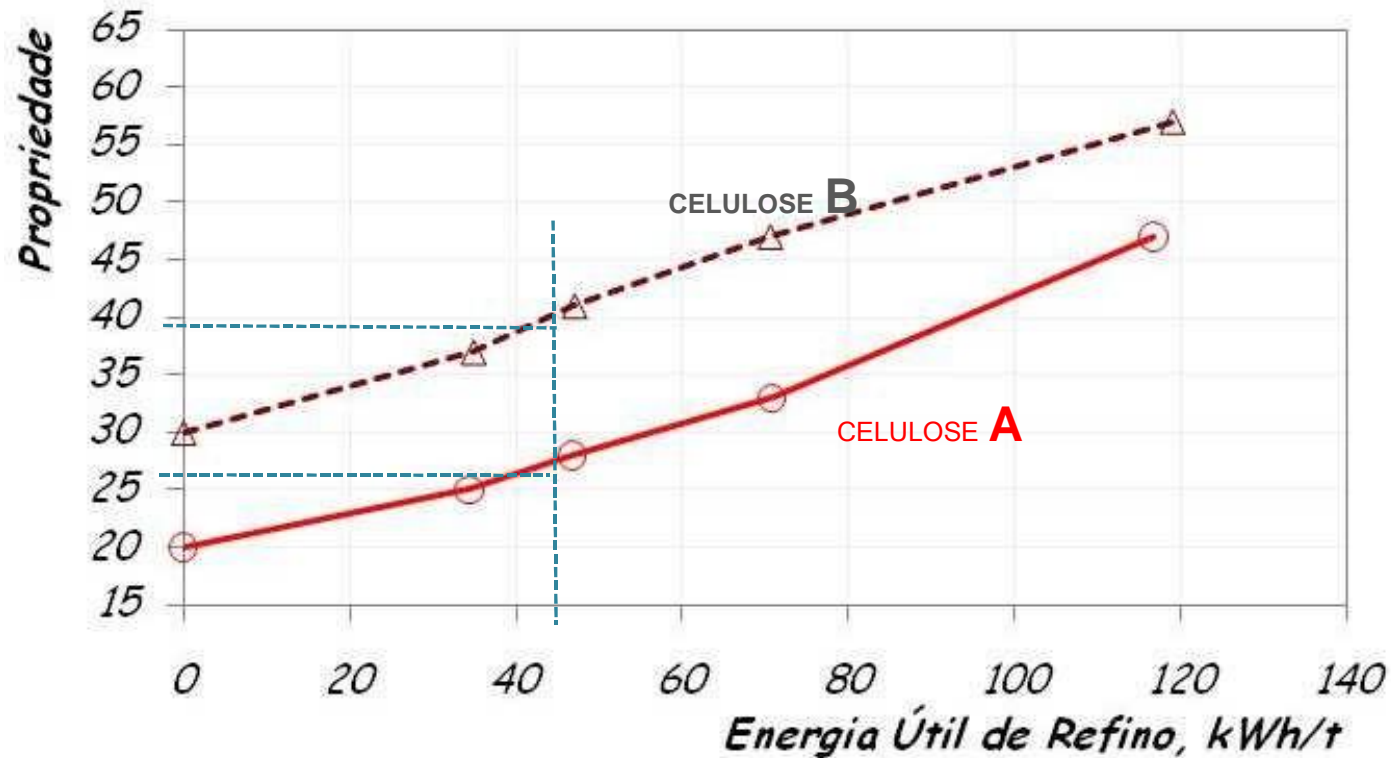
Intensidade = 0,5 Ws/m

consistência = 4,5 %

discos = 3x3/5º a 1185 rpm

Sumário:

A energia líquida de refino (potência útil aplicada) e o tipo de celulose a ser refinada são duas importantes variáveis operacionais do processo.



Avaliação do efeito da

INTENSIDADE DE REFINO

no desenvolvimento das propriedades da polpa refinada.



Experimental:

- Mesma celulose (BEKP – Híbridos naturais de *Eucalyptus grandis*, Brasil.

- Mesma condição operacional da instalação de refino:
consistência de refino = 4,5 %.

disco = 2,5 x 3,5 / 5° com velocidade de rotação = 1185 rpm
gerando, portanto, comprimento total de corte de 14,94 km/s.

- Variação apenas na intensidade de refino:
intensidades de refino avaliadas

0,30 Ws/m

0,50 Ws/m

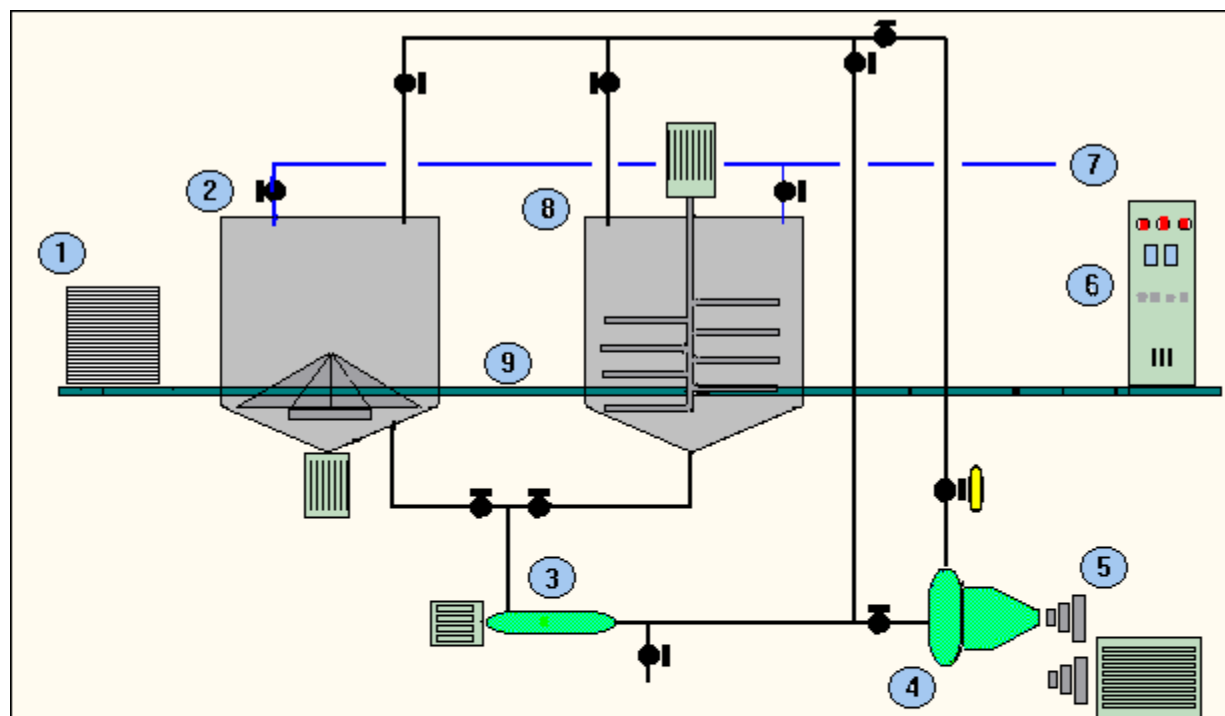
0,75 Ws/m

1,00Ws/m

1,25 Ws/m.

Referência [38]:

Manfredi, V. - Optimizing Eucalyptus Pulp Refining. *In*: International Papermaking & Environment Conference. Ed. Yang, S.; Ni, Y. e Liu, Z. Tianjin University of Science and Technology, Tianjin - China: 12-14/05/2004. Book A pgs. 41-50 [38].




LEGENDA

- 1 - Celulose para Análise
- 2 - Desagregador
- 3 - Bomba de Massa
- 4 - Refinador de Discos (30 cm)
- 5 - Sistema de Polias (velocidade)
- 6 - Painel de Controle
- 7 - Água Desmineralizada
- 8 - Tanque de Massa
- 9 - Plataforma de Operação

 Válvula Automática (pressão no refinador)

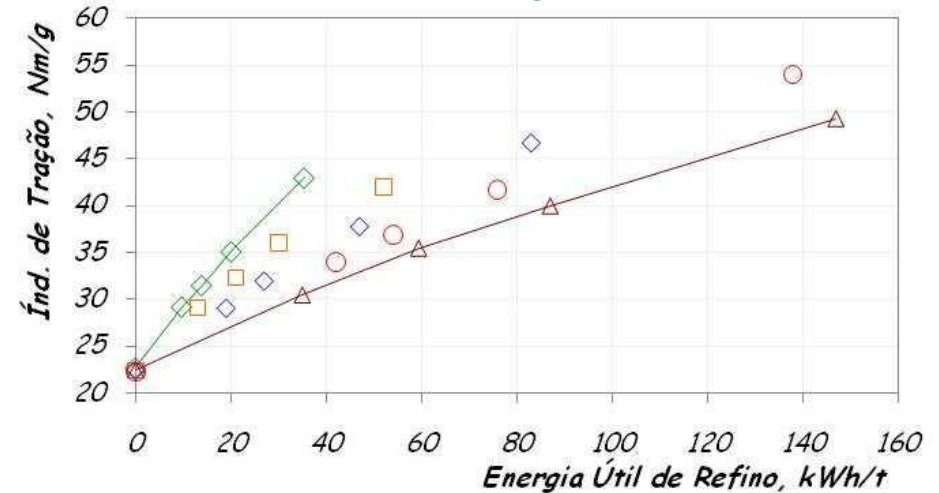
 Motores Elétricos

 Válvulas Manuais

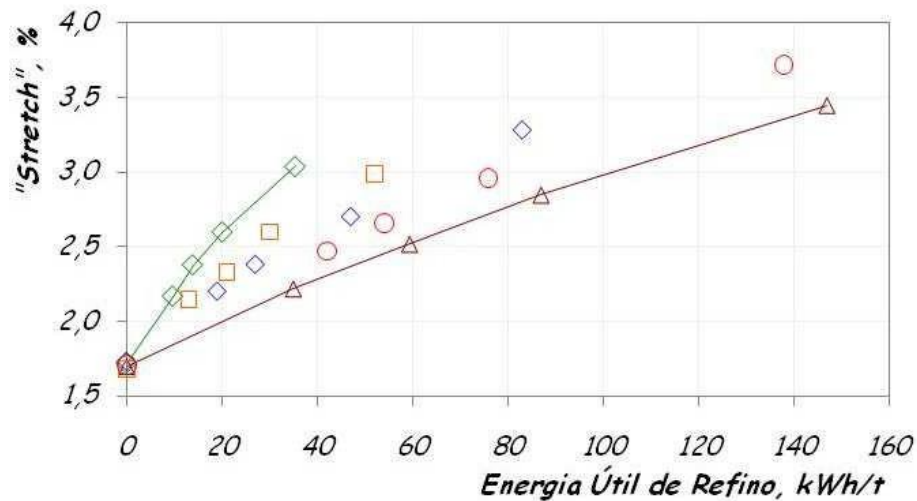
COMPARAÇÃO A UMA MESMA
ENERGIA DE REFINO
(kWh/t)

“QUANTIDADE”

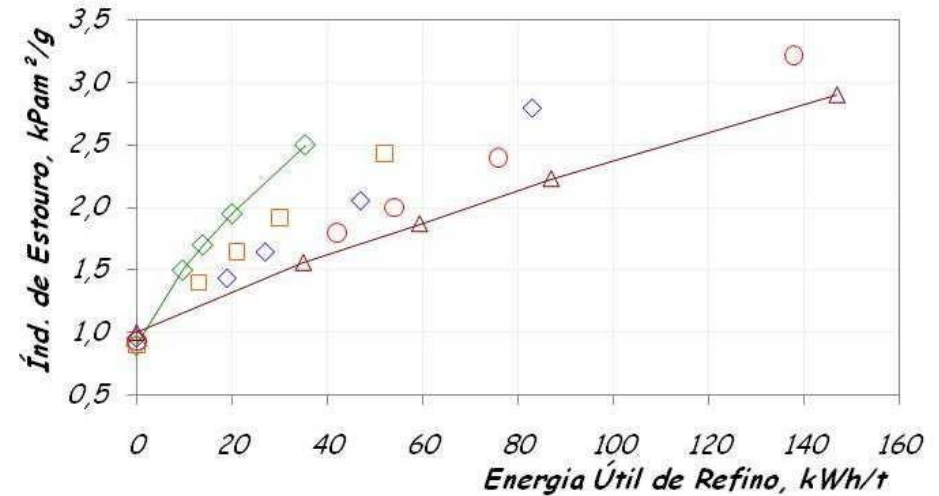
ÍNDICE DE TRAÇÃO



ALONGAMENTO

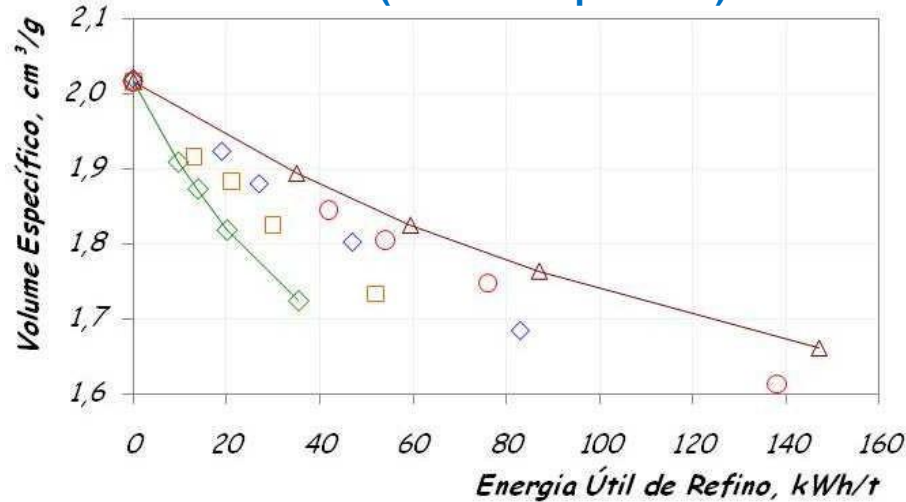


ÍNDICE DE ESTOURO

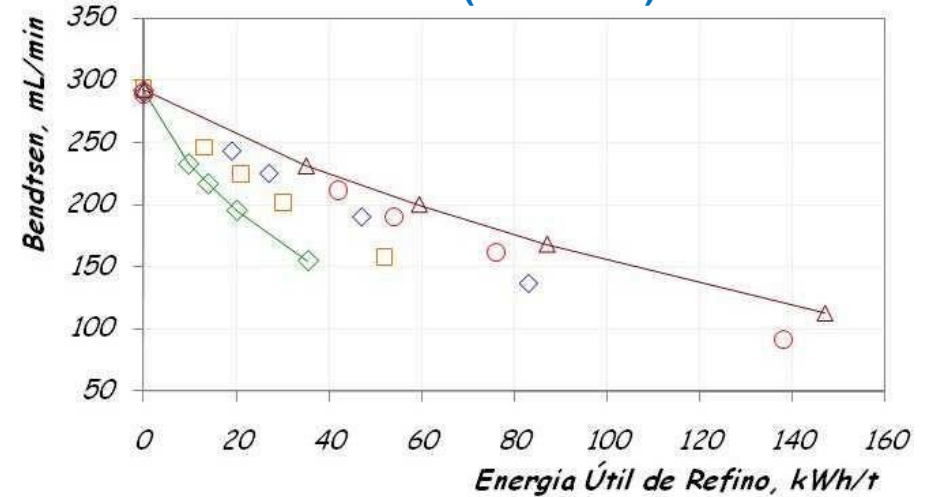


◆ 0.3 Ws/m
 ■ 0.5 Ws/m
 ◆ 0.75 Ws/m
 ○ 1.0 Ws/m
 △ 1.25 Ws/m
 Consistência = 4,5 % 1185 rpm discos 2,5 x 3,5 / 5º

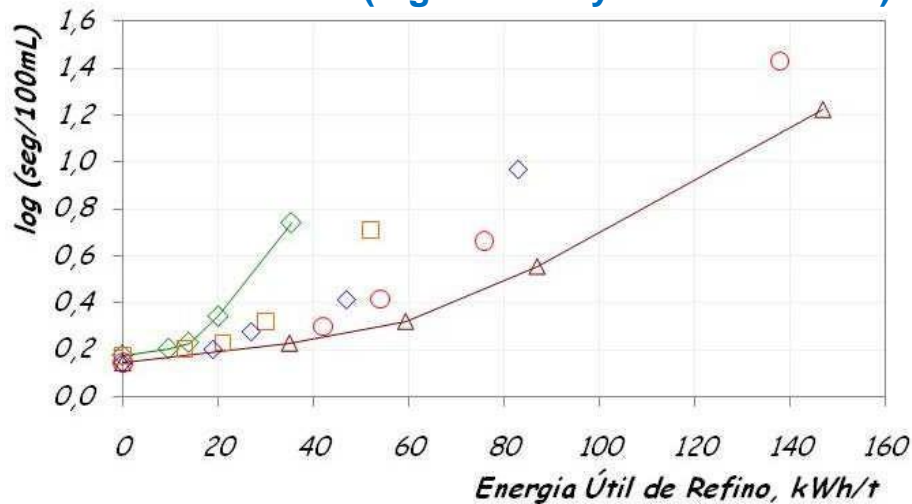
“BULK” (Volume Específico)



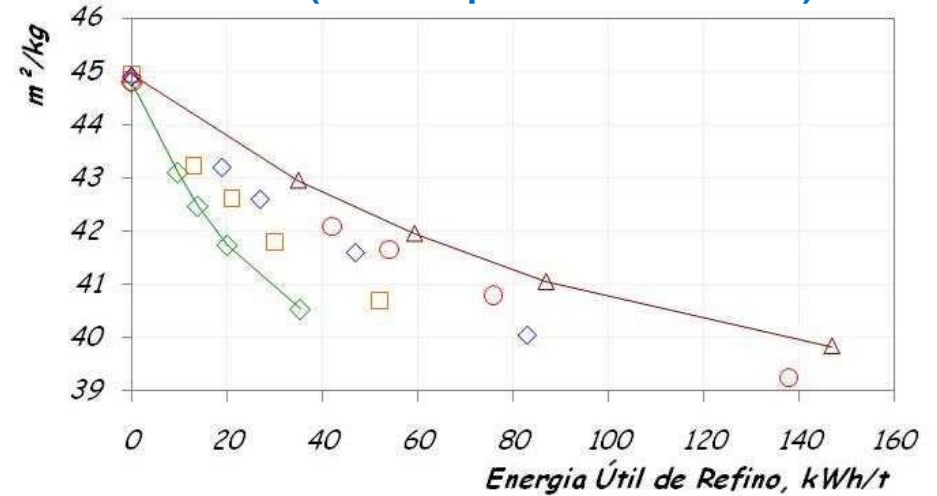
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)

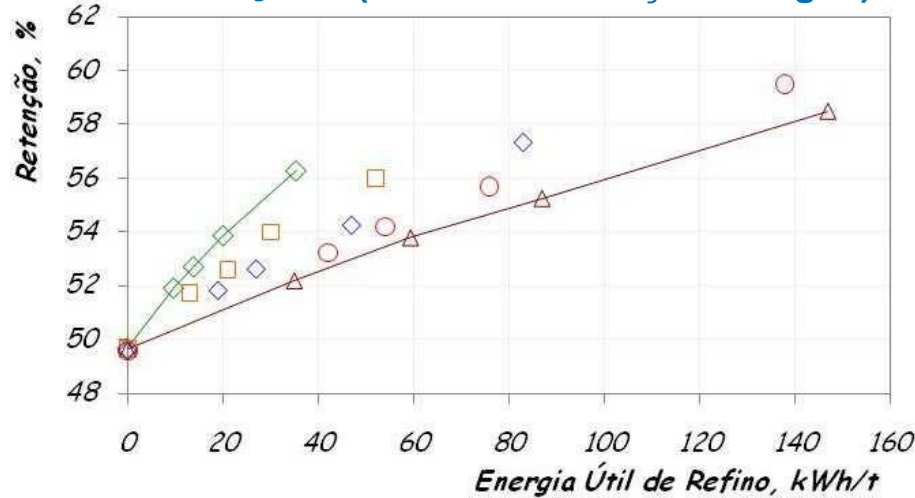


“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)

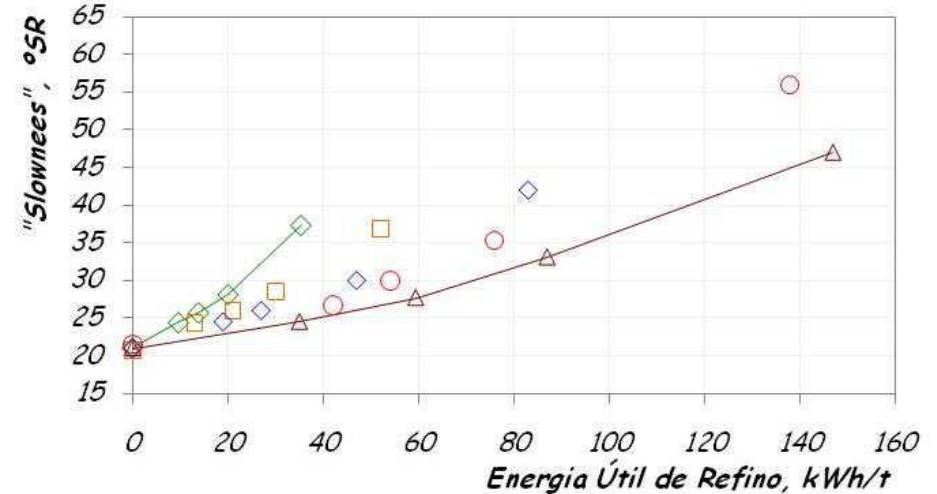


◆ 0.3 Ws/m
 □ 0.5 Ws/m
 ◇ 0.75 Ws/m
 ○ 1.0 Ws/m
 △ 1.25 Ws/m
 Consistência = 4,5 % 1185 rpm discos 2,5 x 3,5 / 5º

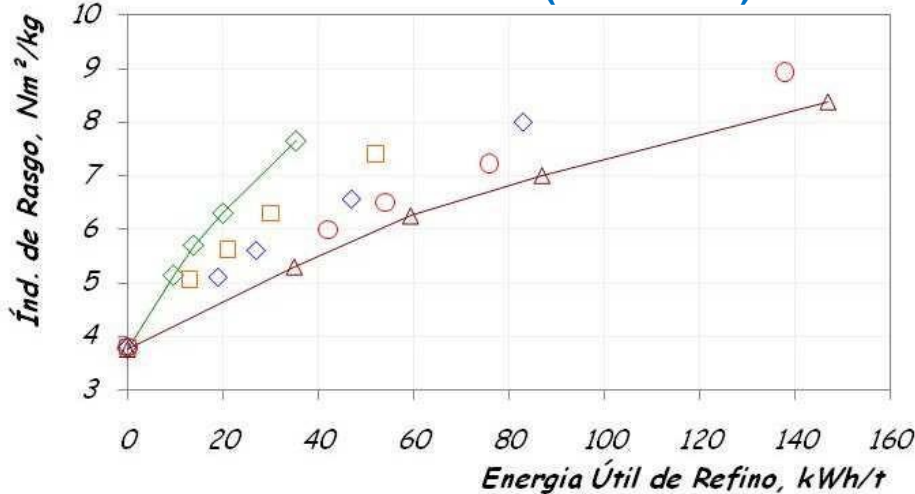
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



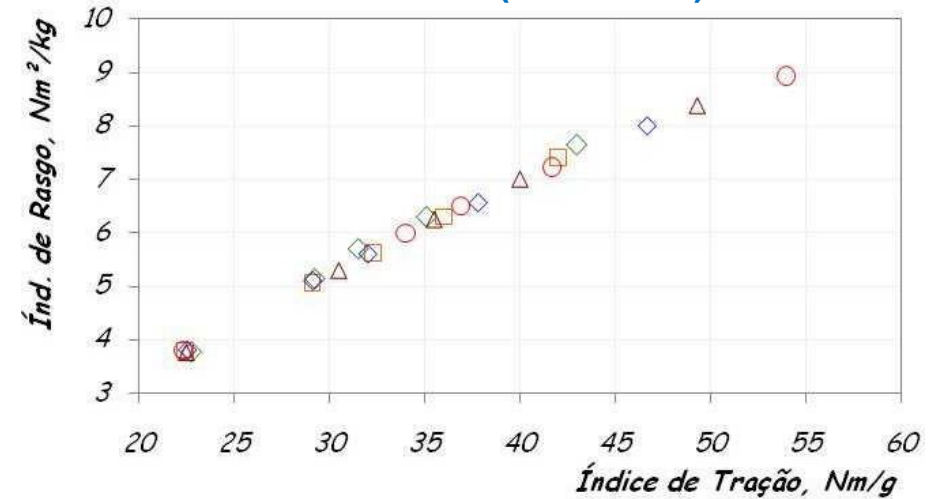
OS RESULTADOS CONFIRMAM A NECESSIDADE DE DOIS PARÂMETROS (QUANTIDADE E QUALIDADE) PARA CARACTERIZAR O REFINO.

◆ 0.3 Ws/m □ 0.5 Ws/m ◇ 0.75 Ws/m ○ 1.0 Ws/m △ 1.25 Ws/m

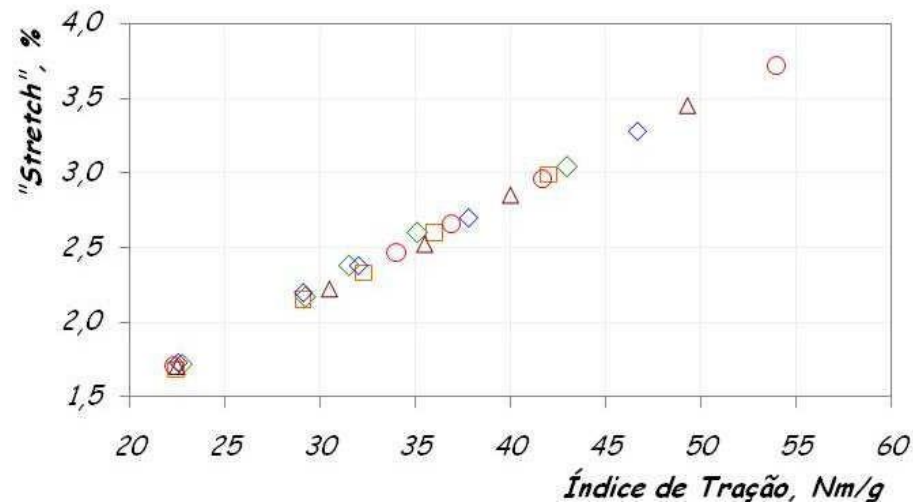
Consistência = 4,5 % 1185 rpm discos 2,5 x 3,5 / 5º

**COMPARAÇÕES A UMA MESMA
CONSOLIDAÇÃO
DA ESTRUTURA DO PAPEL
(Índice de Tração, Nm/g)**

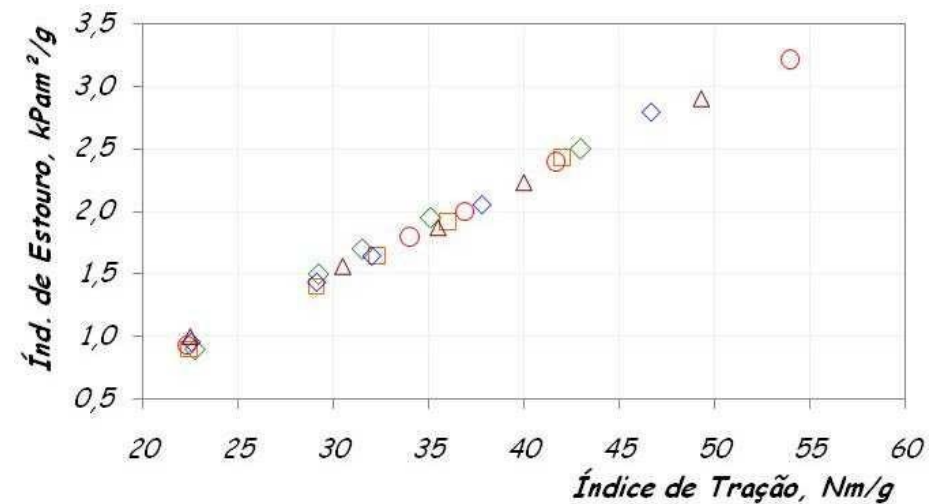
ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



ALONGAMENTO



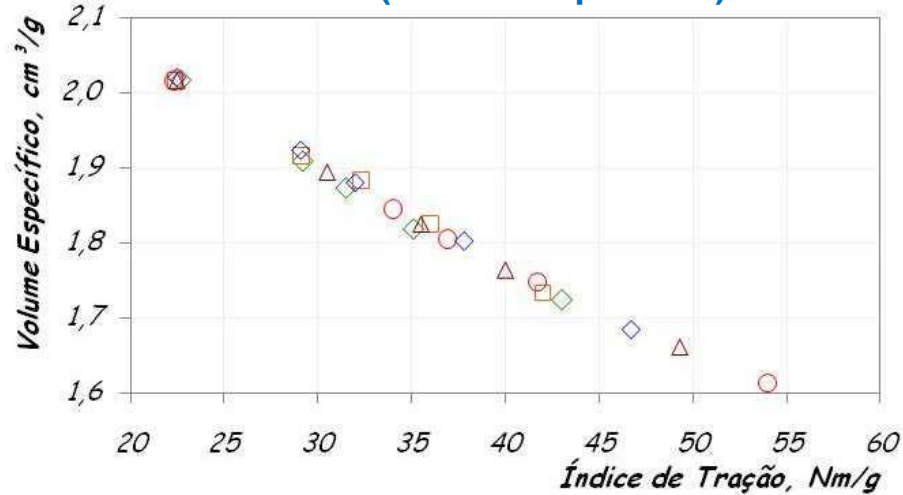
ÍNDICE DE ESTOURO



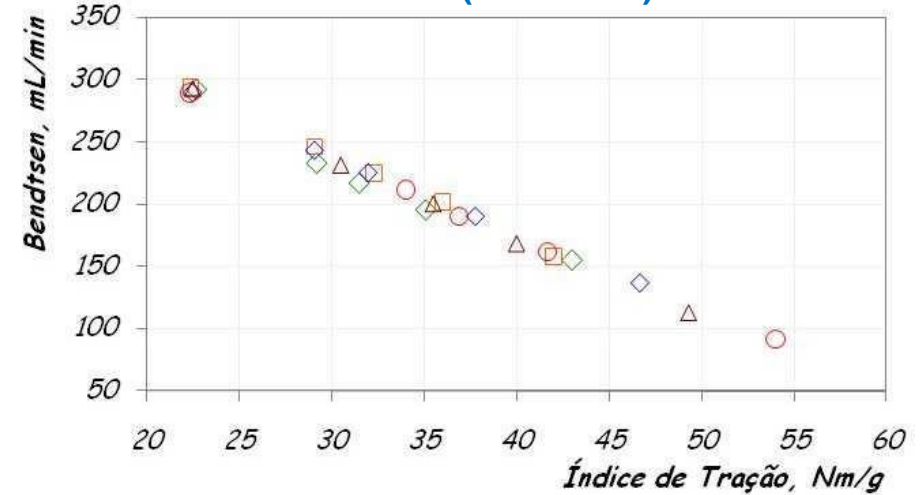
◆ 0.3 Ws/m
 ■ 0.5 Ws/m
 ◇ 0.75 Ws/m
 ○ 1.0 Ws/m
 △ 1.25 Ws/m

Consistência = 4,5 % 1185 rpm discos 2,5 x 3,5 / 5º

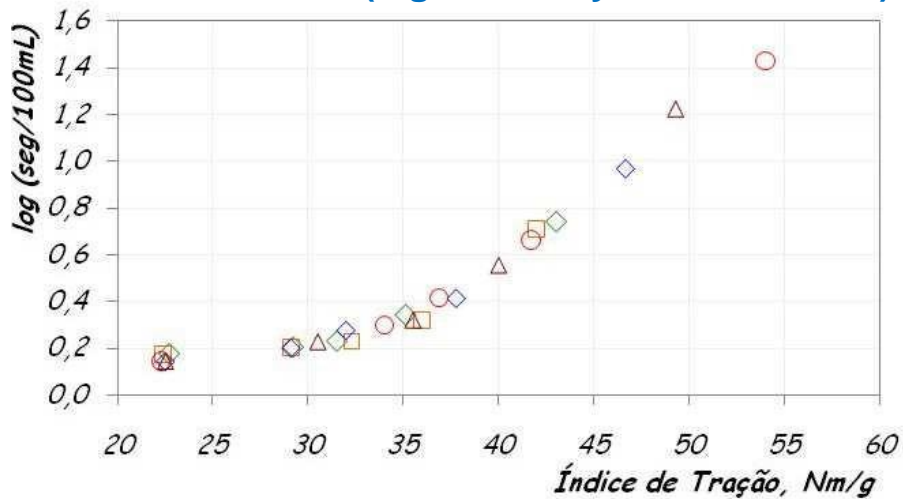
“BULK” (Volume Específico)



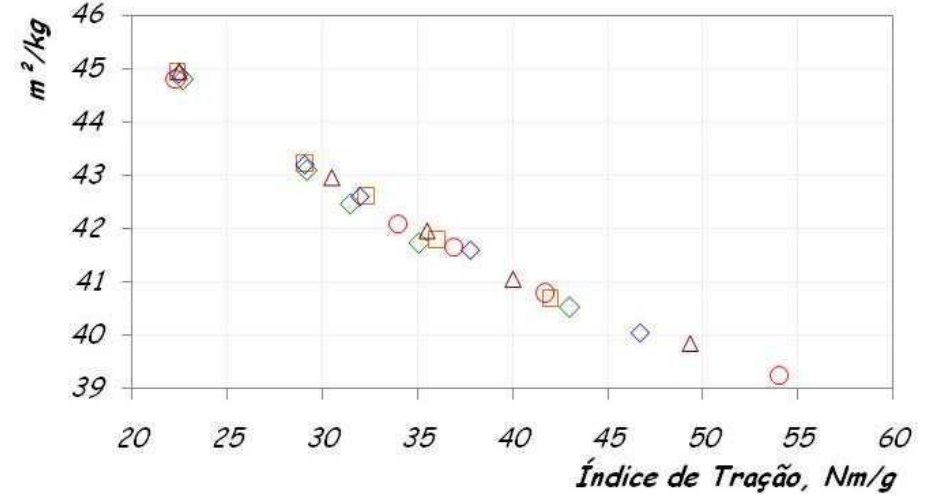
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)



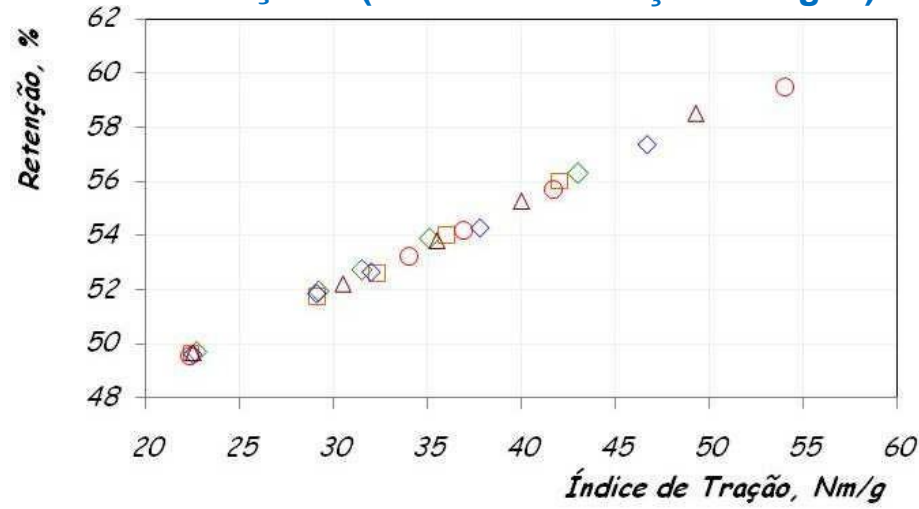
“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)



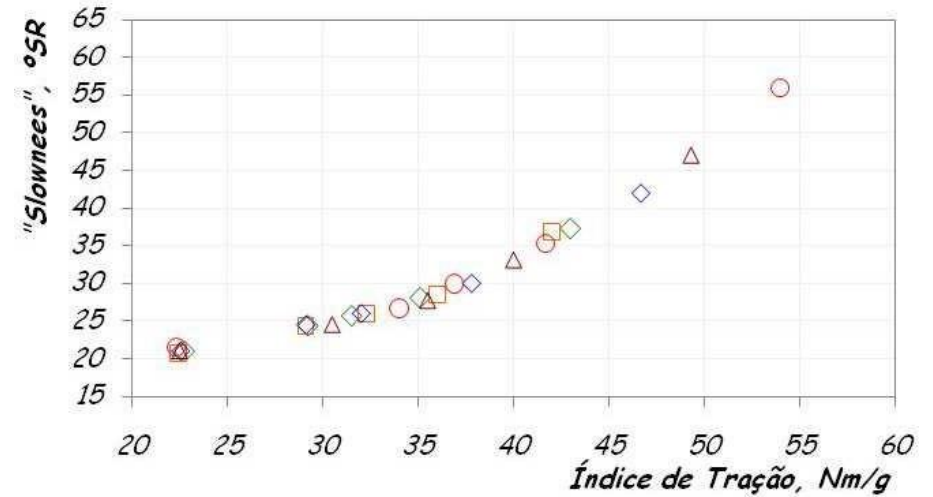
◆ 0.3 Ws/m
 ◻ 0.5 Ws/m
 ◊ 0.75 Ws/m
 ○ 1.0 Ws/m
 △ 1.25 Ws/m

Consistência = 4,5 % 1185 rpm discos 2,5 x 3,5 / 5º

“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER

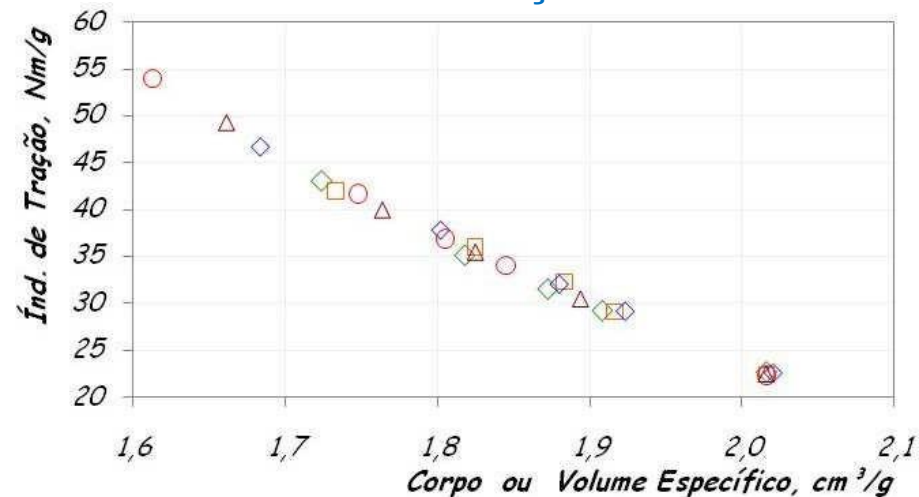


◇ 0.3 Ws/m
 □ 0.5 Ws/m
 ◇ 0.75 Ws/m
 ○ 1.0 Ws/m
 △ 1.25 Ws/m

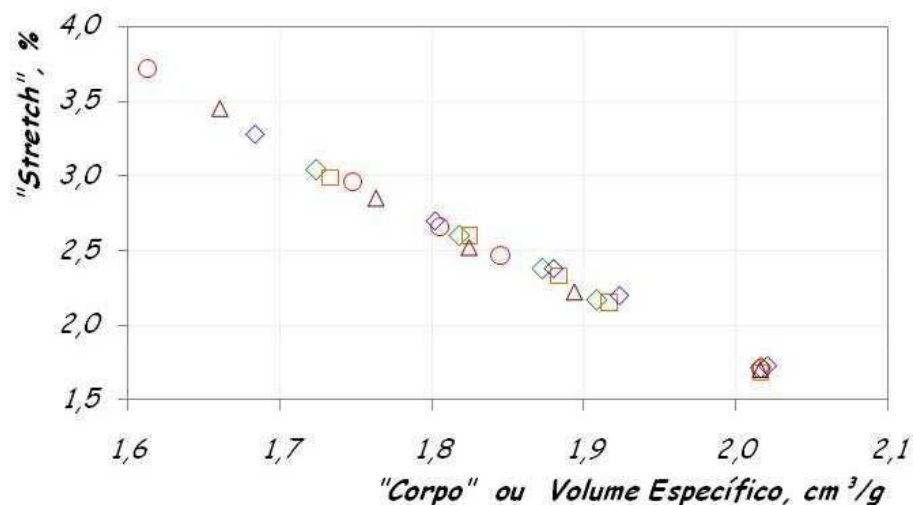
Consistência = 4,5 %
 1185 rpm
 discos 2,5 x 3,5 / 5º

**COMPARAÇÕES A UMA MESMA
COMPACTAÇÃO
DA ESTRUTURA DO PAPEL
("Bulk" ou Volume Específico, cm^3/g)**

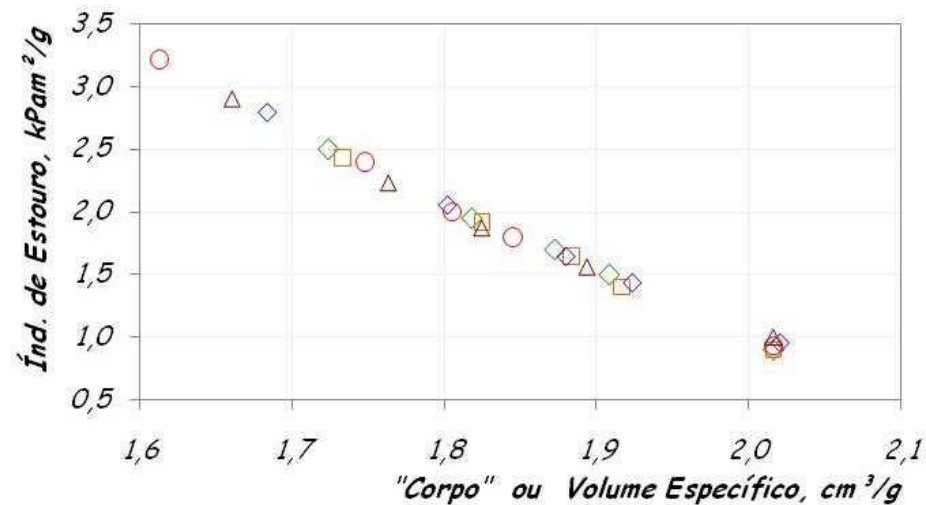
ÍNDICE DE TRAÇÃO



ALONGAMENTO

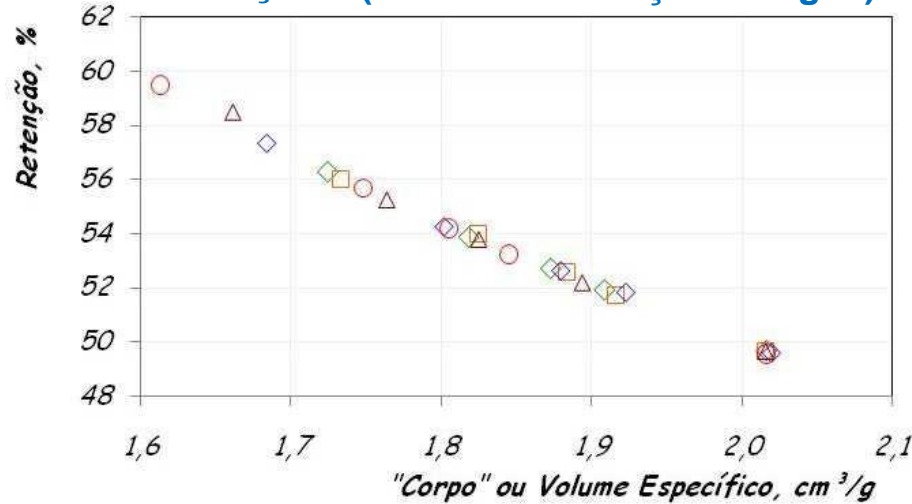


ÍNDICE DE ESTOURO

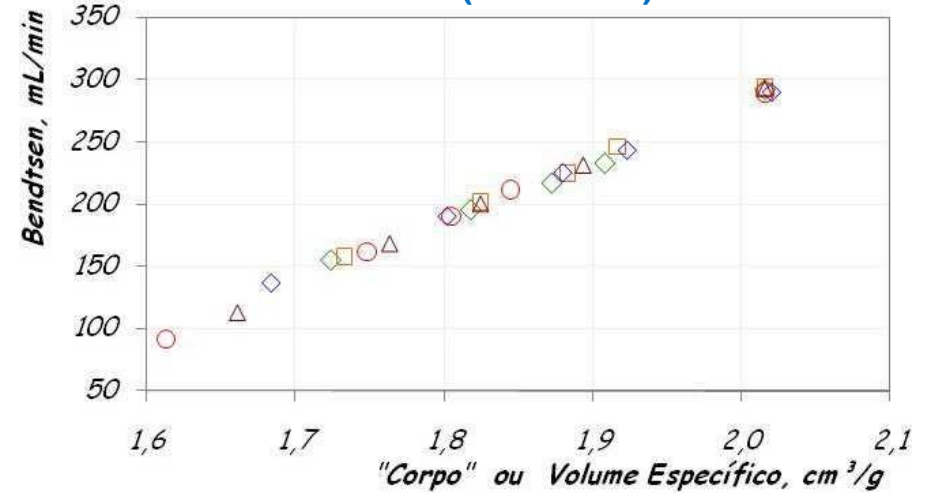


0.3 Ws/m
 0.5 Ws/m
 0.75 Ws/m
 1.0 Ws/m
 1.25 Ws/m
 Consistência = 4,5 % 1185 rpm discos 2,5 x 3,5 / 5º

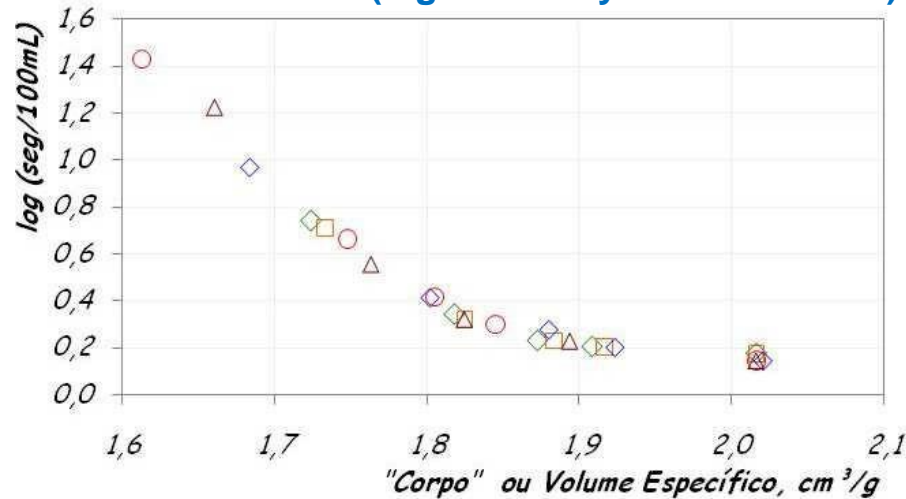
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



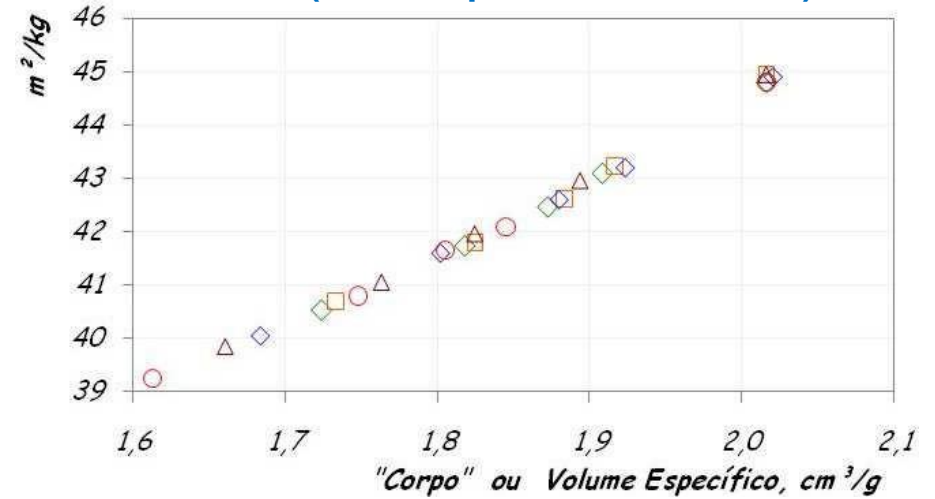
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)



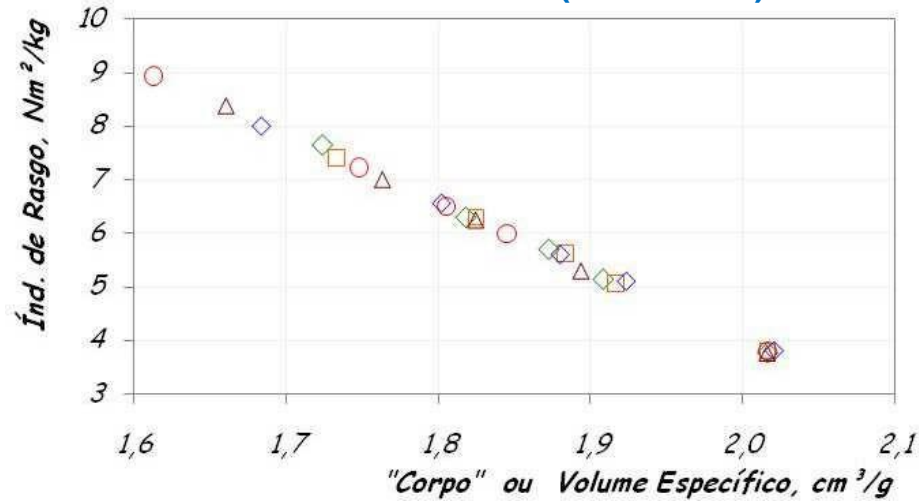
“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)



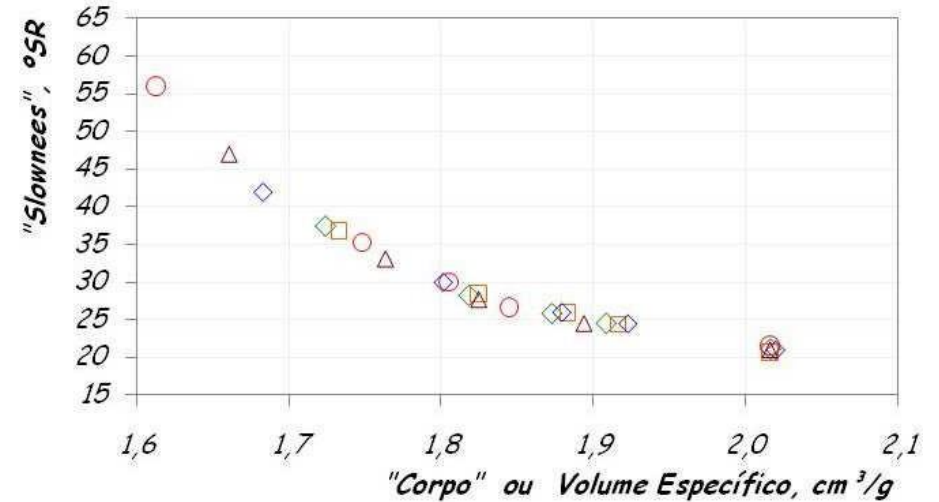
◆ 0.3 Ws/m
 ◻ 0.5 Ws/m
 ◇ 0.75 Ws/m
 ○ 1.0 Ws/m
 △ 1.25 Ws/m

Consistência = 4,5 % 1185 rpm discos 2,5 x 3,5 / 5º

INDICE DE RASGO (Elmendorf)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER

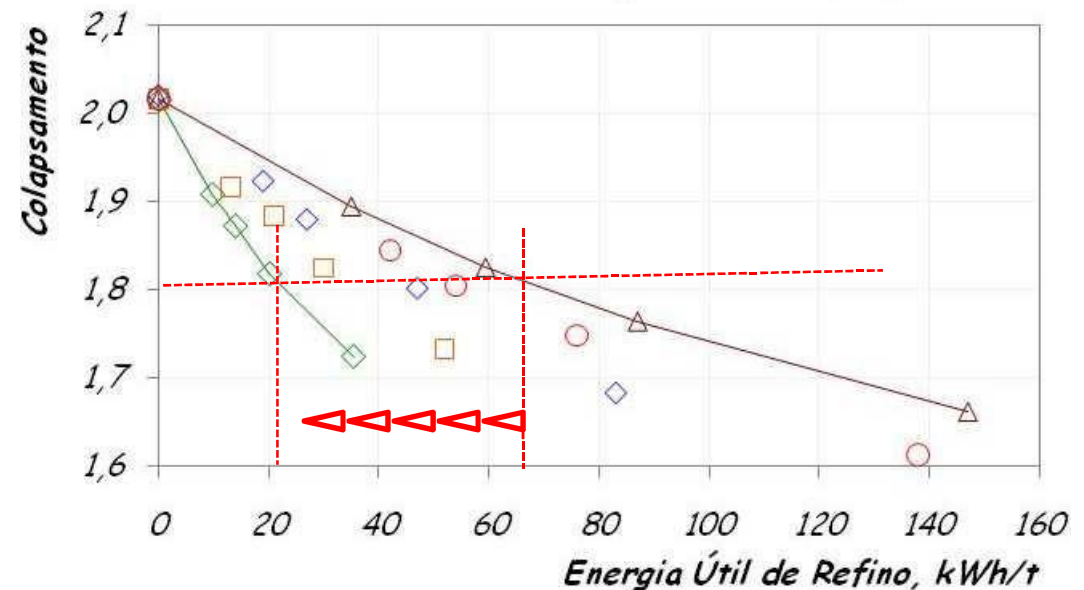
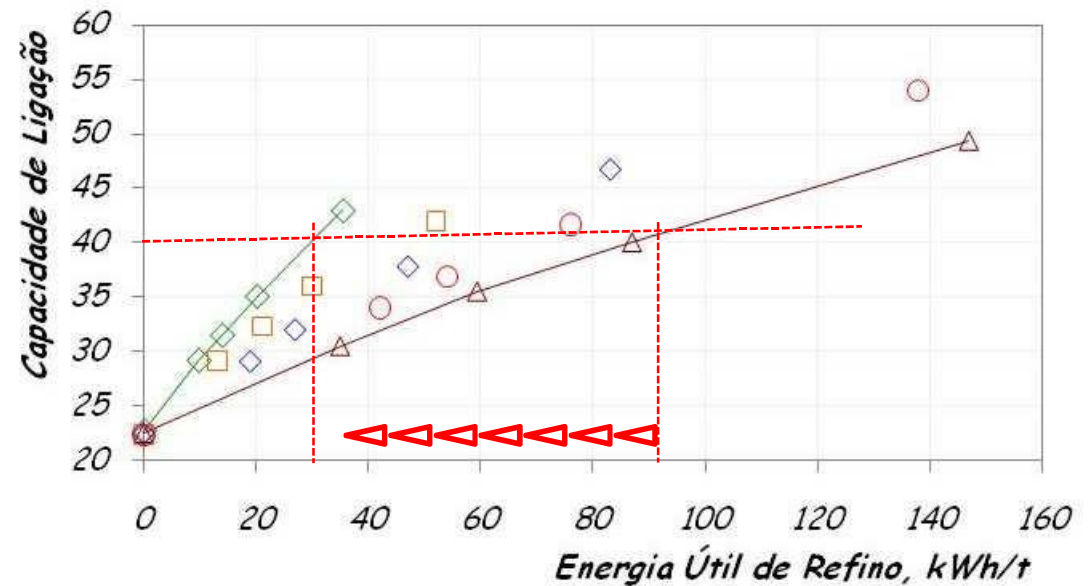


◆ 0.3 Ws/m
 □ 0.5 Ws/m
 ◇ 0.75 Ws/m
 ○ 1.0 Ws/m
 △ 1.25 Ws/m

Consistência = 4,5 %
 1185 rpm
 discos 2,5 x 3,5 / 5º

Portanto ...

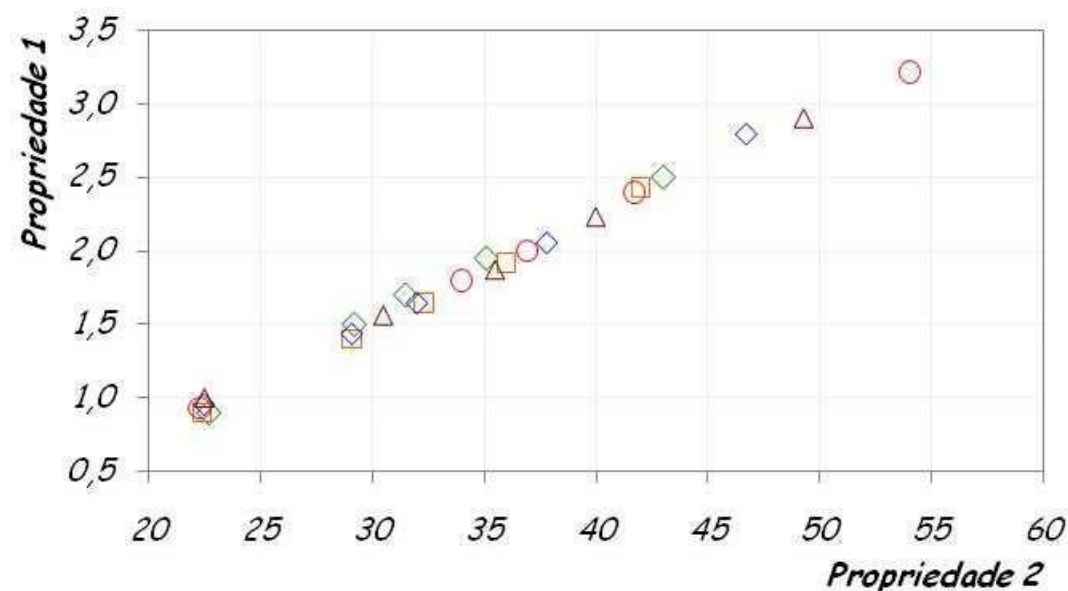
Menor intensidade de refino permite reduzir o consumo de energia para um mesmo valor da propriedade.



Portanto ...

Menor intensidade de refino permite reduzir o consumo de energia para um mesmo valor da propriedade.

E sem alterar a interação entre as propriedades da celulose refinada.



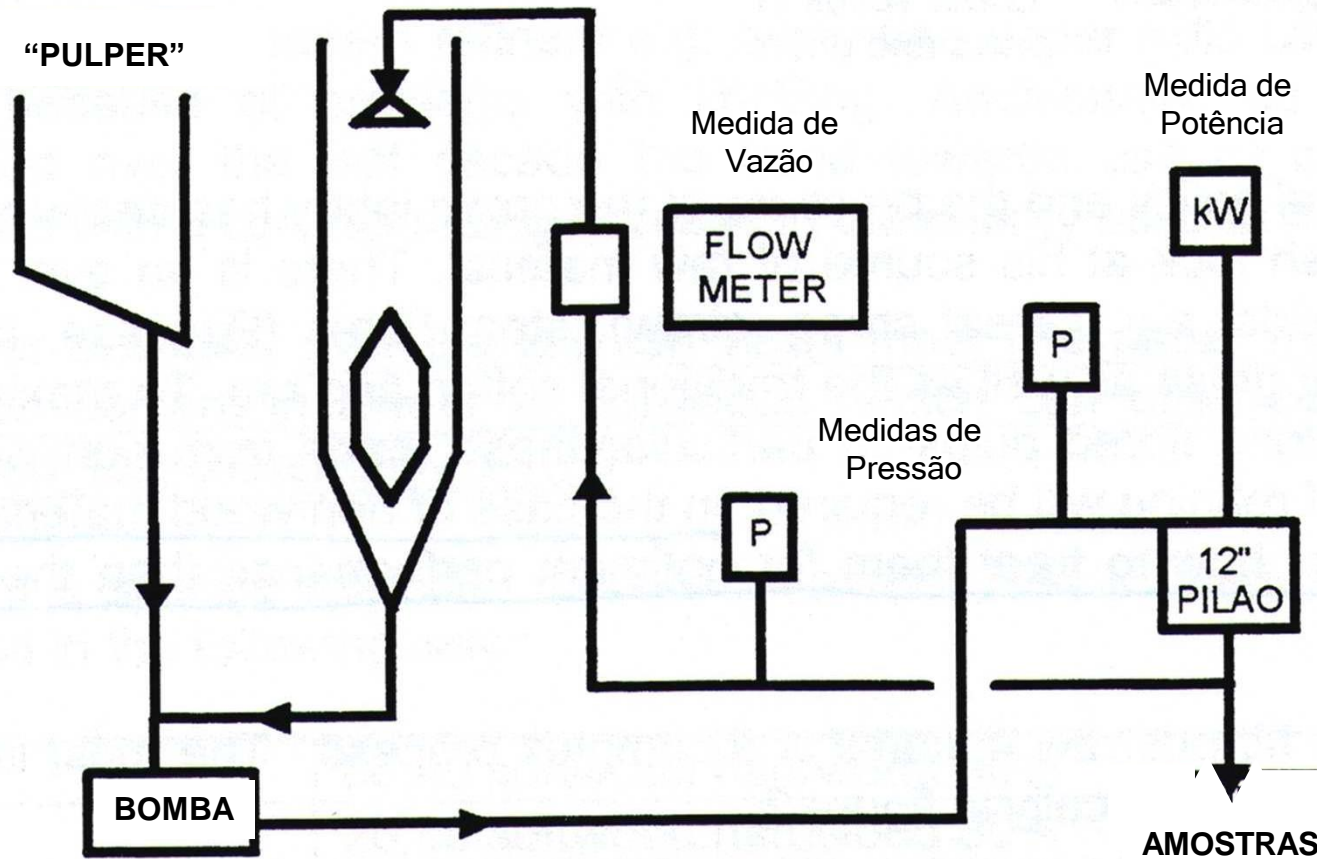
Este comportamento é exclusivo da celulose de eucalipto?

Experimental:

- Refino em instalação piloto (refinador 12") operando com múltiplos passes.
- Energia de refino: variável de acordo com a polpa utilizada.
- Consistência de refino = 3,5%
- Celuloses "kraft" branqueadas testadas:
 - Eucalipto (BEKP)
 - Bambú
 - Resíduo Agrícola ("Straw Pulp")
 - Scandinavian Softwood Pulp

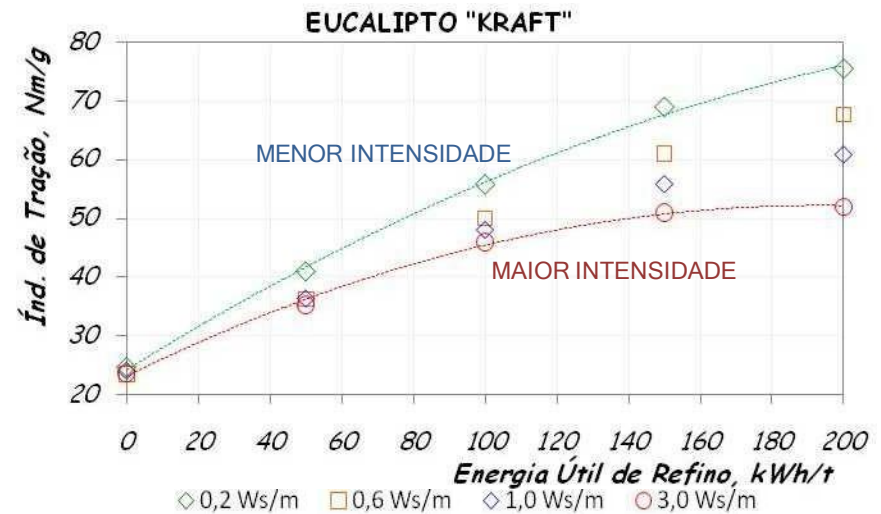
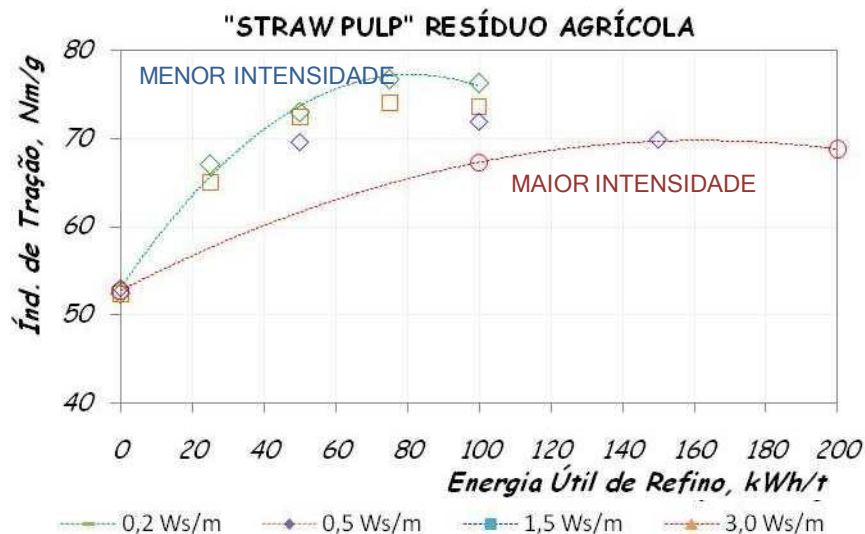
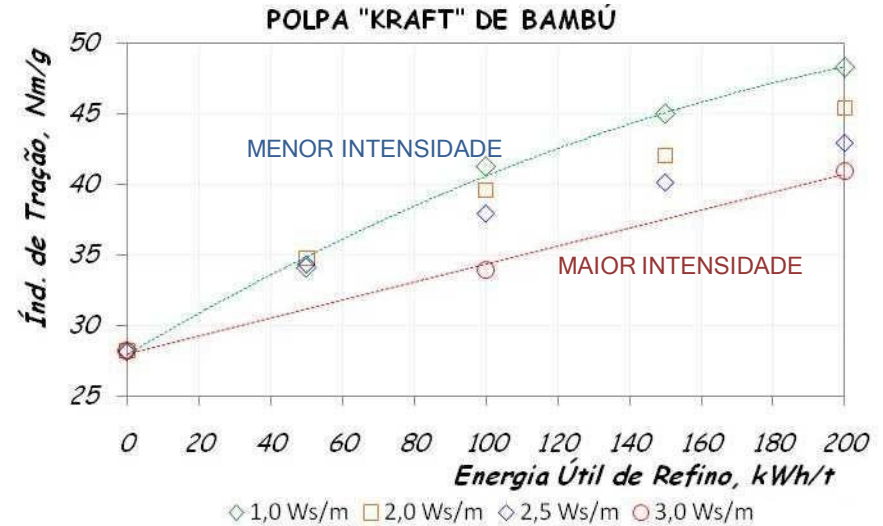
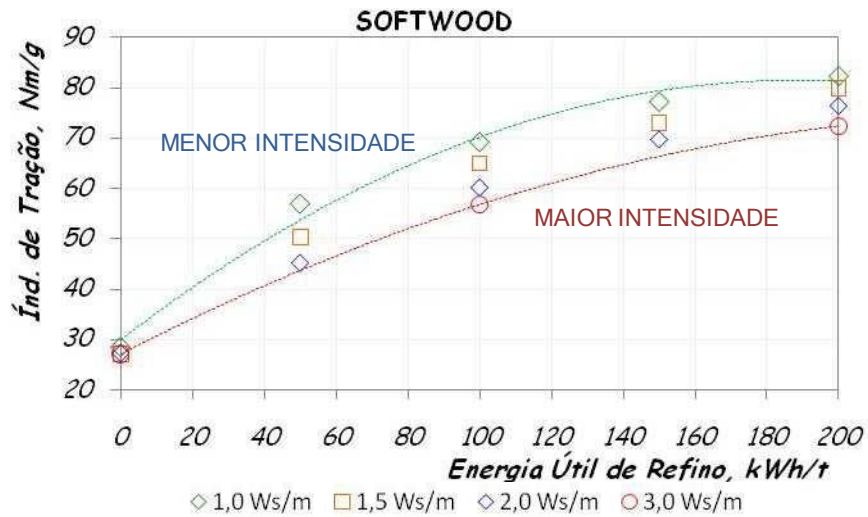
Referência [81]:

Baker, C.F. - The refining of non-wood fibres. In: Fourth International Refining Conference. PIRA, Fiuggi: 18-22/02/1997 Paper 10 pgs. 151-180.

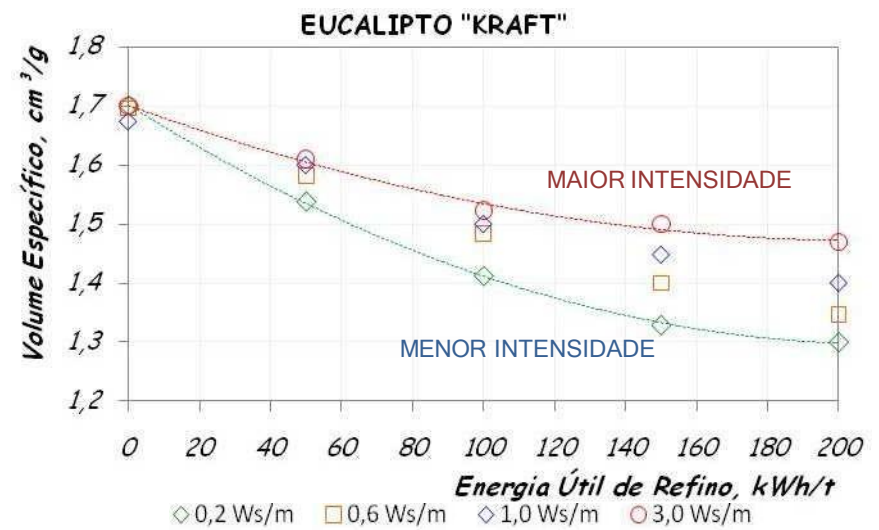
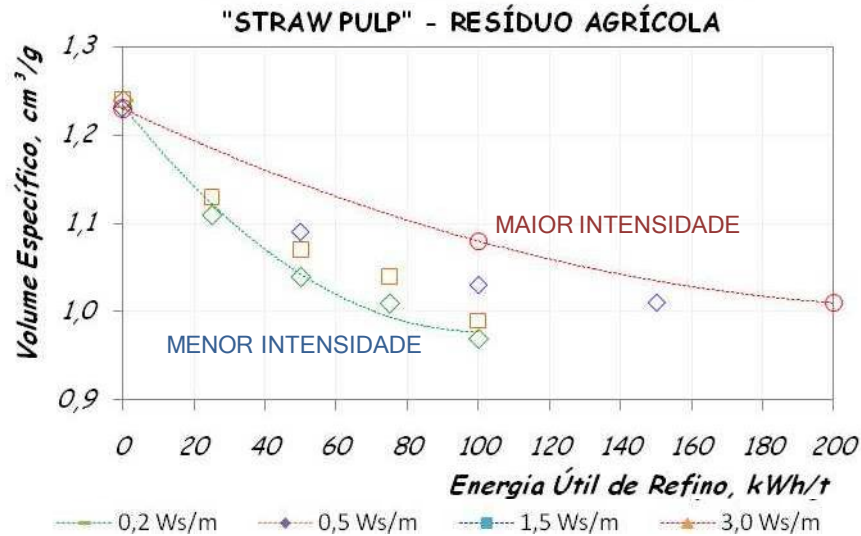
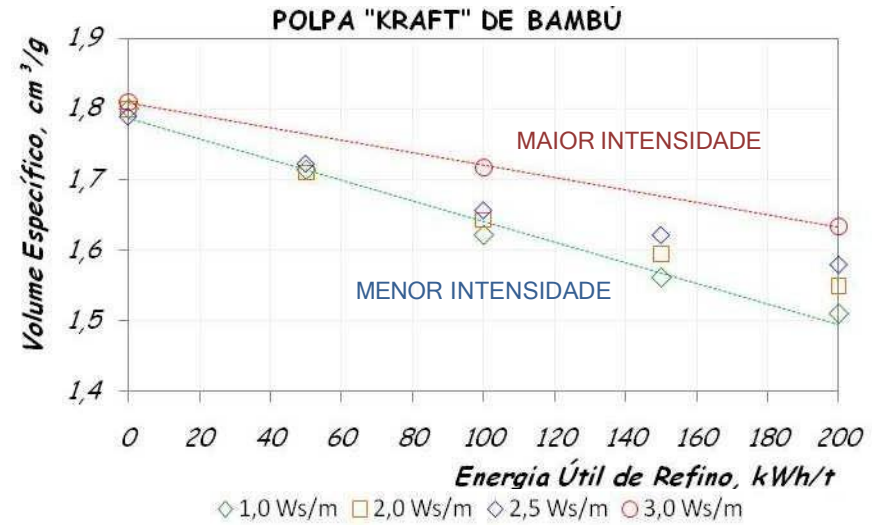
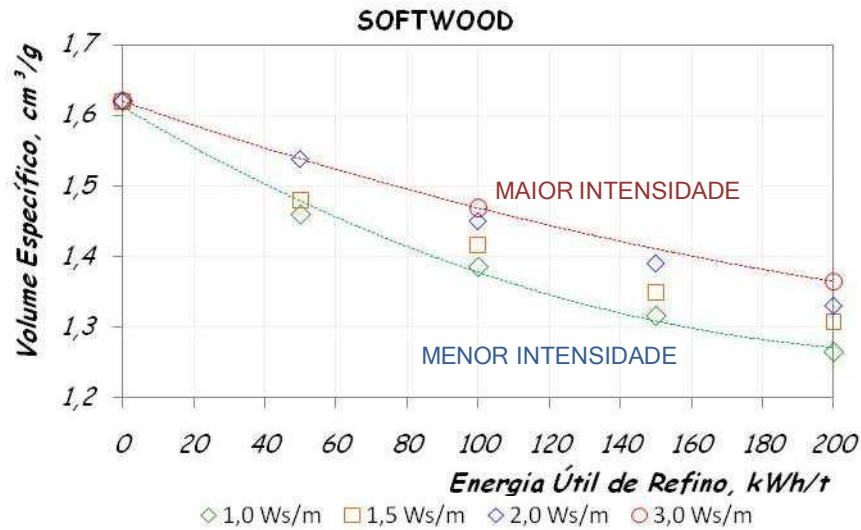


Esquema da Instalação Piloto Utilizada [81]

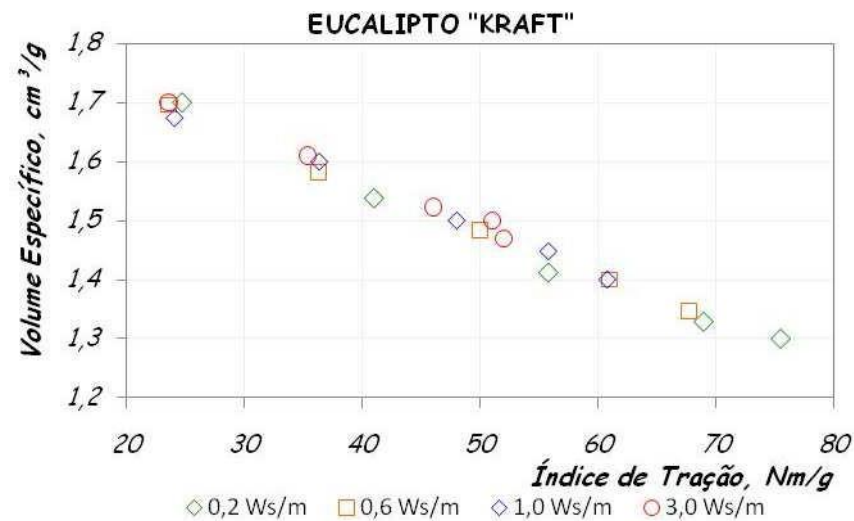
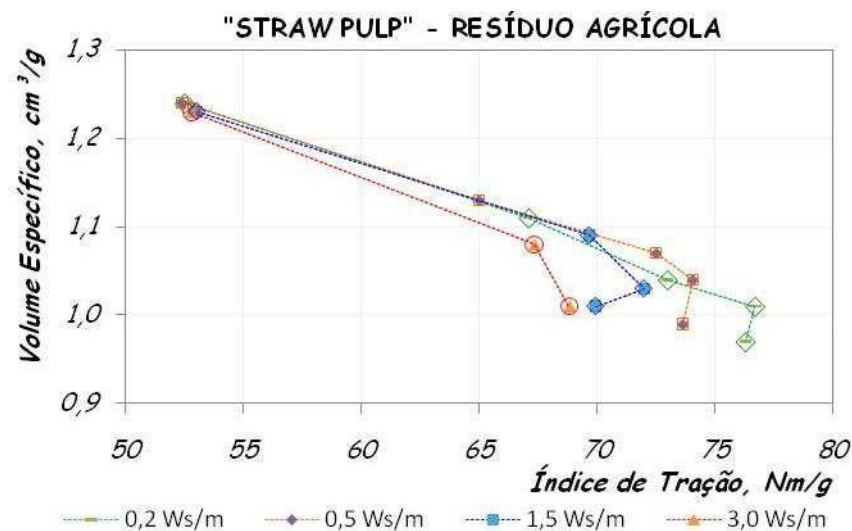
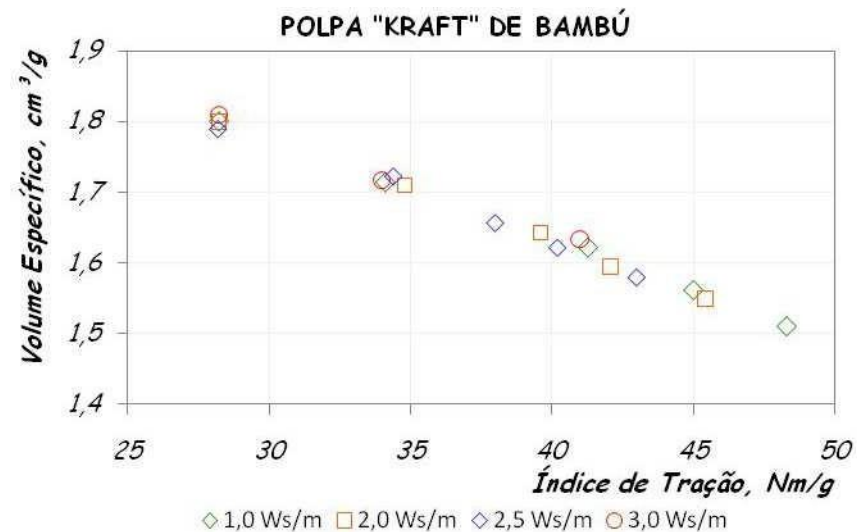
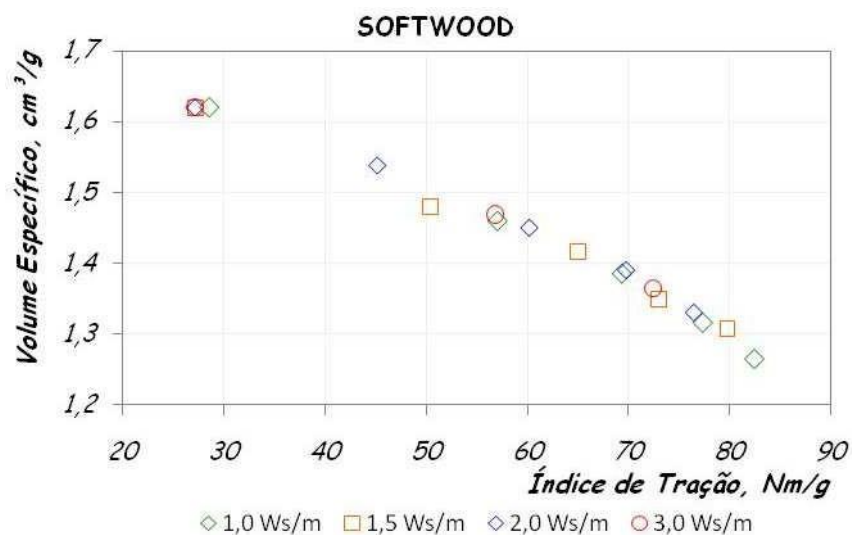
Evolução da RESISTÊNCIA À TRAÇÃO com o refino da celulose [81]



Evolução do "CORPO" (Volume Específico) com o refino da celulose [81]



Interação entre COLAPSAMENTO e CAPACIDADE DE LIGAÇÃO [81]



Sumário:

Tanto faz a celulose (polpa de celulose), o refino à menor intensidade sempre leva a melhor aproveitamento da energia de refino,

Ou seja,

Refinando-se sob menor intensidade economiza-se energia!

... MANTENDO-SE A INTERAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES DA CELULOSE REFINADA (QUALIDADE DO PRODUTO ACABADO).

Avaliação do efeito da

CONSISTÊNCIA DE REFINO

no desenvolvimento das propriedades da polpa refinada.



Experimental:

- Mesma celulose (BEKP - Híbridos naturais de *Eucalyptus grandis*, Brasil)
- Refino em instalação piloto:
 - disco = 3,0 x 3,0 / 5º operando a 1640 rpm de velocidade de rotação portanto, comprimento total de corte gerado = 16,93 km/s.
 - sob intensidade de refino = 0,50 Ws/m
 - e consistências de refino = 3,0 % (2,9 - 3,1 %)
 - 4,5 % (4,4 - 4,6 %)
 - 6,0 % (5,5 - 5,8 %)

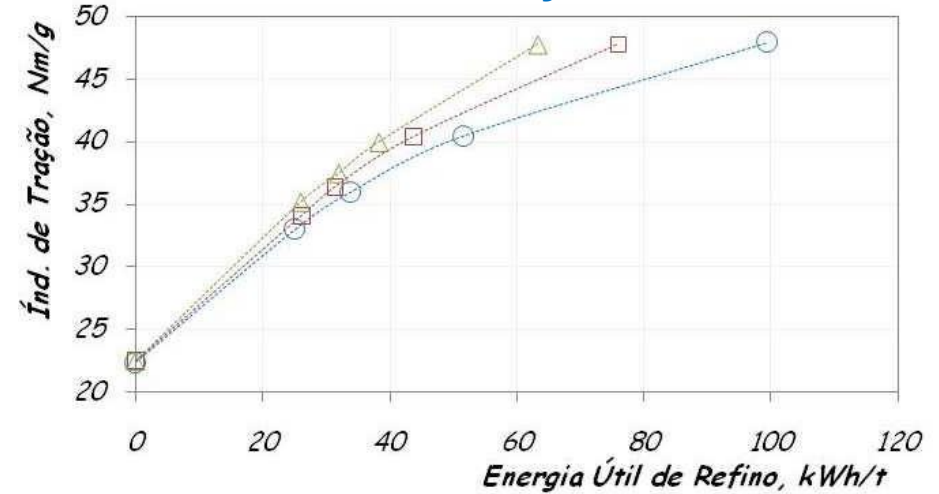
Referência [38]:

Manfredi, V. - Optimizing Eucalyptus Pulp Refining. *In: International Papermaking & Environment Conference*. Ed. Yang, S.; Ni, Y. e Liu, Z. Tianjin University of Science and Technology, Tianjin - China: 12-14/05/2004. Book A pgs. 41-50 [38].

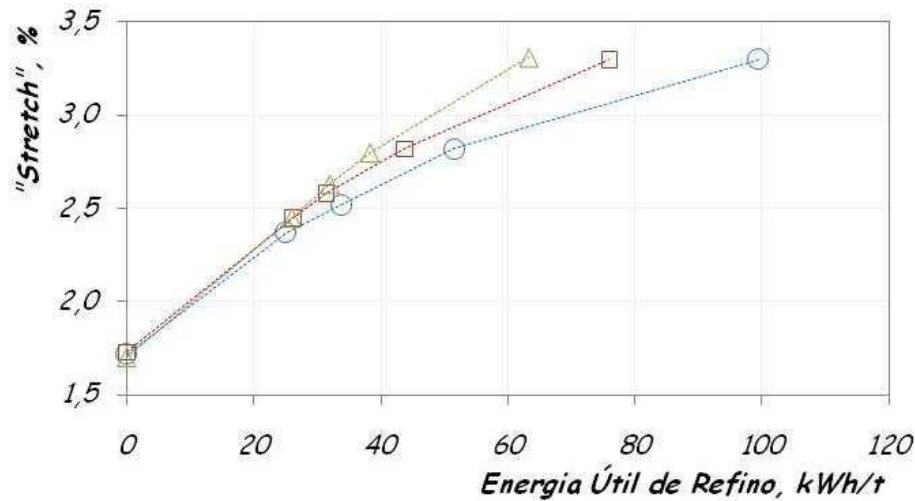
COMPARAÇÃO A UMA MESMA
ENERGIA DE REFINO
(kWh/t)

“QUANTIDADE”

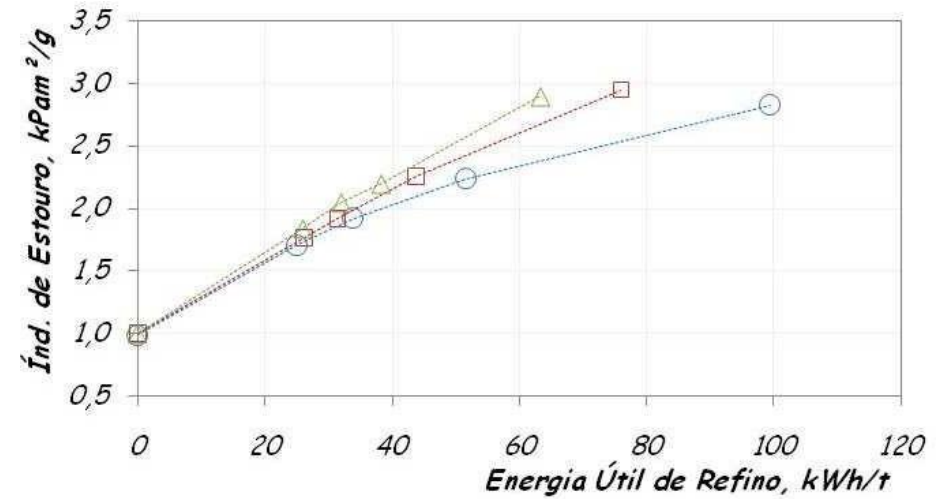
ÍNDICE DE TRAÇÃO



ALONGAMENTO

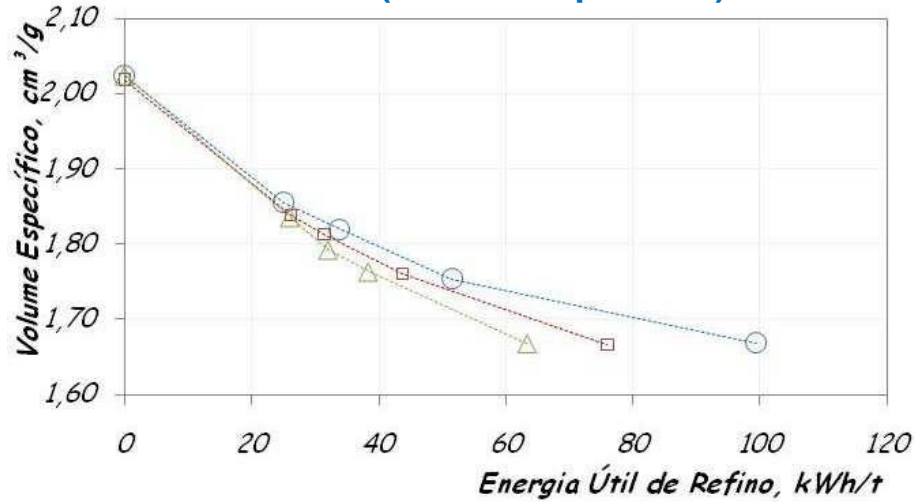


ÍNDICE DE ESTOURO

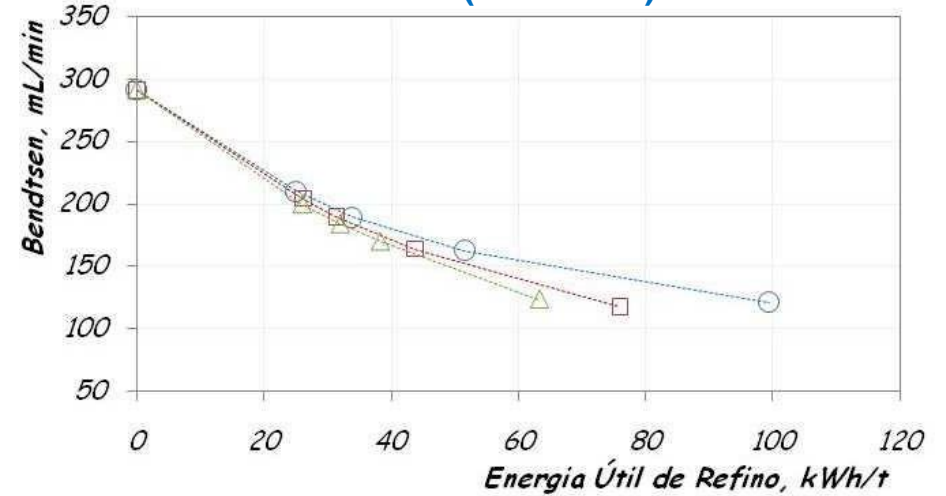


○ Consistência = 3,0 % □ Consistência = 4,5 % △ Consistência = 6,0 %

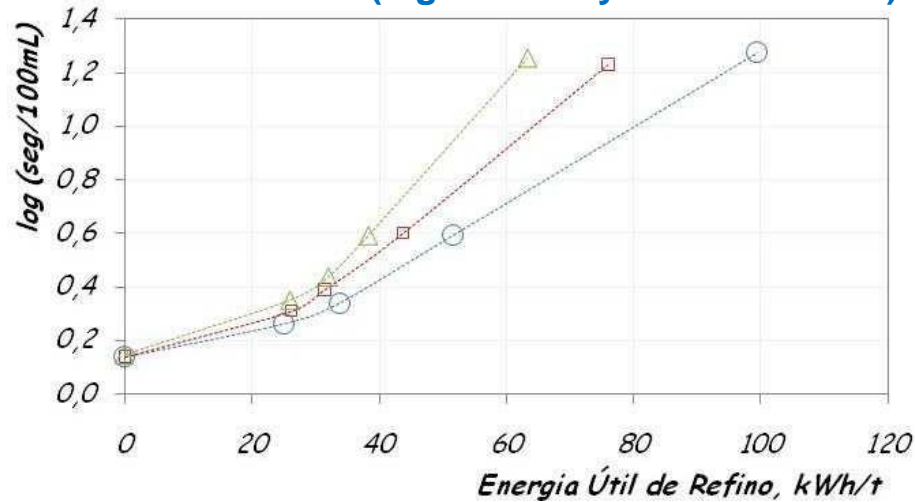
“BULK” (Volume Específico)



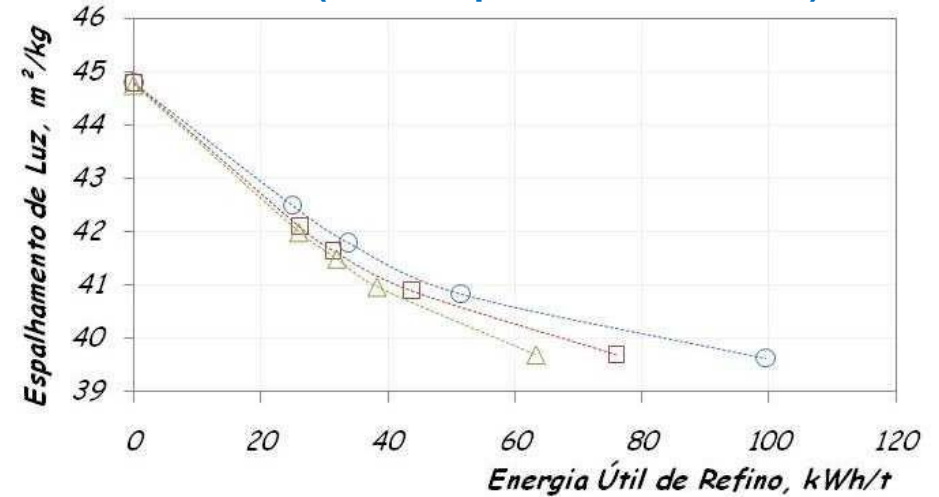
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)

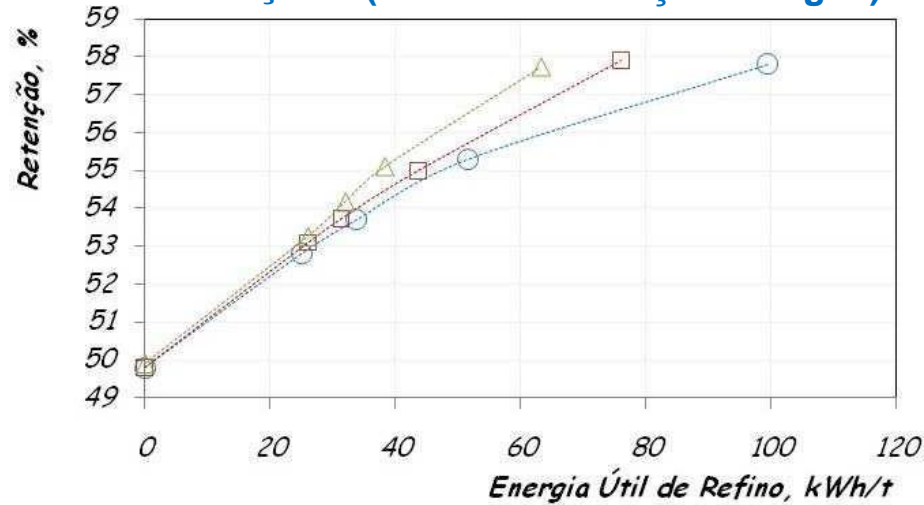


“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)

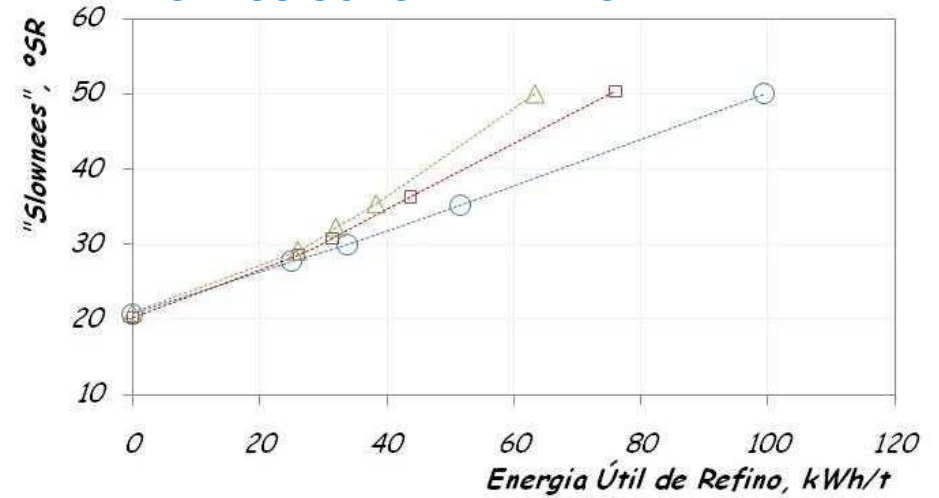


○ Consistência = 3,0 % □ Consistência = 4,5 % △ Consistência = 6,0 %

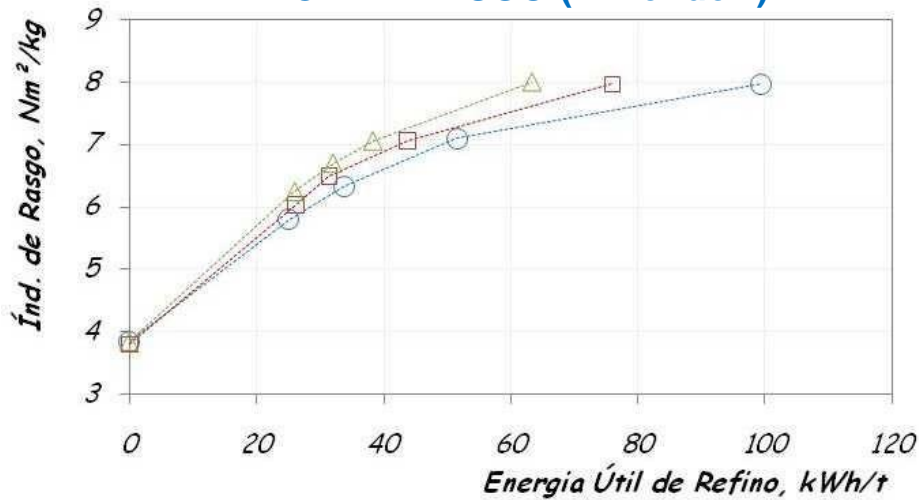
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



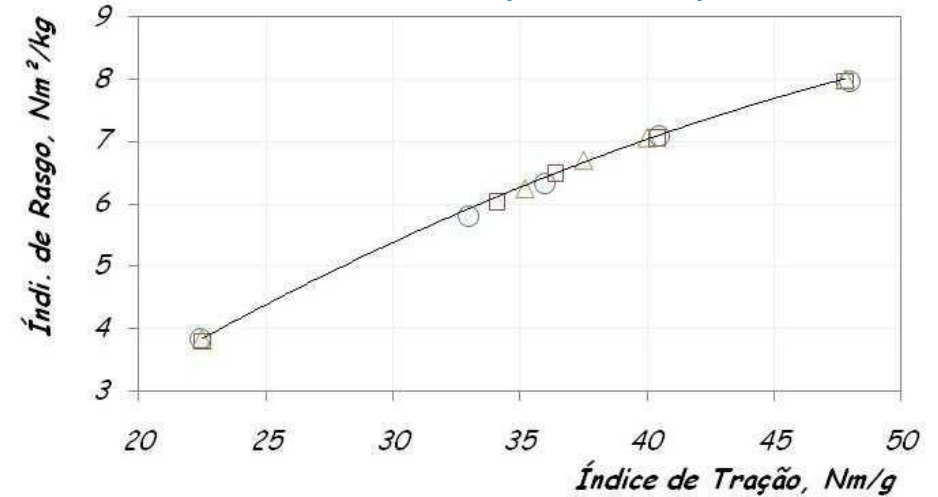
ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



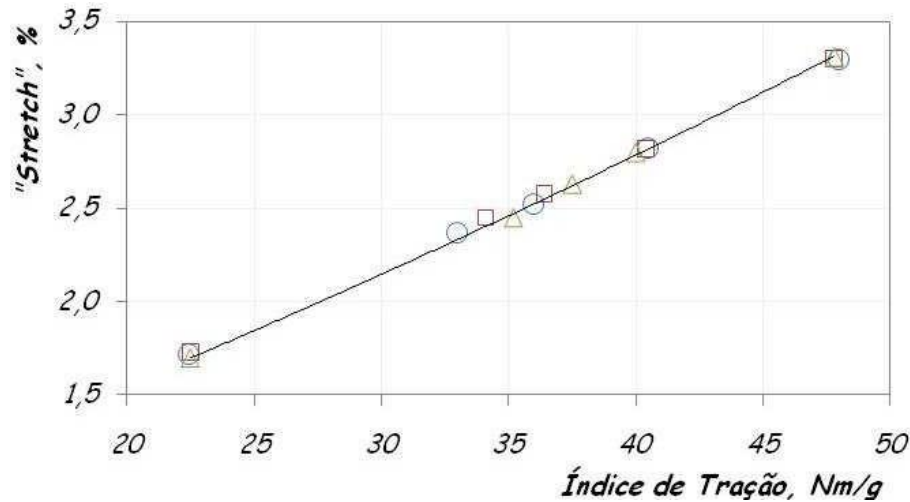
○ Consistência = 3,0 % □ Consistência = 4,5 % △ Consistência = 6,0 %

COMPARAÇÕES A UMA MESMA CONSOLIDAÇÃO DA ESTRUTURA DO PAPEL (Índice de Tração, Nm/g)

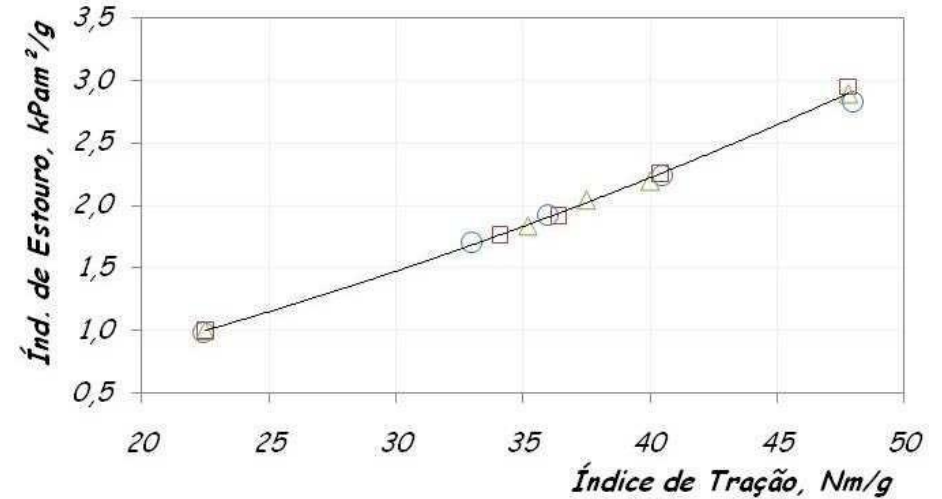
ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



ALONGAMENTO

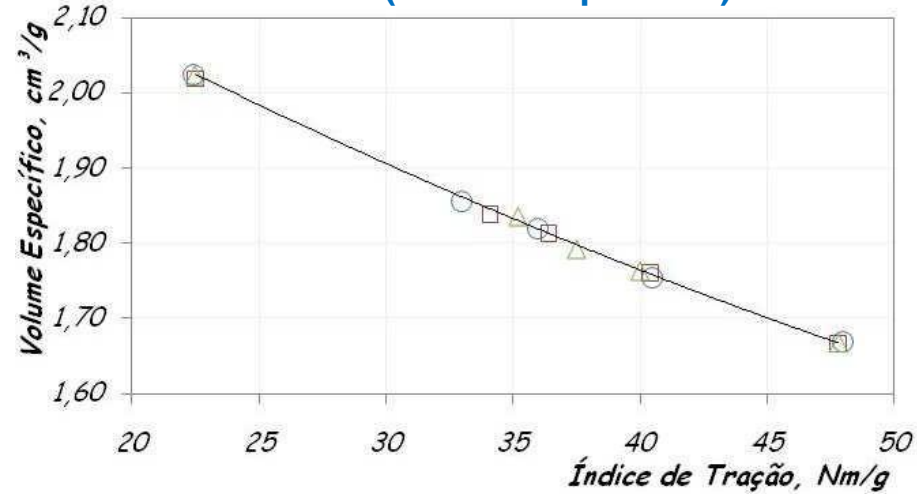


ÍNDICE DE ESTOURO

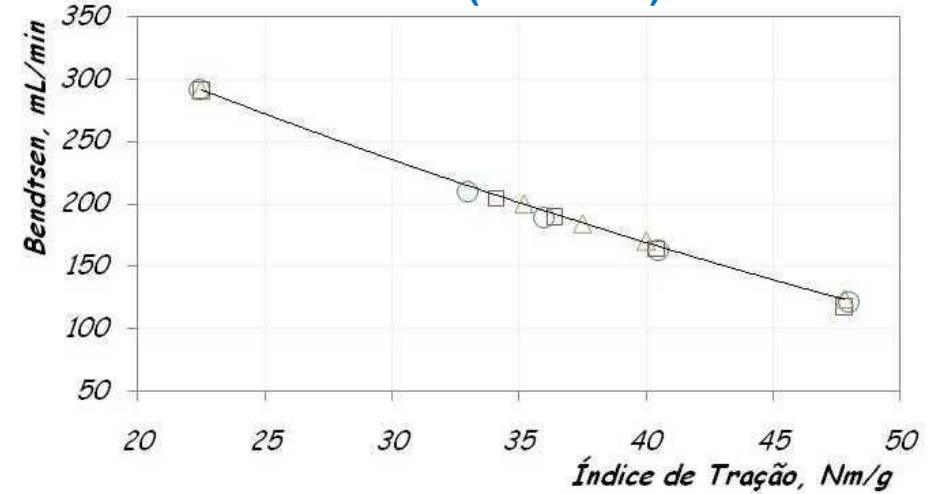


○ Consistência = 3,0 % □ Consistência = 4,5 % △ Consistência = 6,0 %

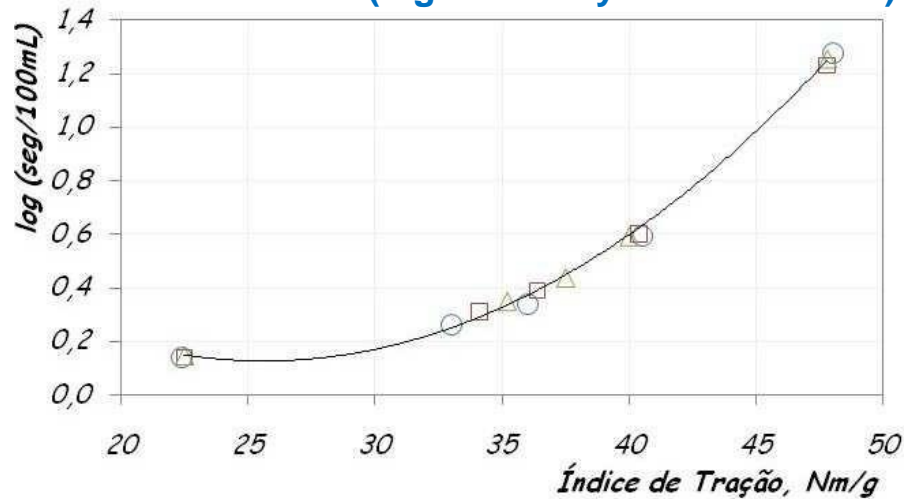
“BULK” (Volume Específico)



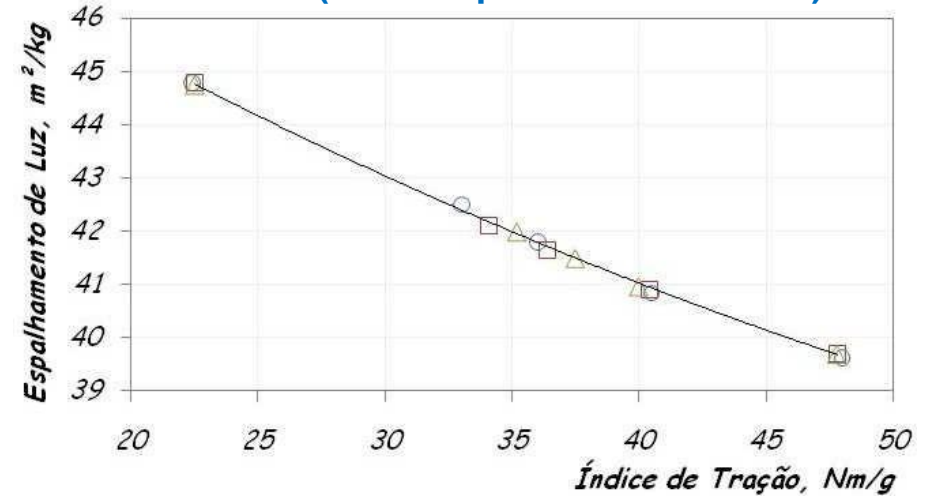
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)

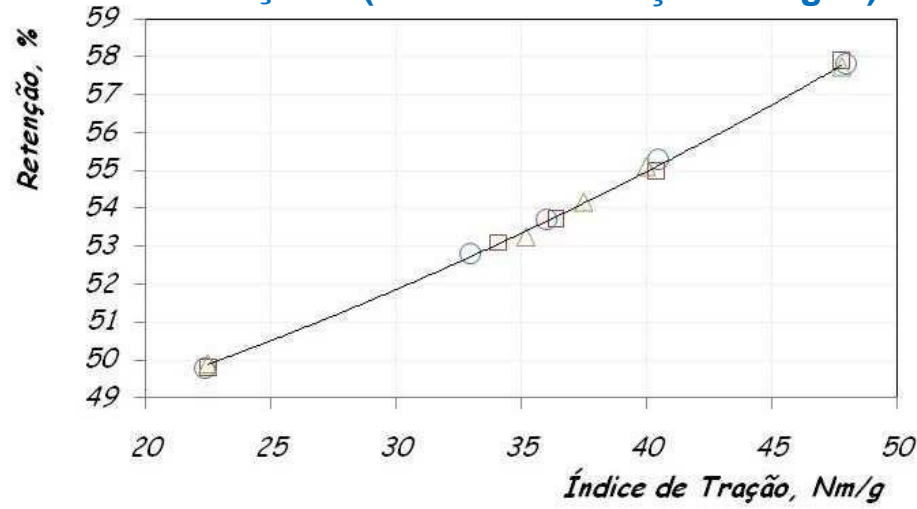


“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)

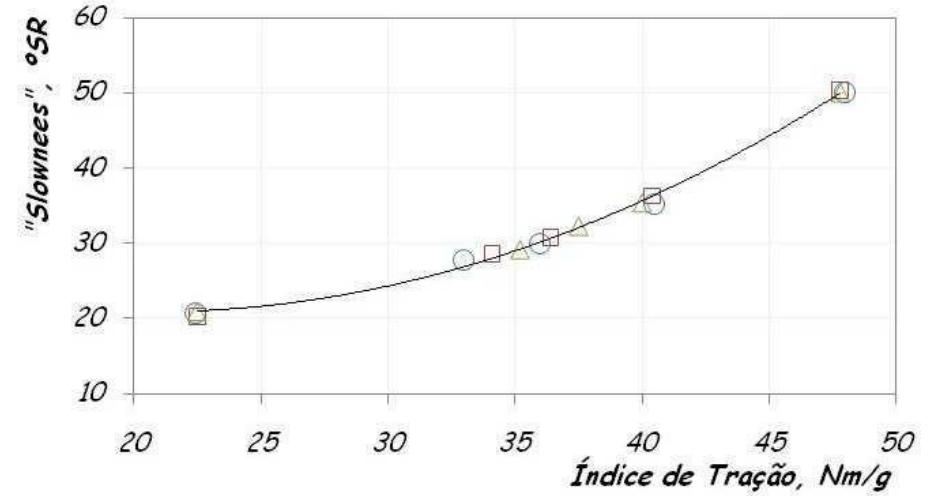


○ Consistência = 3,0 % □ Consistência = 4,5 % △ Consistência = 6,0 %

“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



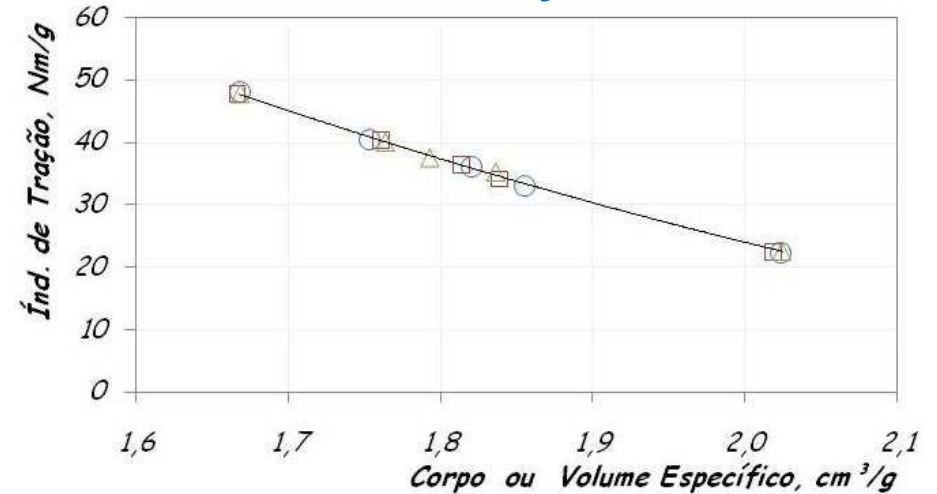
Consistência = 3,0 %

 Consistência = 4,5 %

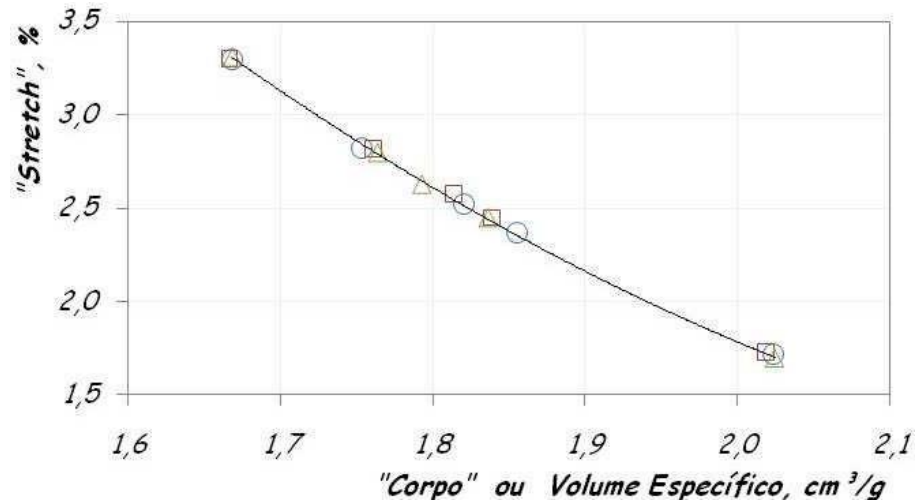
 Consistência = 6,0 %

**COMPARAÇÕES A UMA MESMA
COMPACTAÇÃO
DA ESTRUTURA DO PAPEL
("Bulk" ou Volume Específico, cm³/g)**

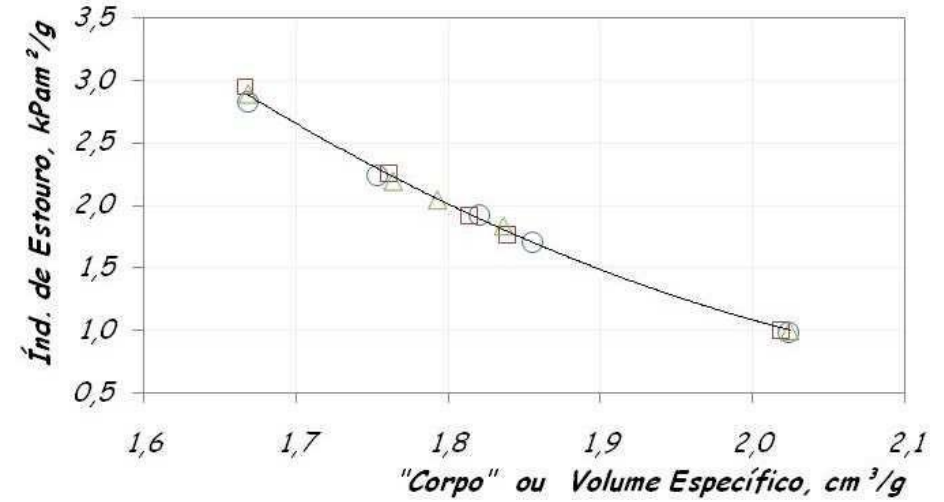
ÍNDICE DE TRAÇÃO



ALONGAMENTO

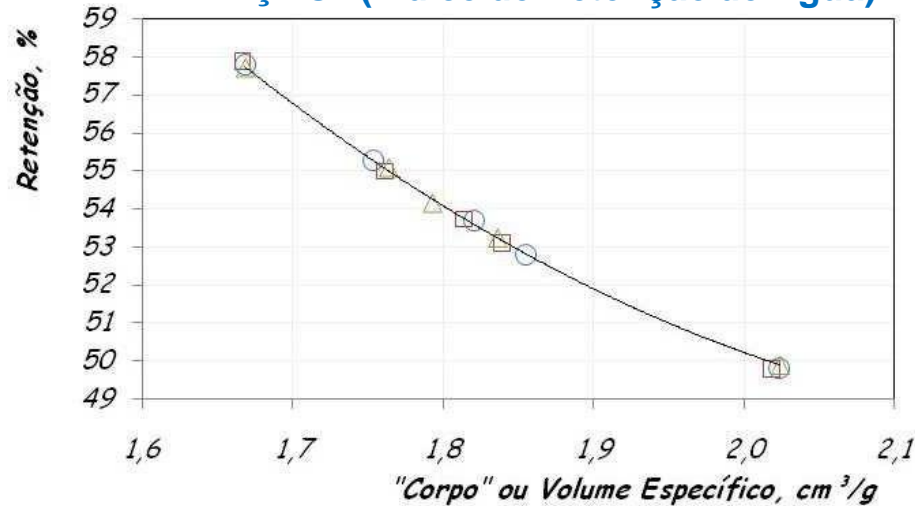


ÍNDICE DE ESTOURO

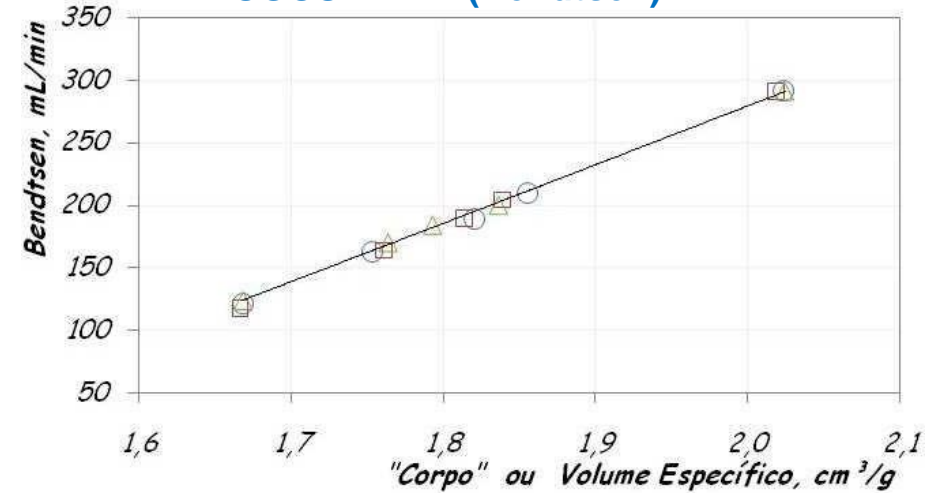


○ Consistência = 3,0 % □ Consistência = 4,5 % △ Consistência = 6,0 %

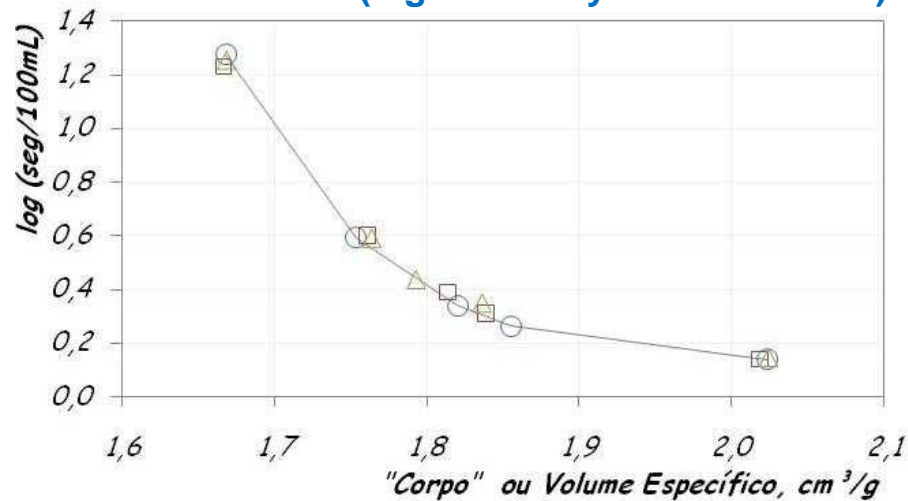
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



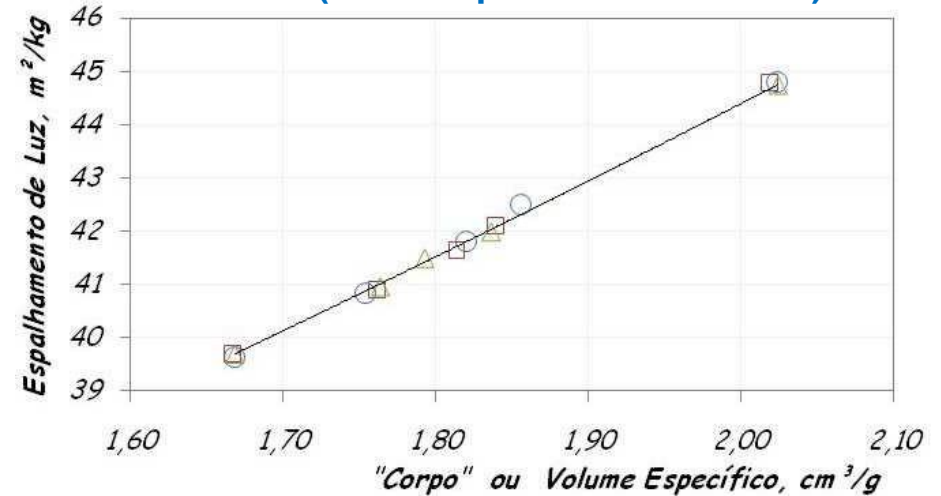
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)

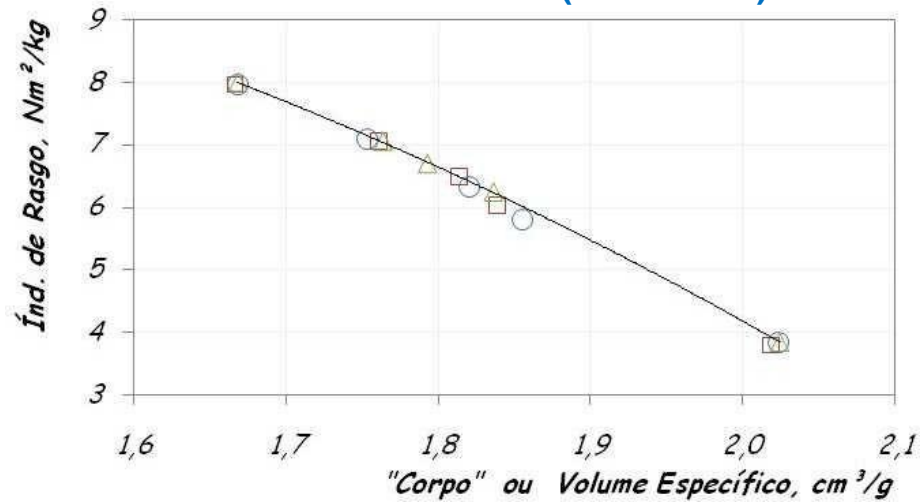


“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)

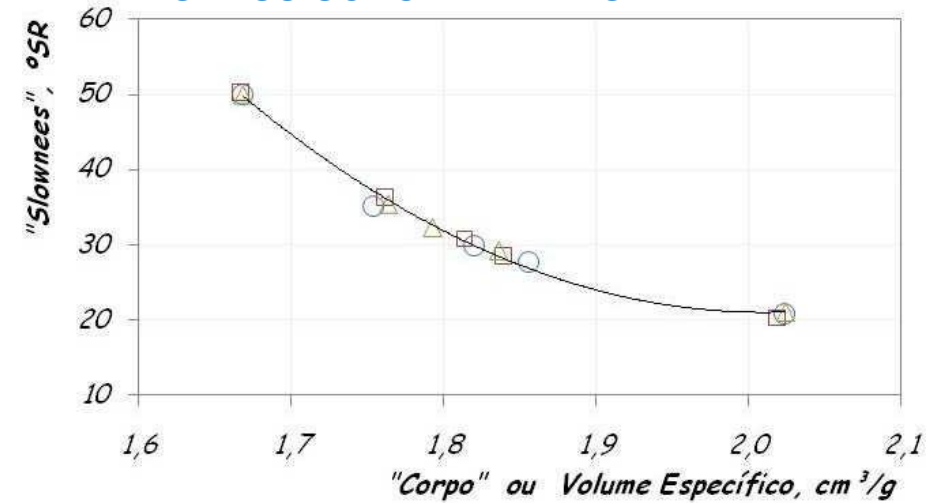


○ Consistência = 3,0 % □ Consistência = 4,5 % △ Consistência = 6,0 %

ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)

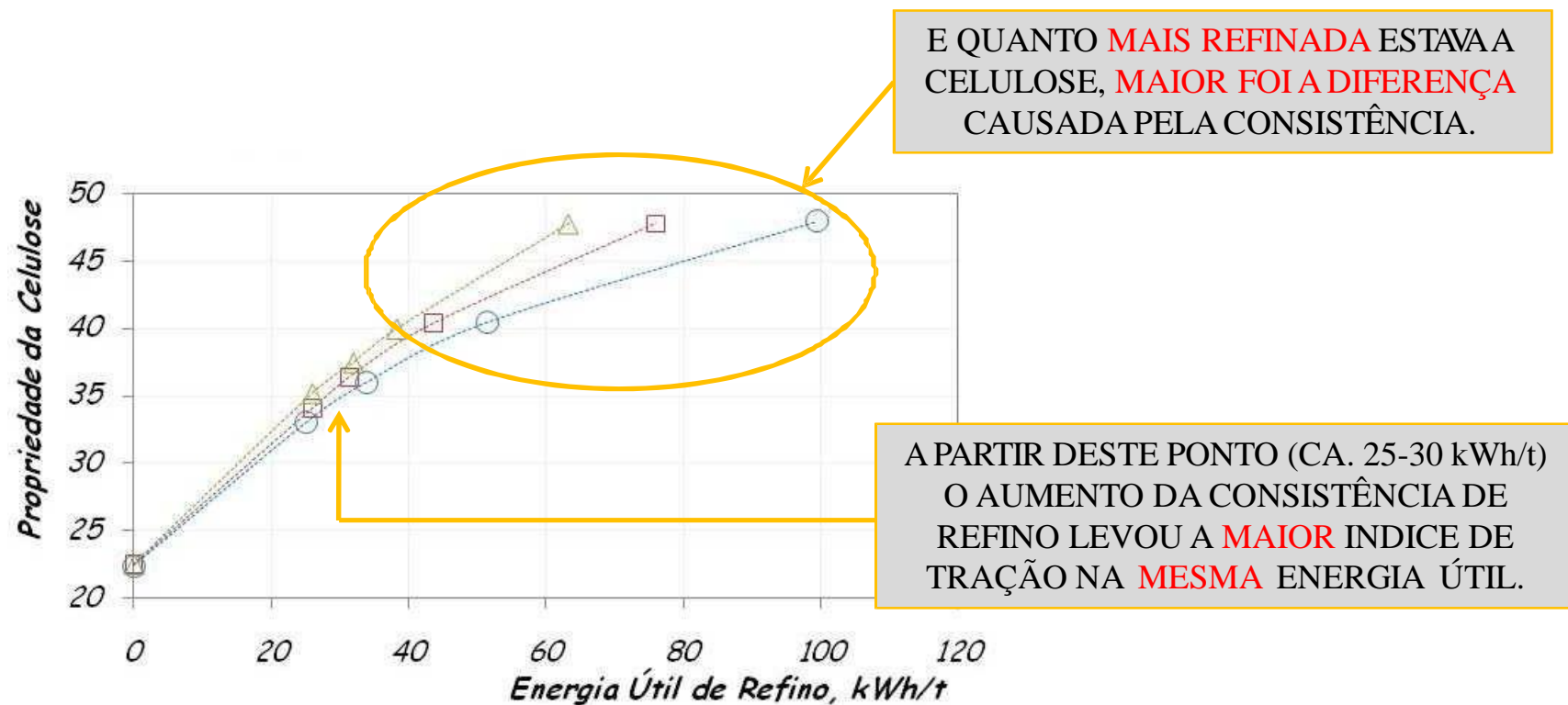


GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



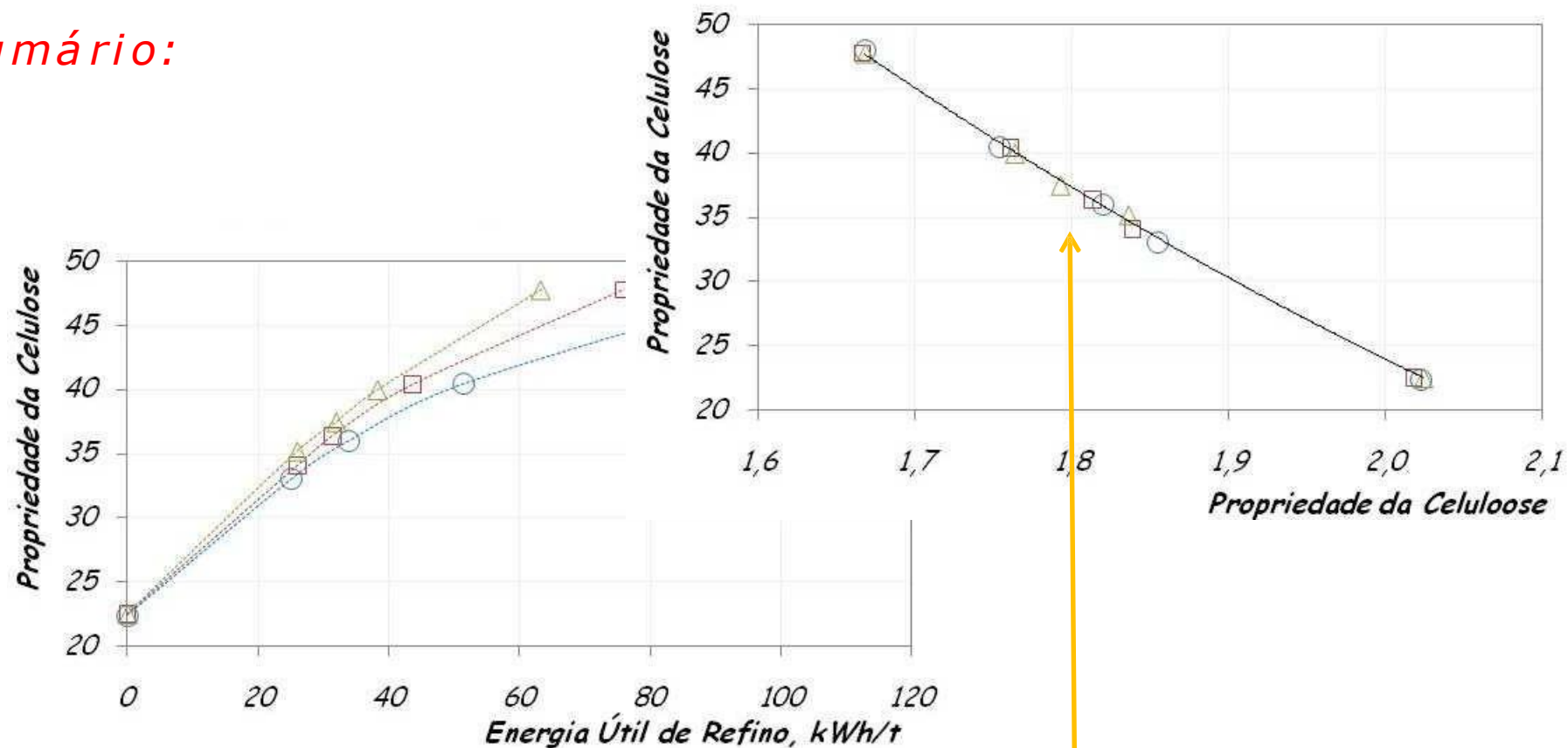
○ Consistência = 3,0 % □ Consistência = 4,5 % △ Consistência = 6,0 %

Sumário:



○ Consistência = 3,0 % □ Consistência = 4,5 % △ Consistência = 6,0 %

Sumário:



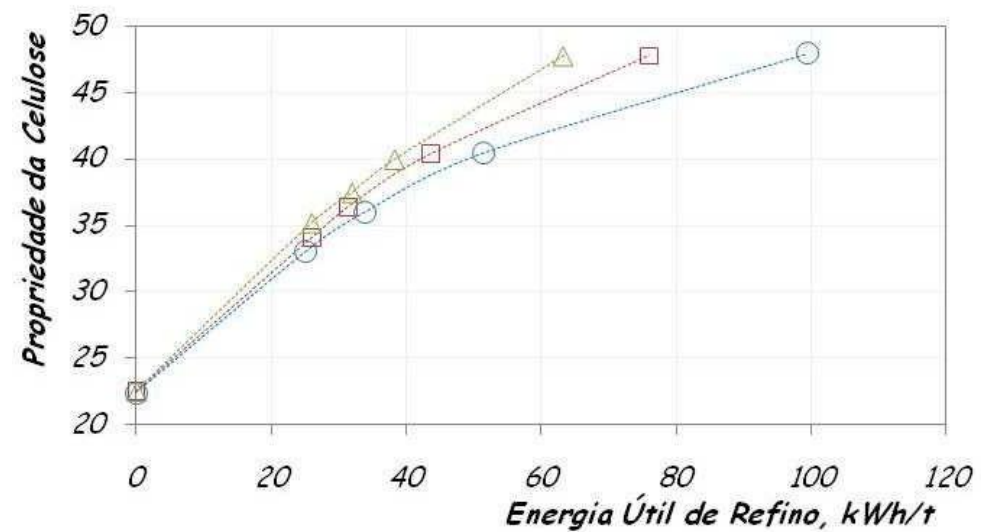
MANTENDO-SE A INTERAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES DA CELULOSE REFINADA.

Portanto ...

O aumento da consistência leva a maior desenvolvimento das propriedades da celulose, sendo este comportamento mais acentuado nos níveis de maior aplicação de energia de refino.

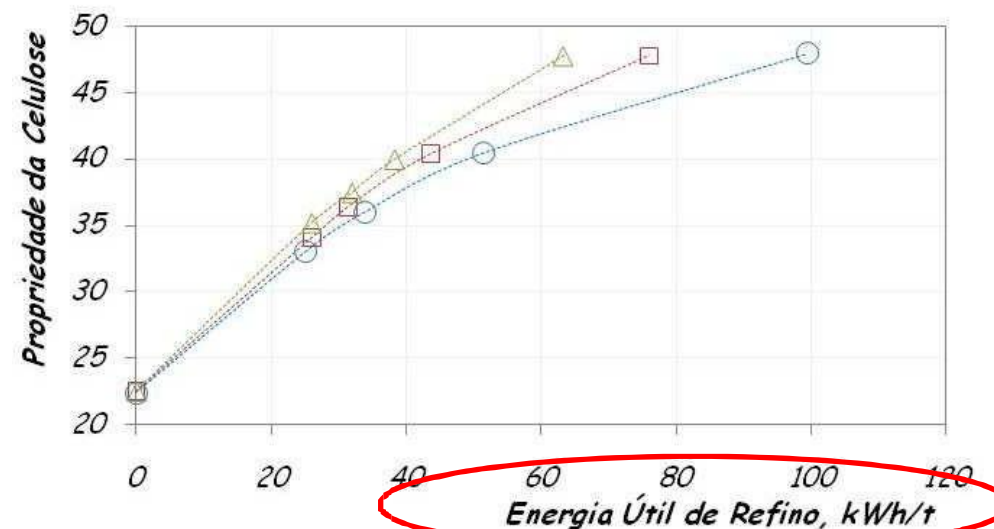
E sem alterar a interação entre as propriedades da celulose refinada.

Por que? Como explicar esse comportamento ?

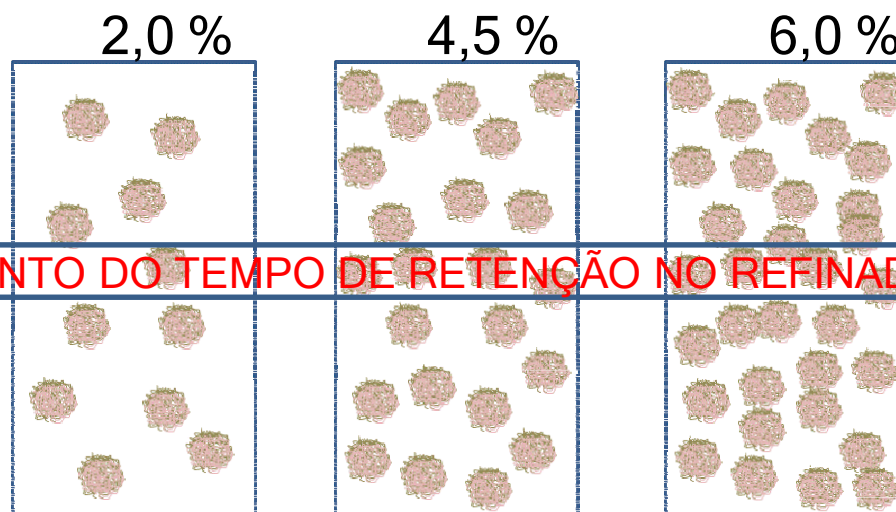


Por que? Como explicar esse comportamento ?

1 ton a.s. de fibras ocupa volumes:
 50.000 litros a 2,5 % consistência
 22.222 litros à 4,5 % consistência
 16.667 litros à 6,0 % consistência



AUMENTO DO TEMPO DE RETENÇÃO NO REFINADOR



Avaliação do efeito da

VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DOS DISCOS (RPM)

no desenvolvimento das propriedades da polpa refinada.



Experimental:

- Mesma celulose (BEKP – Híbridos naturais de *Eucalyptus grandis*, Brasil.
- Refino sob mesmas condições operacionais
 - intensidades de refino = 0,50 Ws/m e 1,00 Ws/m
 - consistência de refino = 4,5 %
 - disco utilizado 3,0 x 3,0 / 5º
 - velocidade de rotação = 890 rpm, 1185 rpm e 1640 rpm

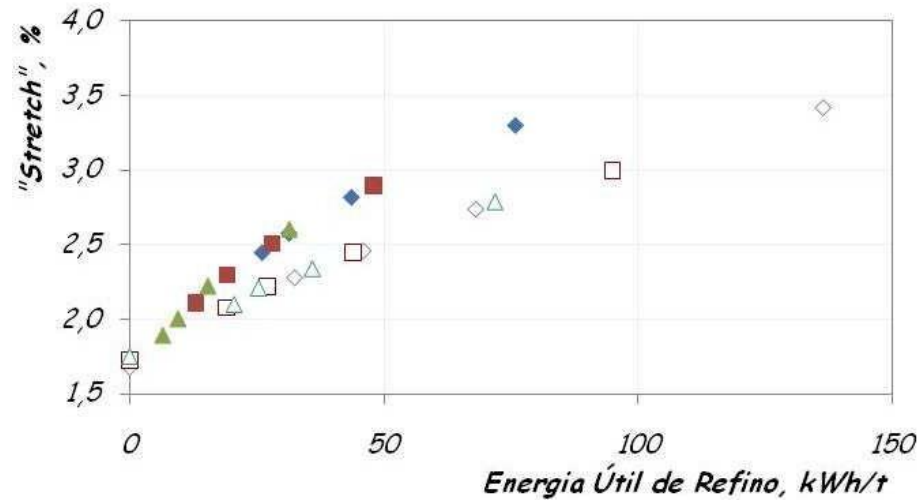
Referência [38]:

Manfredi, V. - Optimizing Eucalyptus Pulp Refining. *In*: International Papermaking & Environment Conference. Ed. Yang, S.; Ni, Y. e Liu, Z. Tianjin University of Science and Technology, Tianjin - China: 12-14/05/2004. Book A pgs. 41-50 [38].

COMPARAÇÃO A UMA MESMA
ENERGIA DE REFINO
(kWh/t)

“QUANTIDADE”

ALONGAMENTO



◆ 0.5 Ws/m e 1640 rpm

◇ 1.0 Ws/m e 1640 rpm

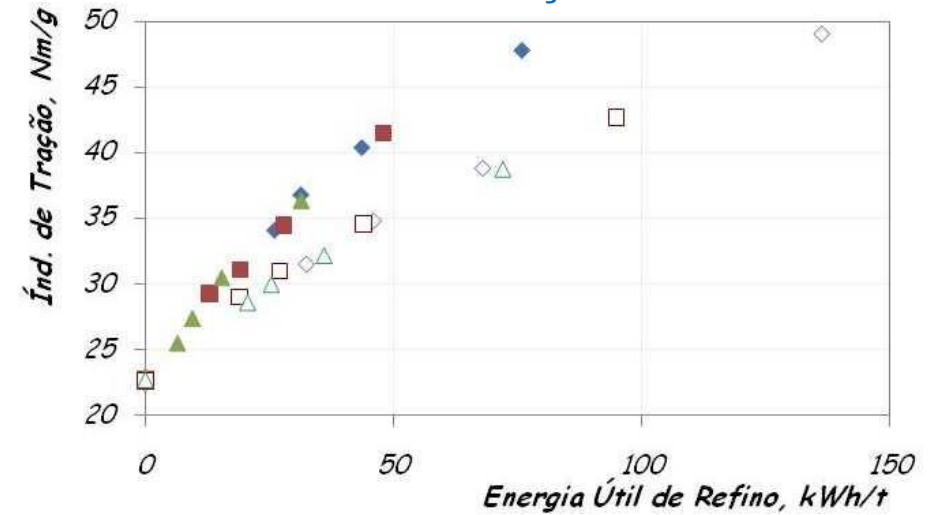
■ 0.5 Ws/m e 1185 rpm

□ 1.0 Ws/m e 1185 rpm

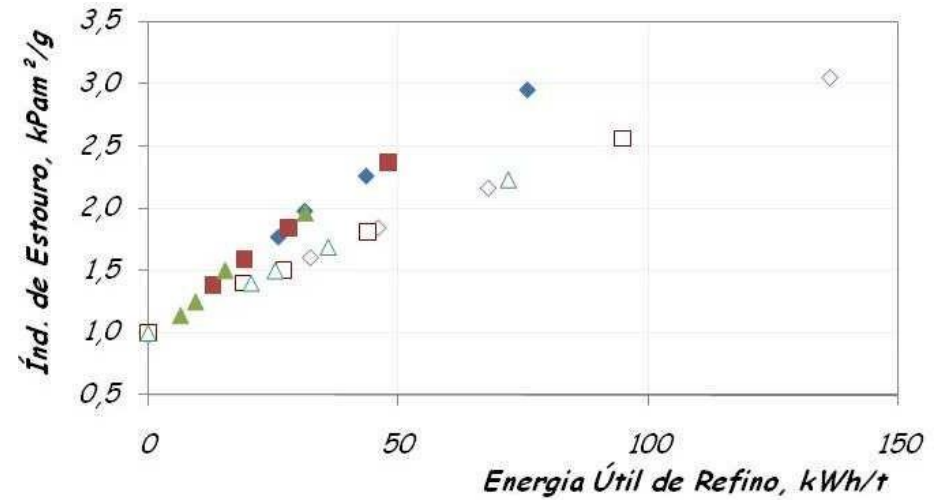
▲ 0.5 Ws/m e 890 rpm

△ 1.0 Ws/m e 890 rpm

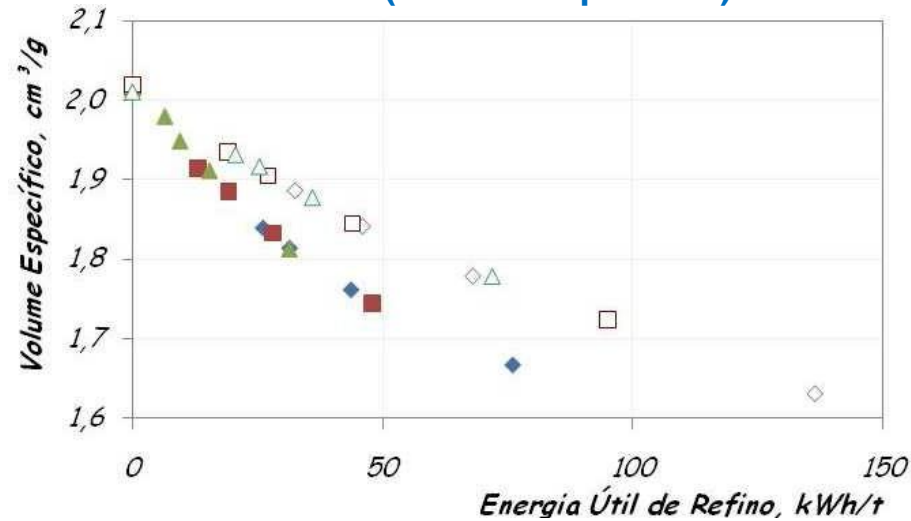
ÍNDICE DE TRAÇÃO



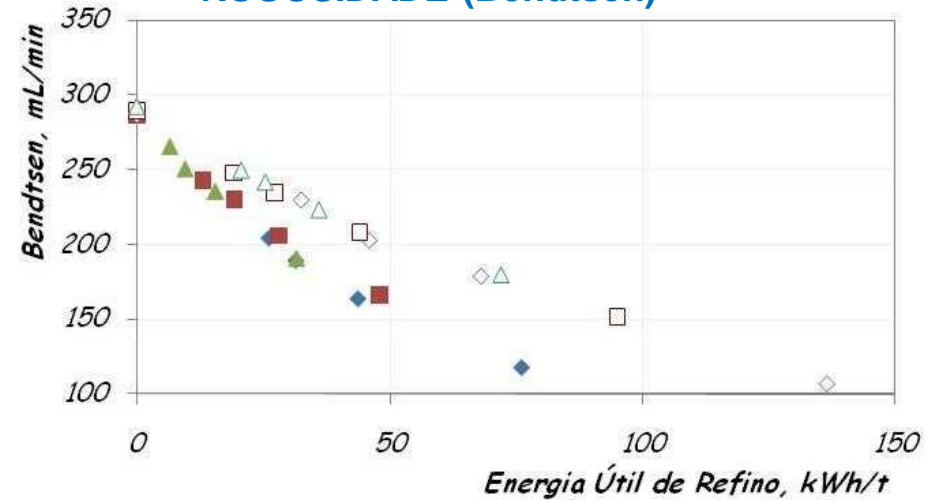
ÍNDICE DE ESTOURO



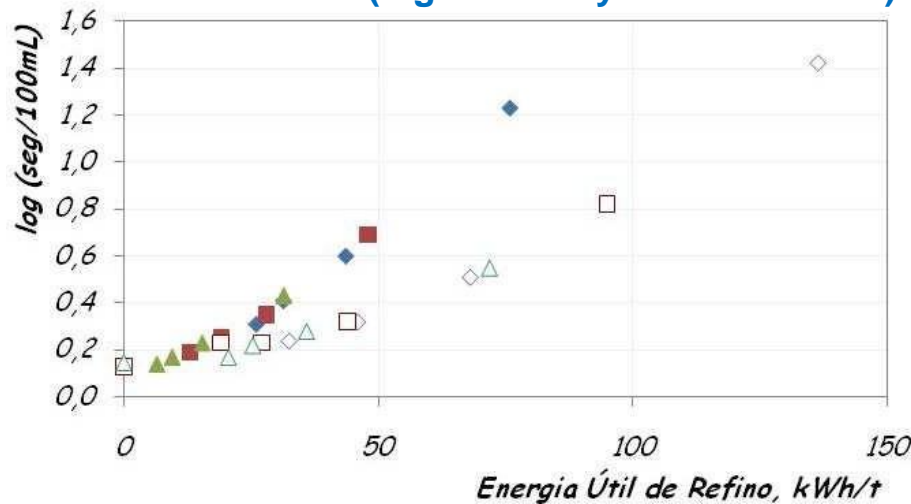
“BULK” (Volume Específico)



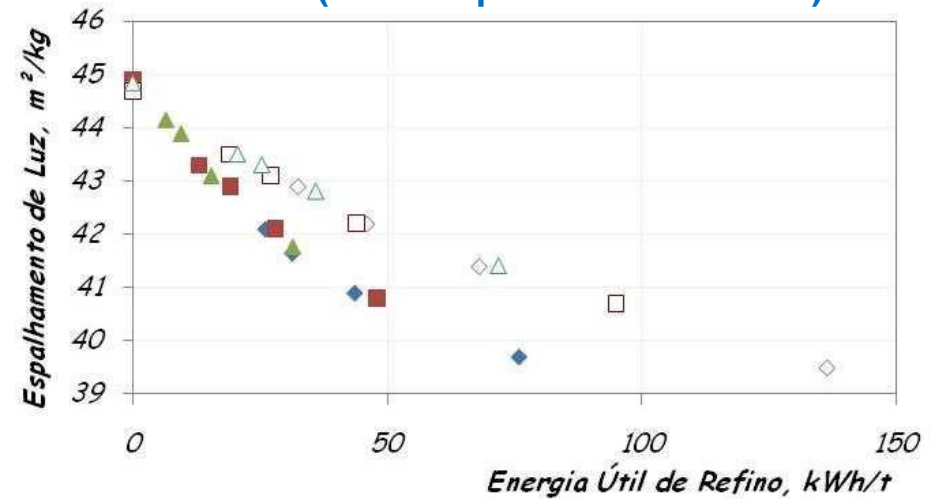
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)



“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)



◆ 0.5 Ws/m e 1640 rpm

■ 0.5 Ws/m e 1185 rpm

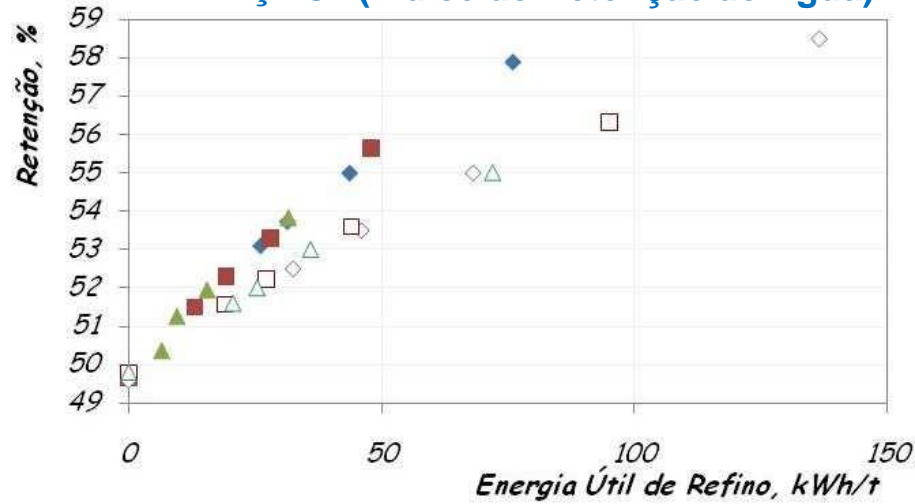
▲ 0.5 Ws/m e 890 rpm

◇ 1.0 Ws/m e 1640 rpm

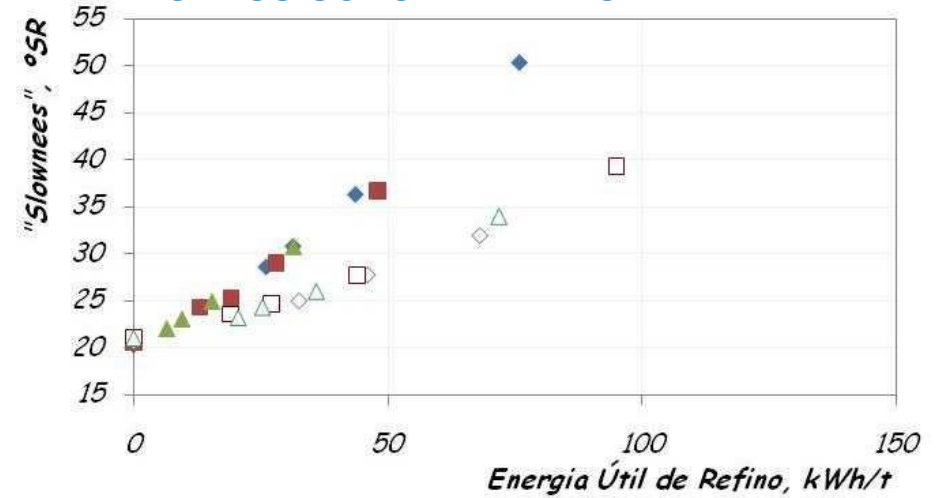
□ 1.0 Ws/m e 1185 rpm

△ 1.0 Ws/m e 890 rpm

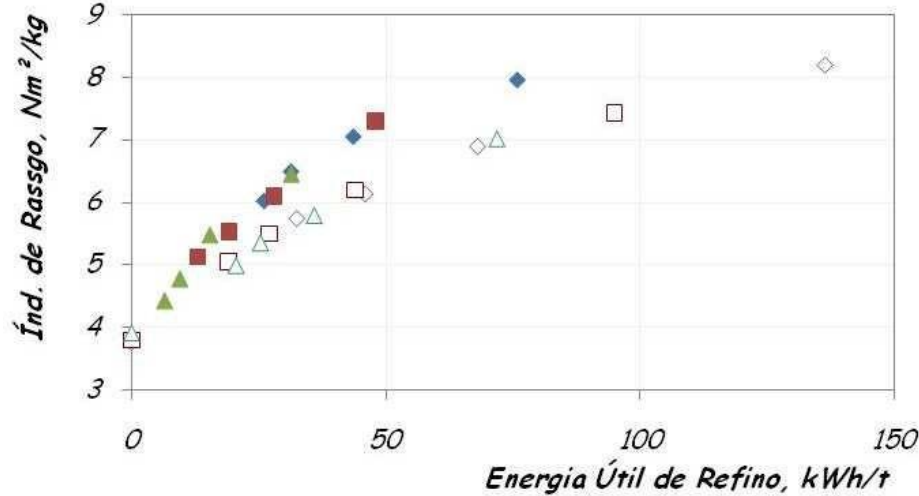
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



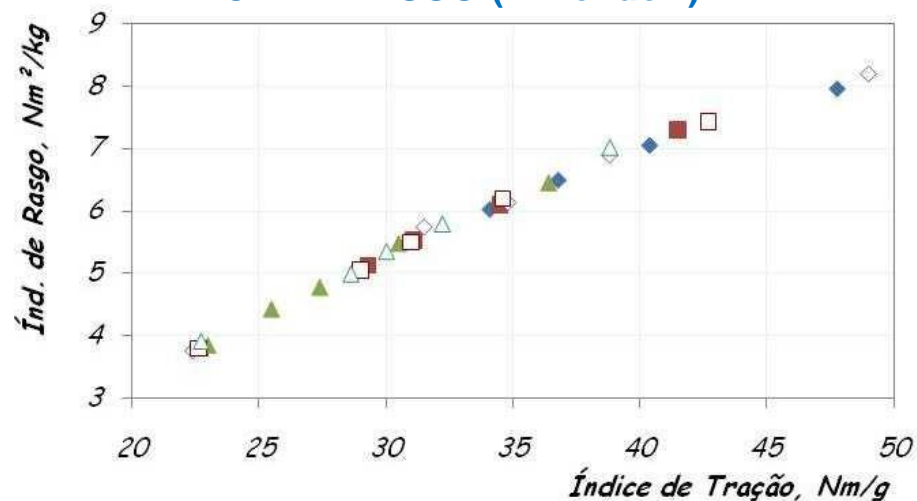
ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



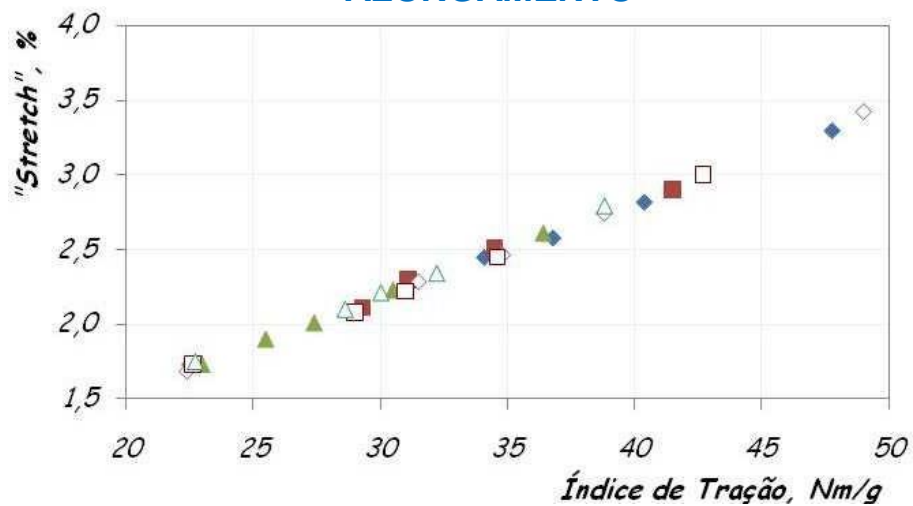
- ◆ 0.5 Ws/m e 1640 rpm
- 0.5 Ws/m e 1185 rpm
- ▲ 0.5 Ws/m e 890 rpm
- ◇ 1.0 Ws/m e 1640 rpm
- 1.0 Ws/m e 1185 rpm
- △ 1.0 Ws/m e 890 rpm

**COMPARAÇÕES A UMA MESMA
CONSOLIDAÇÃO
DA ESTRUTURA DO PAPEL
(Índice de Tração, Nm/g)**

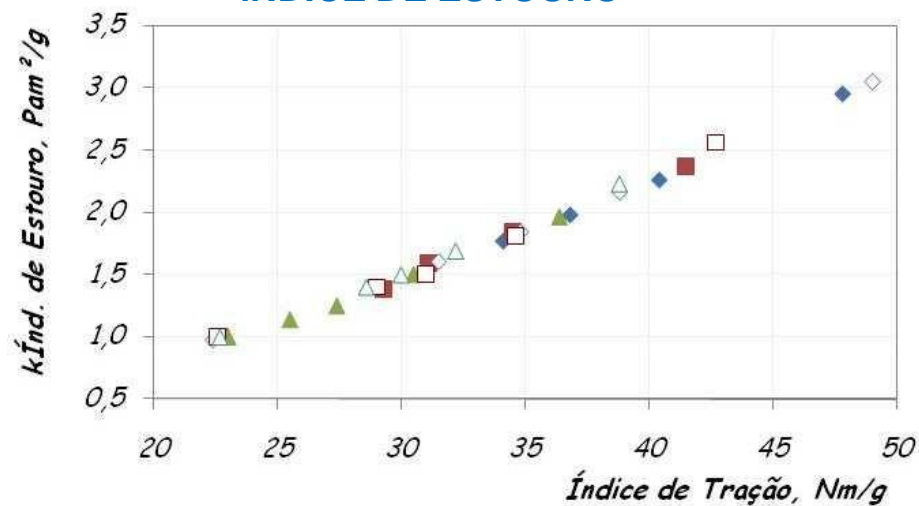
ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



ALONGAMENTO



ÍNDICE DE ESTOURO



◆ 0.5 Ws/m e 1640 rpm

■ 0.5 Ws/m e 1185 rpm

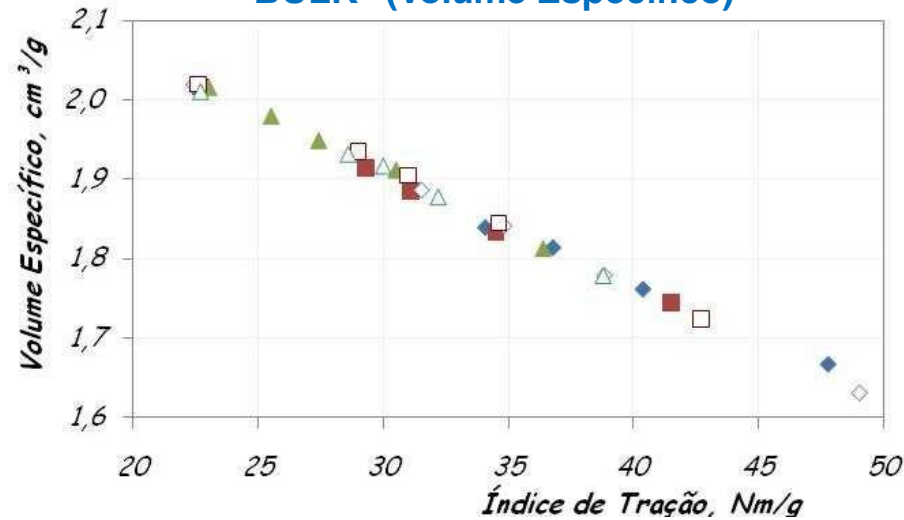
▲ 0.5 Ws/m e 890 rpm

◇ 1.0 Ws/m e 1640 rpm

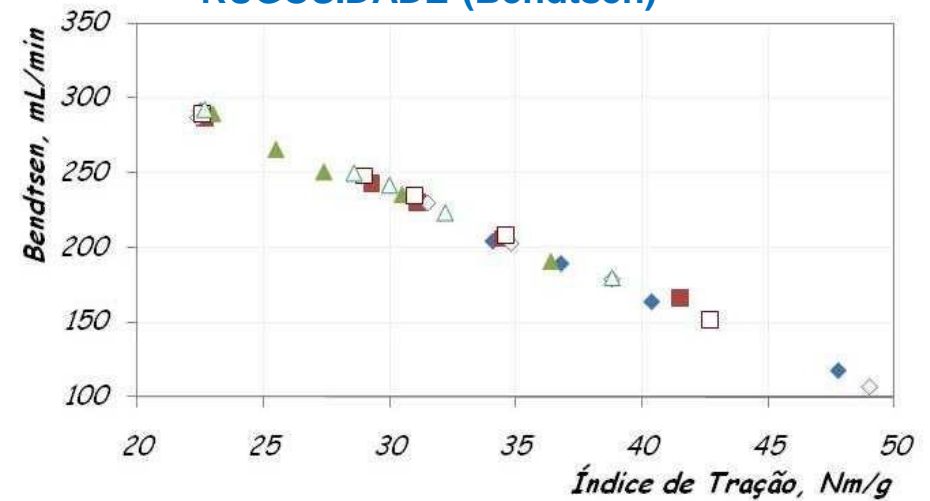
□ 1.0 Ws/m e 1185 rpm

△ 1.0 Ws/m e 890 rpm

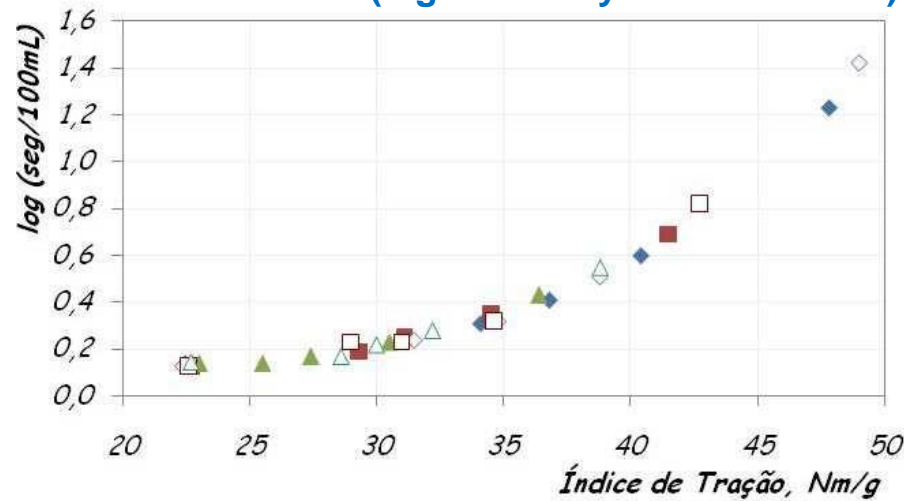
“BULK” (Volume Específico)



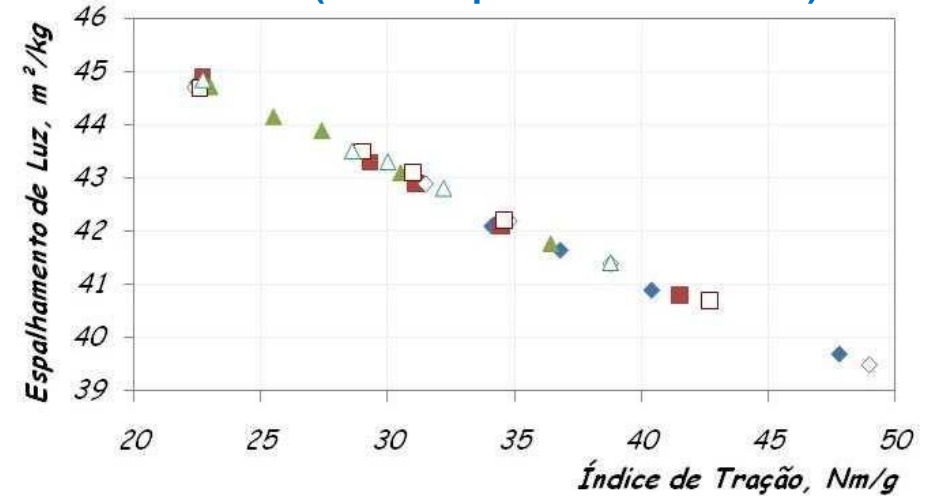
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)



“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)



◆ 0.5 Ws/m e 1640 rpm

■ 0.5 Ws/m e 1185 rpm

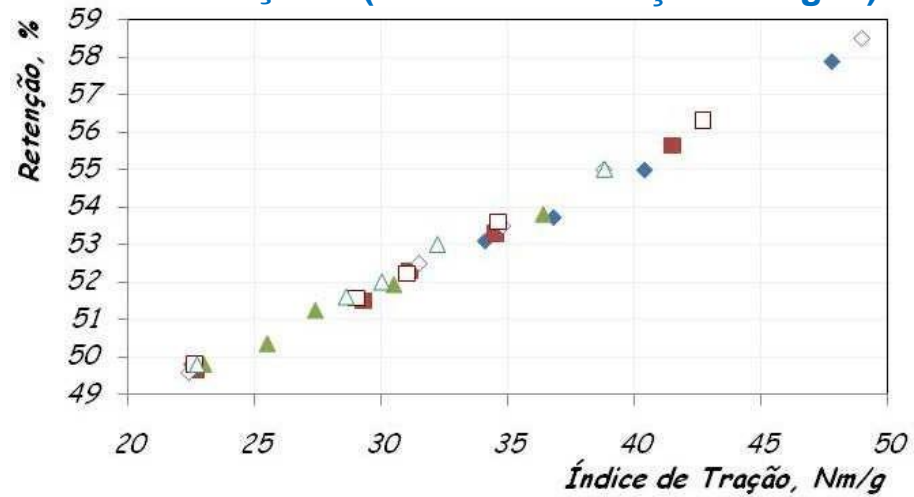
▲ 0.5 Ws/m e 890 rpm

◇ 1.0 Ws/m e 1640 rpm

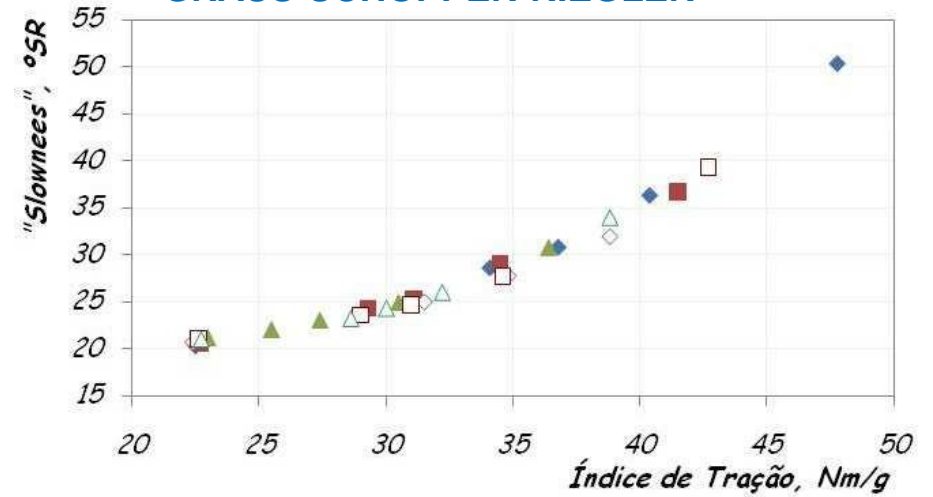
□ 1.0 Ws/m e 1185 rpm

△ 1.0 Ws/m e 890 rpm

“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



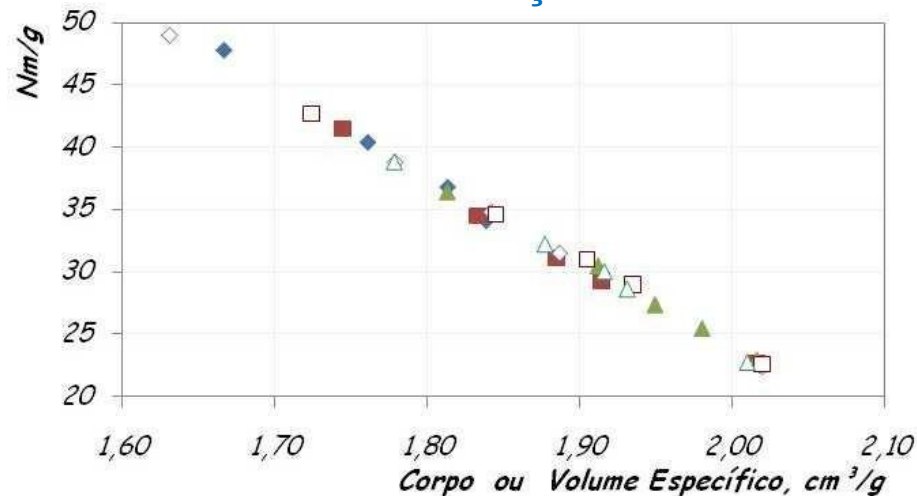
◆ 0.5 Ws/m e 1640 rpm
◇ 1.0 Ws/m e 1640 rpm

■ 0.5 Ws/m e 1185 rpm
□ 1.0 Ws/m e 1185 rpm

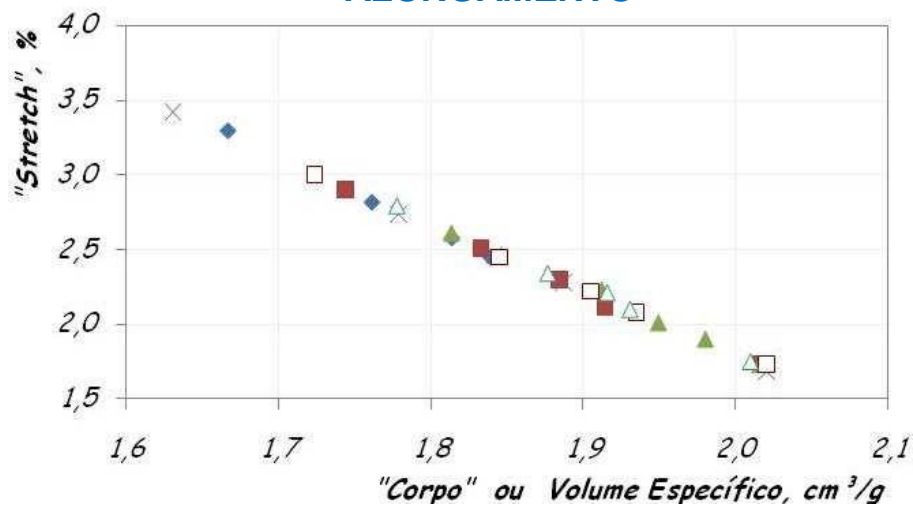
▲ 0.5 Ws/m e 890 rpm
△ 1.0 Ws/m e 890 rpm

**COMPARAÇÕES A UMA MESMA
COMPACTAÇÃO
DA ESTRUTURA DO PAPEL
("Bulk" ou Volume Específico, cm^3/g)**

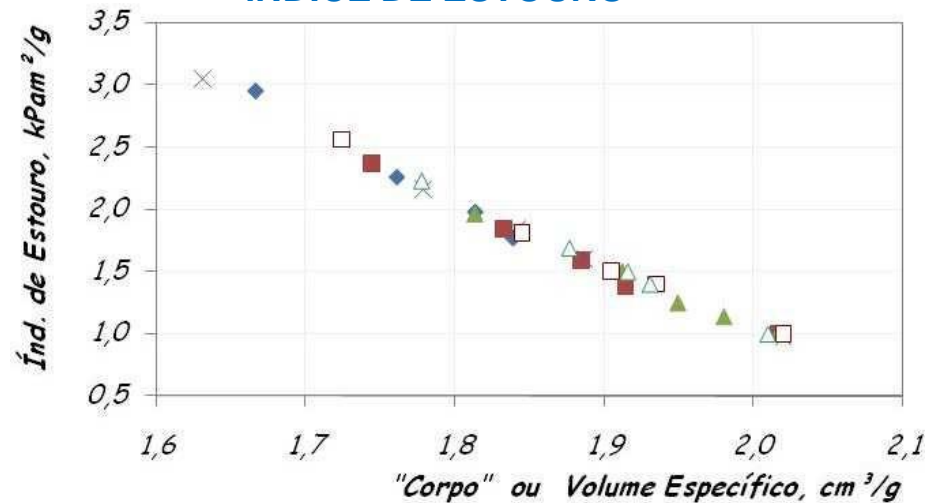
ÍNDICE DE TRAÇÃO



ALONGAMENTO



ÍNDICE DE ESTOURO



◆ 0.5 Ws/m e 1640 rpm

■ 0.5 Ws/m e 1185 rpm

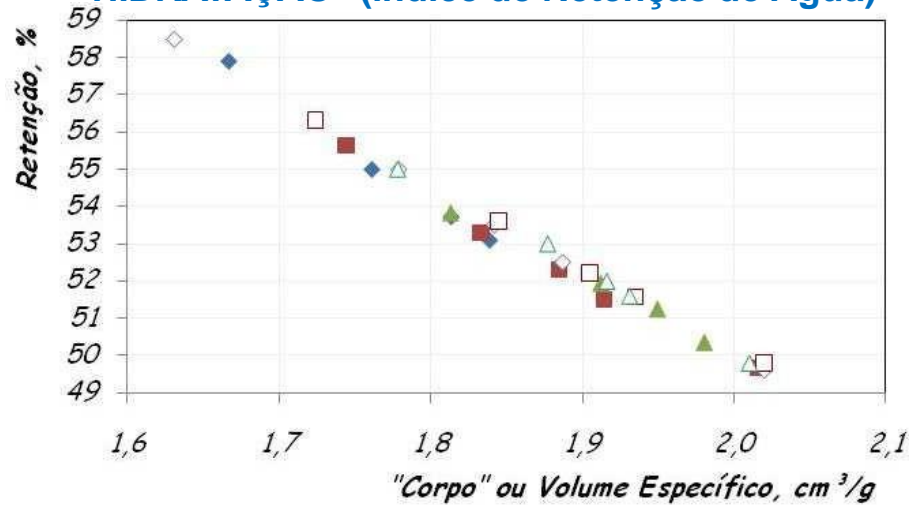
▲ 0.5 Ws/m e 890 rpm

◇ 1.0 Ws/m e 1640 rpm

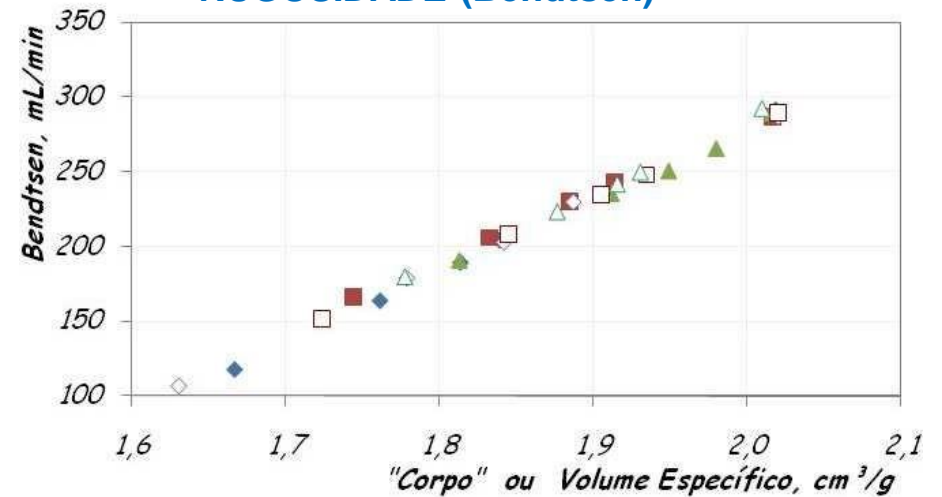
□ 1.0 Ws/m e 1185 rpm

△ 1.0 Ws/m e 890 rpm

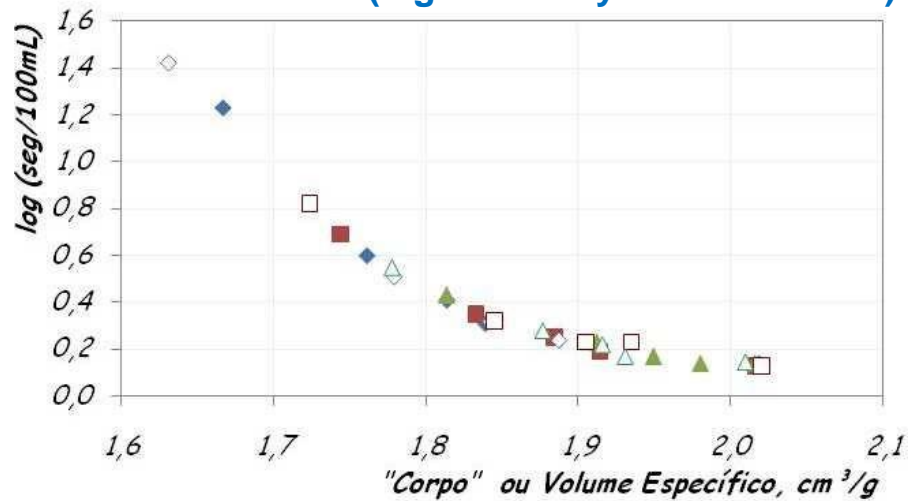
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



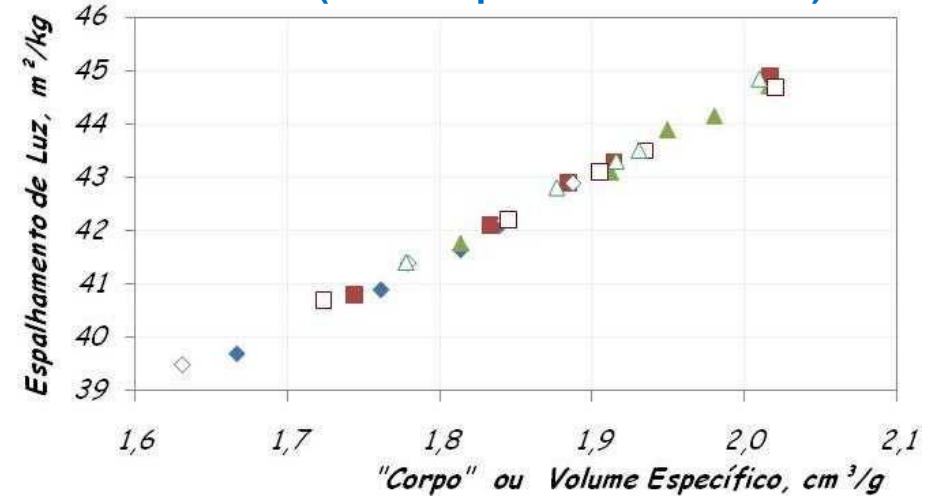
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)



“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)



◆ 0.5 Ws/m e 1640 rpm

■ 0.5 Ws/m e 1185 rpm

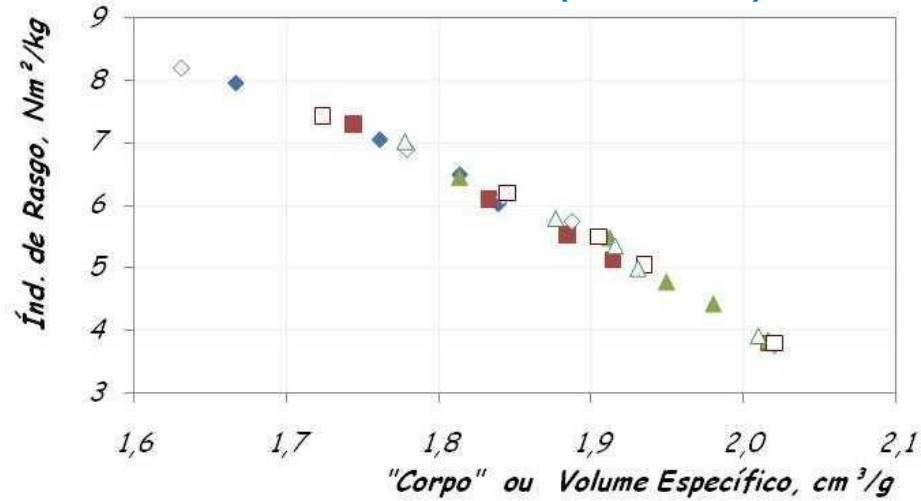
▲ 0.5 Ws/m e 890 rpm

◇ 1.0 Ws/m e 1640 rpm

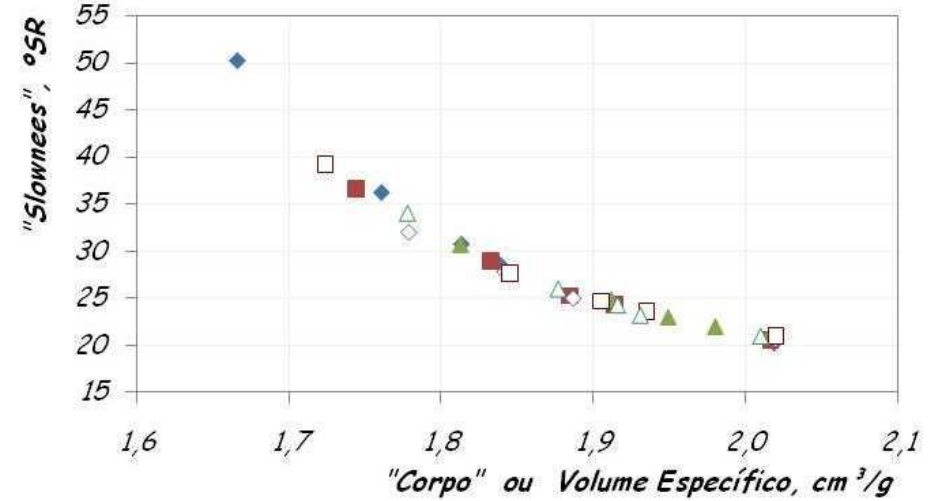
□ 1.0 Ws/m e 1185 rpm

△ 1.0 Ws/m e 890 rpm

ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



◆ 0.5 Ws/m e 1640 rpm

◇ 1.0 Ws/m e 1640 rpm

■ 0.5 Ws/m e 1185 rpm

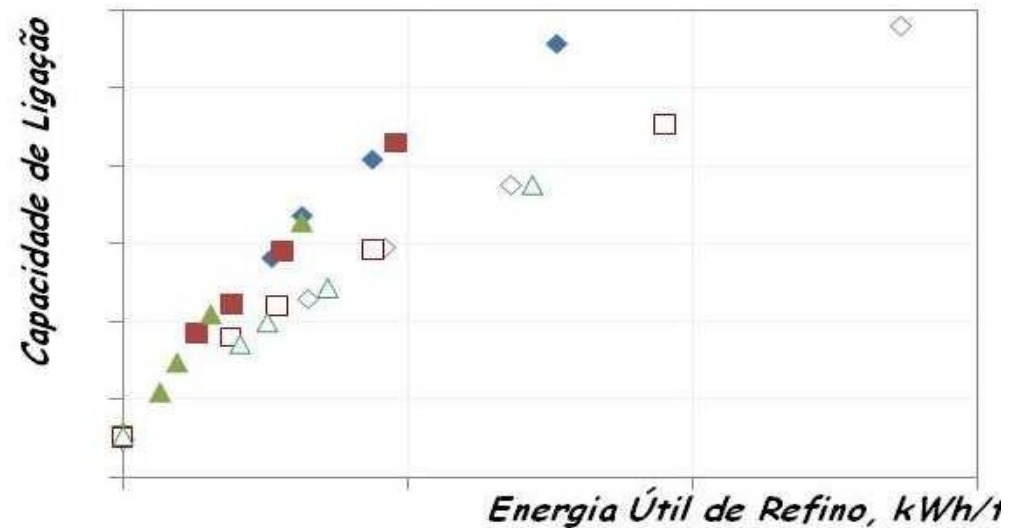
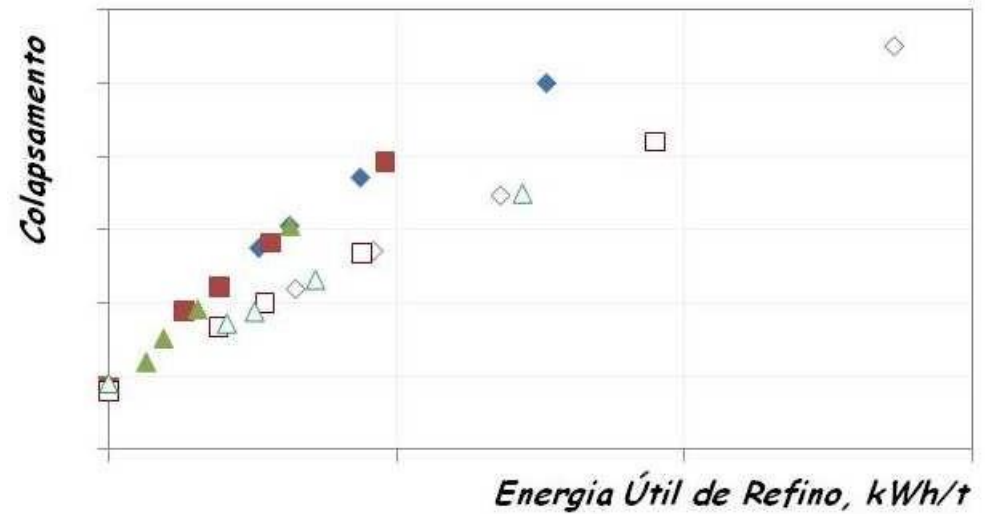
□ 1.0 Ws/m e 1185 rpm

▲ 0.5 Ws/m e 890 rpm

△ 1.0 Ws/m e 890 rpm

Portanto...

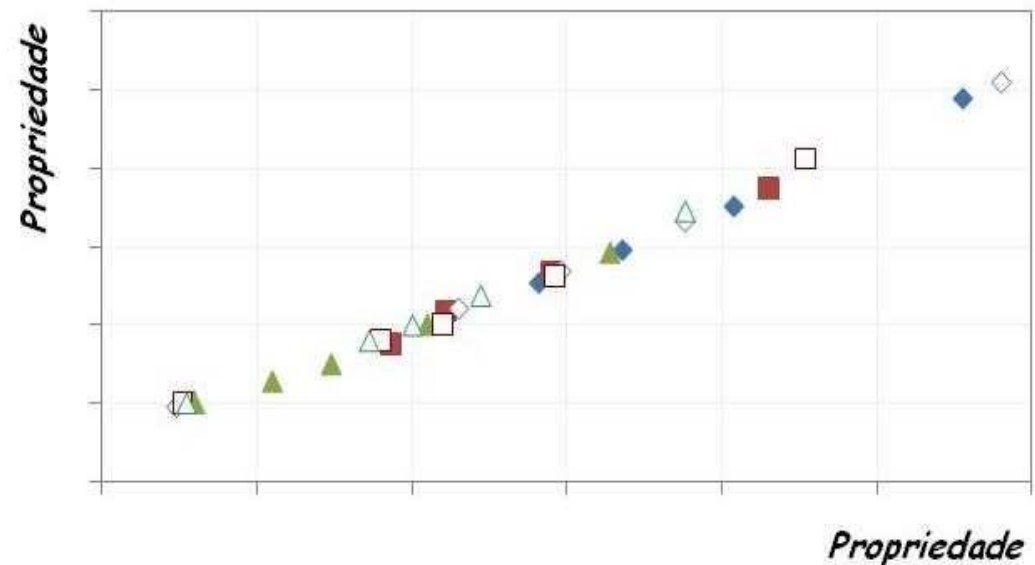
As diferenças observadas ocorreram em função da intensidade de refino, e não da velocidade de rotação dos discos.



Portanto...

As diferenças observadas ocorreram em função da intensidade de refino, e não da velocidade de rotação dos discos.

As interações entre as propriedades da celulose não foi alterada em função da velocidade de rotação dos discos.



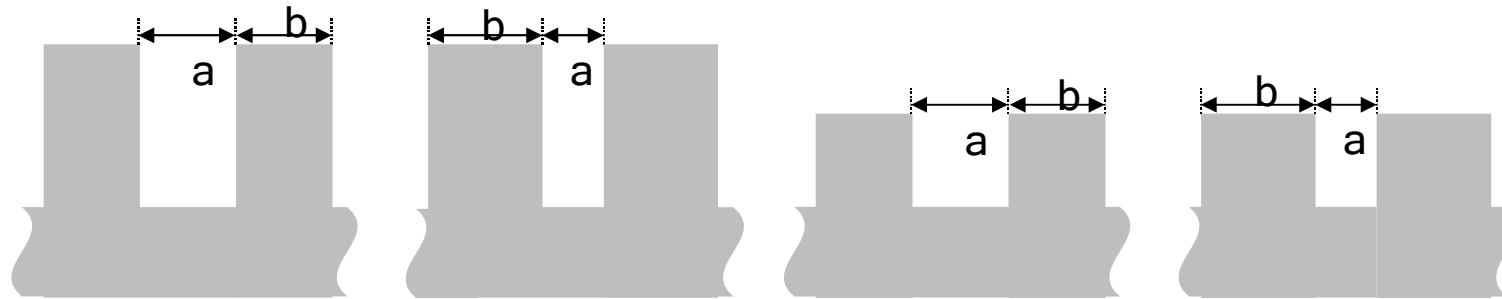
Avaliação do efeito da

CONFIGURAÇÃO (DESENHO) DOS DISCOS

no desenvolvimento das propriedades da polpa refinada.

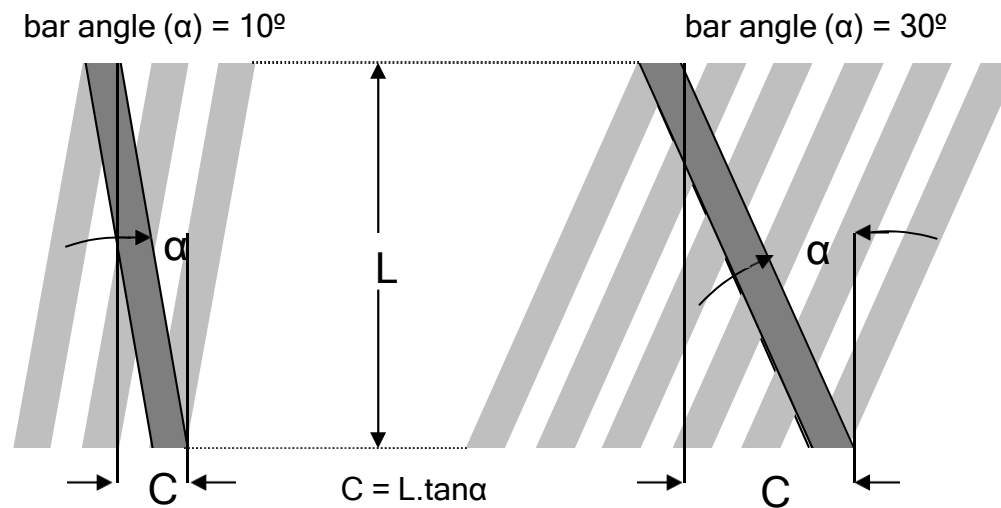


PARÂMETROS DA CONFIGURAÇÃO DOS DISCOS DE REFINO



a = largura dos canais do disco

b = largura das barras do disco



Experimental:

- Mesma celulose (BEKP – Híbridos naturais de *Eucalyptus grandis*, Brasil.
- Refino sob mesmas condições operacionais
intensidade de refino = 0,50 Ws/m
consistência de refino = 4,5 % velocidade
de rotação = 1185 rpm
- Variação do desenho dos discos.

Referência [38]:

Manfredi, V. - Optimizing Eucalyptus Pulp Refining. *In*: International Papermaking & Environment Conference. Ed. Yang, S.; Ni, Y. e Liu, Z. Tianjin University of Science and Technology, Tianjin - China: 12-14/05/2004. Book A pgs. 41-50 [38].

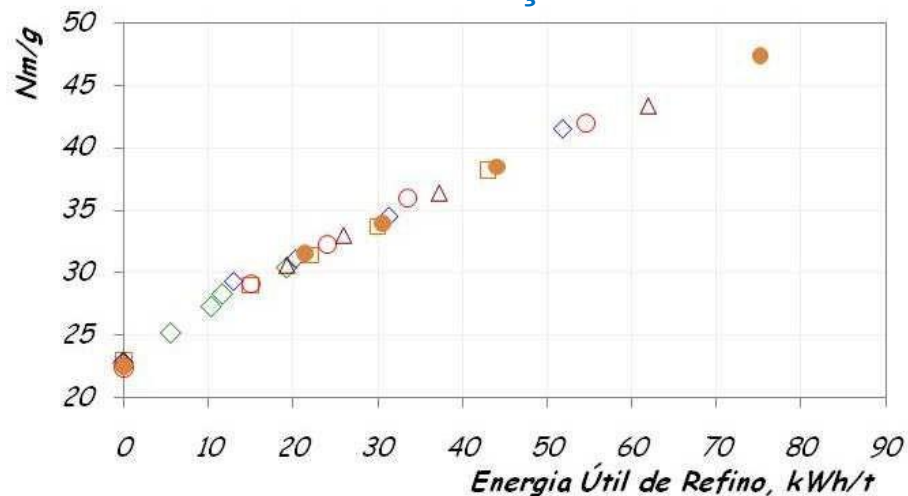
CONFIGURAÇÃO (DESENHO) DOS DISCOS UTILIZADOS

Desenho			Comprimento de Corte, cm/rev	Comprimento de Corte Total, km/ s		
Barra	Canal	Ângulo		890 rpm	1185 rpm	1640 rpm
2,0	2,5	5	98147	14,56	19,38	26,83
3,0	2,0	5	86466	12,83	17,07	23,63
2,5	3,5	5	75629	11,22	14,94	20,67
2,5	3,0	5	74887	11,11	14,79	20,47
3,0	3,0	5	63028	9,35	12,45	17,23
3,0	3,0	10	61952	9,19	12,24	16,93
5,0	5,0	5	25988	3,85	5,13	7,10

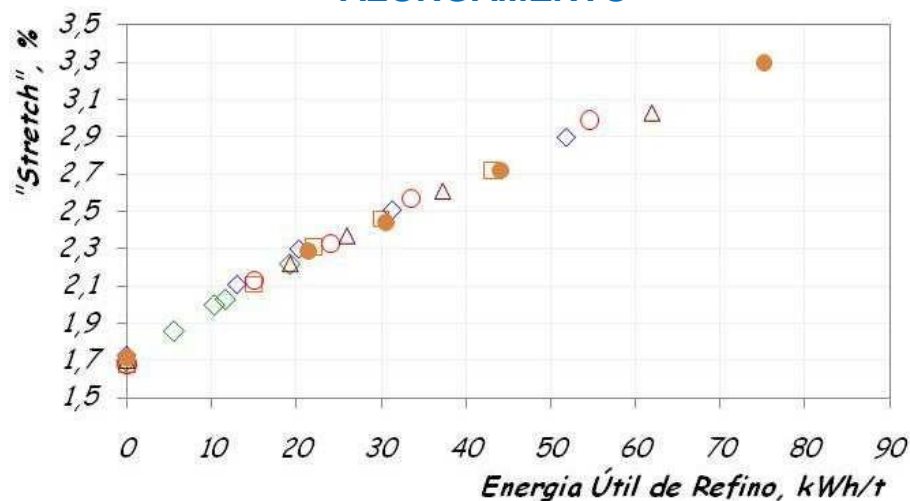
COMPARAÇÃO A UMA MESMA
ENERGIA DE REFINO
(kWh/t)

“QUANTIDADE”

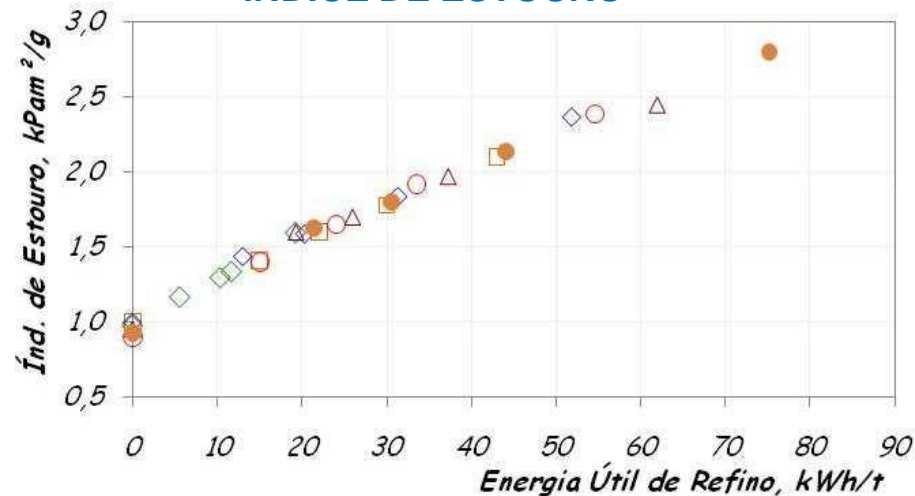
ÍNDICE DE TRAÇÃO



ALONGAMENTO

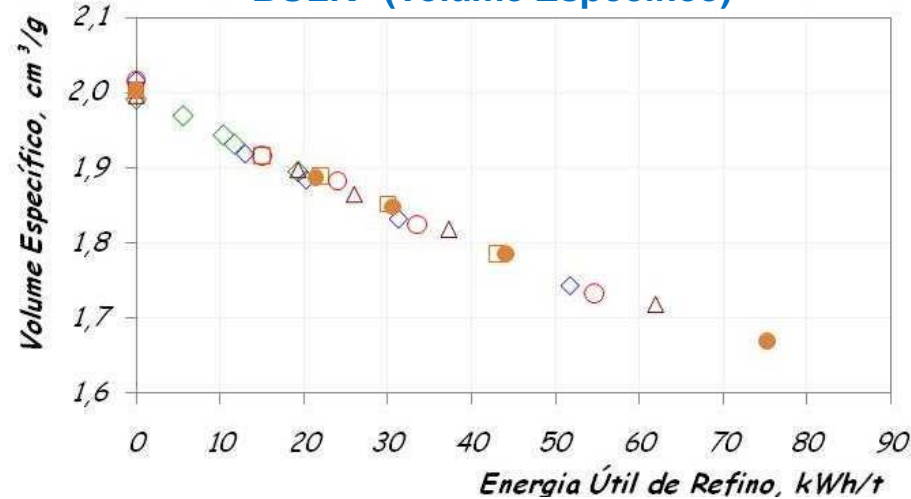


ÍNDICE DE ESTOURO

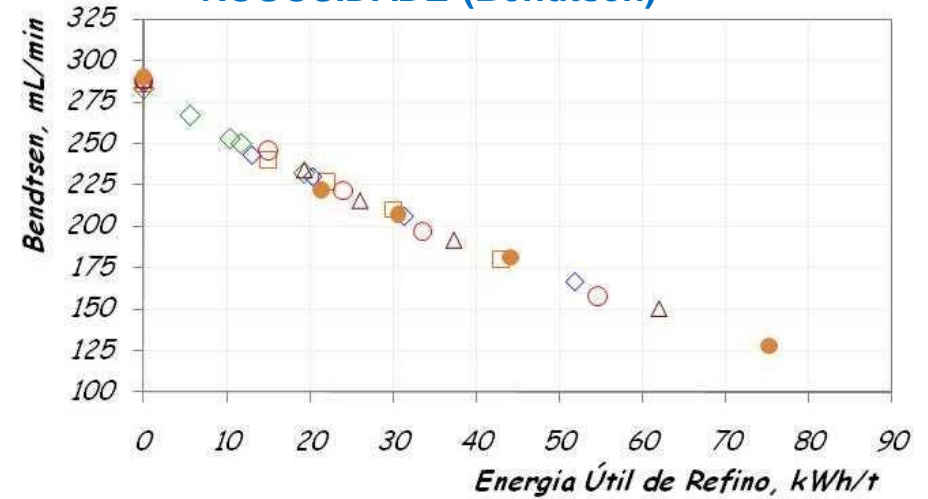


◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol
 Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

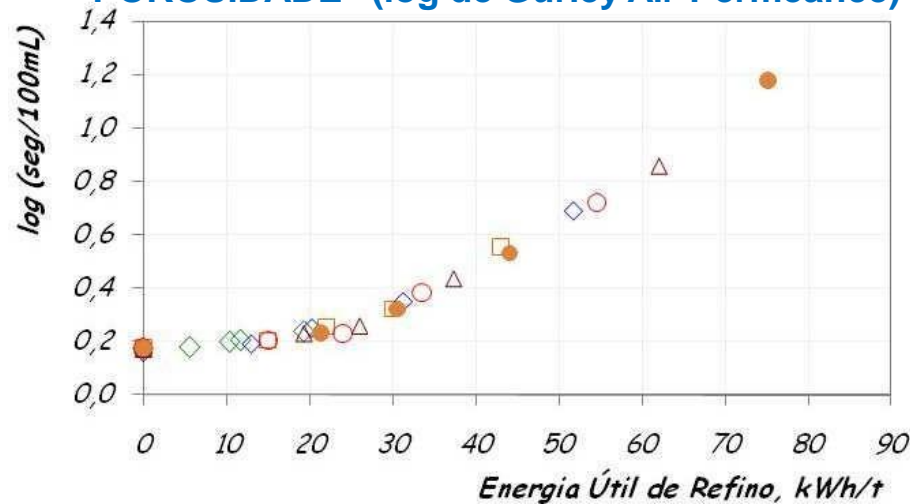
“BULK” (Volume Específico)



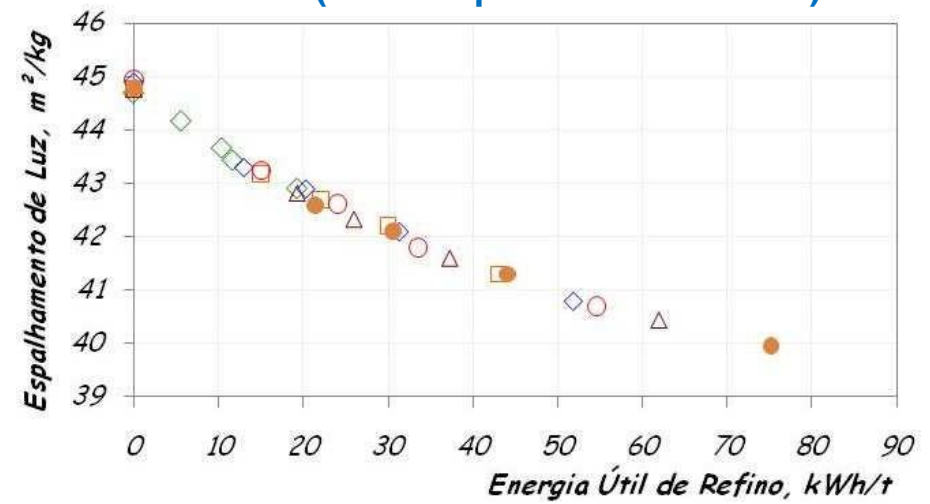
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)

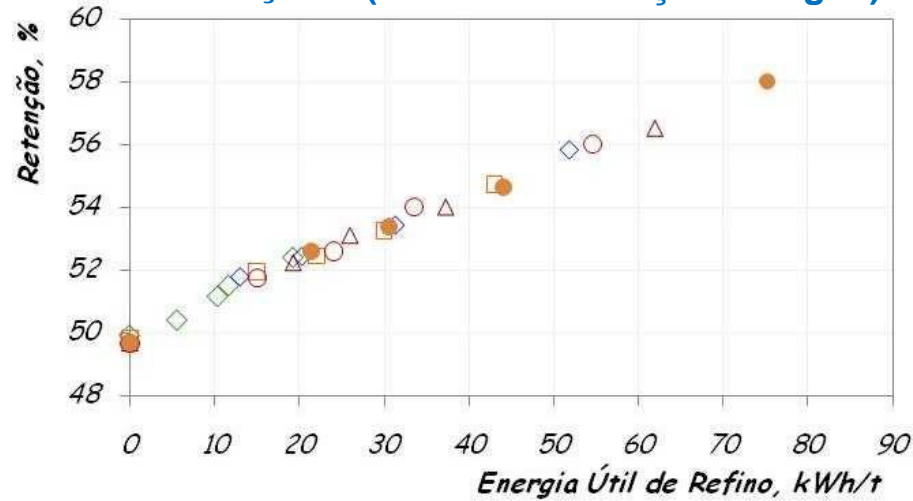


“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)

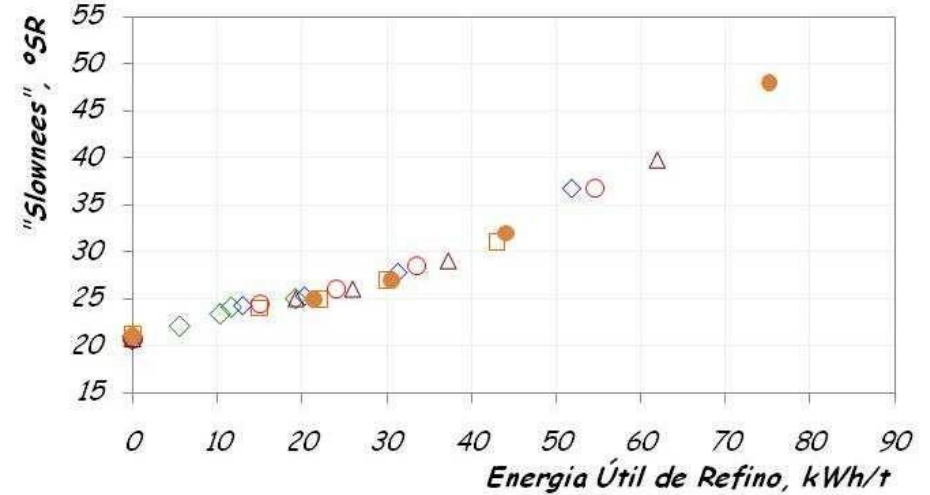


◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol
 Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

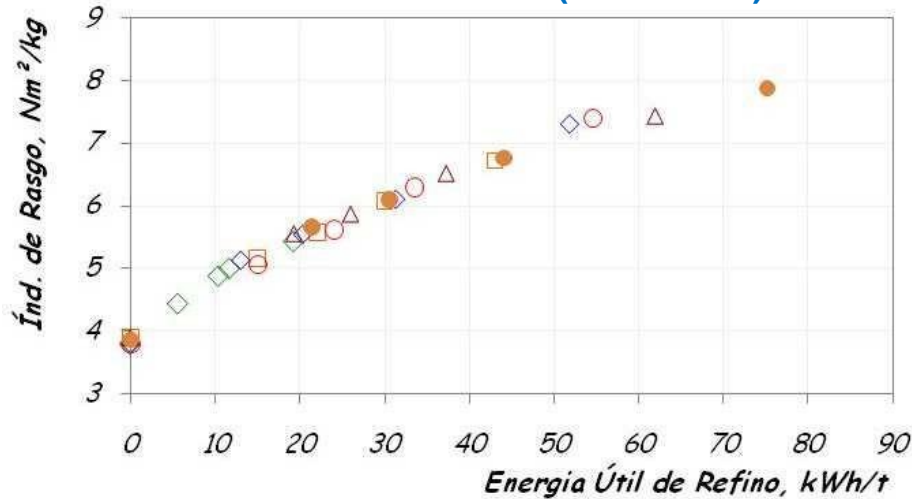
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



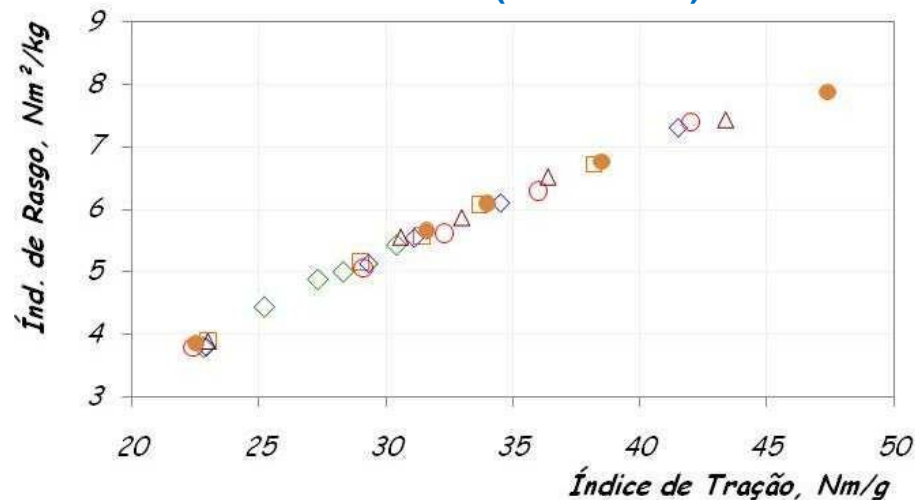
ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



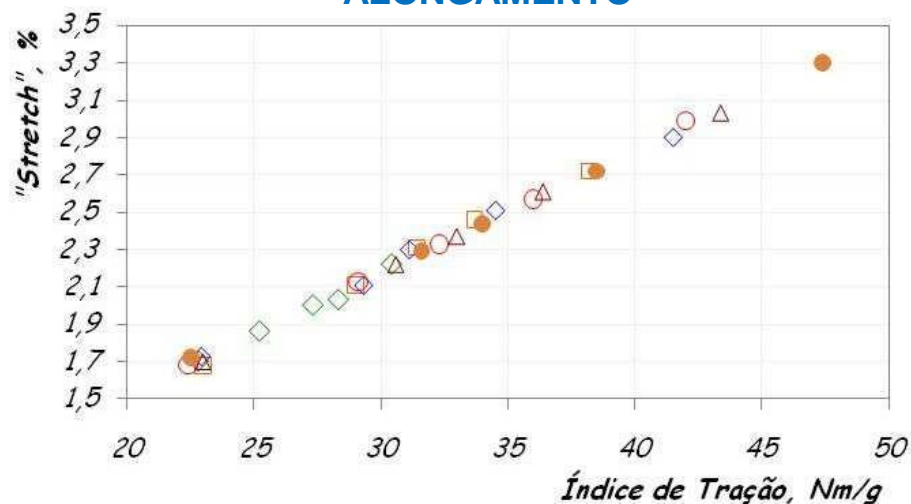
◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol
 Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

**COMPARAÇÕES A UMA MESMA
CONSOLIDAÇÃO
DA ESTRUTURA DO PAPEL
(Índice de Tração, Nm/g)**

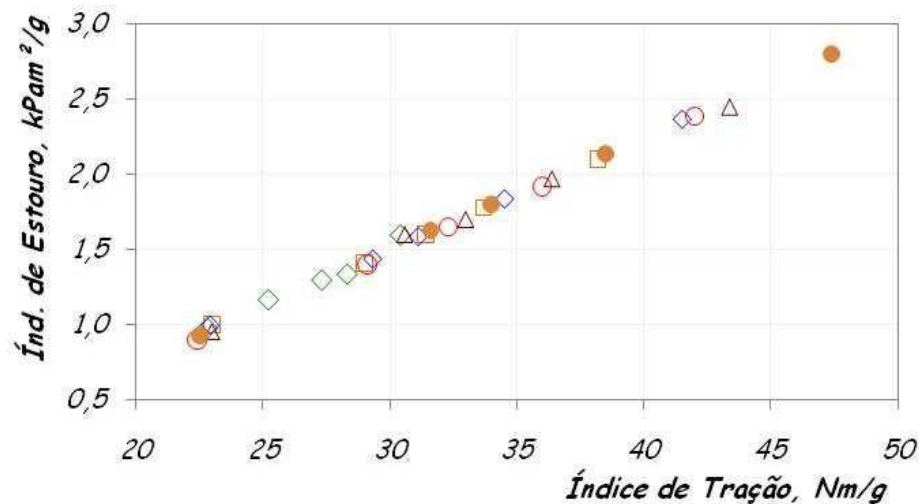
ÍNDICE DE RASGO (Elmendorf)



ALONGAMENTO



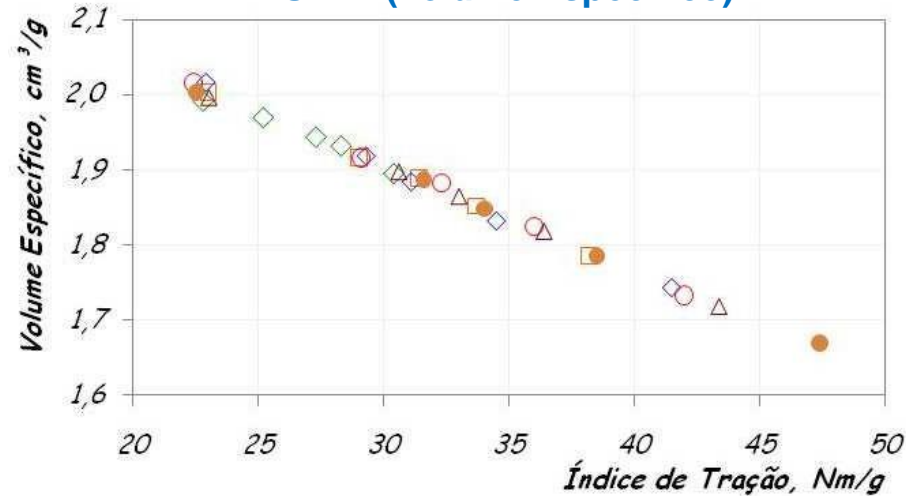
ÍNDICE DE ESTOURO



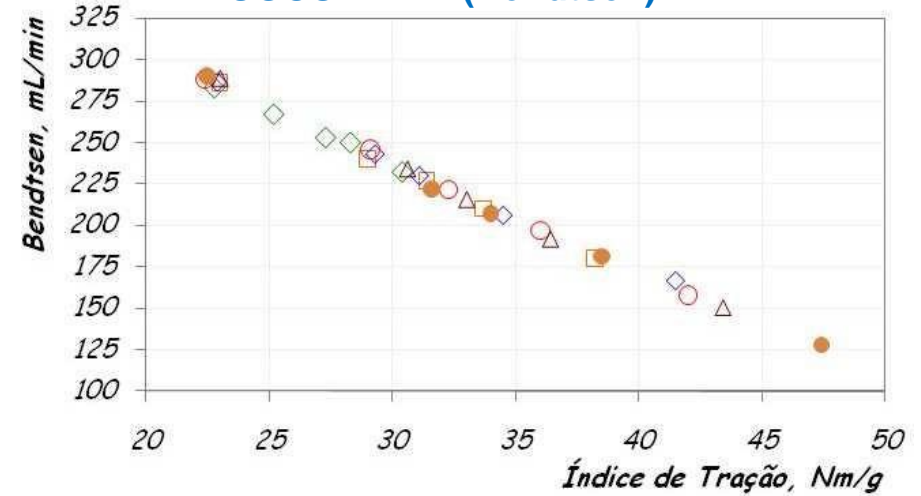
◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol

Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

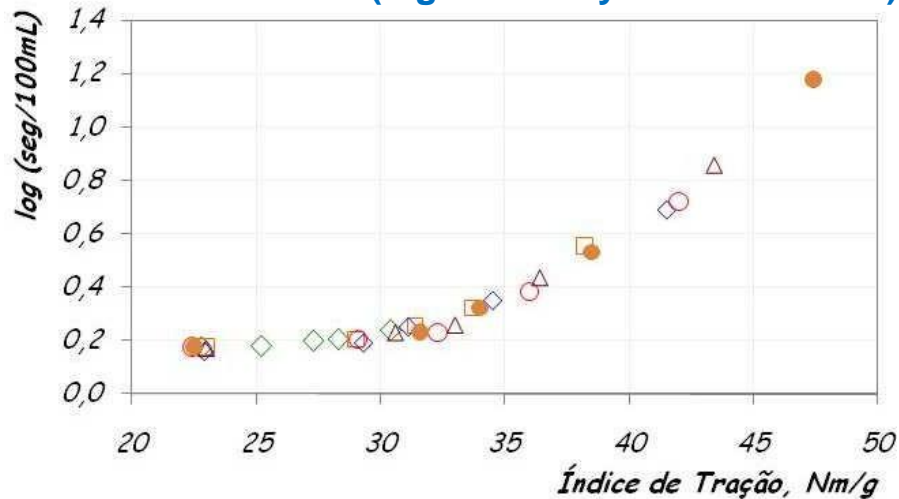
“BULK” (Volume Específico)



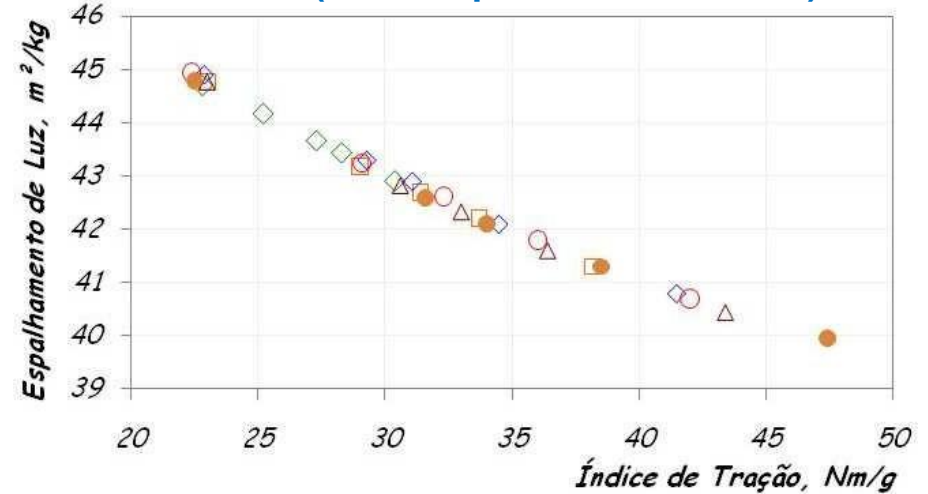
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)

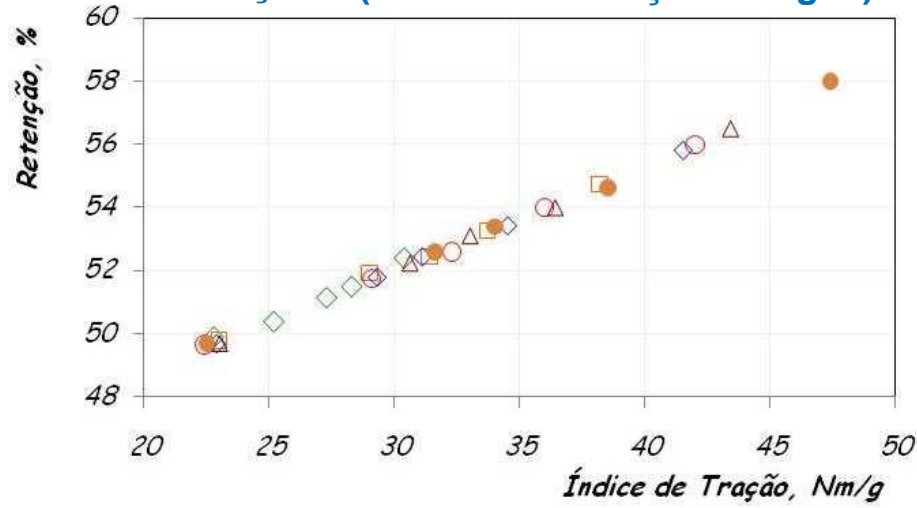


“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)

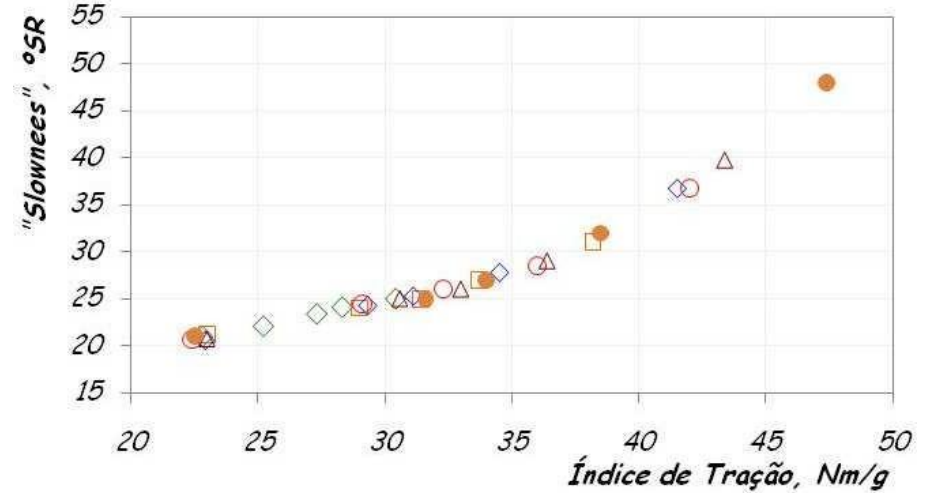


◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol
 Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



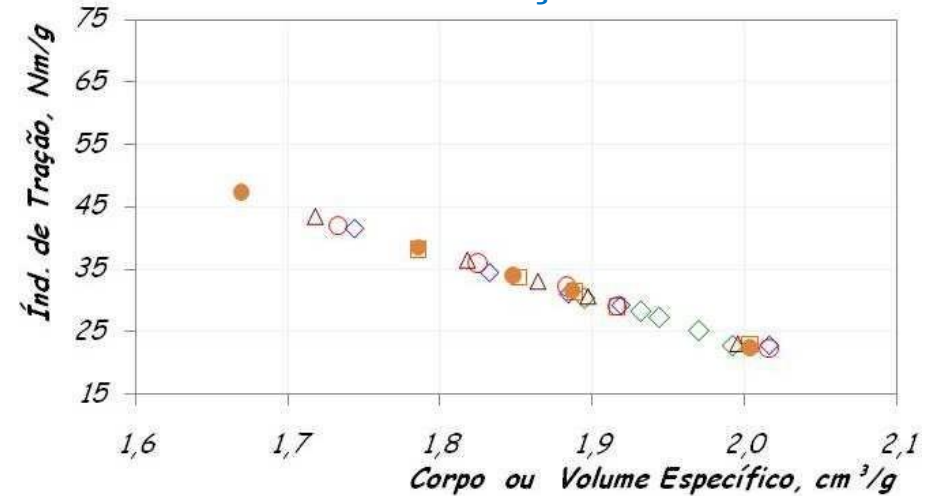
GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



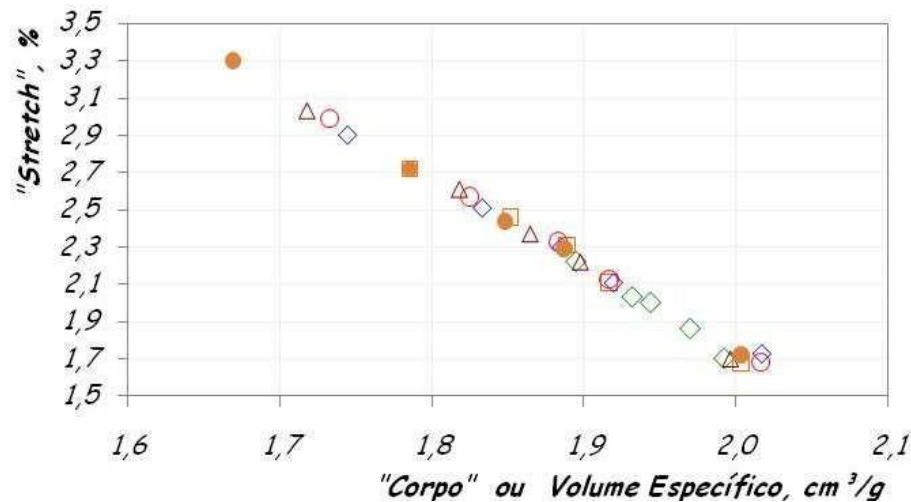
◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol
 Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

COMPARAÇÕES A UMA MESMA
COMPACTAÇÃO
DA ESTRUTURA DO PAPEL
("Bulk" ou Volume Específico, cm^3/g)

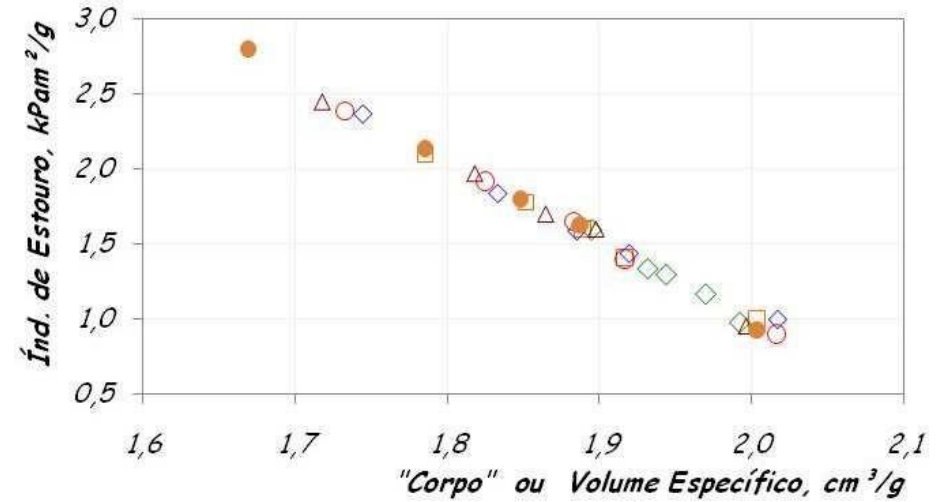
ÍNDICE DE TRAÇÃO



ALONGAMENTO

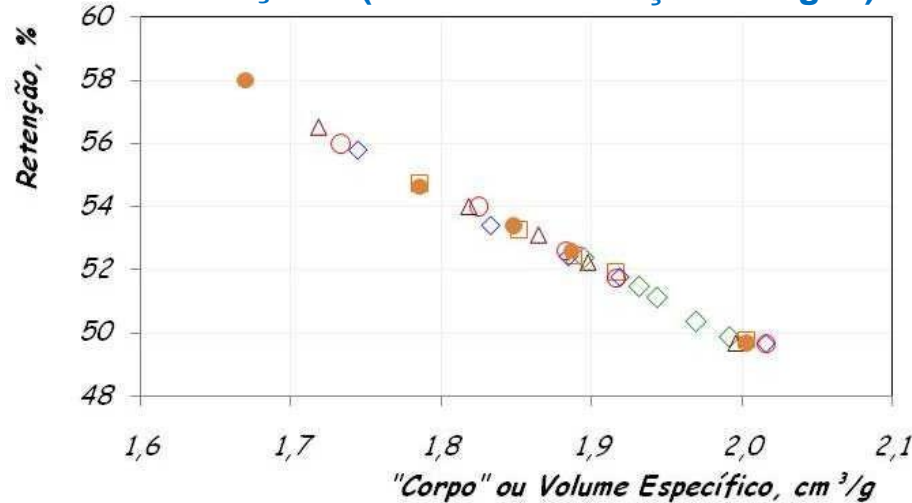


ÍNDICE DE ESTOURO

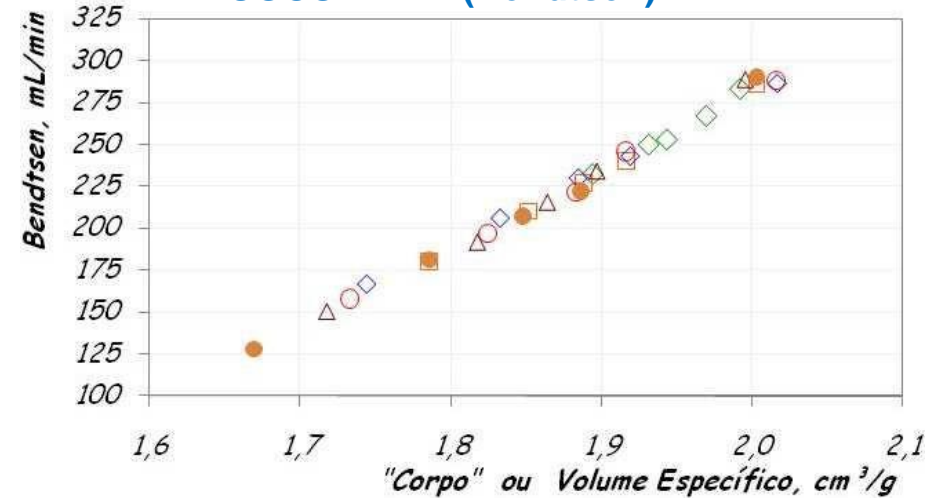


◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol
 Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

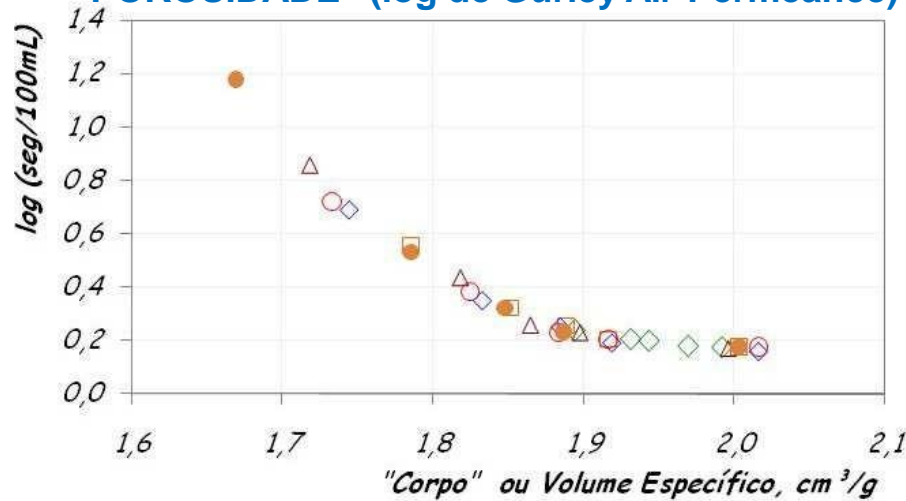
“HIDRATAÇÃO” (Índice de Retenção de Água)



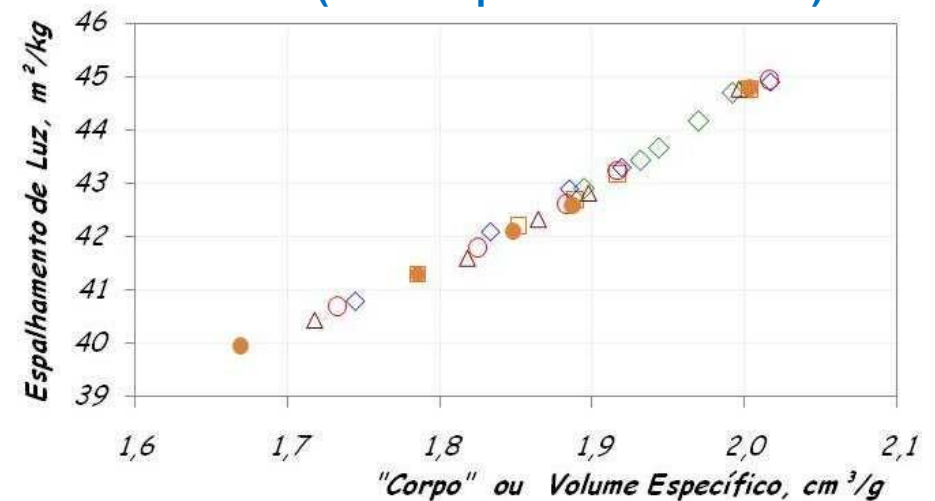
RUGOSIDADE (Bendtsen)



“POROSIDADE” (log de Gurley Air Permeance)



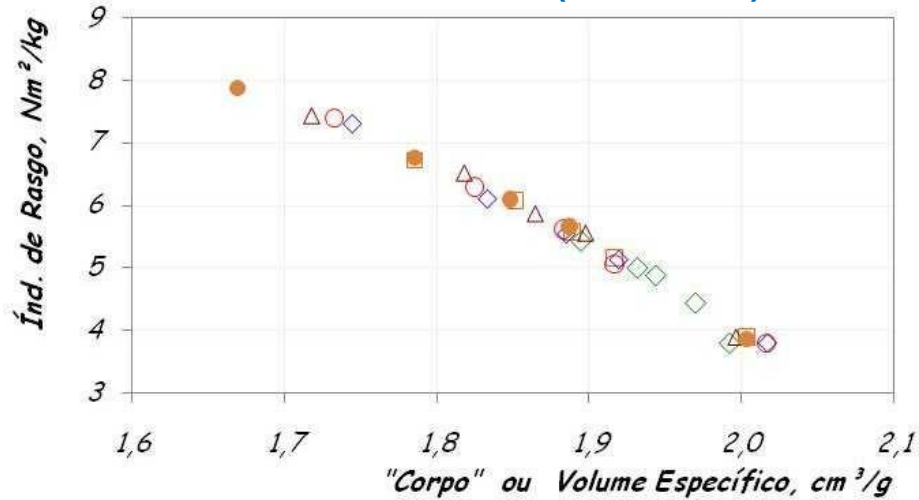
“OPACIDADE” (Coef. Espalhamento de Luz)



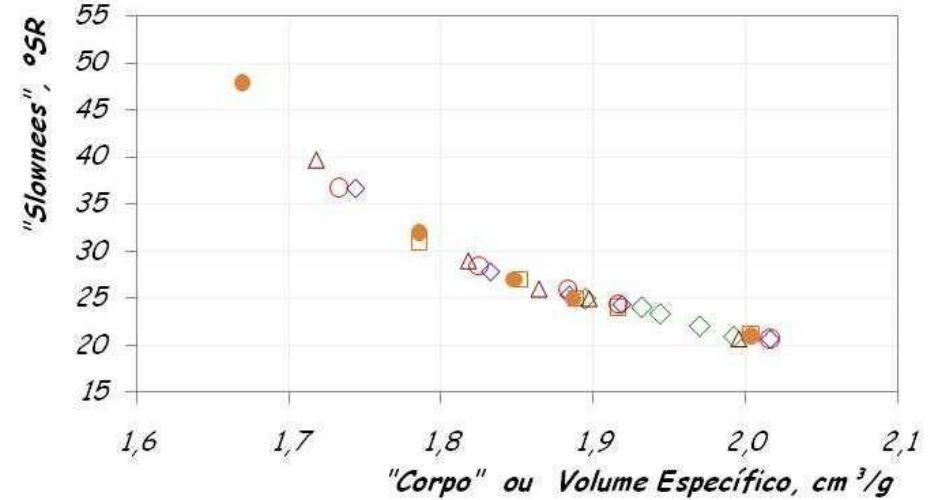
◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol

Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

INDICE DE RASGO (Elmendorf)

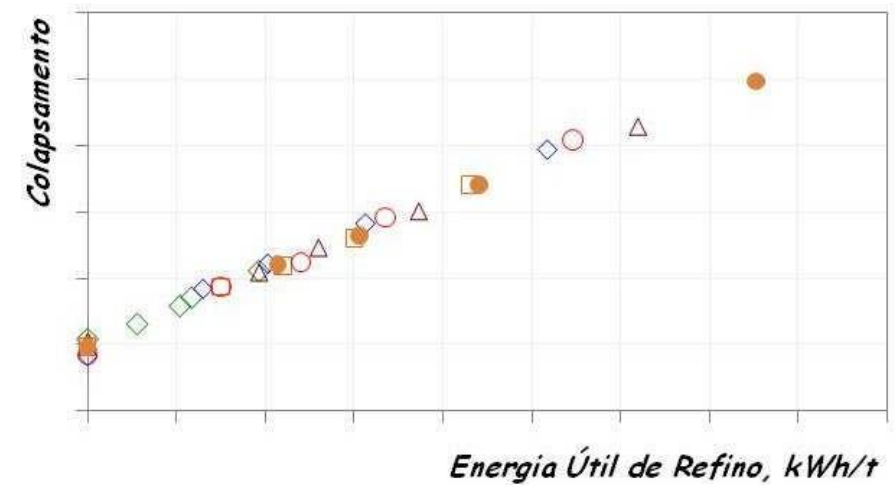
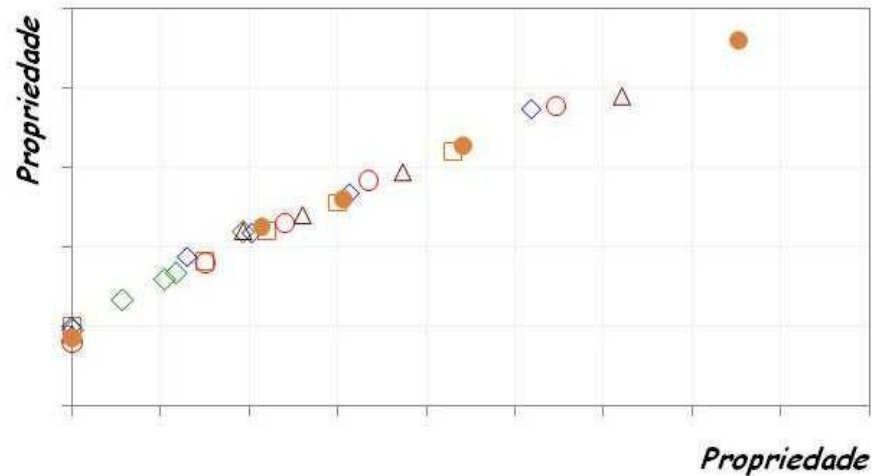


GRAUS SCHOPPER-RIEGLER



◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol
 Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

Portanto ...



◇ 25988 cm/revol □ 61952 cm/revol ◇ 63028 cm/revol. ○ 75629 cm/revol. △ 86466 cm/revol. ● 98147 cm/revol
 Consistência = 4,5 % intensidade = 0,50 Ws/m 1185 rpm

Portanto ... sem efeito do desenho dos discos no consumo de energia de refino e no desenvolvimento das propriedades da celulose .

- 1) Sempre ouvimos que o desenho dos discos é de fundamental importância para o refino. Por quê os resultados experimentais não mostraram isso?
- 2) Com base nesses resultados, faz sentido tentar otimizar uma instalação industrial de refino através da busca do disco ideal (melhor desenho)?
- 3) Se fizer sentido, como definir o “melhor desenho” de disco?

Qual disco é o melhor? Como identificar?

CONFIGURAÇÃO (DESENHO) DOS DISCOS UTILIZADOS

Desenho			Comprimento de Corte, cm/rev	Comprimento de Corte Total, km/ s		
Barra	Canal	Ângulo		890 rpm	1185 rpm	1640 rpm
2,0	2,5	5	98147	14,56	19,38	26,83
3,0	2,0	5	86466	12,83	17,07	23,63
2,5	3,5	5	75629	11,22	14,94	20,67
2,5	3,0	5	74887	11,11	14,79	20,47
3,0	3,0	5	63028	9,35	12,45	17,23
3,0	3,0	10	61952	9,19	12,24	16,93
5,0	5,0	5	25988	3,85	5,13	7,10

1. Whitney, R. P. - *The Story of Paper*. Tappi Press, Atlanta, 1984, 28 pgs.
2. Scott, W. E., Abbott, J. C. e Trosset, S. - Tappi Press, Atlanta. 191 pgs. (1995).
3. Atchinson, J. E. e McGovern, J. N. - History of Paper and the Importance of Non-wood Plant Fibers. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 1 - Properties of Fibrous Raw Materials and Their Preparation fo Pulping*. Ed. Kocureck, M. J. e Stevens, C. F. B. The Technical Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1983 pg. 154-156.
4. Haunreiter, K. J. - *Tappi Journal*, 80 (10): 87-96 (October 1997).
5. Schindler, M. - 200 years of paper machines - Voith and Sulzer were in from the very beginning. *Twogether – Paper Technology Journal* (8): 62-65 (July 1999).
6. Bloom, J. M. - Paper Before Print: The History and Impact of Paper in the Islamic World. Yale University Press, citado por O Estado de São Paulo em “A influência muçulmana na divulgação do papel” (27 de Janeiro de 2002).
7. Clark, J. d’A. - Mill Beating and Refining, *In: Pulp Technology and Treatment of Paper*. Miller Freeman, San Francisco, 1978 516 pgs.
8. Education Commiitte - Paper making. Ed. Technical Section P.M.A., London, 1949 208 pgs.
9. Jagenberg, F. - Das holländergeschirr in briefen an einen papiermacher (1887).
10. Smith, S. - *Paper Trade Journal*, 106 (26): 47-48 (1922)
11. Smith, S. - *Paper Trade Journal*, 107 (1): 49-52 (1923).
12. Wulsch, F e Flucher, W. - *Das Papier*, 12 (13/14): 334-342 (July 1958).
13. Lewis, D. W. e Danforth, J. - *Tappi Journal*, 45 (3): 185-188 (March 1962).
14. van Stiphout, J. M. J. - *Tappi*, 47 (2): 189^A-191^A (February 1964).
15. Giertz, H. W. - A new way to look at the beating process. *Norsk Skog* 18 (7): 239-248 (1964).
16. Brecht, W. e Siewert, W. H. - *Das Papier*, 20 (1): S 4-14. (January 1966).
17. Banks, W. A. - *Paper Technology*, 8 (4): 363-369 (1967).
18. Danforth, D. W. – *Southern Pulp and Paper Manufacture*, 32 (7): 52-53 (1969).
19. Leider, P. J. e Nissan, A. H. - *Tappi*, 60 (10): 85-90 (1977).
20. Steenberg, B. - A Model of Refining as a Special Case of Milling. *In: International Symposium on Fundamental Concepts of Refining*. IPC, Appleton: 16-18/09/1980 (1980) pgs 107.
21. Arjas, A. - Residence time distribution in conical refiners and refining systems. *In: International symposium of Fundamental Concepts of Refining*. Appleton: 16-18/09/1980 pgs. 8-20
22. Dillen, S. - Heterogeneity - An Important Parameter in Low Consistency Refining. *In: International Symposium of Fundamental Concepts of Refining*. IPC, Appleton: 16-18/09/1980 pgs. 331.

23. Ebeling, K. - A critical review of current theories for the refining of chemical pulps. *In: International Symposium of Fundamental Concepts of Refining*. IPC, Appleton: 16-18/09/1980 pgs. 1-33.
24. Levlin, J. E. - Some differences in the beating behaviour of softwood and hardwood kraft pulps. *In: International Symposium on Fundamental Concepts of Refining*. IPC, Appleton: 1980.
25. Ebeling, K. - A critical review of current theories for the refining of chemical pulps. *In: International Symposium of Fundamental Concepts of Refining*. IPC, Appleton: 1980 pgs. 1-33.
26. McKenzie, A. W. e Prosser, N. A. - *Appita Journal*, 34 (4): 239-297 (1981).
27. Hietanen, S. e Ebeling, K. - Control of Heterogeneity of the Refining Action. *In: International Conference of New Technologies in Refining: Advances in Refining Technologies*. PIRA, Birmingham: 1986 Volume I pgs. 1-27.
28. Hietanen, S. e Ebeling, K. - Heterogeneity in Refining Action: Effects on Fiber and Paper Structure. *In: International Paper Physics Conference*. TAPPI/CPPA, Cape Cod: 18-24/09/1983 pgs. 27-39.
29. Atack, D.; Stationwala, M. I. e Karmis, A. - *Pulp and Paper Canada*, 85 (12): 119-124 (December 1984)
30. Manfredi, V.; Vilela, C. B. and Claudio-da-Silva Jr. E. - *Efeito das Variáveis Operacionais de Refino na Evolução das Propriedades da Polpa Refinada*. *In: Congresso Anual de Celulose e Papel*. ABTCP, São Paulo: 24-28/11/1986 pgs. 189-207.
31. Manfredi, V. e Claudio-da-Silva Jr, E. - Refining Operational Variables vs Raw Material. *In: International Conference - Advances in Refining Technologies*. PIRA, 1986
32. Soszynski, R.H. e Kerekes, R. - *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 3 (4): 172-179 (1988).
33. Wagle, D. G.; Lee, C. W. e Brodley, R. S. - *Tappi*, 71 (9): 137-141 (1988).
34. Atack, D.; Stationwala, M. I.; Huusari, E.; Ahlqvist, P.; Fontebasso, J. e Perkola, M. - *Paperi ja Puu*, 71 (6): 689 (1989)
35. Hietanen, S. e Ebeling, K. - *Paperi ja Puu*, 72 (2): 158-170 (1990)
36. Hietanen, S. e Ebeling, K. - *Paperi ja Puu*, 72 (2): 172-179 (1990).
37. Lumiainen, J. - A New Approach to the Critical Factors Effecting Refining Intensity Result in Low-consistency Refining. *In: 1990 EUCEPA Meeting*. EUCEPA, Stockholm: 1990 pgs. 310
38. Manfredi, V. - Optimizing Eucalyptus Pulp Refining. *In: International Papermaking & Environment Conference*. Ed. Yang, S.; Ni, Y e Liu, Z. Tianjin University of Science and Technology, Tianjin - China: 12-14/05/2004 Book A pgs. 41-50.
39. Page, D. H. - The beating the chemical pulps - the action and the effects. *In: 9th Fundamental Research Symposium*, Transaction of the. BP+BMA, Cambridge, 1989 Volume 1 pgs. 1-38.
40. Hietanen, S. - Role of fiber flocculation in refining: studies of a new refining principle. Licenciante Thesis, Helsinki University of Technology, 1985, 162 pgs.
41. Stationwala, M. I.; Atack, D. e Karnis, S. - Distribution and Motion of Pulp Fibers on Refiner Bar Structure. *In: 77th Annual Technical Meeting*. CPPA, Toronto: 1991 Book B pgs. 183.

42. Demuner, B. J.; Viana Doria, E. L.; Claudio-da-Silva Jr., E. e Manfredi, V. - *O Papel*, 54 (2): 29-39 (1993).
43. Hietaniemi, J. e Gullichsen, J. - *Journal of Pulp and Paper Science*, 22 (12): J469-474 (1996).
44. Waterhouse, J. F.- Whithern refining? A literature review. *In: IV International Refining Conference*. PIRA, Fiuggi: 1997 Paper 1 pgs. 5-43.
45. Batchelor, W. J. e Ouellet, D. - Estimating forces on fibers in refining. *In: IV International Refining Conference*. PIRA, Fiuggi: 1997. Paper 2 pgs. 47-60.
46. Lundin, T.; Lönnberg, B.; Soini, P. e Harju, K - Laboratory LC-refining of SBK pulps: effects of pulp consistency and dispersion. *In: Scientific and Technical Advances in Refining & Mechanical Pulping - Course Notes*. PIRA, Stockholm: 2003 Paper 5.
47. Batchelor, W., Lundin, T. e Fardim, P. - *Tappi Journal*, 5 (8): 31-36 (2006).
48. Kerekes, R. J. - *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 5 (1): 3-8 (1990).
49. Kerekes, R. J. - *Tappi Journal*, 66 (1): 88-91 (1983).
50. Kerekes, R. J.; Clara, M.; Dharni, S. e Martinez, M. - *Journal of Pulp and Paper Science*, 19 (3): J125-130 (1993).
51. Lumiainen, J. - *Pulp and Paper International*, 32 (8): 46-47, 54 (1990)
52. Lumiainen, J. - *Paper Technology*, 32 (11): 22-26 (November 1991).
53. Meltzer, F. P. e Sepke, P.-W. - New Ways to Forecast the Technological Results of Refining. *In: III International Refining Conference and Exhibition*. PIRA/IPST, Atlanta: 1995 Paper 2 26 pgs.
54. Charuel, R. C.; Roux, J. C.; Agostini, F. de e Roussele, M. - *Revue ATIP*, 42 (4): 153-160 (1988).
55. Joris, G. - Optimized fillings for LC refiners. *In: III International Refining Conference and Exhibition*. PIRA/IPST, Atlanta: 1995 Paper 22 89 pgs.
56. Joris, G. e Roux, J. C. - *In: Current and Future Technology of Refining*. PIRA, Birmingham: 1991 Paper 9.
57. Joris, G. - *Revue ATIP*, 40 (10): 507-526 (1986).
58. Joris, G. - Refining unit optimisation versus paper characteristics, energy consumption and stability. *In: 5th International Paper & Board Industry Conference Scientific & Technical Advances in Refining*. PIRA, Vienna: 1999 18 pgs.
59. Joris, G. e Roux, J-C. - The dynamic freeness tester. *In: Scientific and Technical Advances in Refining & Mechanical Pulping - Course Notes*. PIRA: Stockholm: 2003 Paper 6.
60. Roux, J-C. e Joris, G. - How load is distributed in an industrial disc refiner. *In: International Refining Conference*. PIRA, 2005 Paper 13.
61. Martinez, D. M. e Kerekes, R. J. - *Tappi Journal*, 77 (12): 119-123 (1994).
62. Martinez, D. M. - The energy expended on pulp fibres during low consistency refiners. PhD. Thesis, The University of British Columbia (1995)

63. Mayade, T. L. - *Appita Journal*, 50 (3): 237-244 (1997).
64. Lumiainen, J. - *Pasta e Papel*, (5): 23-29 (1995).
65. Kerekes, R. J.; Ouellet, D. e Martinez, D. M. - New perspectives on refining intensity. *In: III International Refining Conference and Exhibition. PIRA/IPST, Atlanta: 1995 Paper 3 23 pgs.*
66. Batchelor, W. J.; Martinez, D. M.; Kerekes, R. J. e Ouellet, D. - *Journal of Pulp and Paper Science*, 23 (1): J40-J45 (1997).
67. Joy, E.; Robinson, D. e Mathew, J. - Deformation of fiber flocs in refining. *In: Papermakers Conference. TAPPI, 2001.*
68. Kerekes, R. J. - Characterising the refining action - linking the process to the refining result. *In: Refining and Mechanical Pulping Conference. PIRA, Barcelona: 2005 Paper 1.*
69. Kerekes, R.J. e Senger, J. - *Journal of Pulp and Paper Science*, 32 (1): 1-8 (2006).
70. Senger, J. e Ouellet, D. - *Journal of Pulp and Paper Science*, 28 (11): 364-368 (2002).
71. Martinez, D. M. - Forces on fibres in pulp refining. PhD Thesis, Dept. of Chemical Engineering, Pulp and Paper Centre, University of British Columbia (1995).
72. Martinez, D. M.; Batchelor, W. J.; Kerekes, R. J. e Ouellet, D. - *Journal of Pulp and Paper Science*, 23 (1): J11-J18 (1997).
73. Lundin, T.; Batchelor, W. e Fardim, P. - *Tappi Journal*, 7 (7): 15-21 (2008).
74. Michaelis - moderno dicionário da língua portuguesa. Editora Melhoramentos., Ed. Walter Weiszflog. 1998 2259 pgs.
75. Lellomäki, S. - Forest resources and sustainable management. *In: Papermaking Science and Technology. Volume 2. Ed. Gullichsen, J. e Paulapuro, H. Fapet Oy, Hesinki: 1998 425 pgs.*
76. Philipp, P. e D'Almeida, M. L. O. - Celulose e Papel - Tecnologia de Fabricação de Papel - Volume 2. SENAI/IPT, São Paulo, 1988 402 pgs.
77. Paulapuro, H. - Papermaking - Part 1: stock preparation and wet end. *In: Papermaking Science and Technology. Volume 8. Ed. Gullichsen, J. e Paulapuro, H. Fapet Oy, Hesinki: 2000 461 pgs.*
78. Kappel, J. - Mechanical Pulps: from wood to bleached pulp. Tappi Press. Atlanta, 1999 396 pgs.
79. Lönnberg, B. - Mechanical Pulping, *In: Papermaking Science and Technology. Volume 5. Ed. Gullichsen, J. e Paulapuro, H. Fapet Oy, Hesinki: 2009 Second Edition , 549 pgs.*
80. Kronka, F. J. N.; Bertolani, F. e Ponce, R. H. - A cultura do *pinus* no Brasil. SBS - Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo, 2005 160 pgs.
81. Baker, C.F. - The refining of non-wood fibres. *In: Fourth International Refining Conference. PIRA, Fiuggi: 18-22/02/1997 Paper 10 pgs. 151-180.*
82. Manfredi, V. - Evaluation of Refining Strategies for Combined Use of Softwood and Eucalypt Pulps in Papermaking. *In: Pan Pacific Conference - Advances in Pulp & Paper Sciences and Technologies. KTAPPI, Seoul: 06-09/06/2006. Book 1 pgs. 37-42.*

83. Tiikkaja, E. - The role of fibre length distribution measurement in refining. *In: IV International Refining Conference. PIRA, Fiuggi: 18-20/03/1997 Paper 15 pgs. 239-246.*
84. Gatti, T. H. - A história do papel artesanal no Brasil. ABTCP, São Paulo, 2007 127 pgs.
85. Núcleo de Negócios da ABTCP - A história da indústria de celulose e papel no Brasil. ABTCP, São Paulo, 2004 151 pgs.
86. Oliveira, R. C. de - Apostila de Curso Preparação de Massa para a Máquina de Papel. UFV, 2009.
87. Musselman, R.; Letarte, D. e Simard, R. - Trial stage low consistency refining of TMP for energy savings and quality enhancement. *In: IV International Refining Conference. PIRA, Fiuggi: 18-20/03/1997 Paper 9 pgs. 141-147.*
88. Thomas, F. E. - Broke system design. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 6. Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1992: 161-172.*
89. Turnbull Jr., R. B. - Deaerator design for paper machines.. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 6. Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1992: 262-278.*
90. Scott, J. H. - Stock proportioning and blending. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 6. Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1992: 220-228.*
91. Bliss, T. - Screening. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 6. Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1992: 229-247.*
92. Bliss, T. - Centrifugal Cleaning. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 6. Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1992: 248-261.*
93. Yackel, D. C. - Agitation : theory, mechanics and application. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 6. Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1992: 279-308.*
94. Parker, J. D. - The sheet forming process. *In: STAP, 9. TAPPI, Atlanta, 1972.*
95. Gill, R. A. E Hagemeyer, R. W. - Fillers for paper. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 6. Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1992: 19-38.*
96. Scott, W. E. - Surface and Colloid chemistry interactions important in stock preparation. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 6. Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta / Montreal, 1992: 03-18.*
97. Davison, R. W. - Internal Sizing. *In: Pulp and Paper Manufacture - Volume 6. Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1992: 39-64.*

98. Unbehend, J. E. – Wet-end chemistry of retention, drainage and formation aids. *In: Pulp and Paper Manufacture – Volume 6.* Ed. Hagemeyer, R.W., Manson, D.W. e Kocurek, M.J. The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta/Montreal, 1992: 112-157.
99. Krogerus, B. – Papermaking additives. *In: Papermaking Chemistry – Volume 4. Papermaking Science and Technology.* Ed. Alén, R. Finnish Paper Engineers' Association, Helsinki, 2007 255 pgs.
100. Stenius, P. e Laine, J. – Internal sizing of paper. *In: Papermaking Chemistry – Volume 4. Papermaking Science and Technology.* Ed. Alén, R. Finnish Paper Engineers' Association, Helsinki, 2007 255 pgs.
101. Schindler, M. – 200 years of paper machines – Voith and Sulzer were in from the very beginning. *Together – Paper Technology Journal* (8): 62-65 (July 1999).

Vail Manfredi

(11) 9-7479-7110

vailmanfredi@yahoo.com.br

MANFREDI
Consultores Ltda