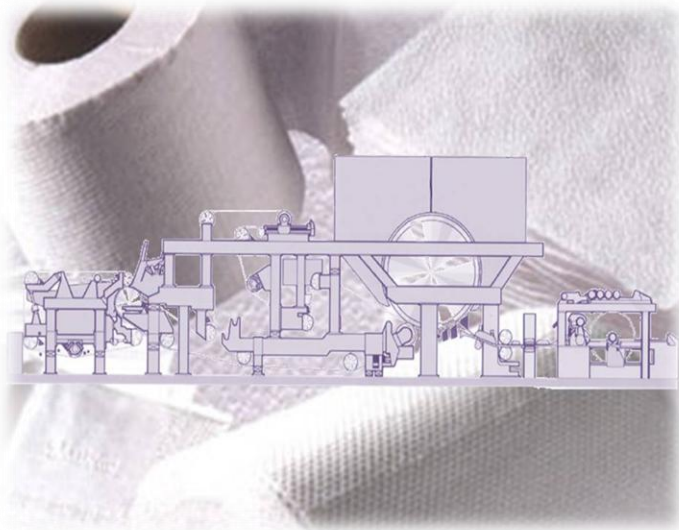


# *CURSO DE FABRICAÇÃO DE PAPÉIS “TISSUE”*

*Bragança Paulista, SP  
2012*

*Instrutor:  
Edison da Silva Campos*

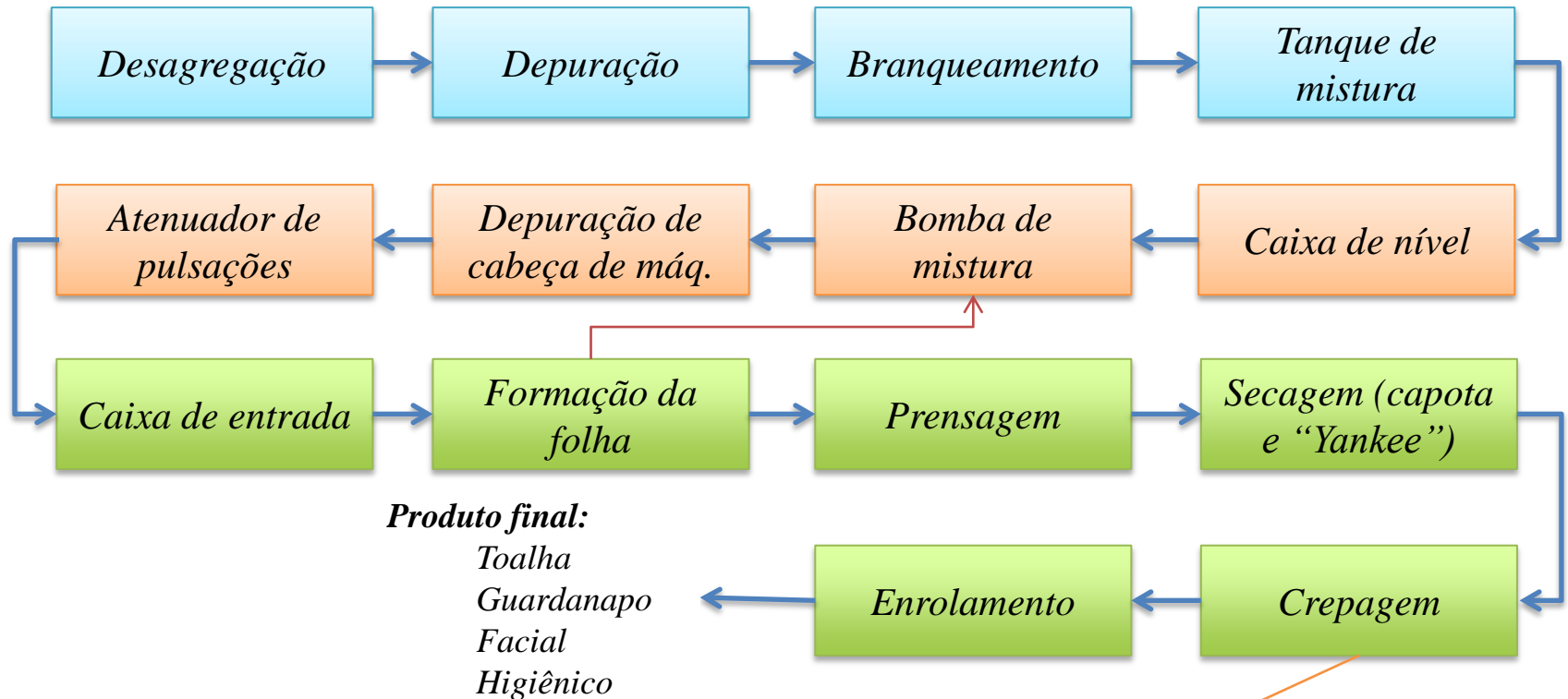


# Introdução

## Visão Geral

A massa

A máquina



**Produto final:**

Toalha  
Guardanapo  
Facial  
Higiênico

Preparação de massa

"Approach flow"

Máquina de papel

"Wet creping" (crepe úmido): ~80%

"Dry creping" (crepe seco): ~95%

# Introdução

*Exemplo de uma máquina de papel “tissue”*

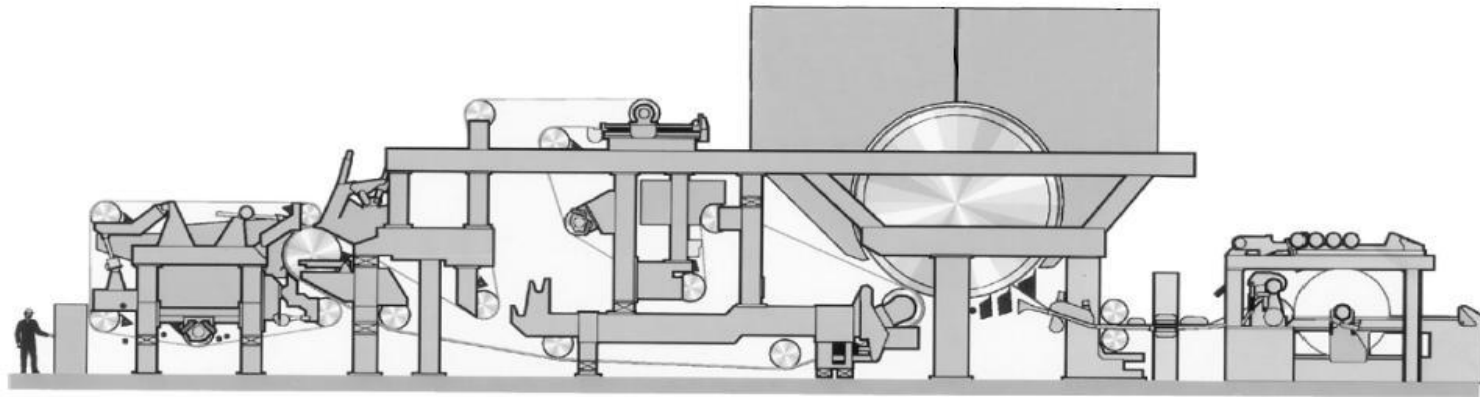


Figura 0.3.01 (Fonte: Industria della carta – marzo 2006)



## **Gramaturas (exemplos):**

*Higiênico popular: 35g/m<sup>2</sup>*

*Higiênico folha simples de boa qualidade: 25 a 30 g/m<sup>2</sup>*

*Higiênico folha simples de alta qualidade: 25 a 28 g/m<sup>2</sup>*

*Higiênico folha dupla de alta qualidade: 16 a 18 g/m<sup>2</sup>*

*Toalha de mão: 25 a 50 g/m<sup>2</sup>*

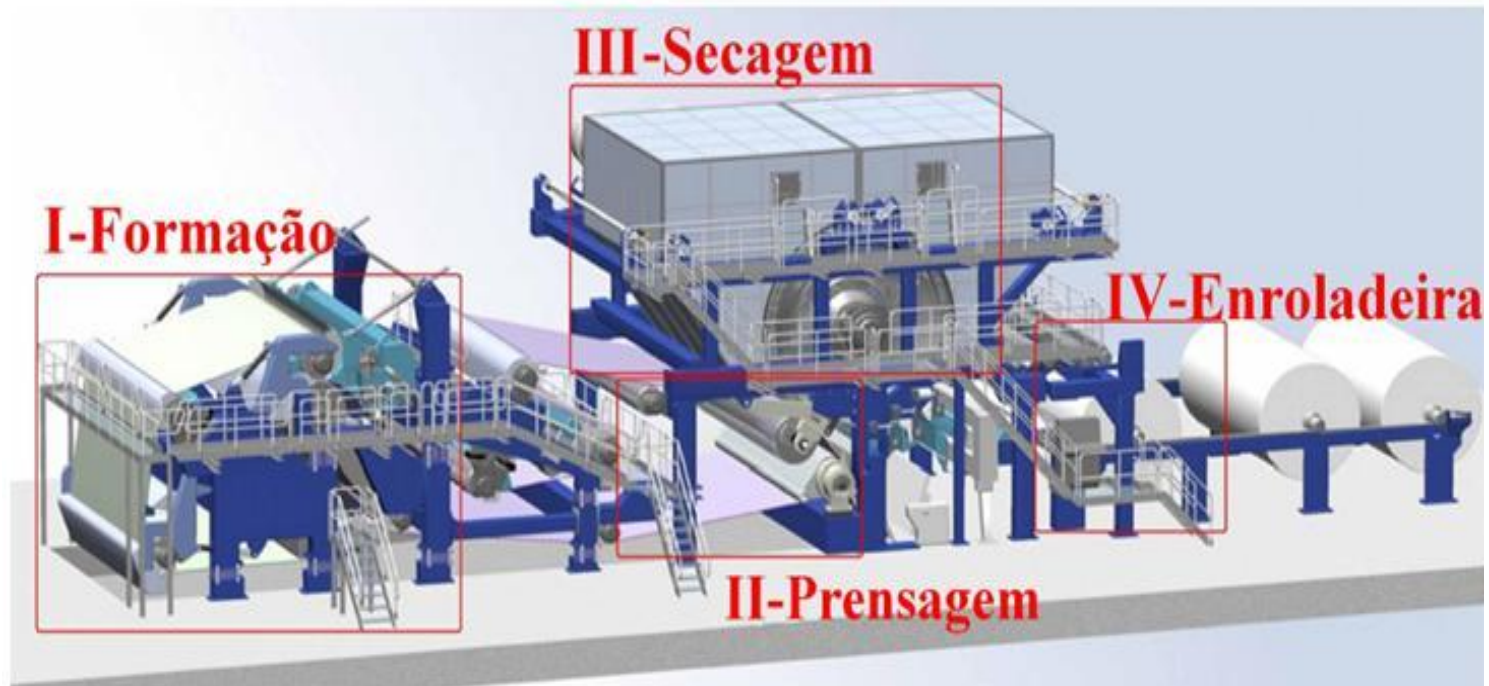
*Toalha de cozinha: 44 a 50 g/m<sup>2</sup>*

*Guardanapo: 18 a 25 g/m<sup>2</sup>*

*Lenço: 15 a 18 g/m<sup>2</sup>*

*Lenço hospitalar: 15 a 30 g/m<sup>2</sup>*

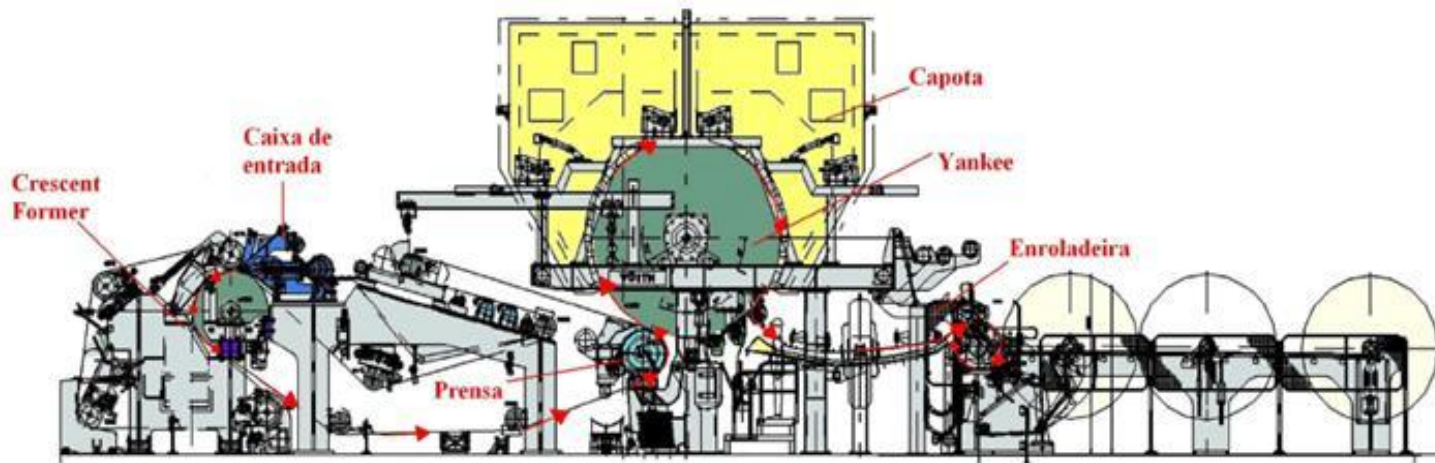
## *Principais partes de uma máquina*



*Figura 0.3.02*

*(FONTE: Seleção de materiais para redução de custos em uma máquina de papel)*

## *Caminho do papel na máquina*



*Figura 0.3.03*

*(FONTE: Seleção de materiais para redução de custos em uma máquina de papel)*

## *Teores de seco mais importantes*

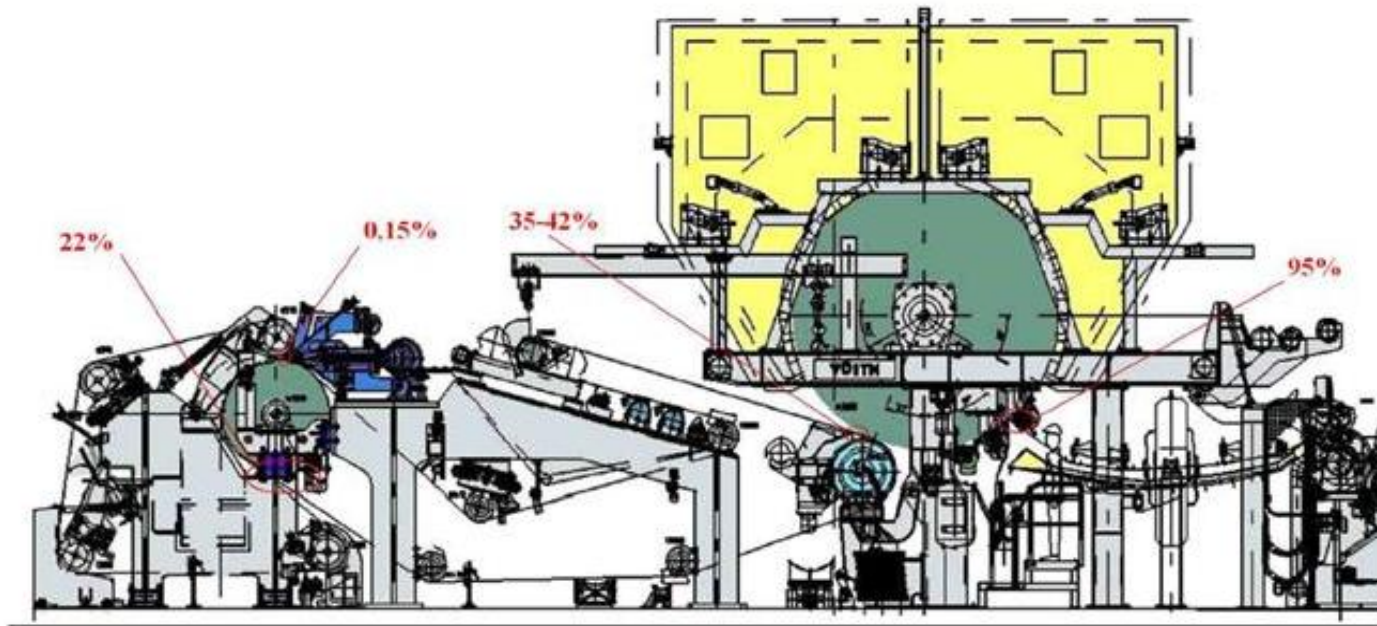


Figura 0.3.04

(FONTE: Seleção de materiais para redução de custos em uma máquina de papel)

## *Breve histórico da fabricação de papéis “tissue”*

*Origem da palavra “tissue”*

*Os antecedentes dos papéis tissue*

*1ª máquina com cilindro “Yankee” (inventado pelo holandês “Yonke”):  
Oeschelhaeuser, 1827 : antes: papéis monolúcidos; depois: papéis “tissue”*



*Figura 0.4.01*

*(FONTE: Detalhes da construção e planejamento para máquinas de papéis finos)*

*Primeira patente do papel toalha: 1871*

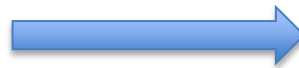
*Primeira patente para produção de papel “crepado”:*

*William Lysle: 1889*

*1890: velocidades entre 30 e 60 m/min*

*Motores elétricos: 1900 (200 m/min)*

*Rolamentos de esferas: 1922*



*Em 1942, a velocidade das máquinas “tissue”  
chegava a 460 m/min*

*Atualmente: ~2500 m/min*



## *Evolução da velocidade de máquinas de papel*

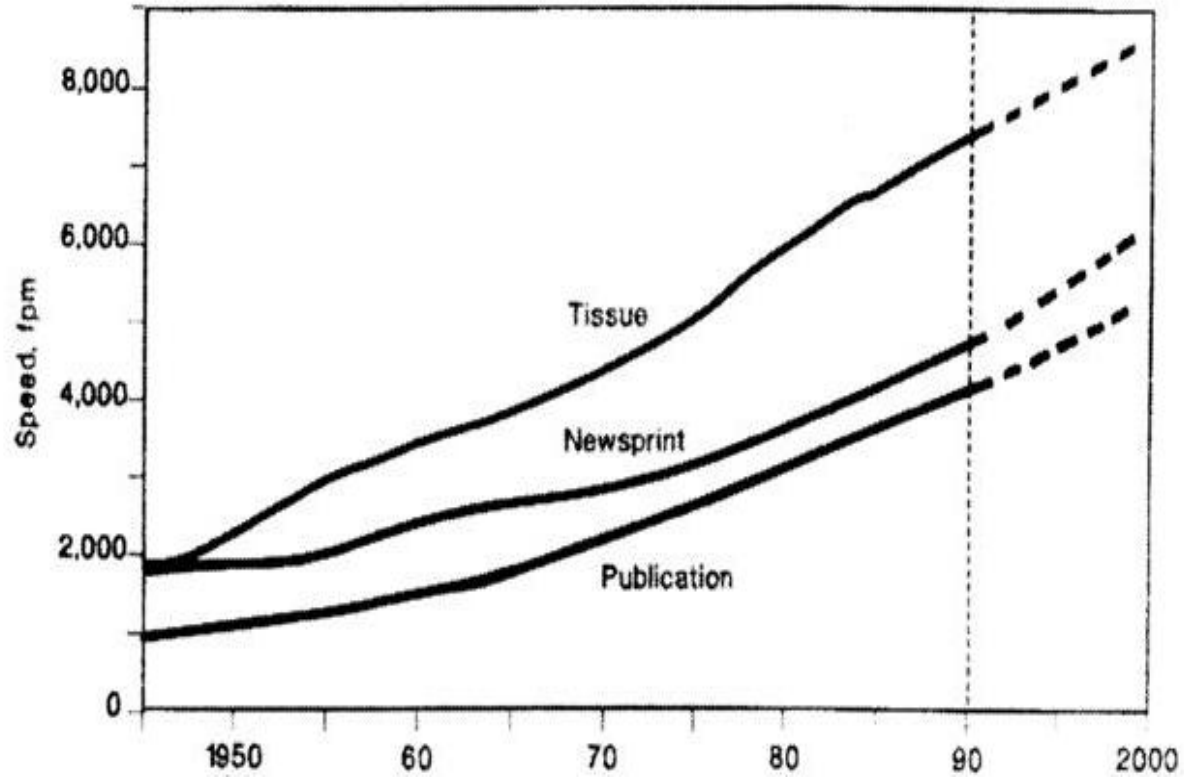


Figura 0.4.02 (FONTE: Papermaking Report 1.991)



# Crepagem: etapa que define a qualidade do "tissue"



OB: Título em vermelho (não está na apostila)

## Variáveis do Crepe

### Fiber Furnish:

- Fibra Virgem curta
- Fibra Virgem longa
- Eucalyptus
- Reciclado
- Destintado
- Boa fibra secundária
- Cinzas %
- Freeness
- Aditivos

### Propriedade da folha:

- Gramatura na enroladeira
- Fator de crepe
- Umidade da folha. %

Vapor Yankee (temp)  
Temp extremo seco da capota  
Temp extremo úmido da capota  
Ajustes no dumper da capota  
Velocidade do Yankee  
Gramatura  
Superfície do Yankee  
Consistência após rolo de carga  
Condições da Superfície  
Distancia entre chuveiro e nip  
do rolo de carga

### Geometria do Crepe

- Porta lâminas <
- Chanfro lâmina <
- Angulo
- Stick out
- Espessura da lâmina
- Pressão Linear
- Lâmina de contra pressão
- Uniformidade da carga

Formação da folha  
Perfil de gramatura (CD)  
Retenção

### Rolo de Pressão

- Uniformidade do nip carga
- Steam shower?
- Dureza do revestimento
- Condic. do feltro
- Nível de vácuo

Desenho da furação

### Coating Shower

- Temperatura água
- Pressão água
- Fluxo do bico
- pH
- Dureza da água
- Condições do bico

Raspador de Limpeza atuando ou não

### Uniformidade de cobertura

- Fluxo de adesivo
- Fluxo de release

Coating Tg

Tipo de Coating  
Mg/m<sup>2</sup> add on

**CBTI**

(FONTE: CBTI)

# Matérias-primas fibrosas

## Molécula de celulose - modelo

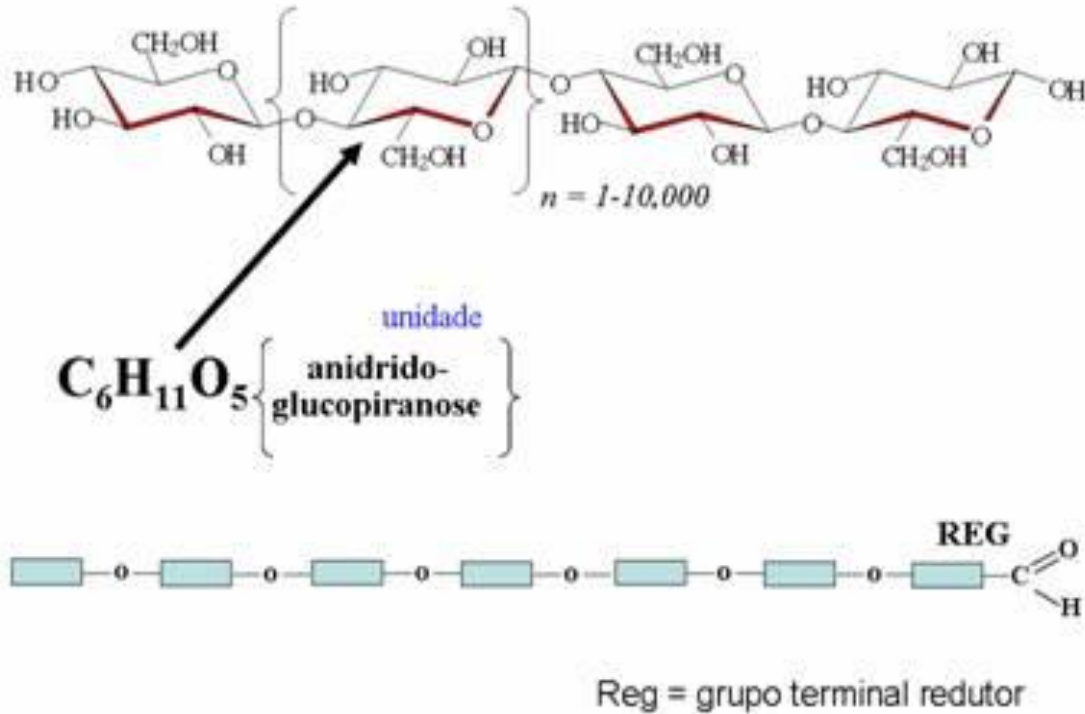


Figura 1.1.01 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)

## Molécula de celulose - Modelo

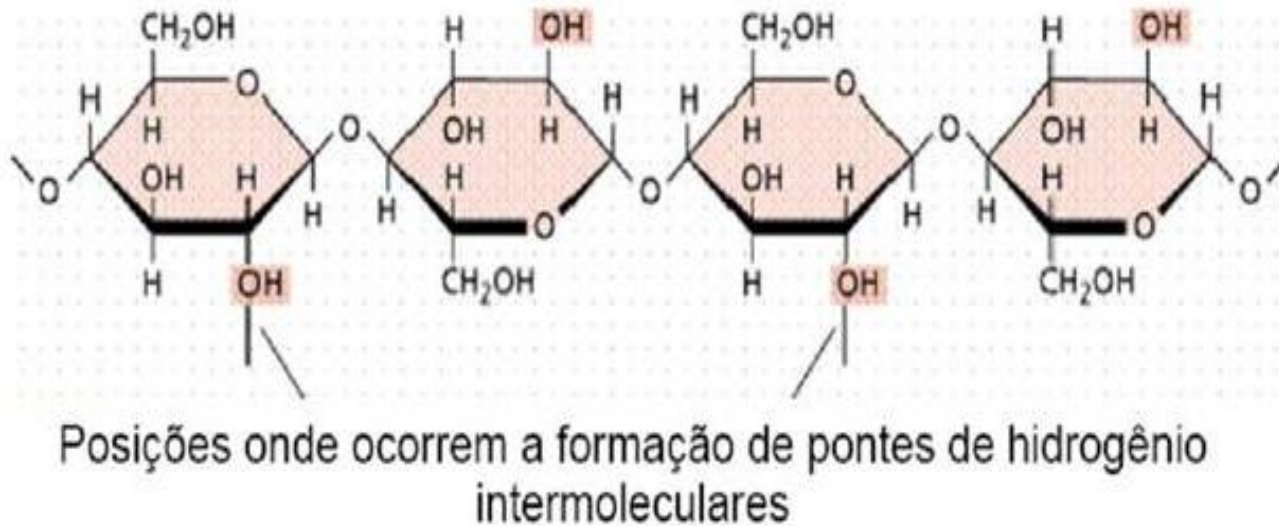
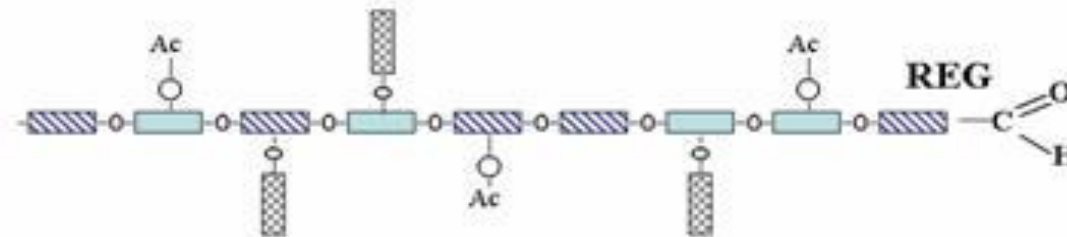


Figura 1.1.02 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)

## Molécula de hemicelulose - Modelo



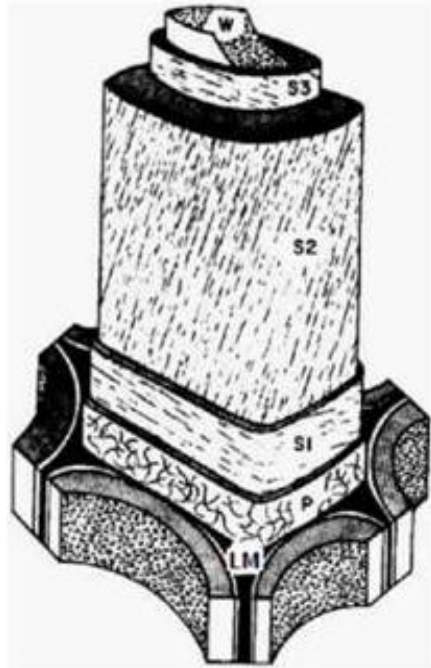
Maior hemicelulose de coníferas: Galactoglucomanana DP 200

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

Reg = grupo terminal redutor

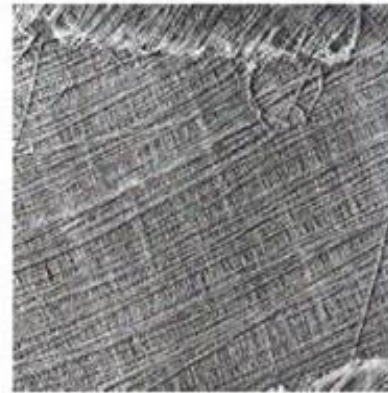
Figura 1.1.03 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## Paredes da fibra



Exemplo da espessura relativa das camadas da parede celular para *Picea abies* (abeto):

(P)	7 - 14%
(S1)	5 - 11%
(S2)	74 - 84%
(S3)	3 - 4%



S1 - microfibrilas

Figura 1.1.04 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)

## Componentes da fibra

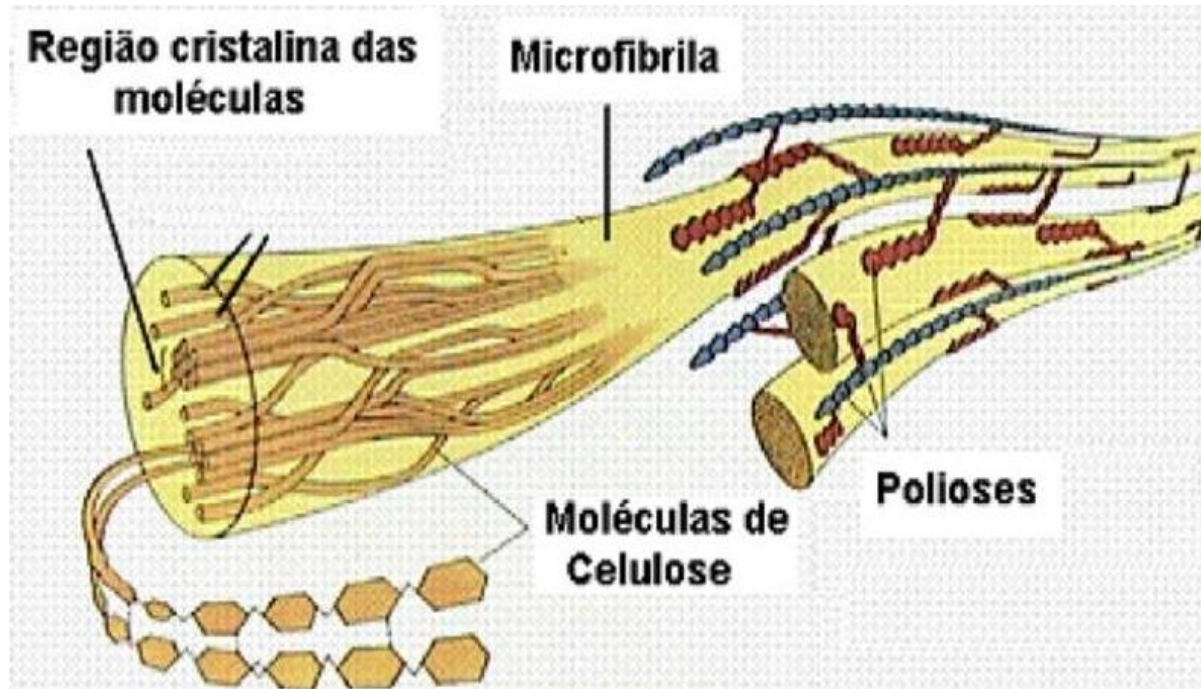
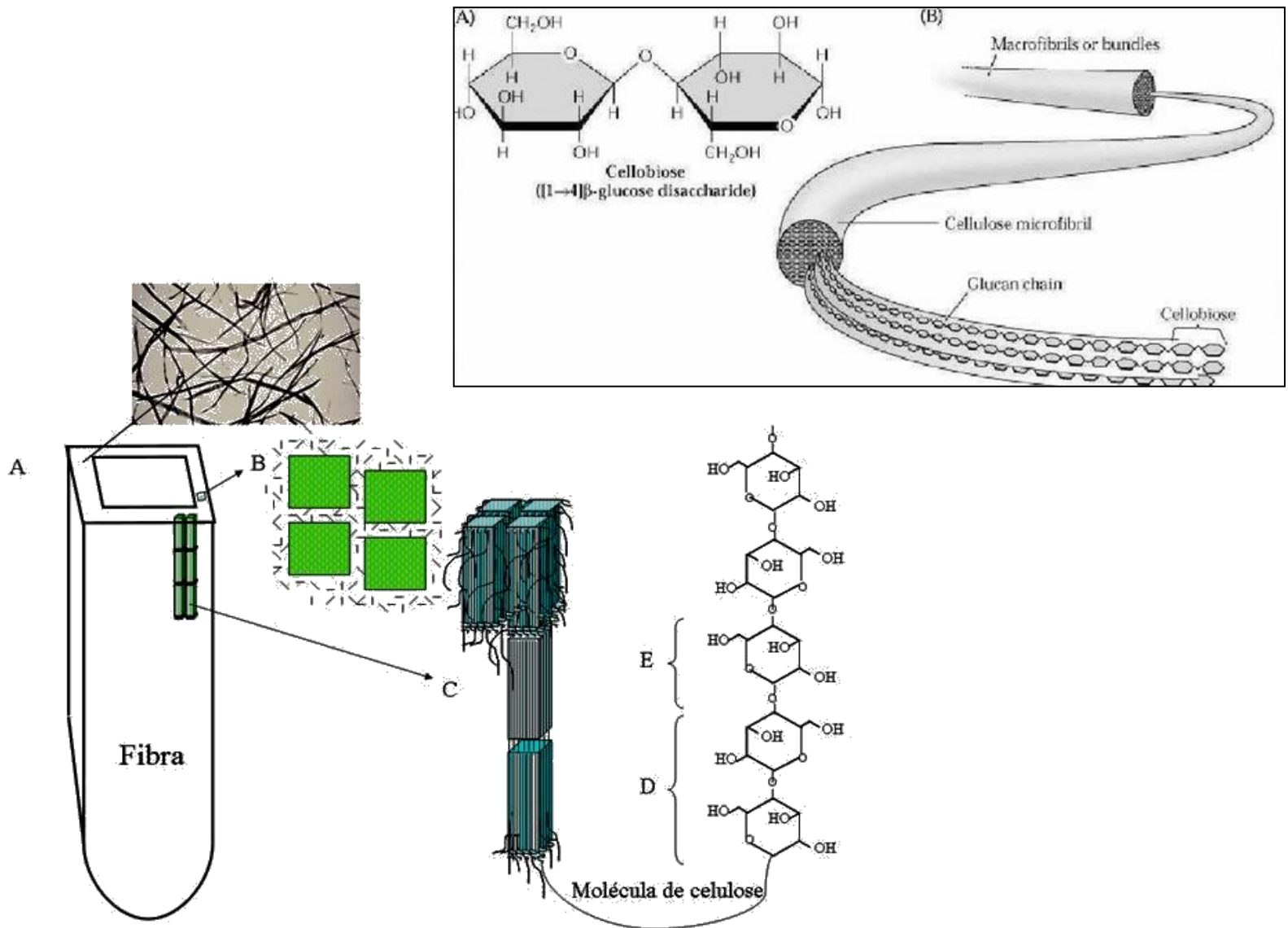


Figura 1.1.05 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)

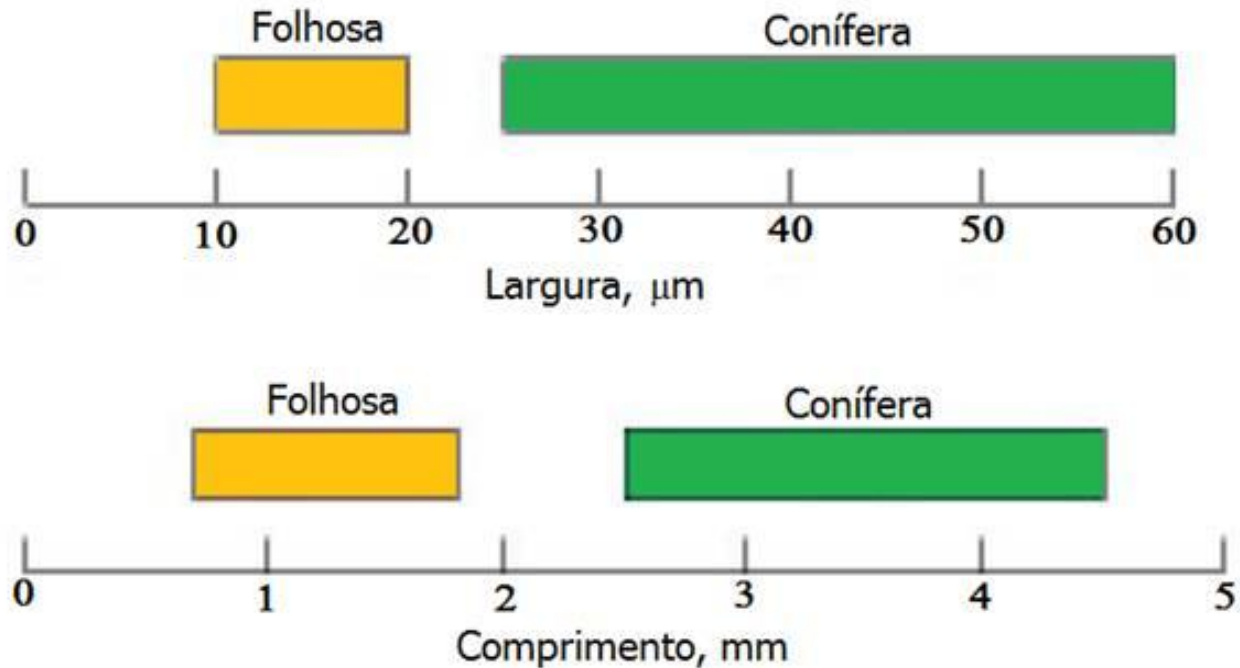
# Componentes da fibra



(Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)

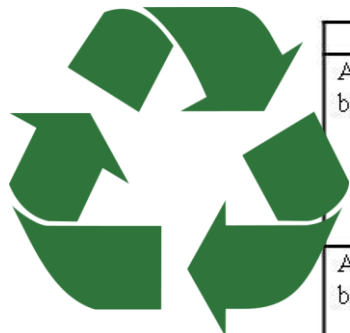
# *Fibras curtas e longas*

## *Comprimento e largura de fibras*





## Tipos de aparas usadas em “tissue”



Material	Descrição	Especificação
Aparas de papel branco I	Mantas e refis de papéis brancos (isentos de pasta de alto rendimento) e cartões brancos (todas as camadas brancas) sem impressão de qualquer espécie, sem papel revestido, sem cola, sem papel autocopiativo.	Teor máximo de umidade: 10% Teor máximo de impurezas: 0% Teor máximo de materiais proibitivos: 0%
Aparas de papel branco II	Aparas de papéis brancos usados em escritório, manuscritos, impressos, cadernos usados sem capas, sem cola, formulários contínuos, impressos, papéis autocopiativos, sem carbono, com até 10% de papel revestido, sem papel resistente a umidade e sem adesivos insolúveis.	Teor máximo de umidade: 10% Teor máximo de impurezas: 3% Teor máximo de materiais proibitivos: 0%
Aparas de papel branco III	Aparas de papéis brancos, couché e/ou offset, manuscritos, impressos em cores, cadernos usados sem capas, livros sem capa, sem cola, formulários contínuos, impressos, papéis autocopiativos, sem carbono, sem papel resistente a umidade e sem adesivos.	Teor máximo de umidade: 10% Teor máximo de impurezas: 3% Teor máximo de materiais proibitivos: 0%
Aparas de papel branco IV	Aparas de papéis brancos, couché e/ou offset, manuscritos, impressos em cores, cadernos usados e livros com ou sem capa, com ou sem cola, formulários contínuos, impressos, papéis autocopiativos, sem carbono, sem papel resistente a umidade.	Teor máximo de umidade: 10% Teor máximo de impurezas: 4% Teor máximo de materiais proibitivos: 0%
Aparas de papel branco V	Aparas de papel branco com grande quantidade de impressão.	Teor máximo de umidade: 10% Teor máximo de impurezas: 2% Teor máximo de materiais proibitivos: 0%



Tabela 1.1.01 (FONTE: ABNT NBR 15483:2007)

## Características dos papéis “tissue”

Papel “tissue”	Características
Toalha	Resistência a úmido e a seco, absorção e “bulk”
Higiênico	Maciez, “bulk”, resistência a seco e absorção
Guardanapo	Resistência a seco, “bulk” e maciez
Facial	Maciez, resistência a seco e a úmido

Tabela 1.1.02 (FONTE: montagem de Edison da Silva Campos – várias fontes)

Tipo de fibra	Parâmetros do papel “tissue”
“Softwood”	Resistência à tração
“Hardwood”	Maciez, boa formação e “bulk”
CTMP	Absorção

Tabela 1.1.03 (FONTE: El Papel – Noviembre 2001 – Pg. 42 a 47)



# *Matérias-primas não fibrosas*

## *(Aditivos funcionais)*

*Agentes de resistência a seco (Ex.: amido)*

*Resina para resistência a úmido*

*Corantes*

*Alvejantes ópticos*

*Amaciantes*

*Surfactantes*

## Exemplo de aditivo funcional: amido

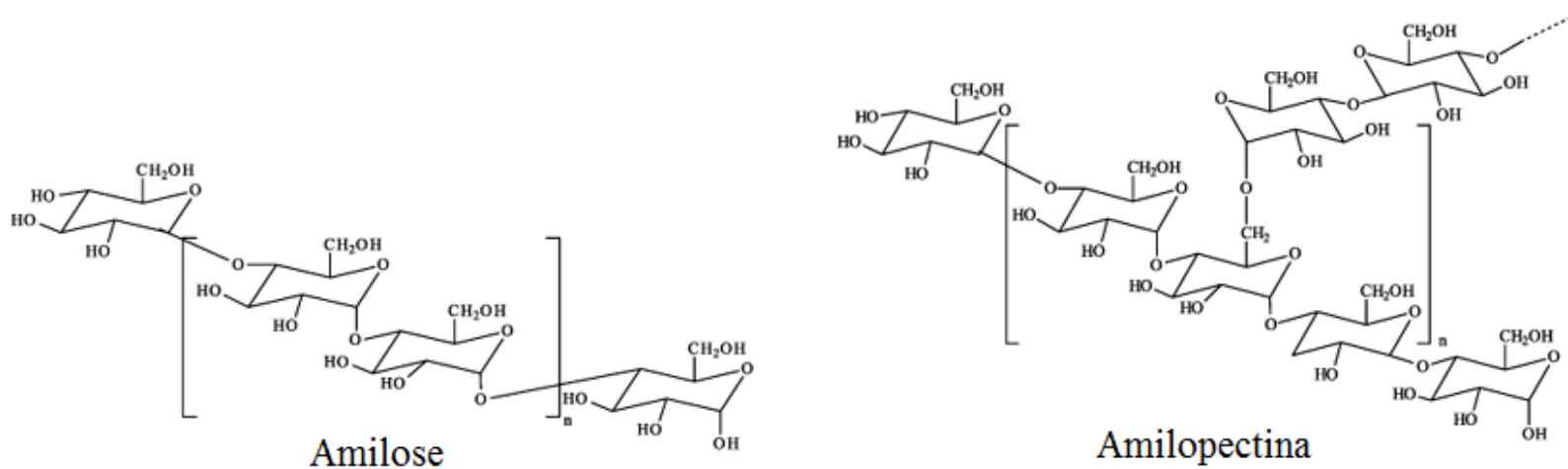


Figura 1.1.06

(FONTE: Comparative studies of corn thermoplastic starches with different amylose content)

Características do amido	Batata	Milho	Mandioca	Trigo
Amilose, %	20	24	16	25
Amilopectina, %	80	76	84	75
Peso molecular	Méd-alto	Médio	Méd-alto	Médio

Tabela 1.1.04 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

# *Matérias-primas não fibrosas*

## *(Aditivos auxiliares)*

*Agentes de retenção (Ex.: coagulantes e floculantes)*

*Resina*

*“Release” para controle da crepagem do papel*

*MAP (fosfato de amônio monobásico)*

*Alcalinizantes*

*Acidificantes*

*Antiespumantes*

*Dispersantes*

*Agentes tensoativos*

*Controladores de “stickies”*

*Agente para controle de depósitos*

*Microbicidas*

*Sabão para limpeza de feltros*

*Querosene e xileno*

*Agentes condicionadores de feltro e tela*

*Exemplo de aditivo auxiliar: coagulantes e floculantes para a retenção de partículas no papel*

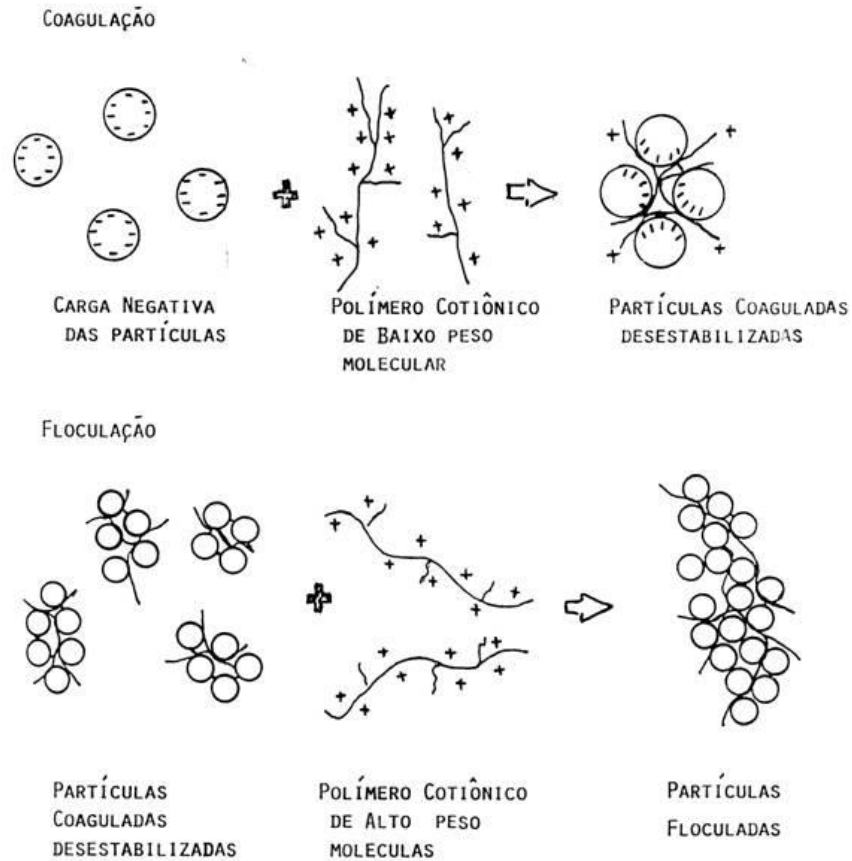
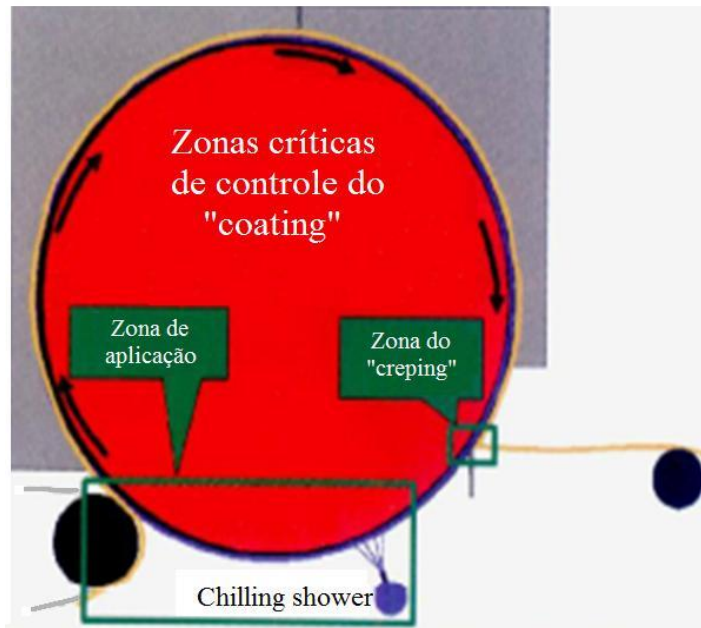


Figura 1.1.07 (FONTE: Apostila Curso Básico de Fabricação de Papel)

## *Aditivos auxiliares no "coating"*



*MAP*

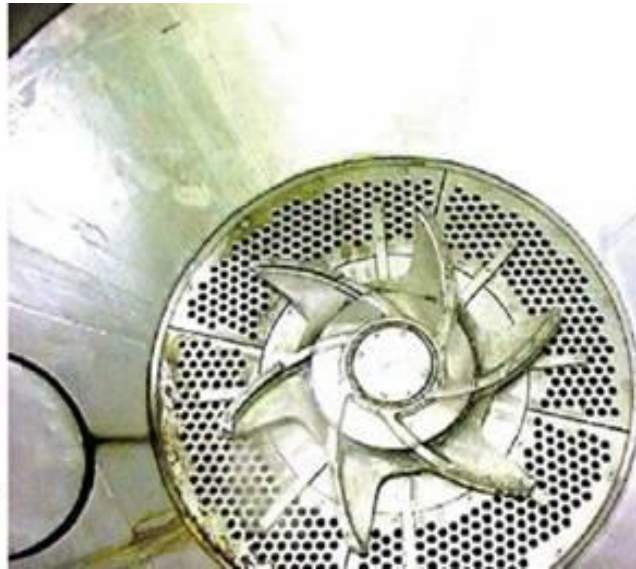
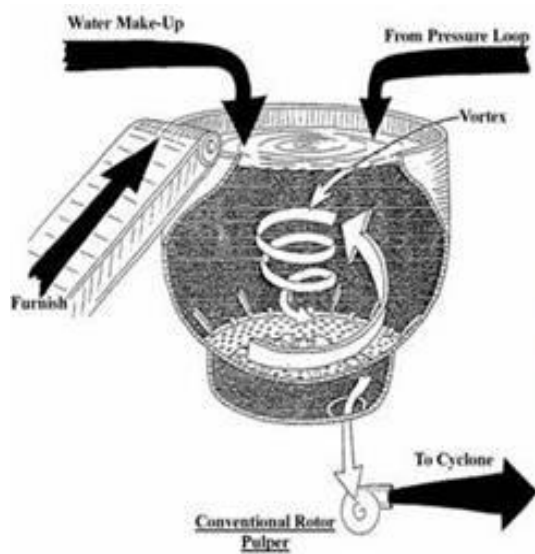
*Resina*

*"Release"*

*Figura 1.1.08 (FONTE: Tissue World)*

# Desagregação

## Desagregador vertical

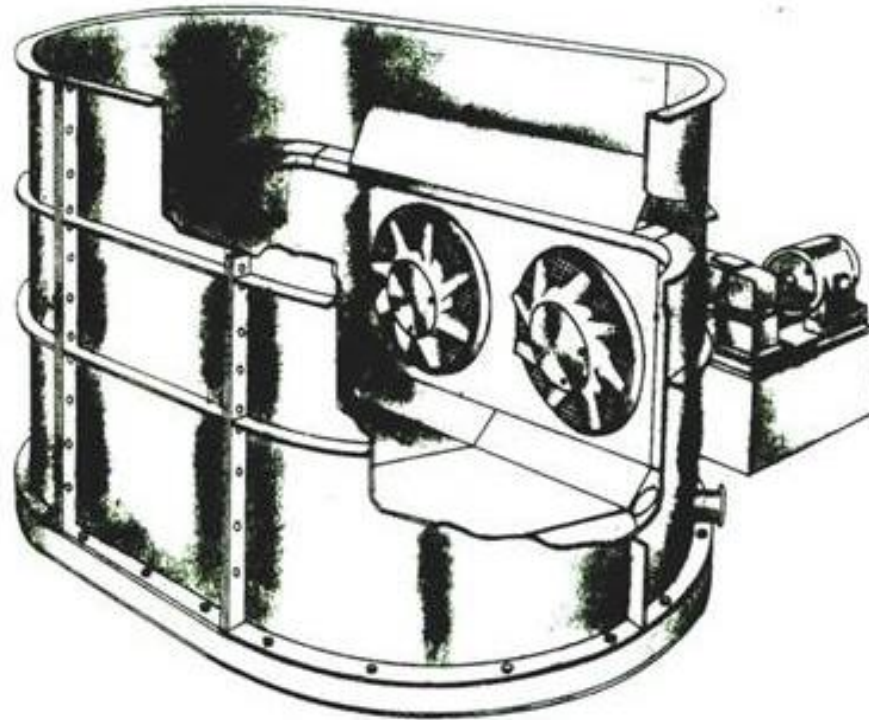


*Cst: 3 a 6%*

Figura 1.2.01 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)

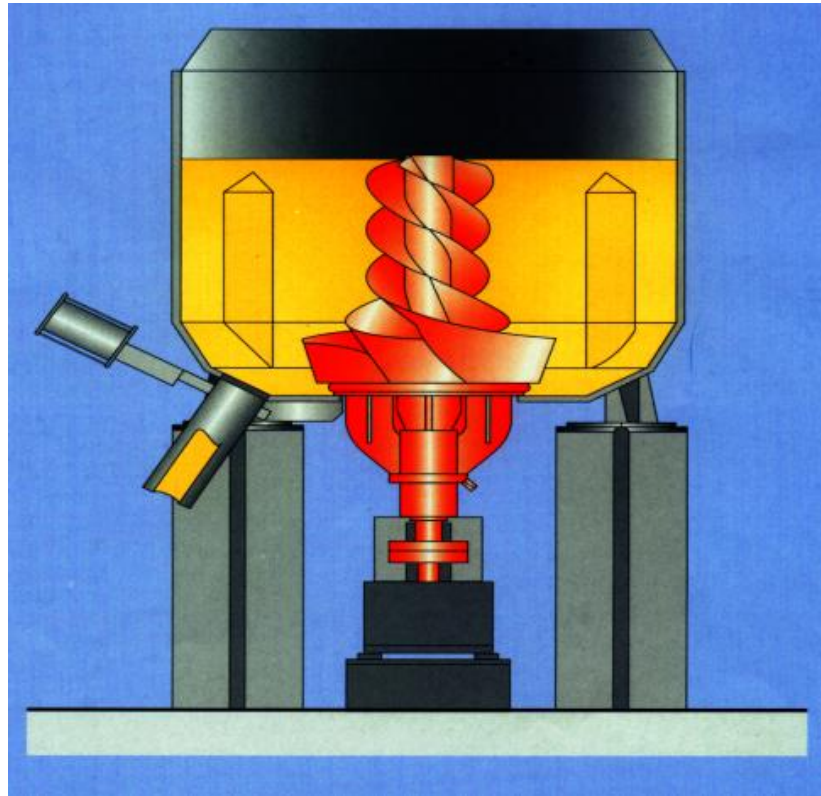


## *Desagregador horizontal*



*Figura 1.2.02 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)*

## *Desagregador de alta consistência*



*Cst: 12 a 18%*

*Figura 1.2.03 (FONTE: Preparação de Massa – SENAI CETCEP)*

# Depuração

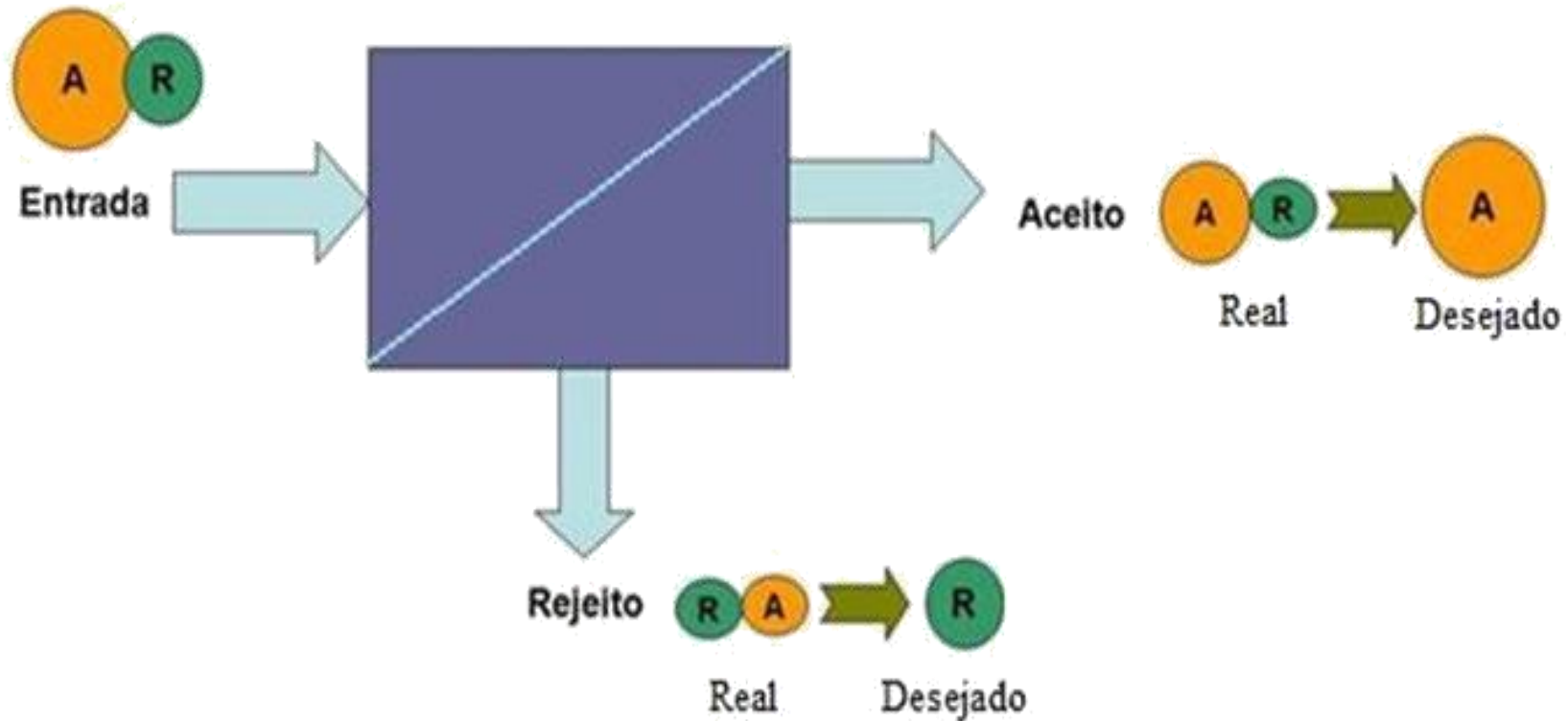


Figura 1.3.01 (FONTE: montagem Edison da Silva Campos)

*Dois tipos principais de depuração:*

*a) Por tamanho*

*b) Por densidade*

## *Peneira vibratória*

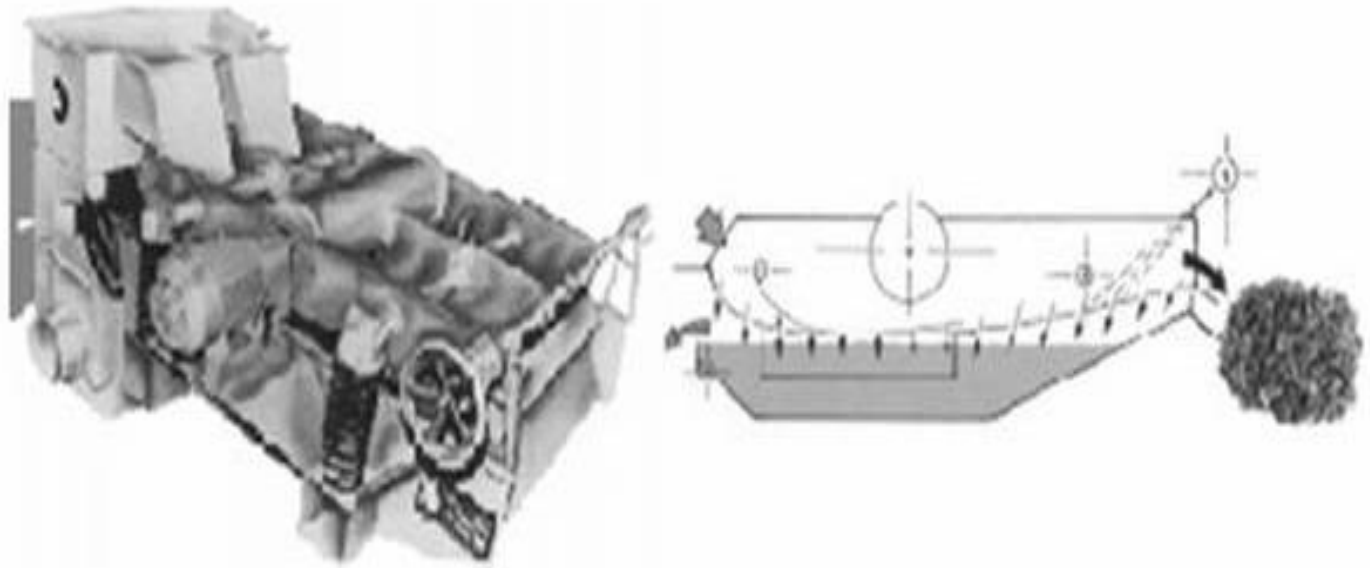


Figura 1.3.02 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)

## *Depuradores de baixa pressão (peneiras pressurizadas)*

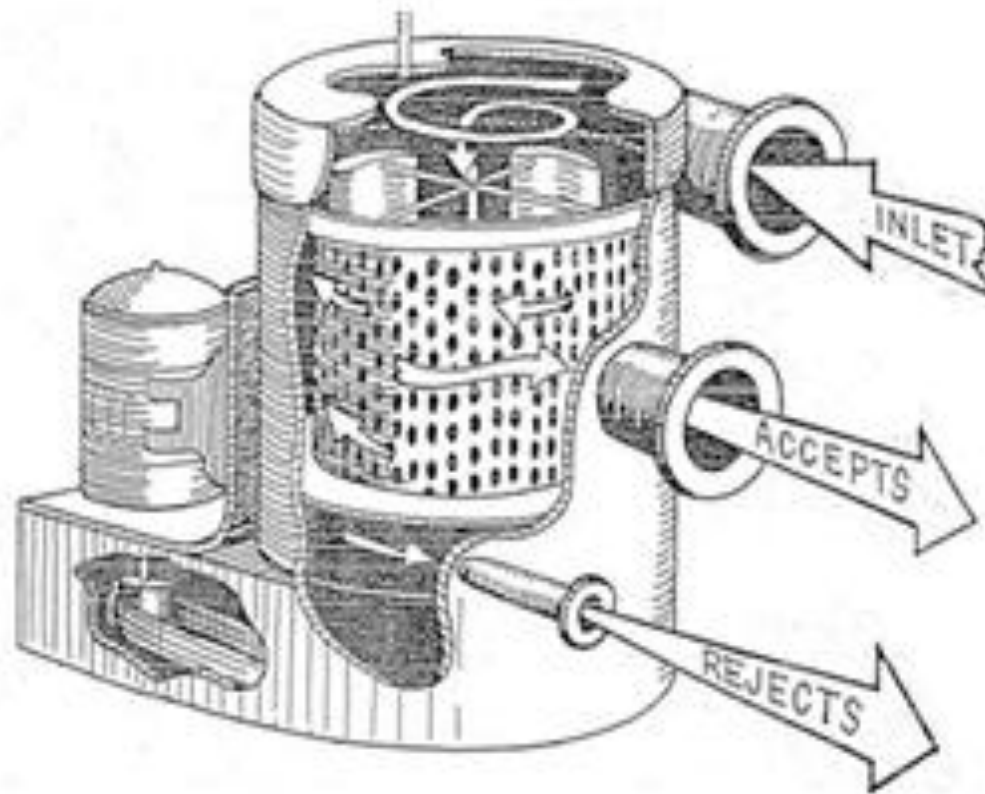


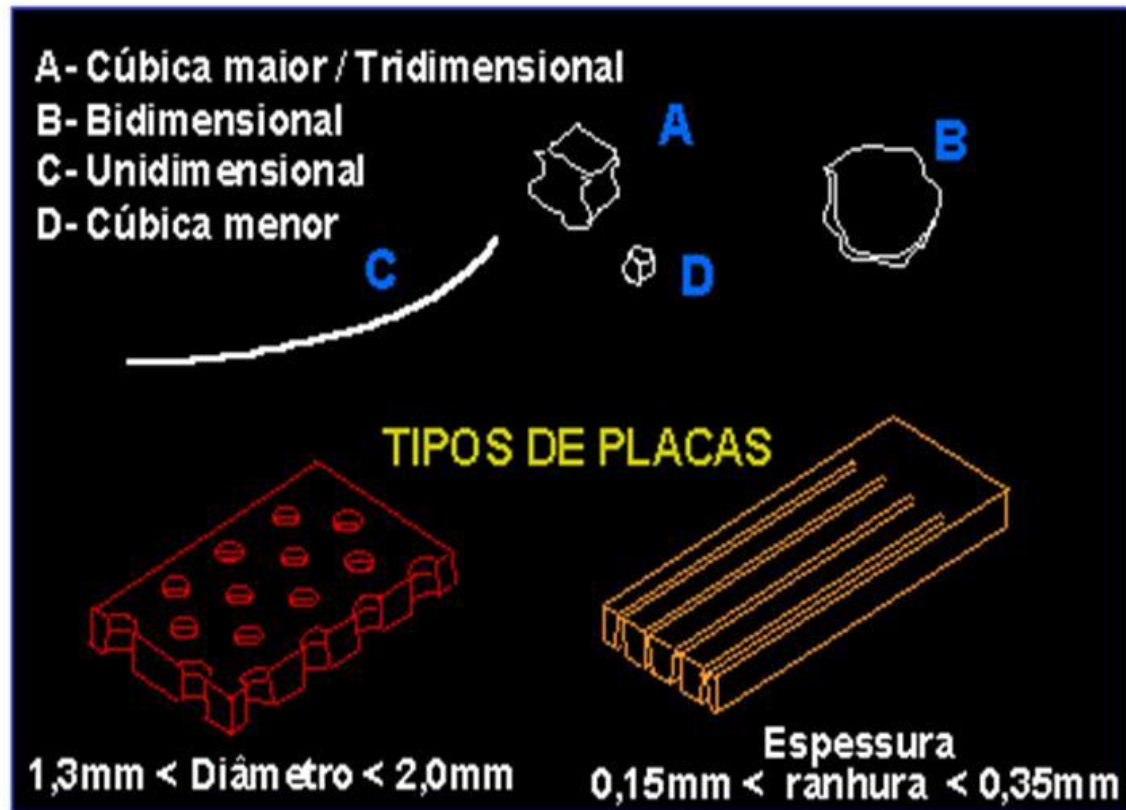
Figura 1.3.03 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)

*Cestas para peneiras (furos e fendas)*



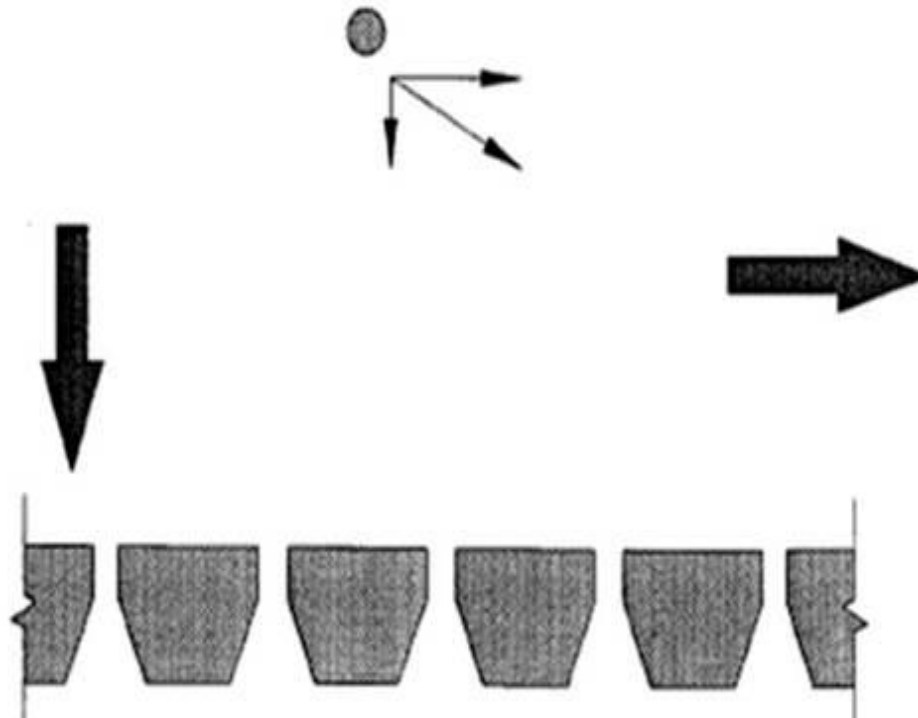
*Figura 1.3.04 (FONTE: apostilas ABTCP)*

Desenhos  
de placas  
tamizadoras  
e  
Formas das  
Impurezas



(FONTE: Senai CETCEP)

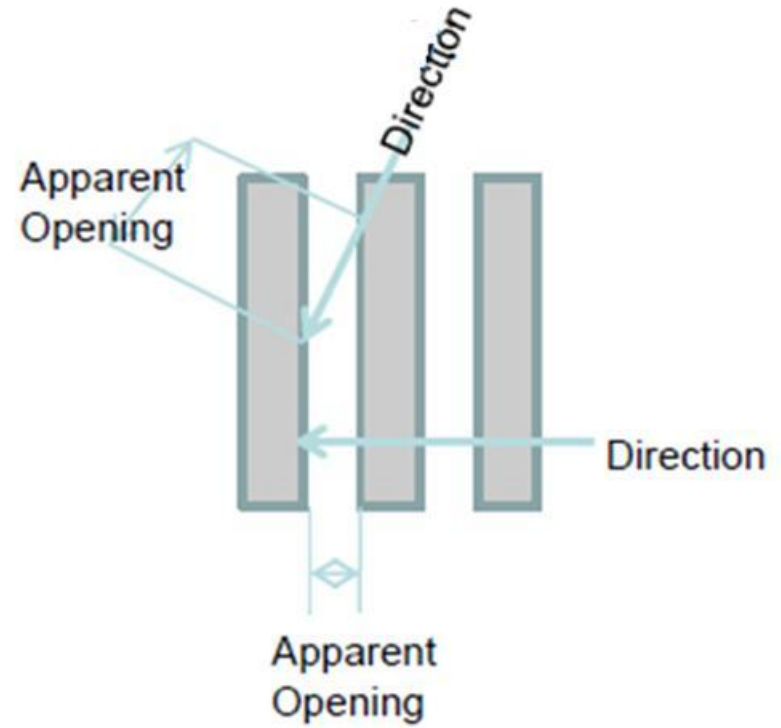
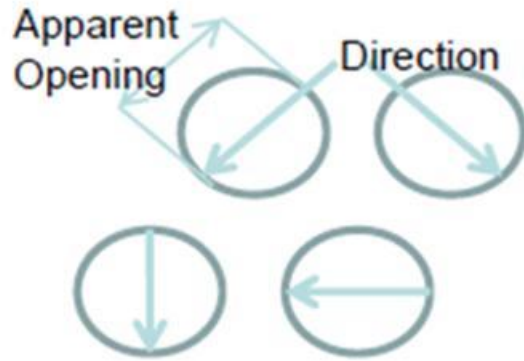
*Por que este tipo de depuração também é chamado de depuração probabilística*



*Figura 1.3.05 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)*



## Depuração probabilística



(FONTE: GEASA)

## Movimento das aletas

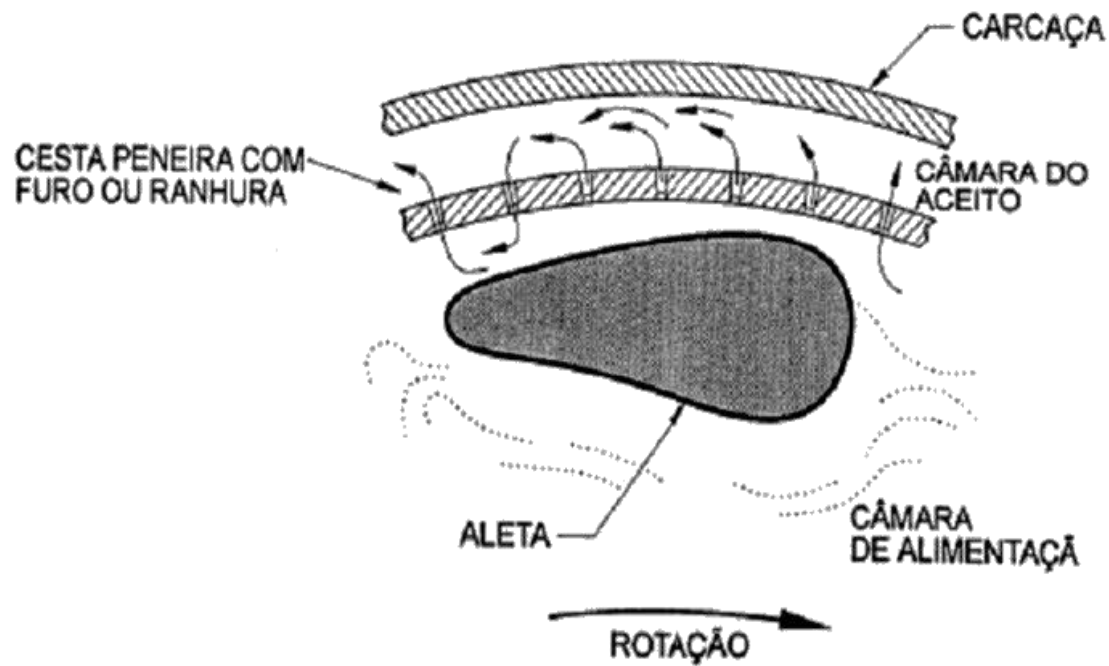


Figura 1.3.06 (FONTE: apostilas ABTCP)

## Depuração centrífuga

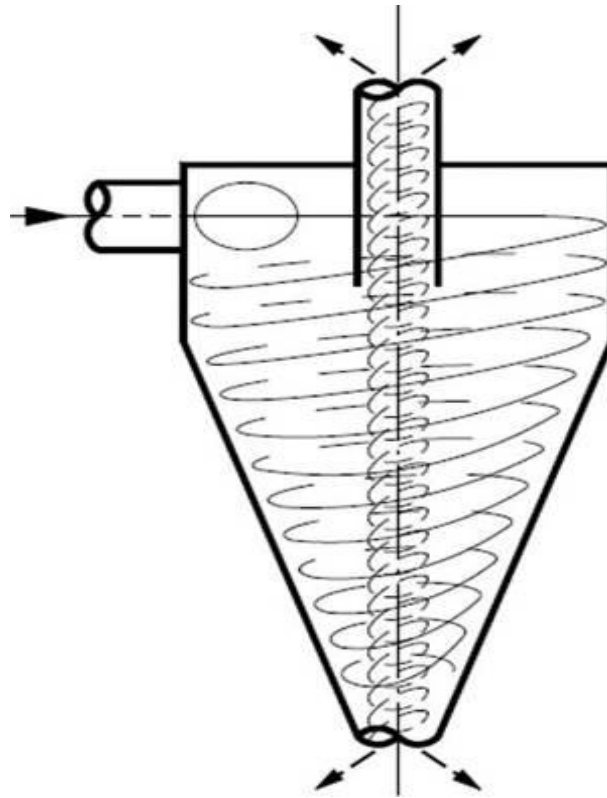


Figura 1.3.07 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)

## Arranjo de “cleaners”

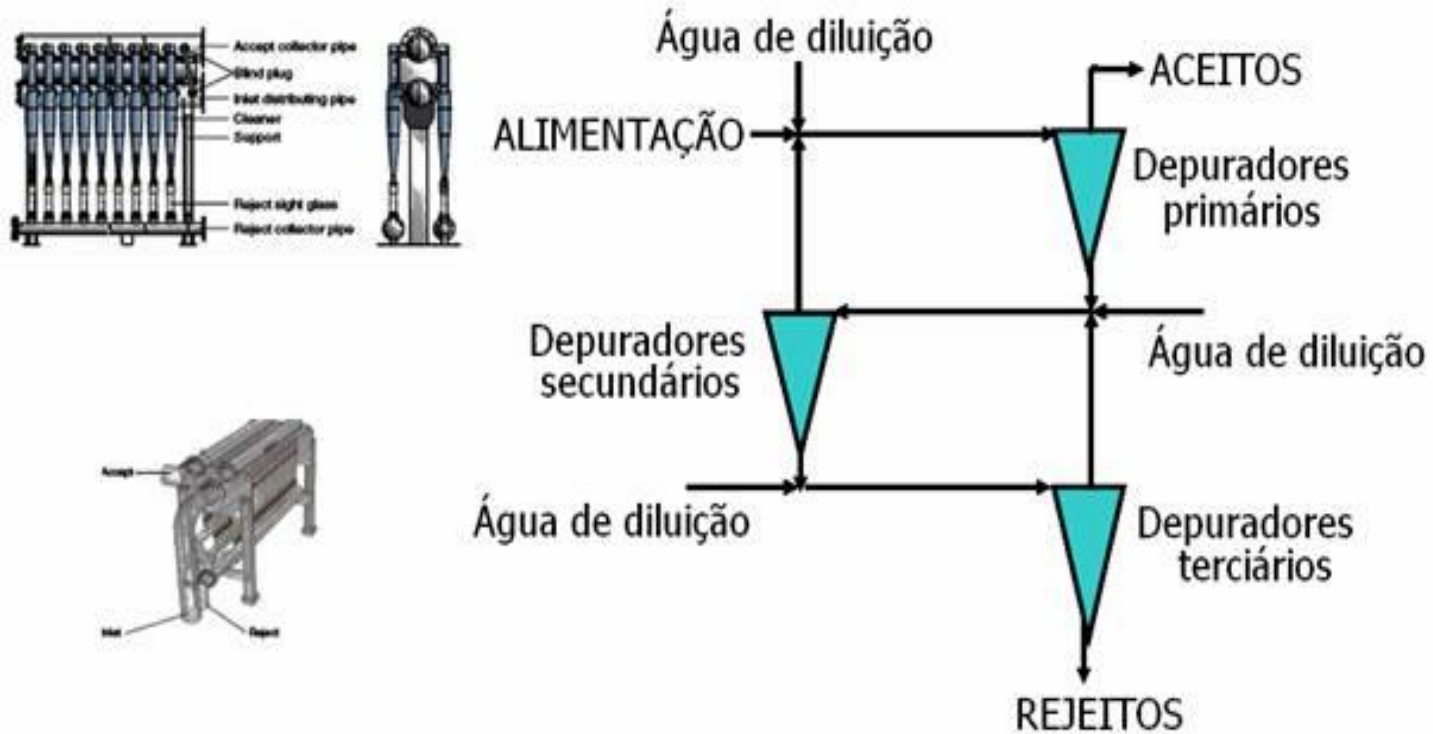


Figura 1.3.08 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)

## Separador de massa grossa

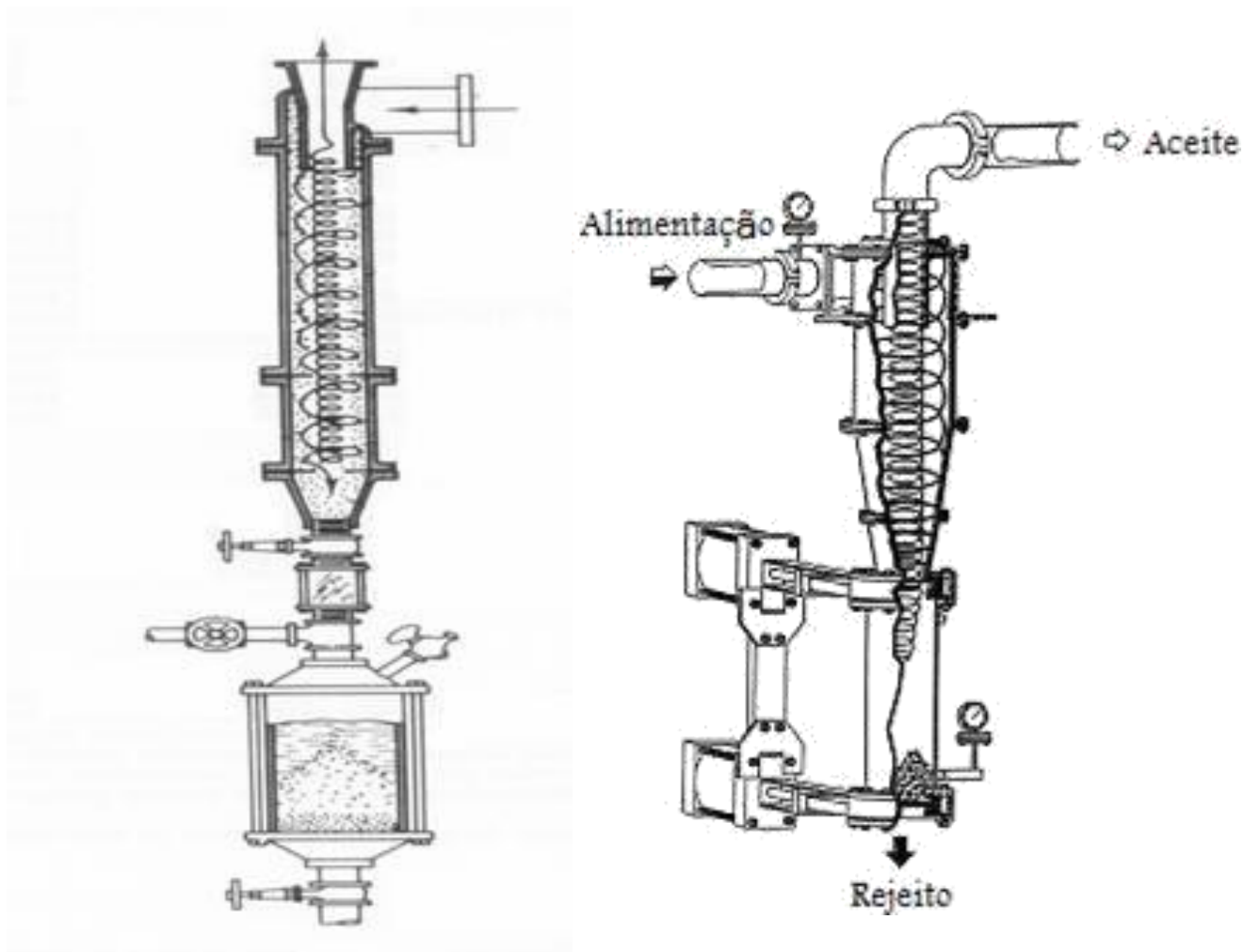


Figura 1.3.09 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)

# Tratamento de aparas

## Modelo de tratamento de aparas para "tissue"

Etapas mais comuns:

1) Classificação

2) Depuração centrífuga

3) Flotação/Lavagem

4) Branqueamento

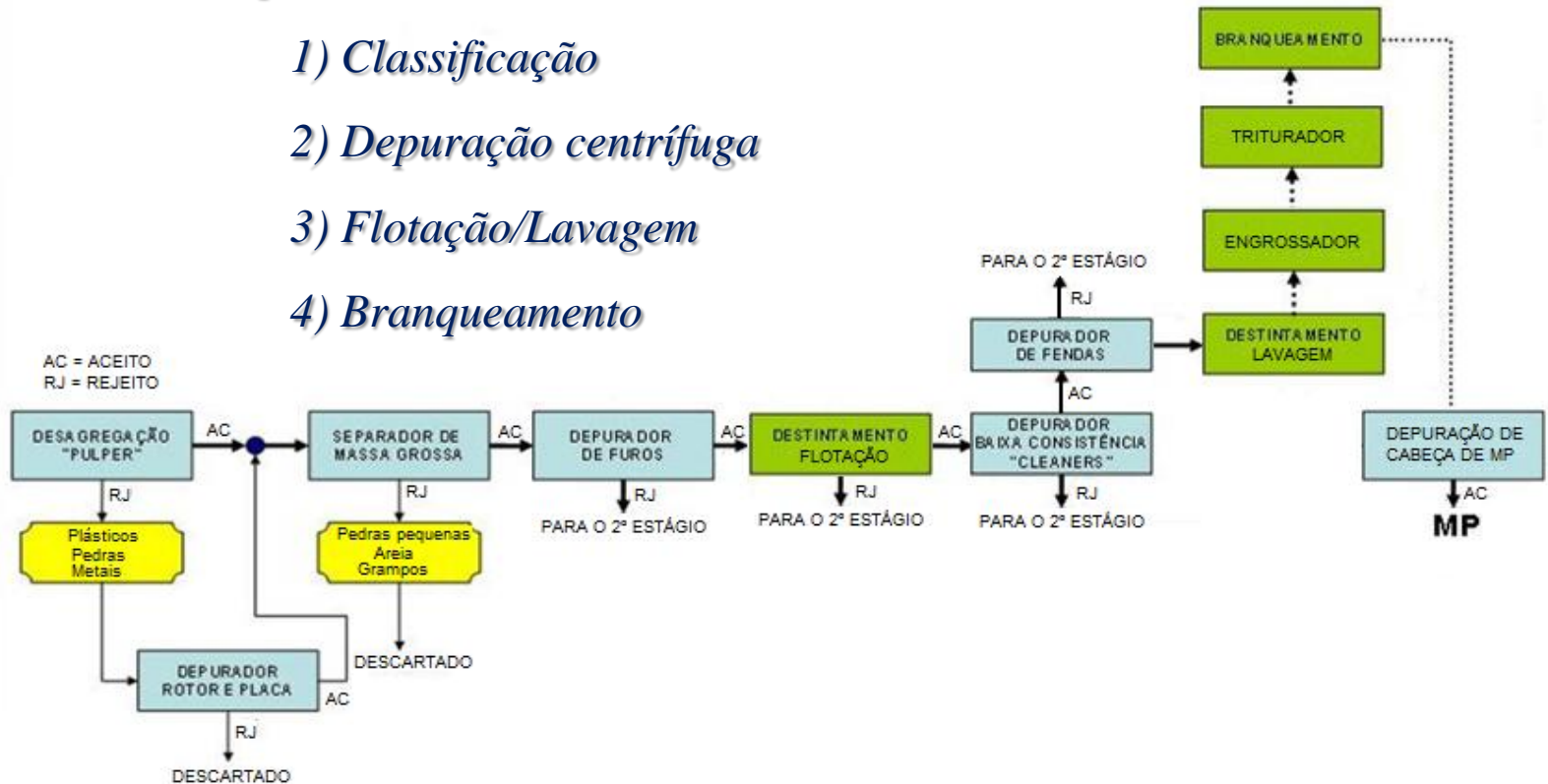


Figura 1.3.10 (FONTE: montagem Edison da Silva Campos)

*Classificação: tambor rotativo (“fiber line”)*

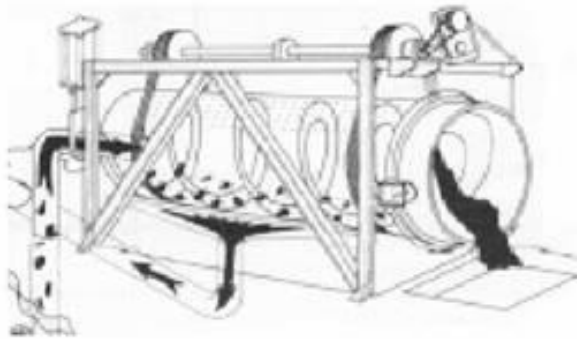


Figura 1.3.11 (FONTE: Papermaking Science and Technology - Collection)

*Classificação: turboseparador*

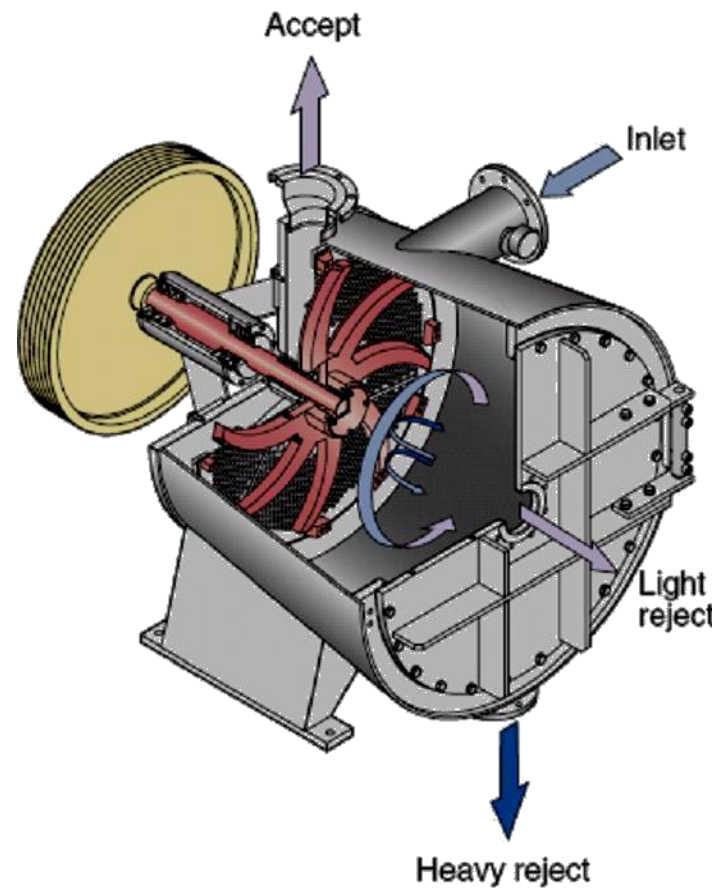
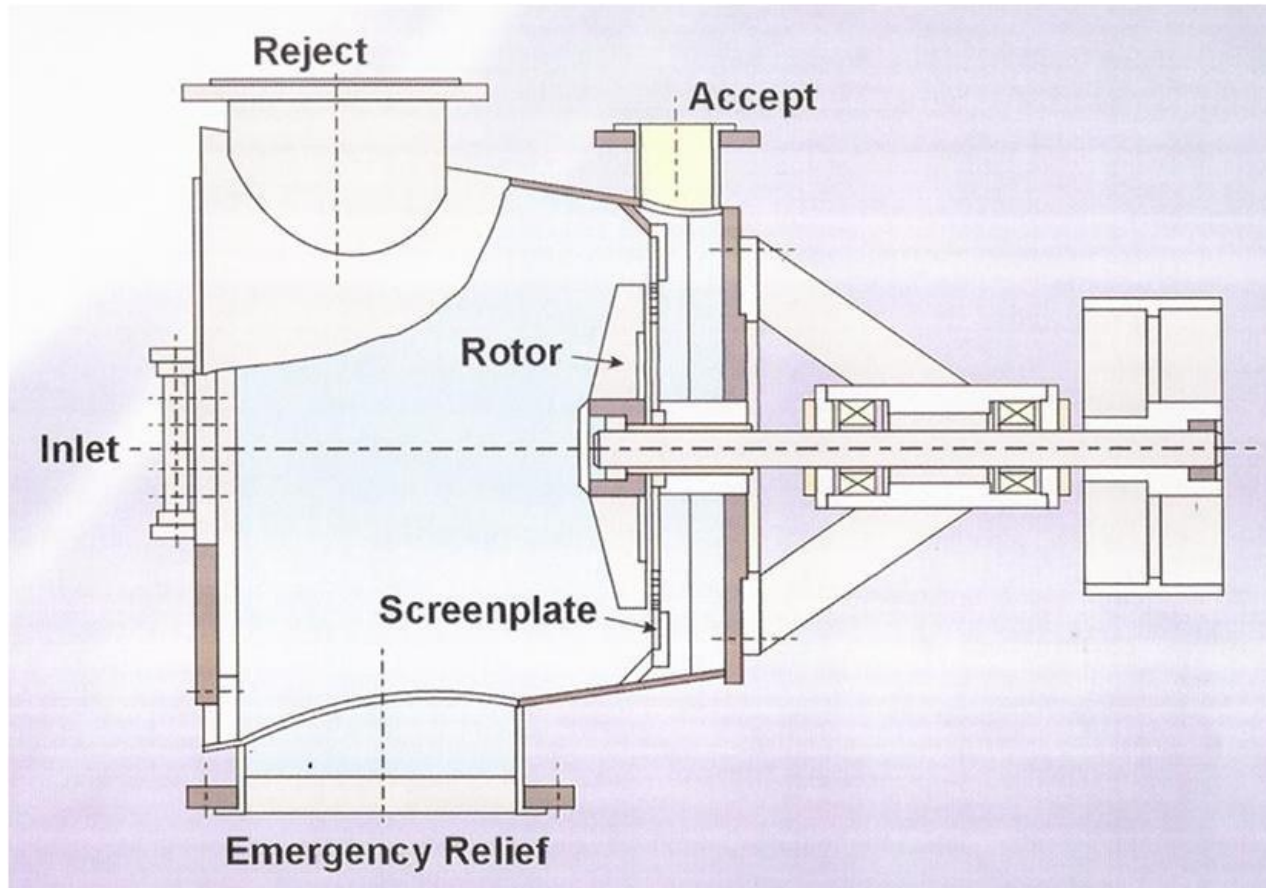


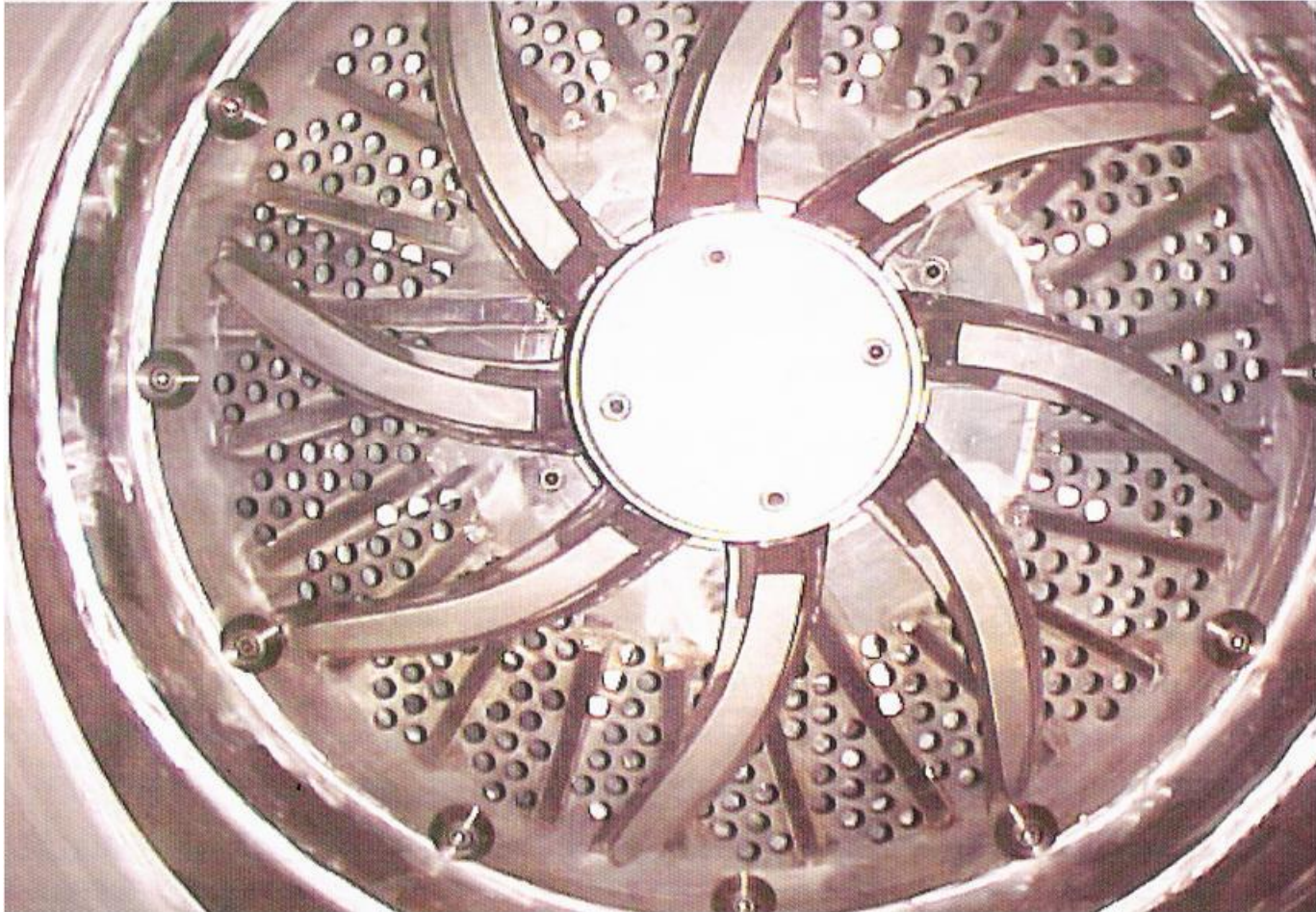
Figura 1.3.12 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)





(FONTE: VOITH)

*Detalhe do rotor e da placa peneira do Fiberizer*



(FONTE: VOITH)

## *Destintamento: flotação*

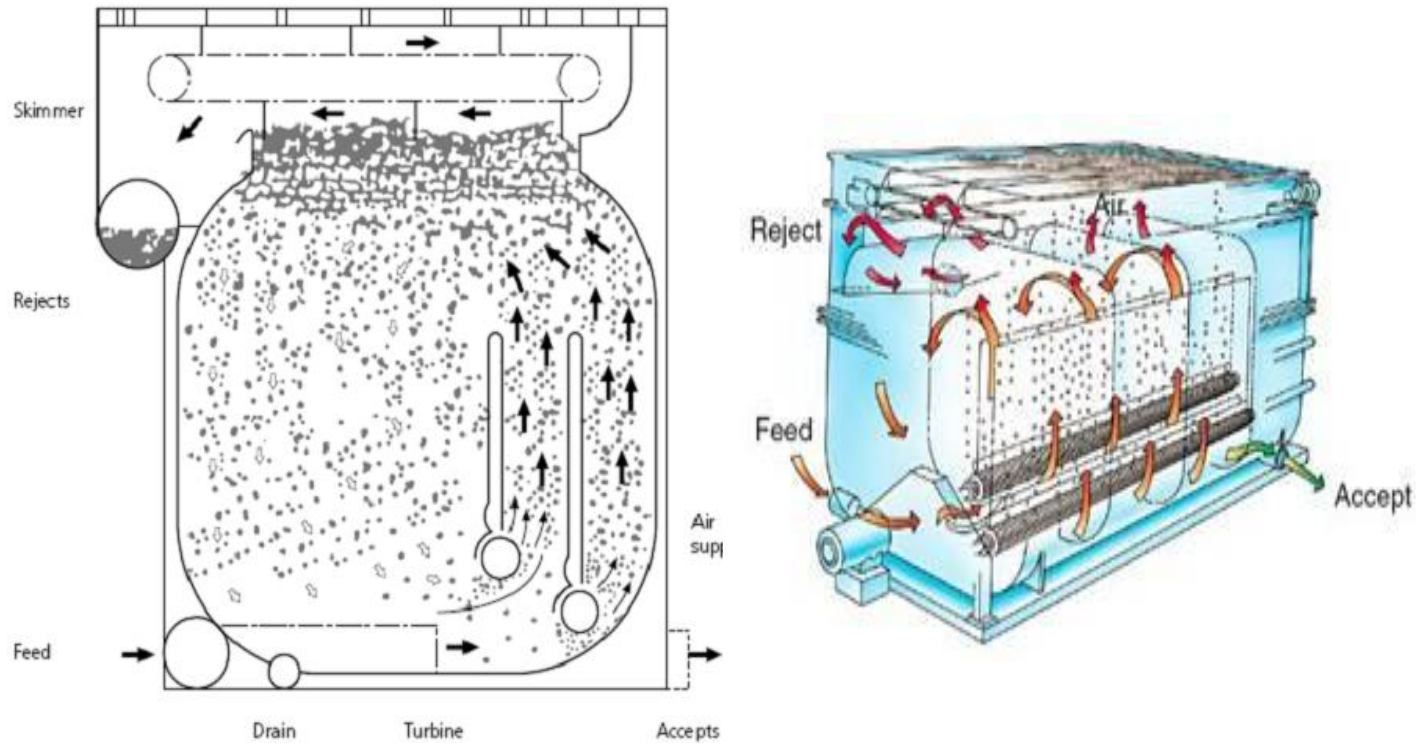
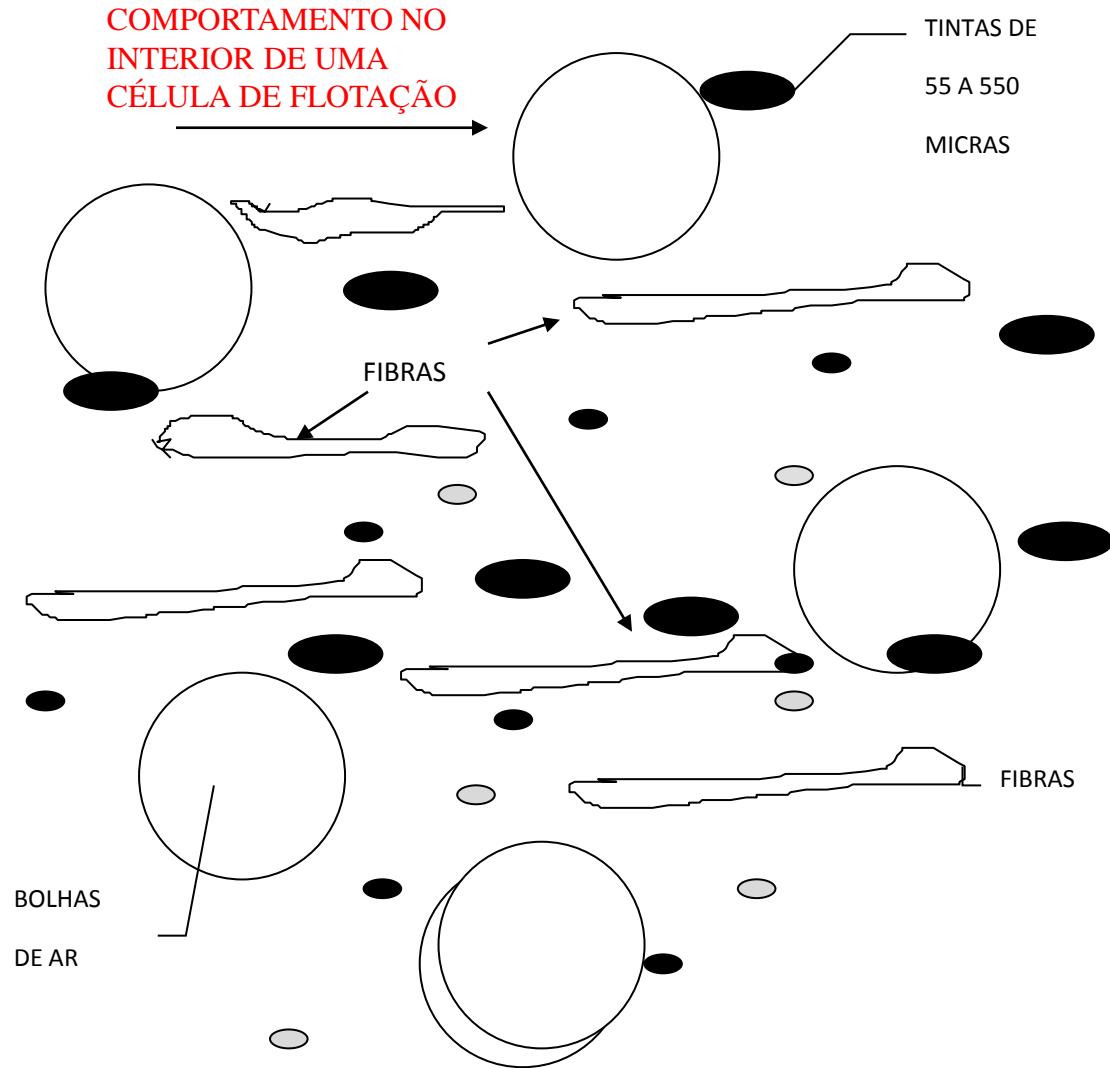


Figura 1.3.13 (FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" – ABTCP)

# Flotação



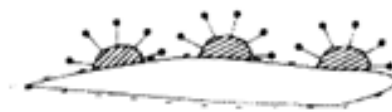
(FONTE: Indeterminada)

# Flotação

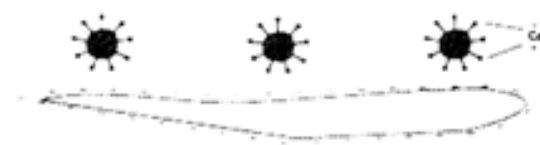
Fibra + tinta



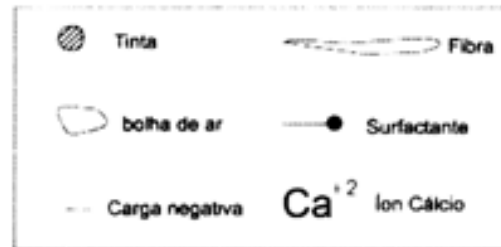
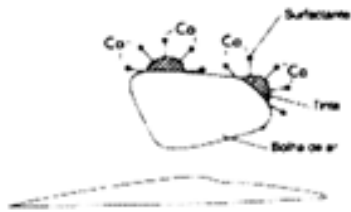
Fibra + tinta + surfactantes



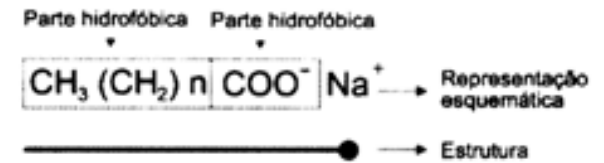
Repulsão Eletrostática



Arraste da tinta pela bolha de ar



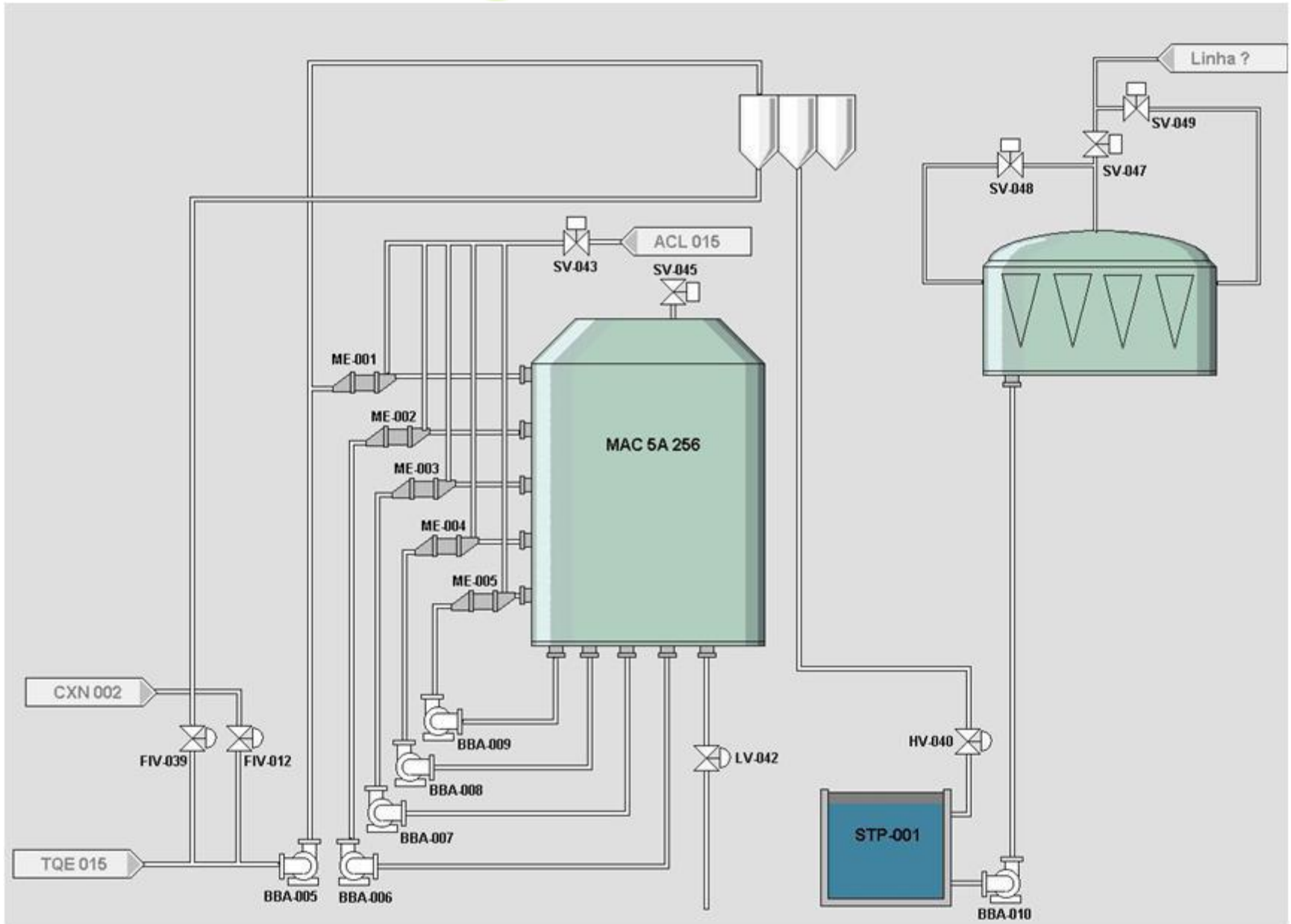
Estrutura



Estrutura, classificação dos surfactantes e mecanismo de reação

(FONTE: Indeterminada)

# Flotação MAC Cell da Lamort



(FONTE: LAMORT)

## *Destintamento: lavagem*

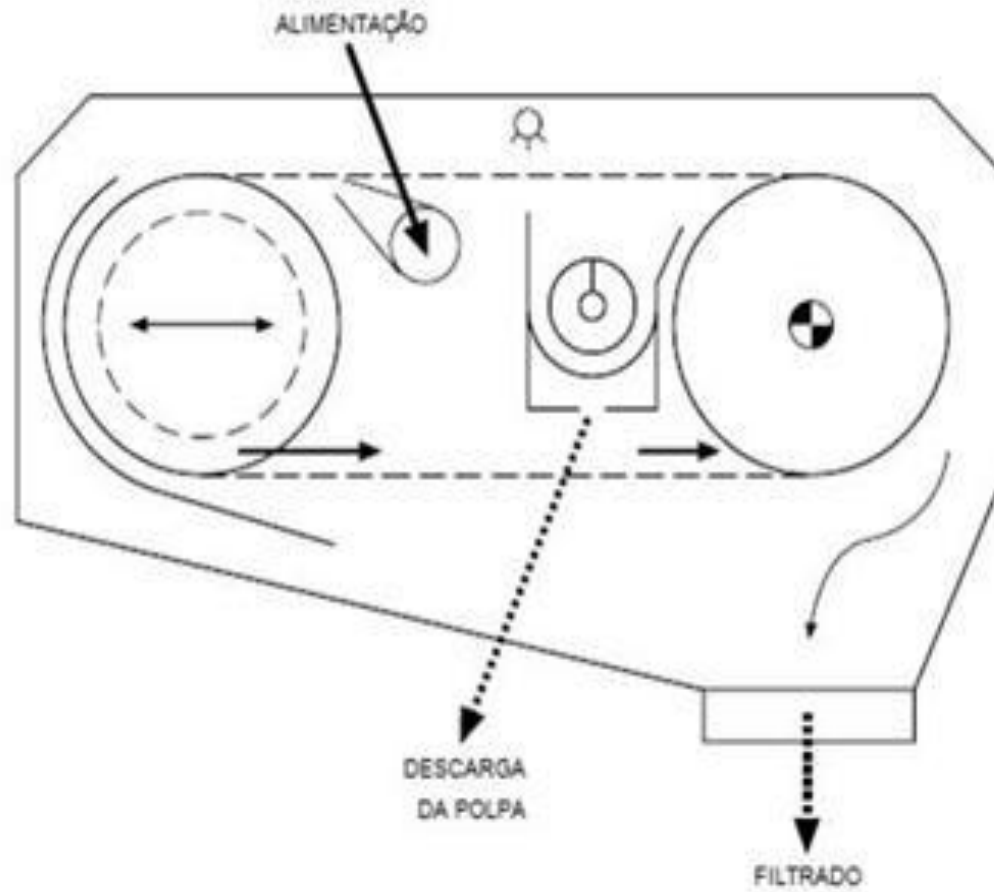


Figura 1.3.14 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)

## *Branqueamento*

*Silicato de sódio (estabilizador do Peróxido de Hidrogênio)*

*pH: entre 10 e 11*

*Peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)*

*Alvura após o “pulper”: 60% ISO*

*Alvura após a flotação: 65% ISO (ganho: 5)*

*Alvura após a lavagem: 70% ISO (ganho: 5)*

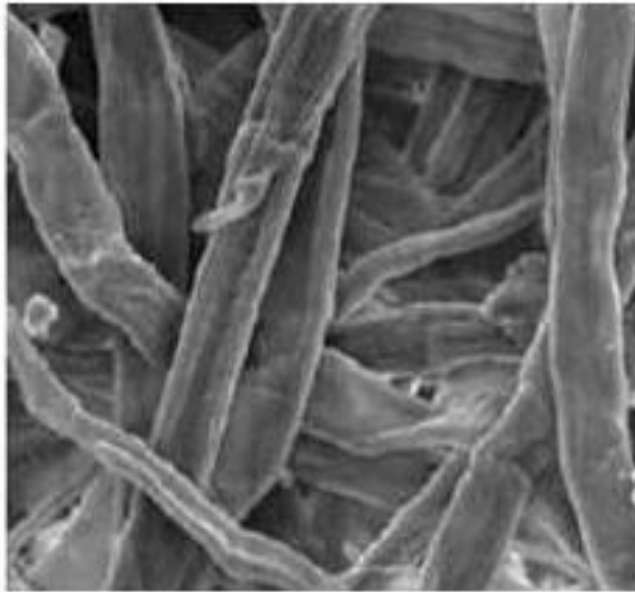
*Alvura após o branqueamento: 77%ISO (ganho: 7)*

*Mínimo ganho: 10%ISO*

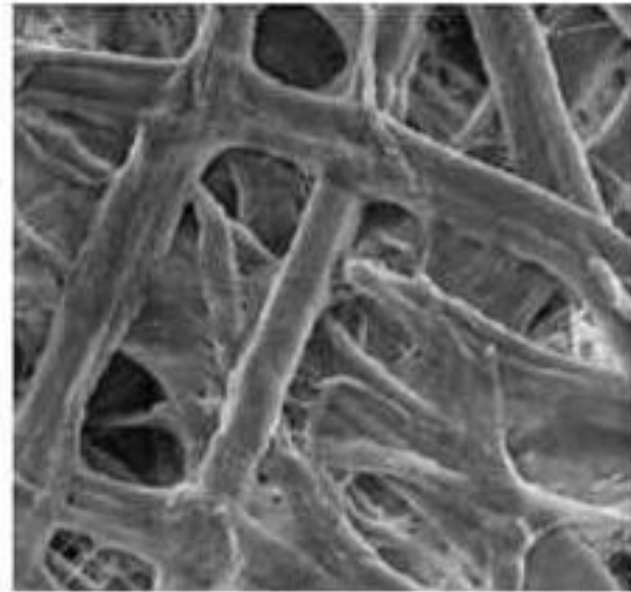


# *Refinação*

## *Ação do refino*



Sem refino



Fibras refinadas até 45°SR

*Figura 1.4.01 (FONTE: Yasumura – 2004)*

## *Influência do refino nas propriedades da folha*

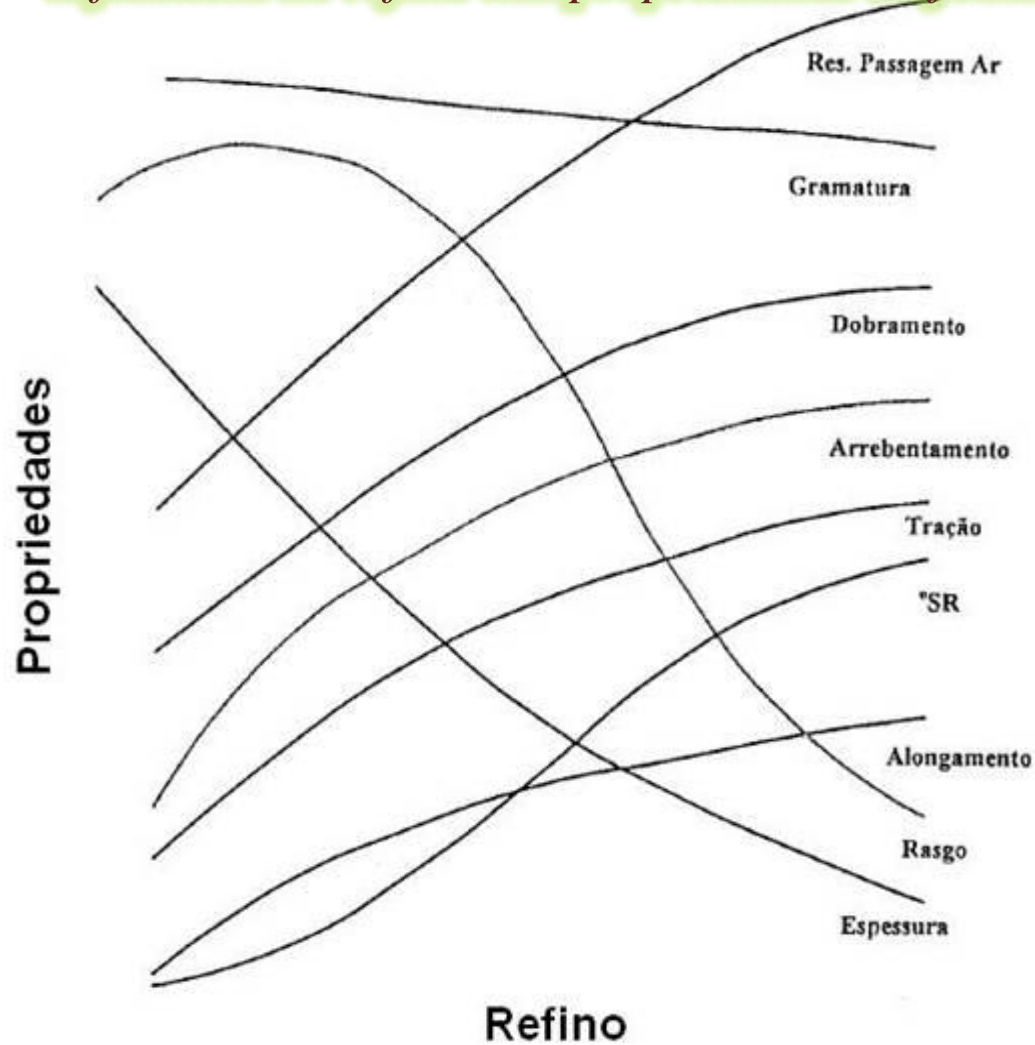


Figura 1.4.02 (FONTE: Apostila "O processo de produção de papéis" – ABTCP/UFV)

## Componentes da refinação

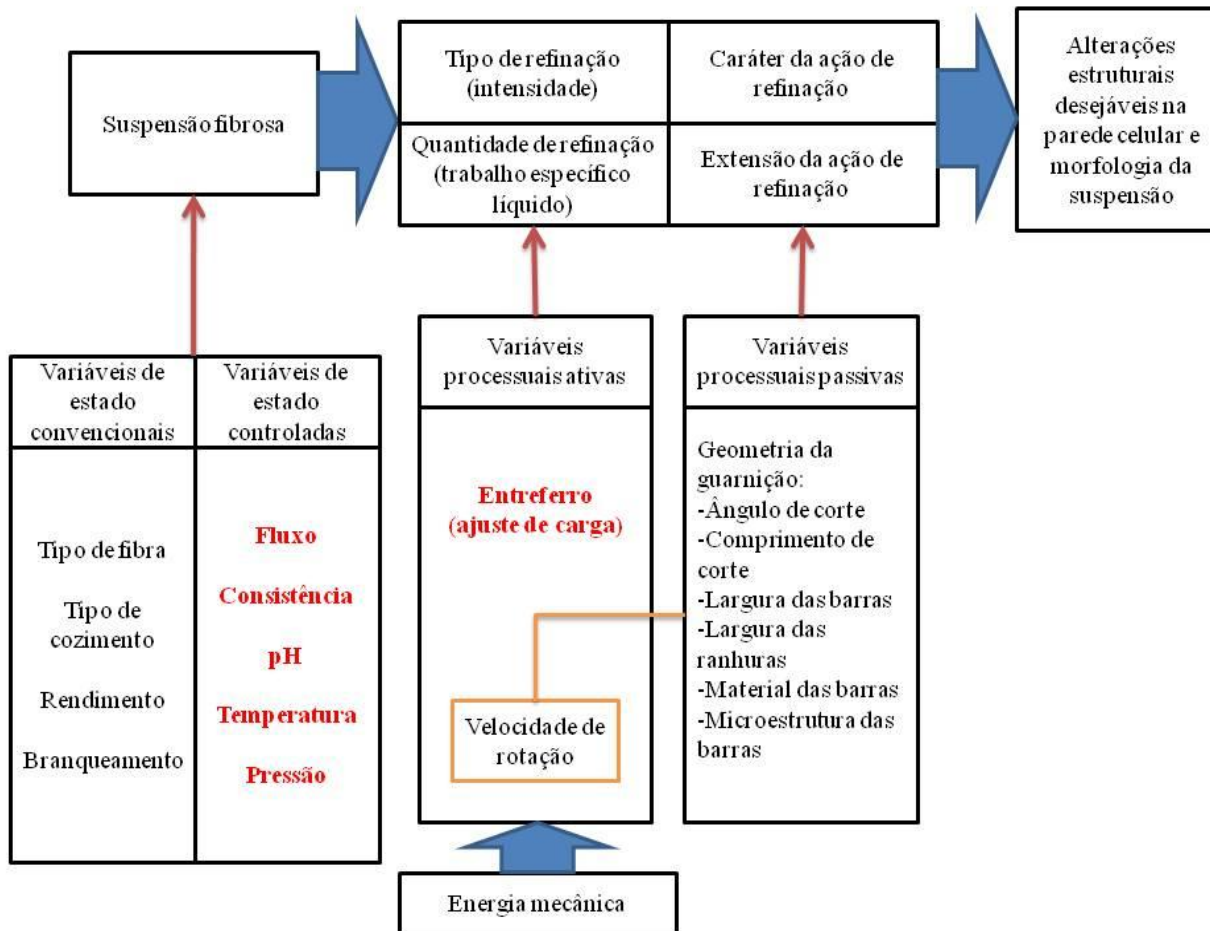


Figura 1.4.03 (Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)

## *Teorias da refinação*

### *Teorias qualitativas:*

*Exemplo 1: Teoria tradicionalmente aceita*

*Exemplo 2: Teoria dos flocos*

### *Teorias quantitativas:*

*Exemplo: Carga Específica de Borda (C.E.B.) ou intensidade de refino*

## *Ligações das moléculas de celulose com a água*

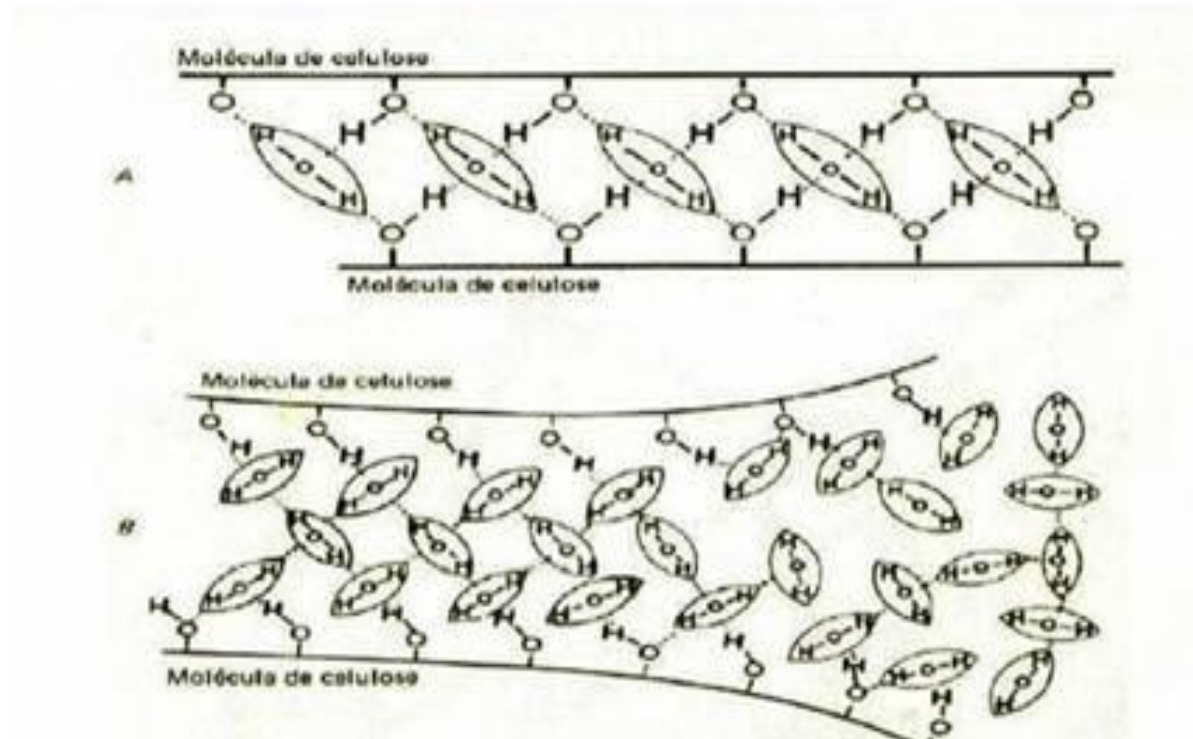
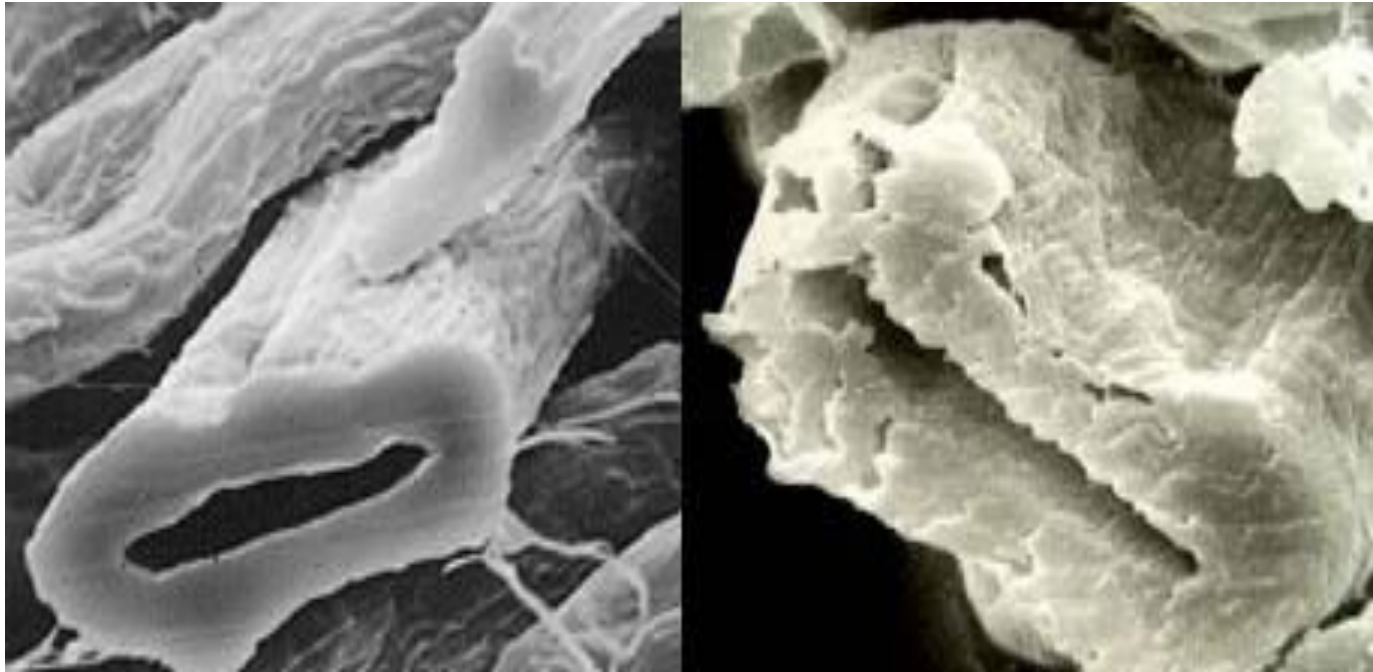


Figura 1.4.04 (FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" – ABTCP)

## *Colapsamento das fibras*



*Figura 1.4.05 (FONTE: [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br))*

## Teoria dos flocos

*Distância entre os discos: ~ 100  $\mu$ m*

*Tamanho dos flocos: 1 mm (mas, pode chegar a 6 mm)*

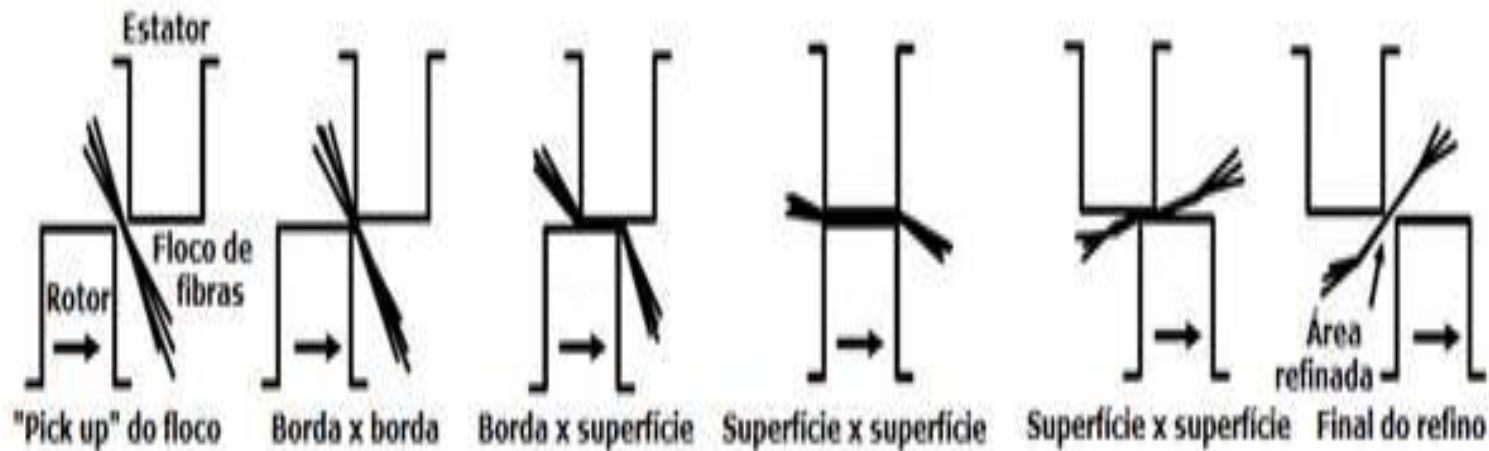
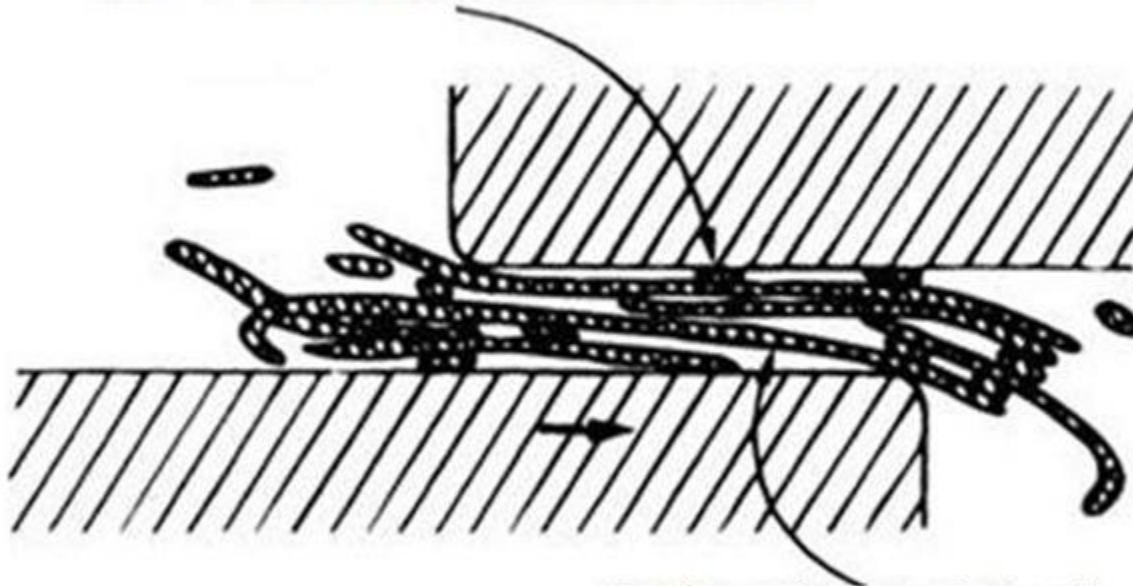


Figura 1.4.06

(FONTE: PAULAPURO, H., et alli, Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End)

*Detalhe da figura anterior*

Fibra sob compressão e cisalhamento



Fibra sob carga de tensão



## *Carga Específica de Borda*

Esta teoria constitui uma importante ferramenta para o controle da operação de refino e, teoricamente, permite a comparação entre resultados de refinamentos de uma mesma polpa, mesmo que realizados em refinadores diferentes. A CEB é calculada pela equação abaixo:

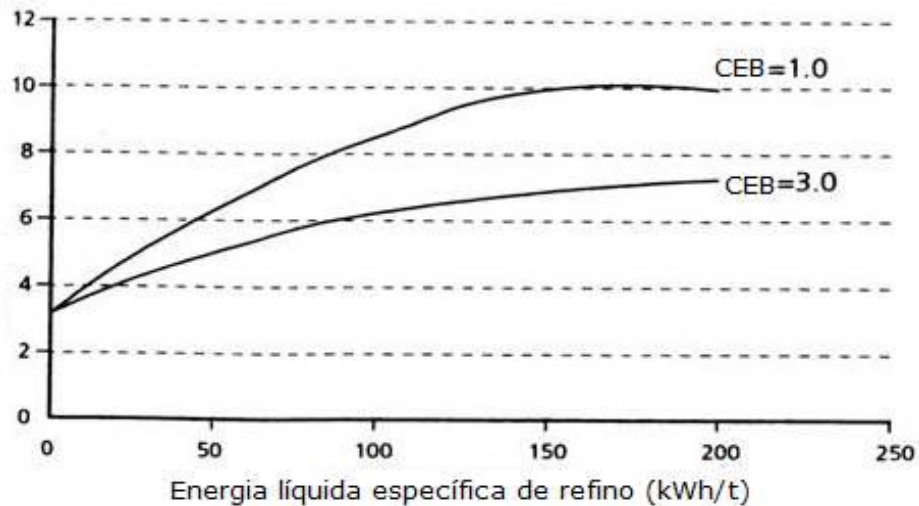
$$CEB = P_u / L \text{ (w.s/m)}$$

Onde:

$P_u$ : potência líquida aplicada, kW

L: comprimento de lâminas que se entrecruzam por segundo, km/s

Comprimento de ruptura (km)



*Figura 1.4.07 (FONTE: Refining Technology)*

## *Efeitos da refinação*

### ***Efeitos primários:***

*Fibrilação interna*

*Fibrilação externa*

*Fibrilação molecular*

*Corte das fibras e geração de finos*

### ***Efeitos secundários:***

*Compressão longitudinal, o enrolamento ou endireitamento da fibra e o colapso da parede celular, delaminação da fibra, inchação da fibra, aumento da flexibilidade da fibra, remoção das paredes externas, “microcreping” das fibras e introdução de outros defeitos, encanoamento e torcedura de fibras, e aumento da superfície específica*

## *Fibrilação interna*



*Figura 1.4.08 (FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)*

## *Fibrilação externa*

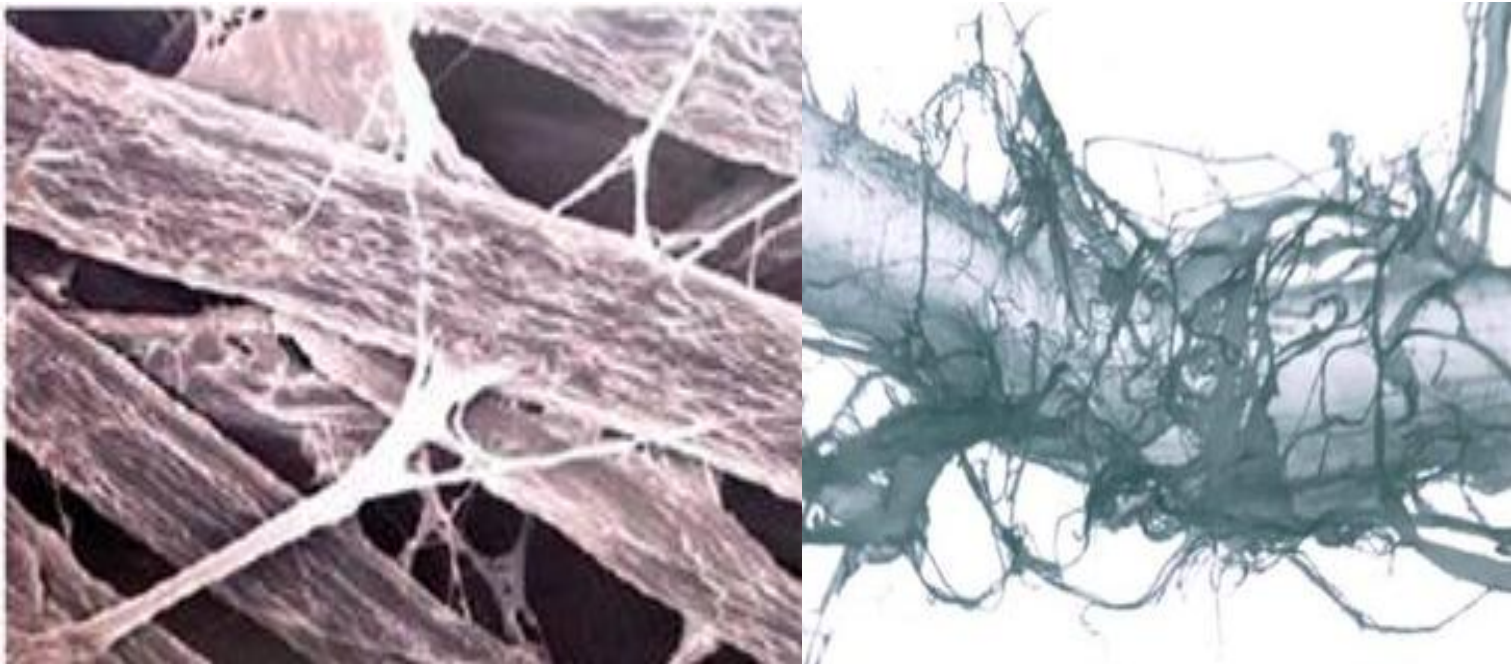
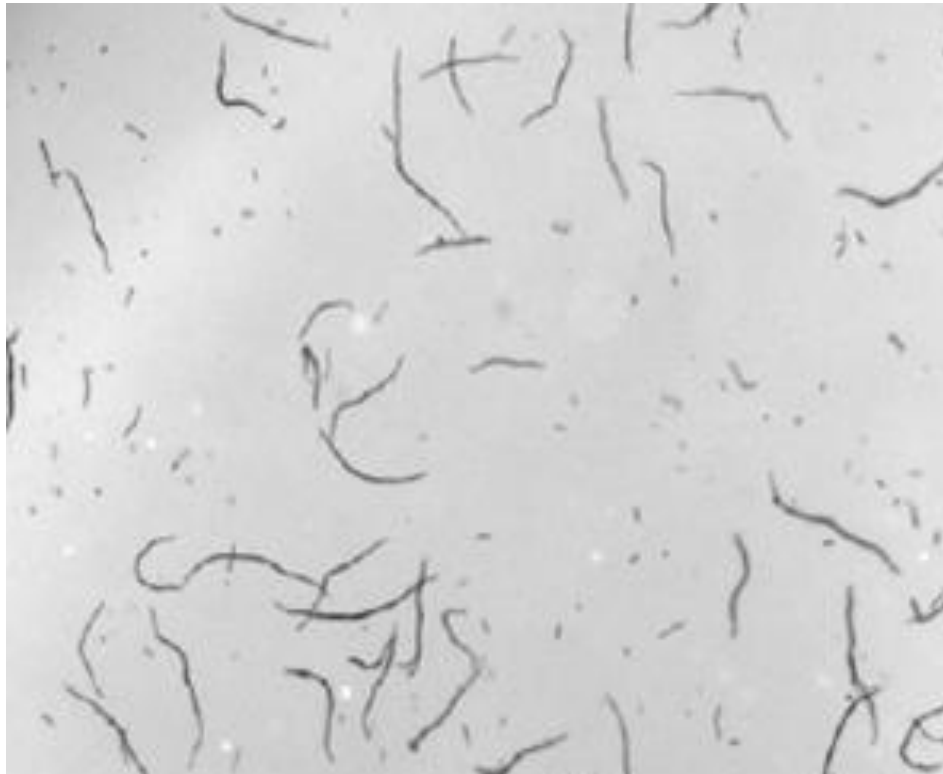


Figura 1.4.09 (FONTE: [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br))

## *Finos*



*Figura 1.4.10 (FONTE: [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br))*

## *Refinador de duplos discos*

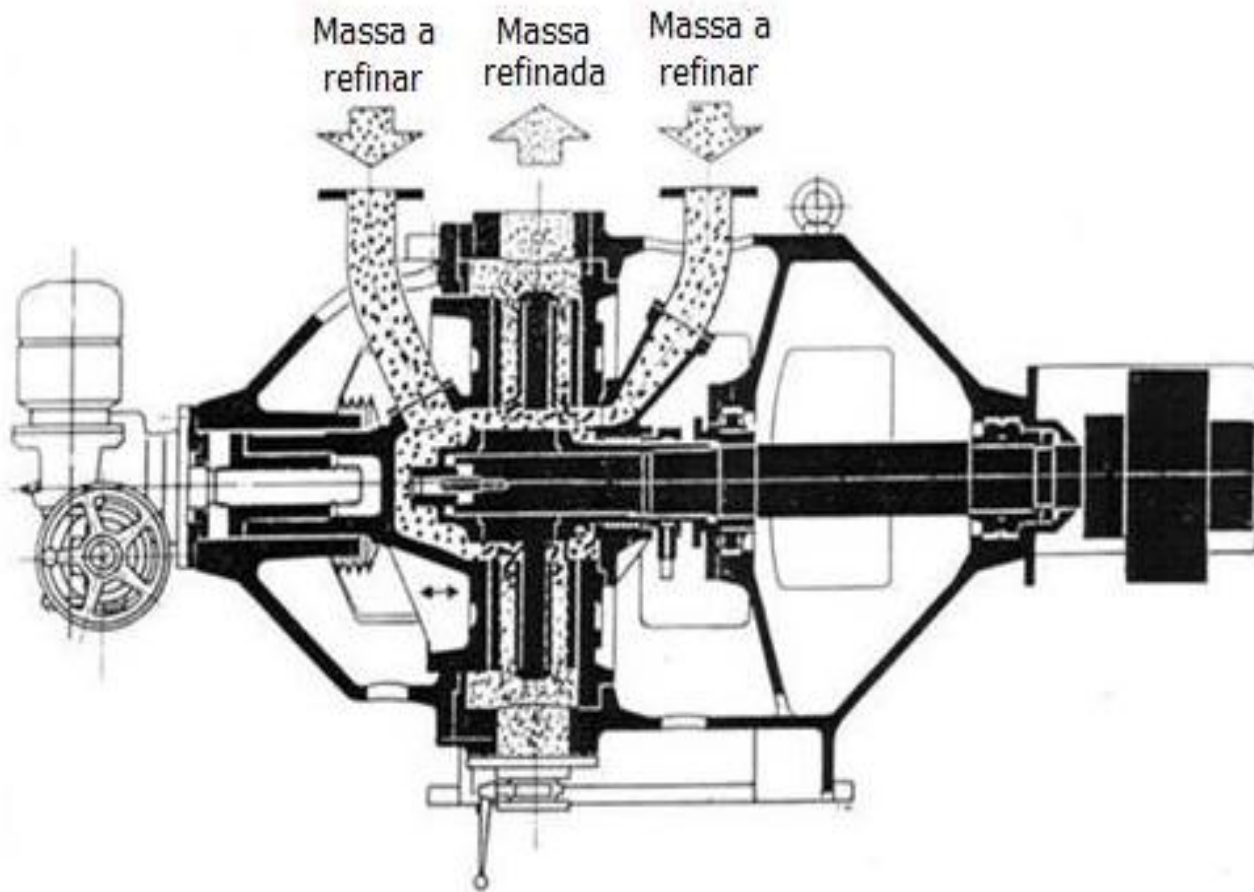


Figura 1.4.11 (FONTE: Treinamento operacional – VCP/LA)

## Refinador de duplos discos

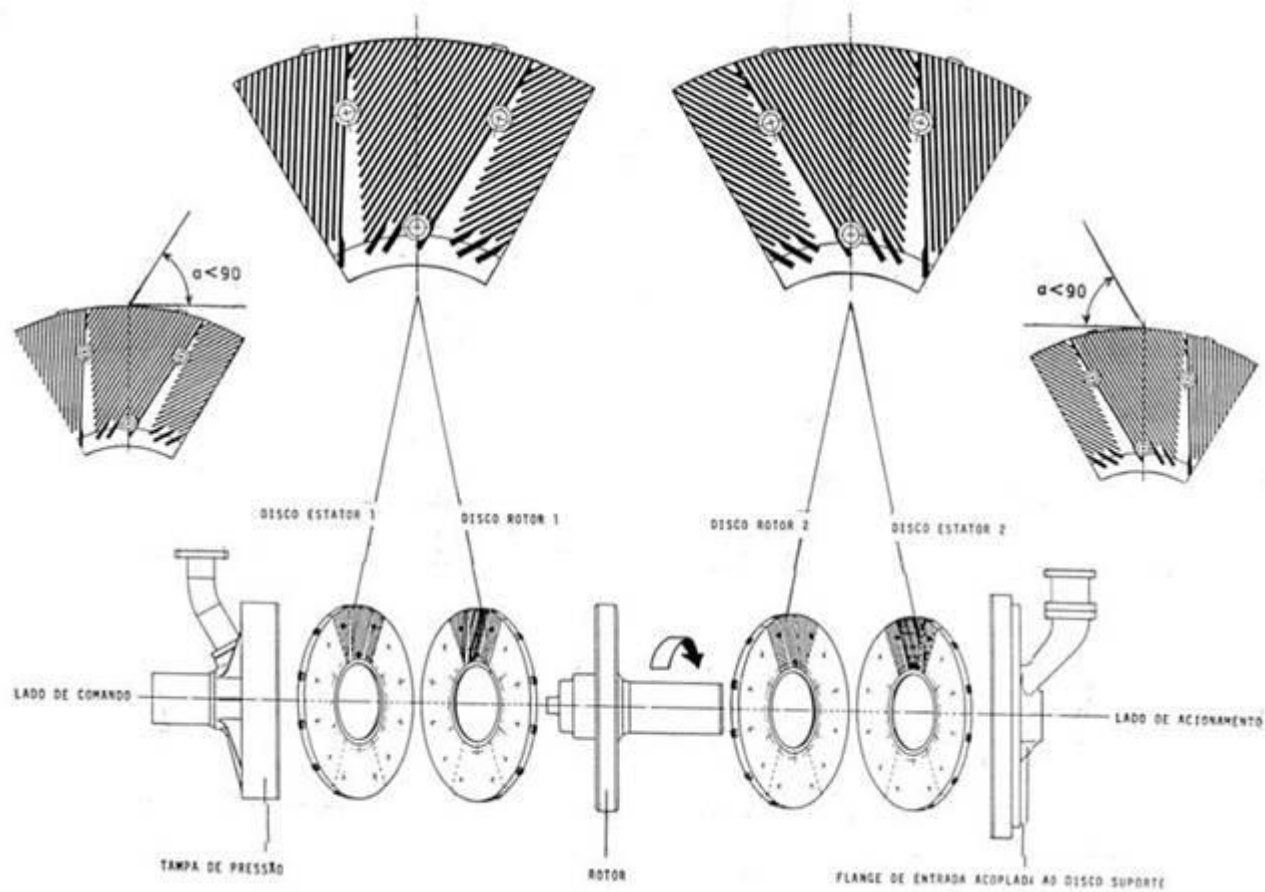


Figura 1.4.12 (FONTE: Treinamento operacional – VCP/LA)

## *Refinador tricônico*

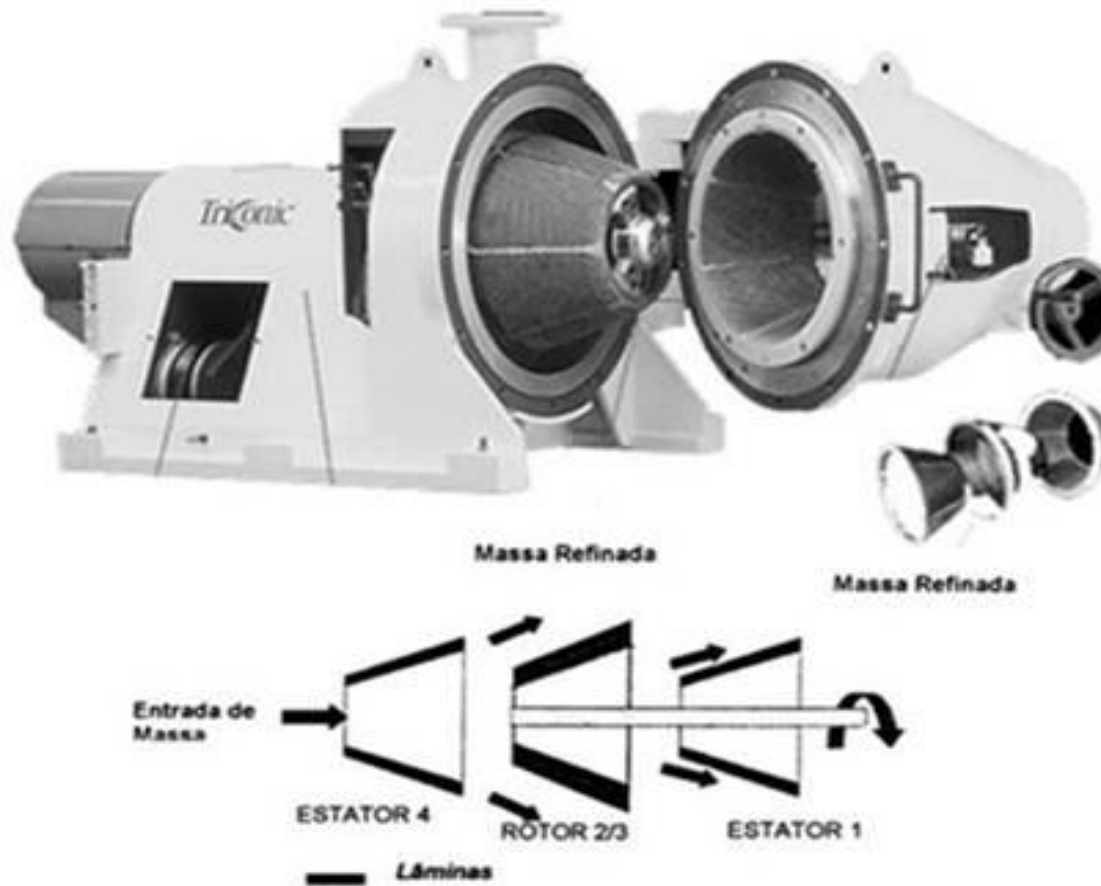


Figura 1.4.13 (FONTE: [www.redetec.org.br/inventabrasil/pilao](http://www.redetec.org.br/inventabrasil/pilao))



## *Medição do °SR e do CSF*

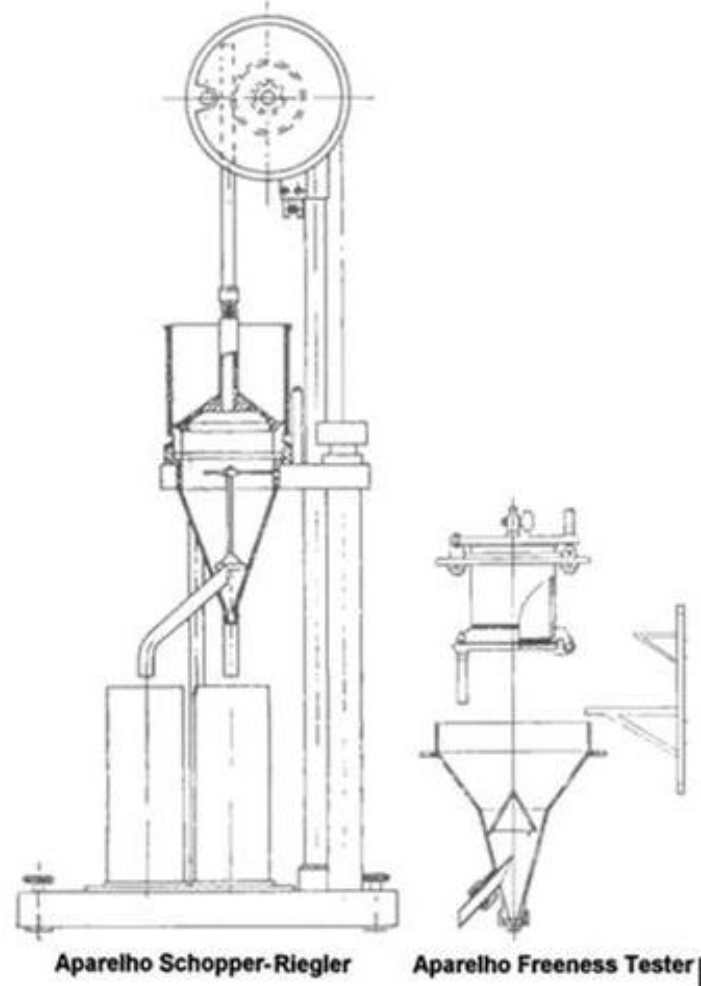


Figura 1.4.14 (FONTE: Tecnologia de Fabricação de Papel – SENAI/IPT)

*Outro teste interessante:*

*I.R.A. (Índice de Retenção de Água)*

*ou em inglês: W.R.V. (“Water Retention Value”)*

## *Refinação para o caso de papéis “tissue” (exemplos de valores)*

### *Energia específica líquida*

#### *Papel higiênico:*

*fibra longa branqueada: 80 a 120 kWh/t*

*fibra curta branqueada: normalmente não é refinada*

*aparas destintadas: 20 a 60 kWh/t*

#### *Papel toalha:*

*fibra longa branqueada: 140 a 180 kWh/t*

*mistura de fibras curtas e longas: 80 a 120 kWh/t*

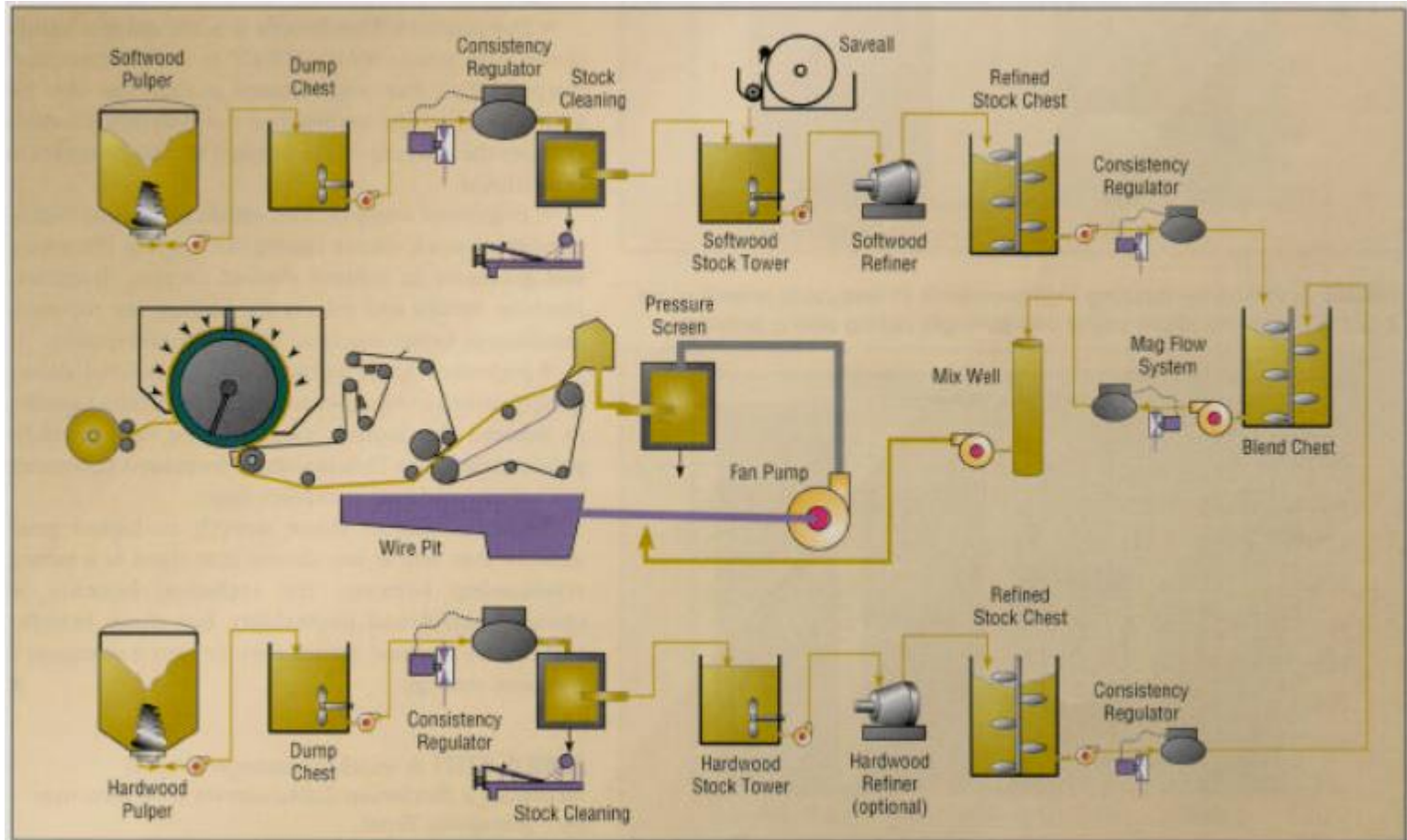
*aparas destintadas: 30 a 80 kWh/t*

### *Intensidade de refino*

*Fibra longa branqueada: 1,5 Ws/m*

*Apapas destintadas: 1,0 Ws/m*

## Exemplo de fluxograma de processo "tissue"



(FONTE: PULP & PAPER, May 1998)

# *Circuito de aproximação*

*(“approach flow”)*

*“Approach Flow” de uma máquina “tissue”  
(para “Crescent Former”)*

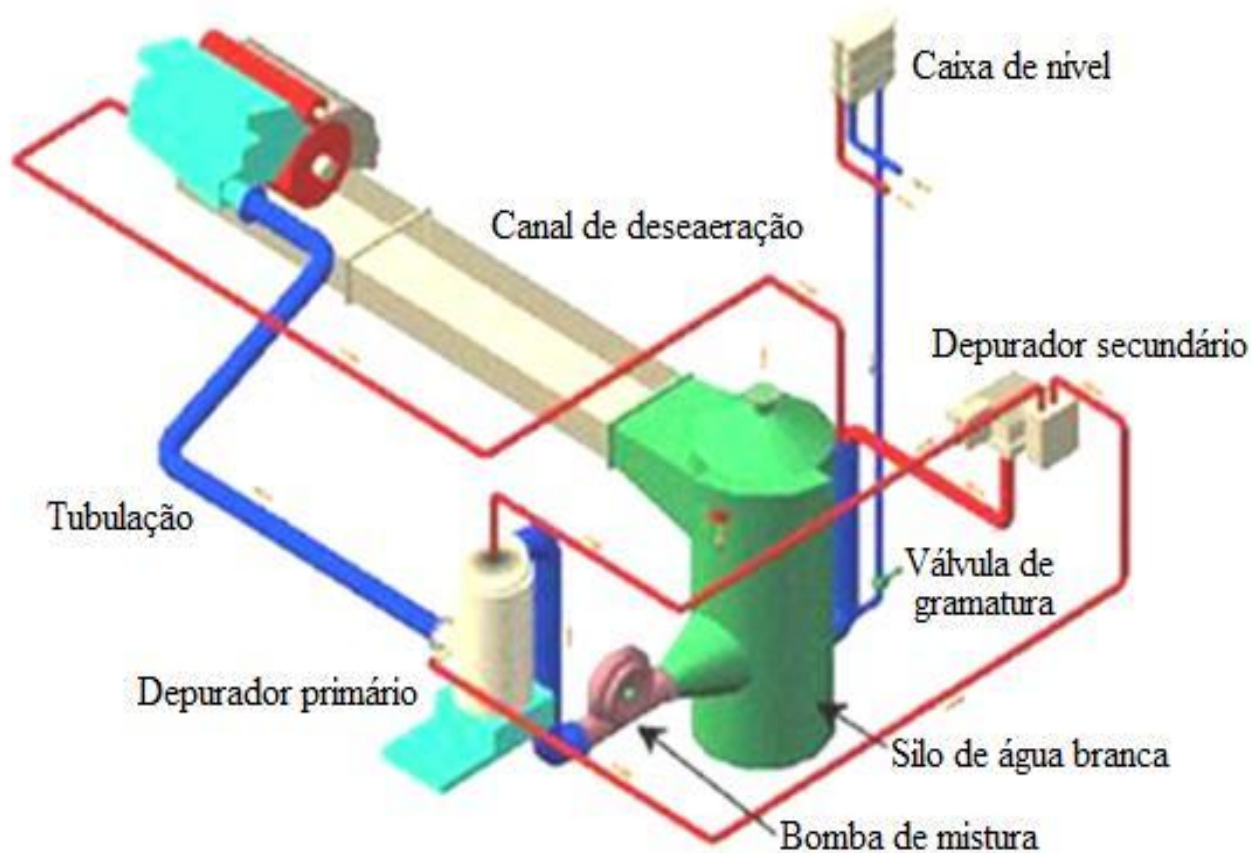


Figura 1.5.01

(FONTE: Apostila “Approach flow” – Curso Técnico de Cel. Papel – Guaíba, RS)

## Depuração de cabeça de máquina

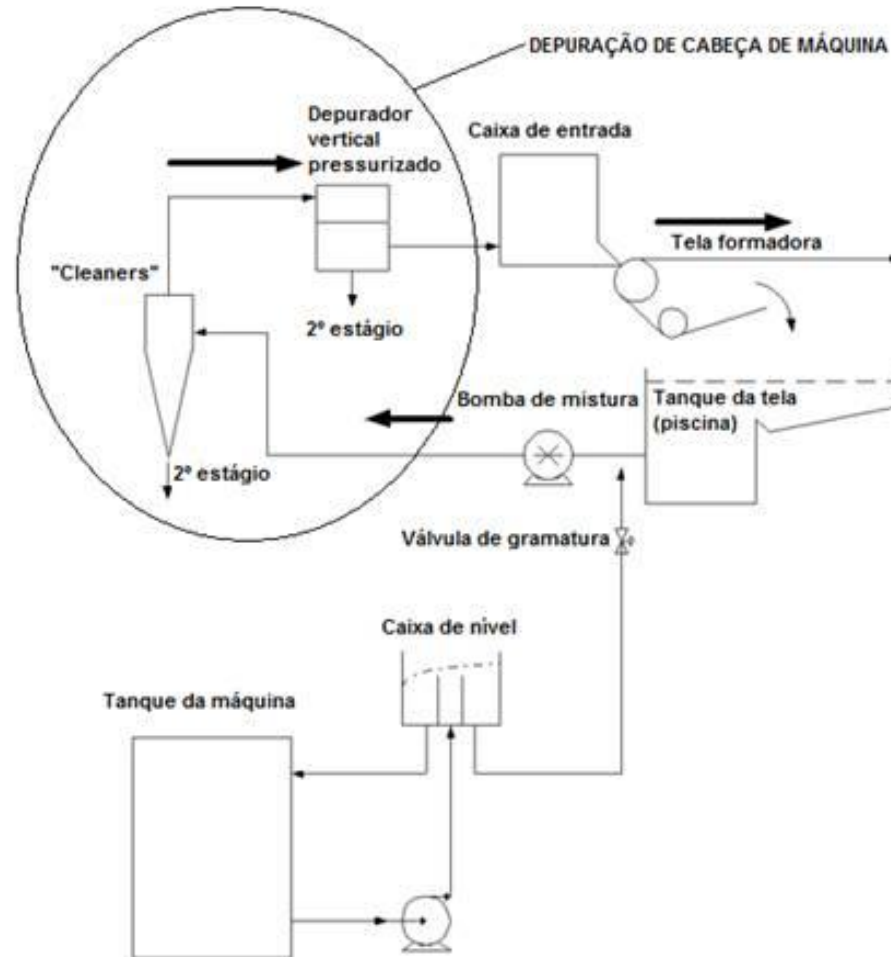
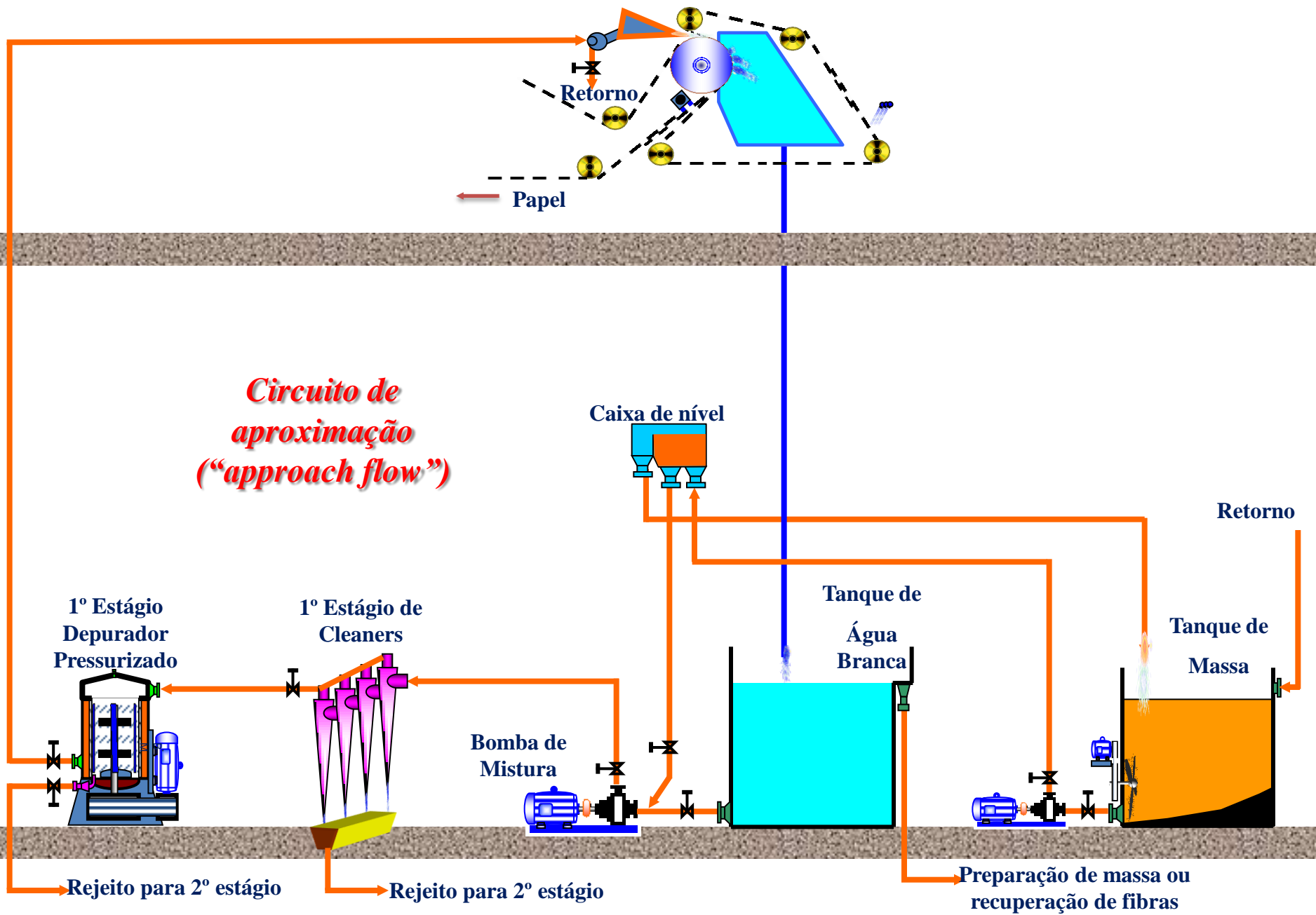


Figura 1.5.02

(FONTE: Apostila "Approach flow" – Curso Técnico de Cel. Papel – Guaíba, RS)



# *Caixas de entrada*

## *Caixa de entrada pressurizada*

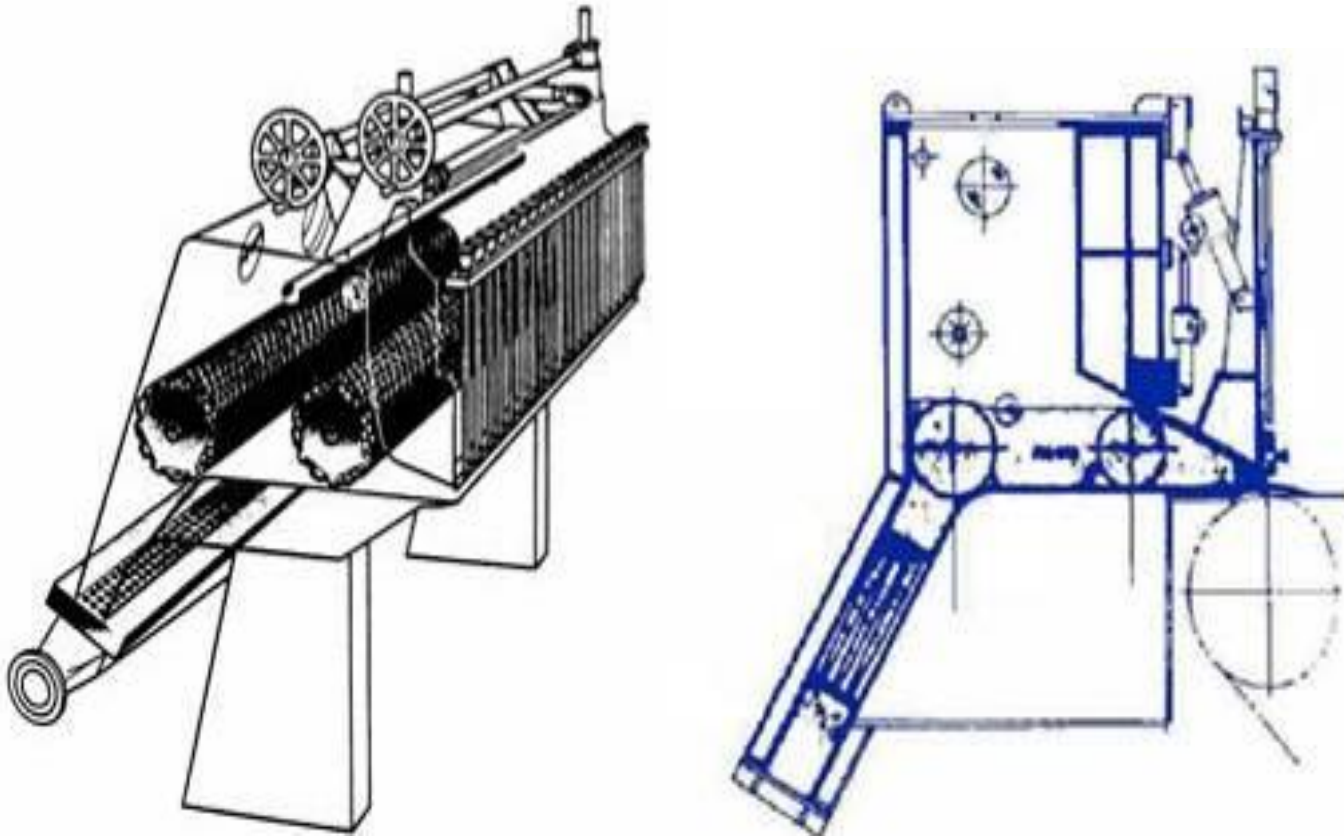
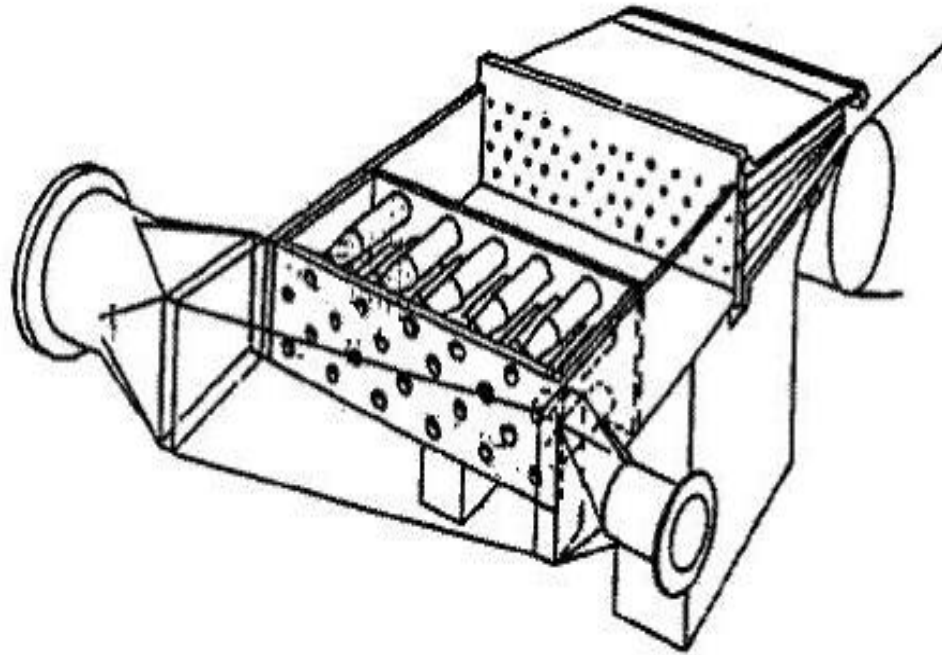


Figura 2.1.01

(FONTE: Apostila "Approach flow" – Curso Técnico de Cel. Papel – Guaíba, RS)

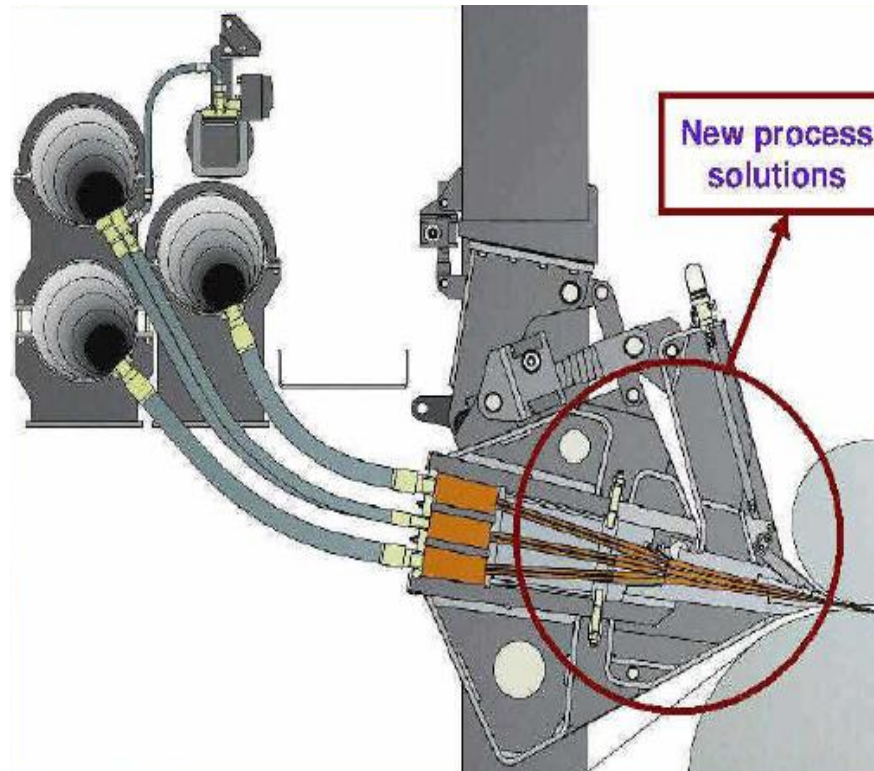
## *Caixa de entrada hidráulica*



*Figura 2.1.02 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)*



## *Caixa de entrada hidráulica de 3 camadas*



*Figura 2.1.03 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)*

## Opções de 2 e três camadas

PRODUTO DE UMA FOLHA  
COM TRÊS CAMADAS



← fibras menos nobres ou para maior resistência por dentro

← fibras mais nobres ou para maior suavidade por fora

PRODUTO DE DUPLA FOLHA  
CADA FOLHA COM DUAS  
CAMADAS



← fibras mais nobres ou para maior suavidade por fora

← fibras menos nobres ou para maior resistência por dentro

Figura 2.1.04 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## Caixa de entrada para mesa inclinada

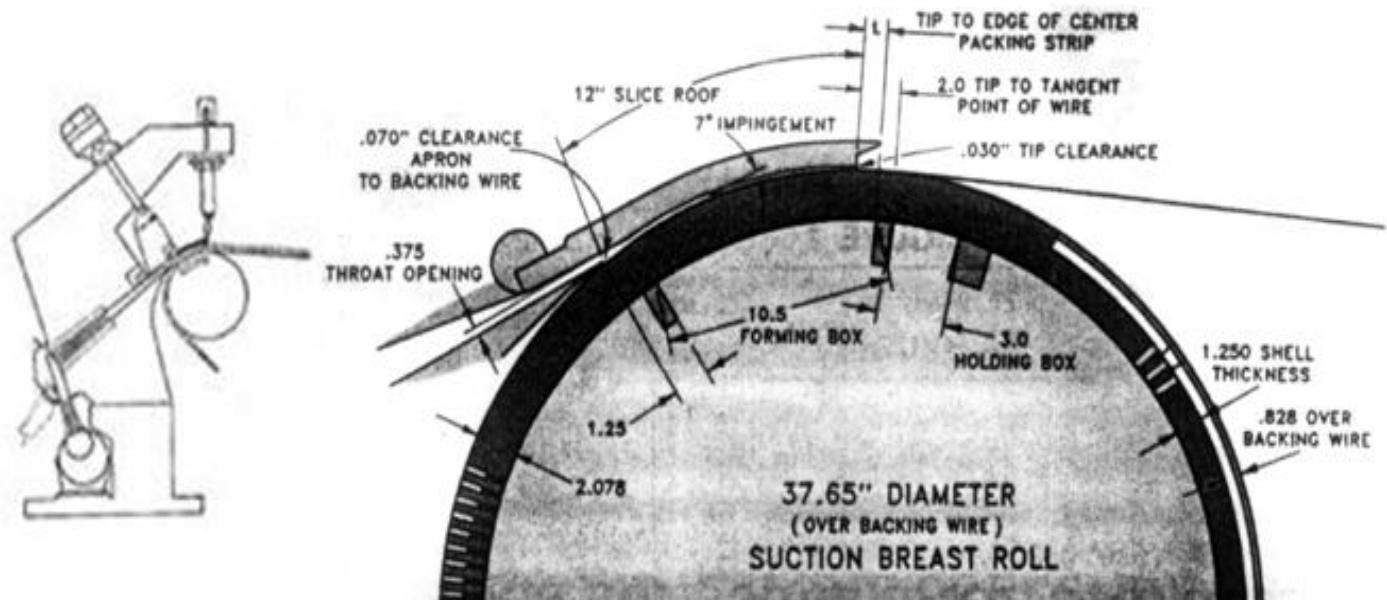


Figura 2.1.05 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)

## *Manípulos para controle do perfil de gramatura*

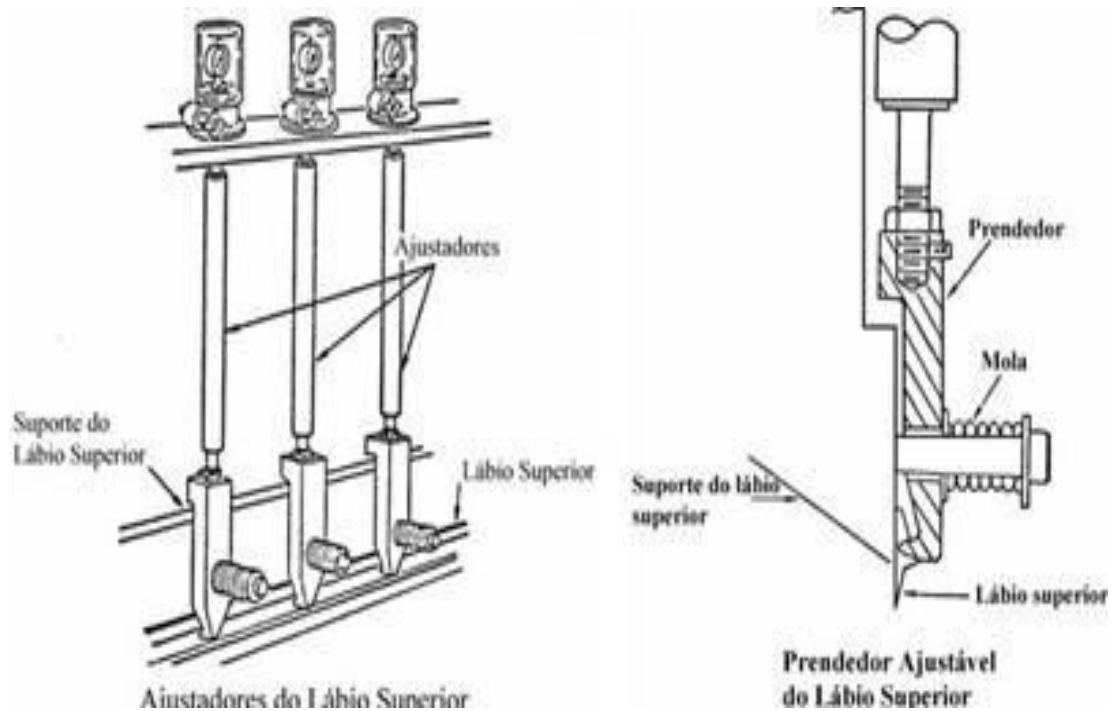
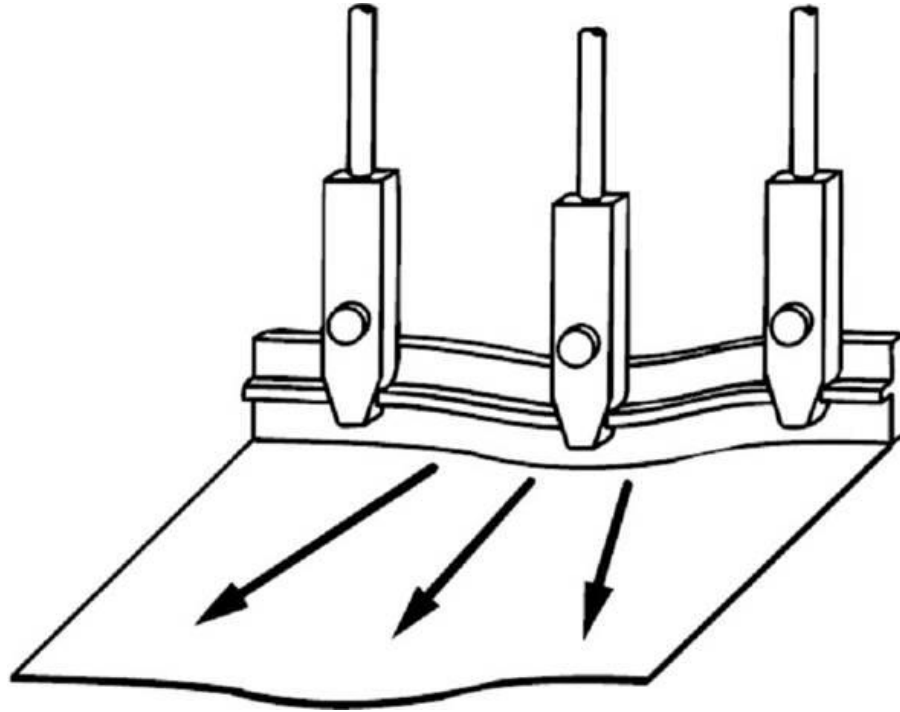


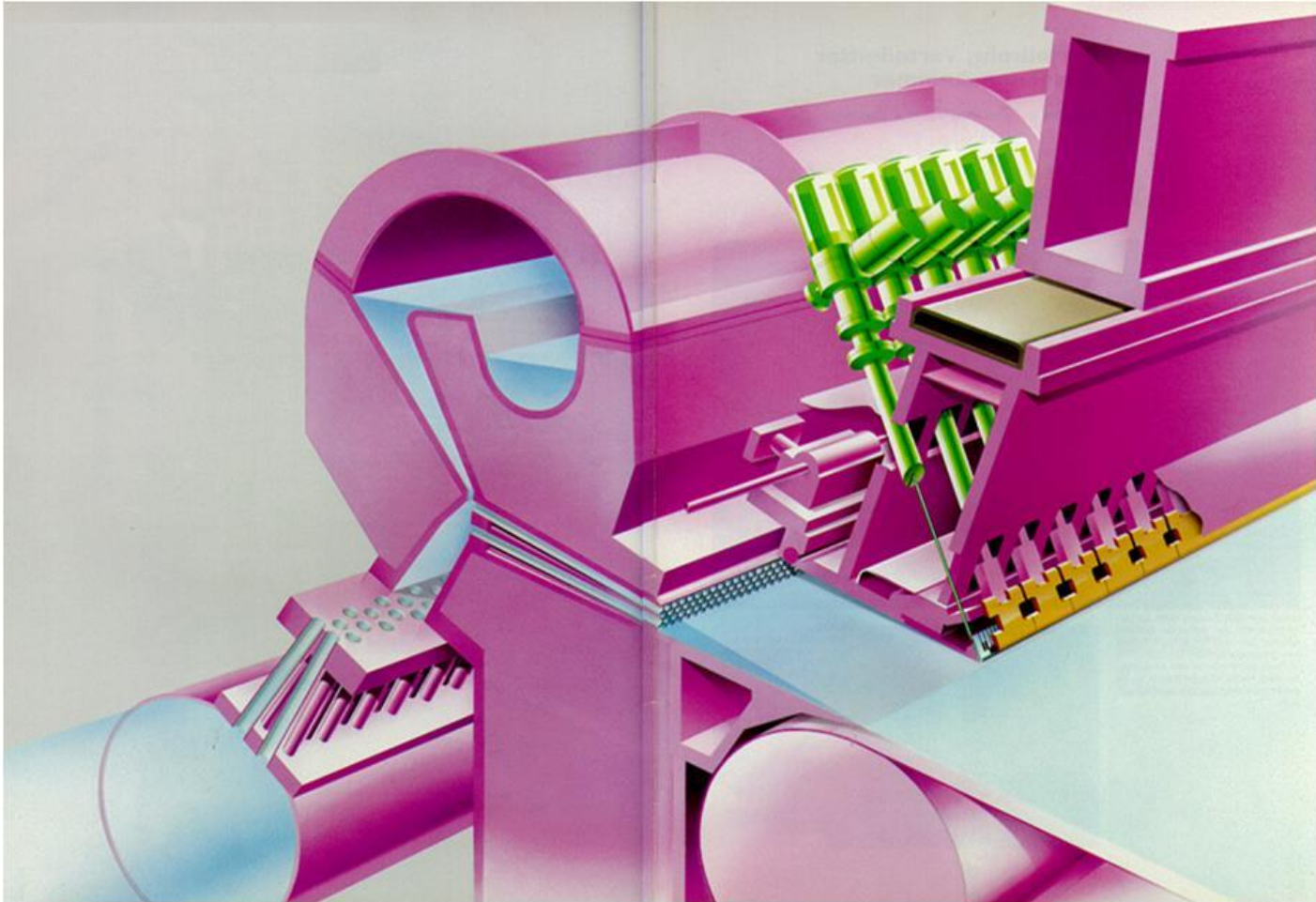
Figura 2.1.06 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)

*Ação do lábio superior criando fluxos transversais*



*Figura 2.1.07 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)*

## *Caixa hidráulica dom atenuação interna*



*FONTE: Treinamento Operacional VCP*

## *Module Jet*

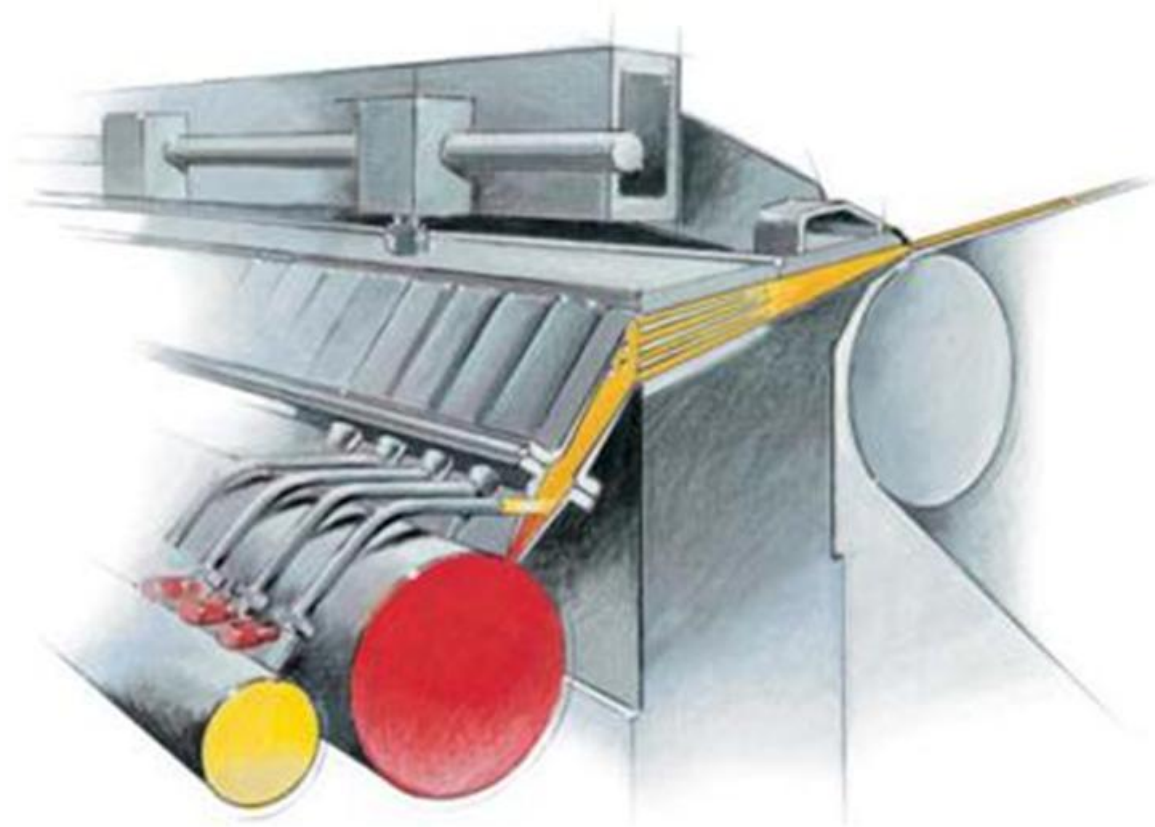


Figura 2.1.08 (FONTE: *Fabricação de Papel – Formação da folha – SENAI CETCEP*)

## *Pressão na caixa de entrada*

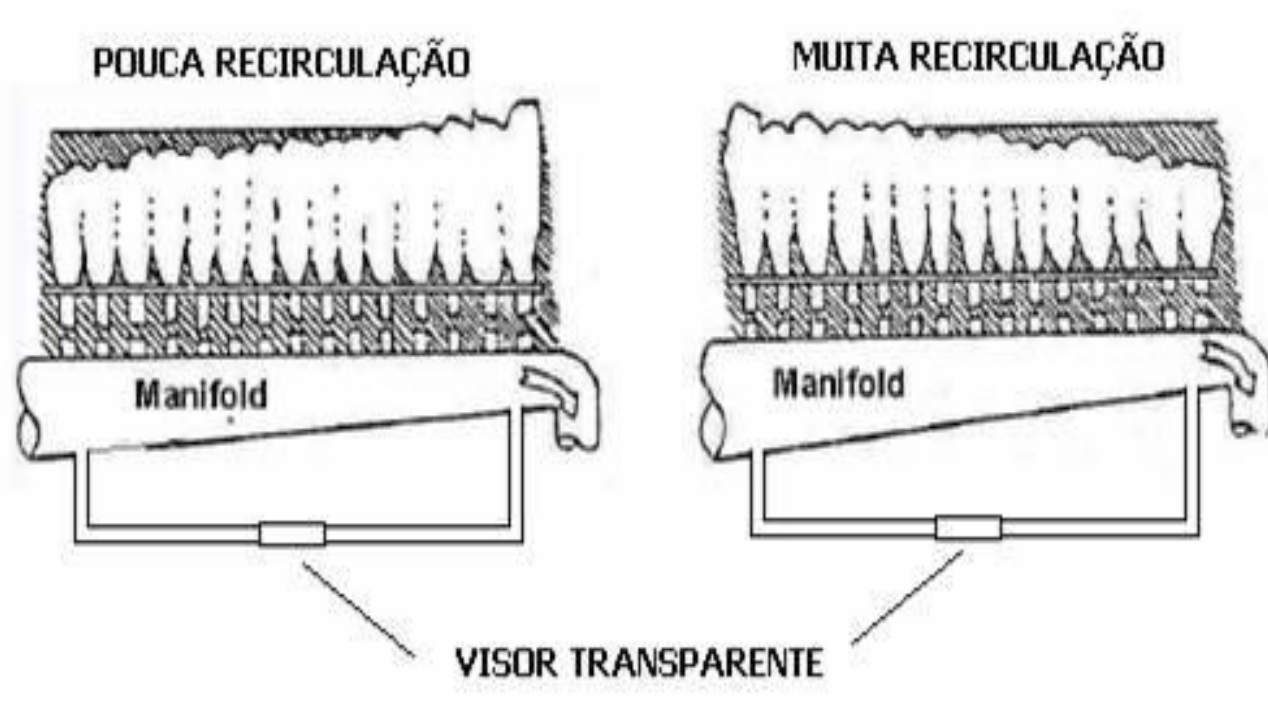


Figura 2.1.09 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)



## *Direcionamento de fibras*

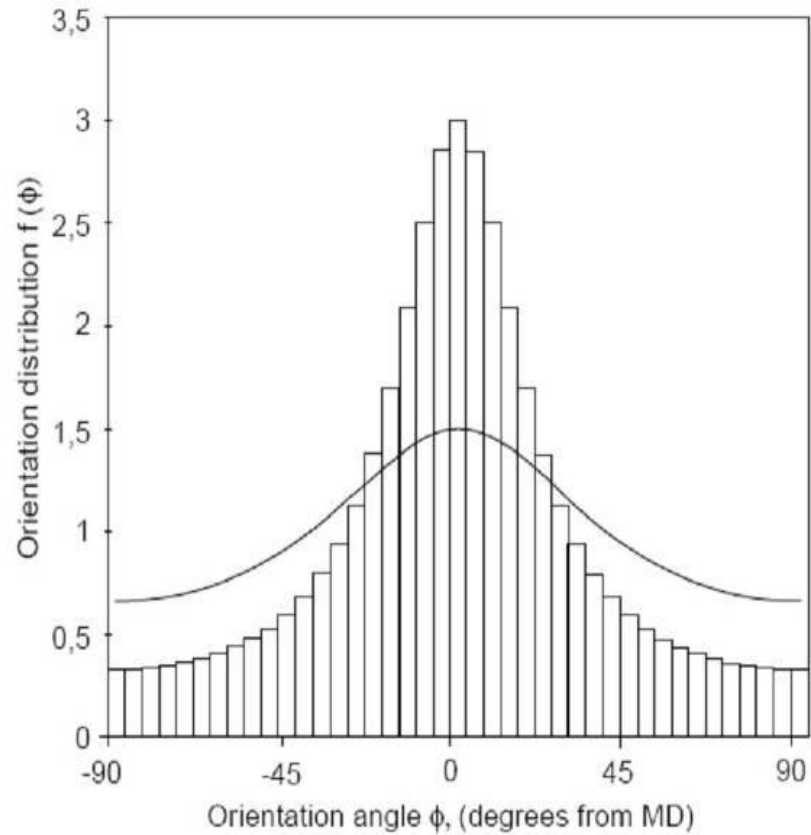
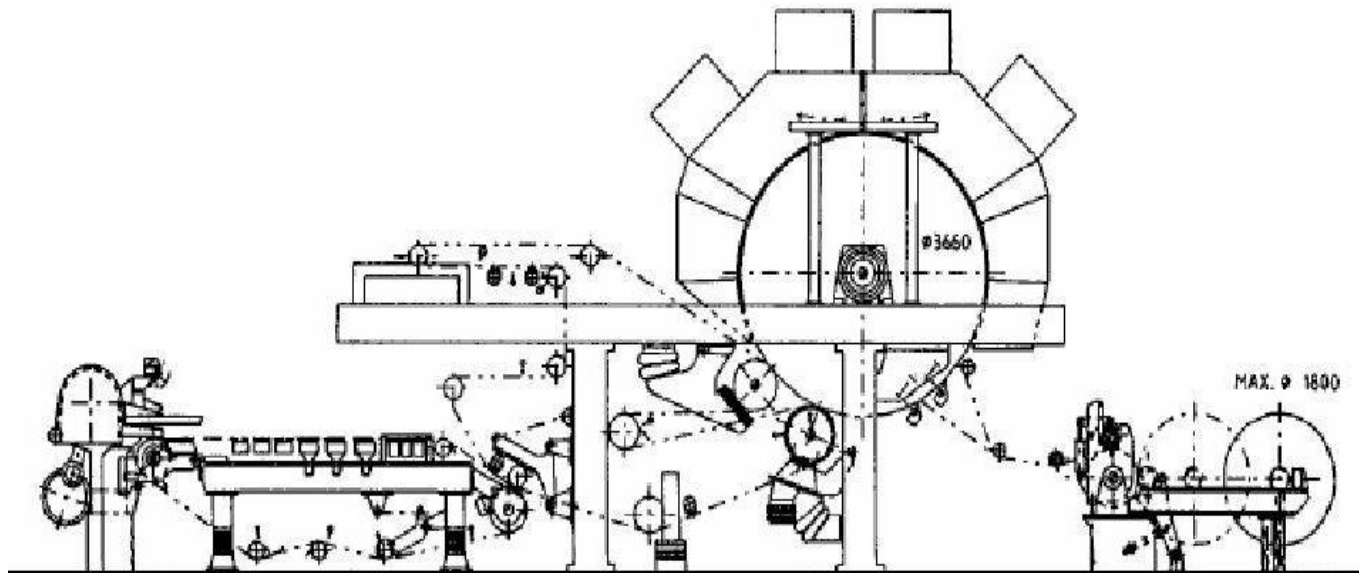


Figura 2.1.10 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

# *Seção de formação dos diferentes tipos de formadores*

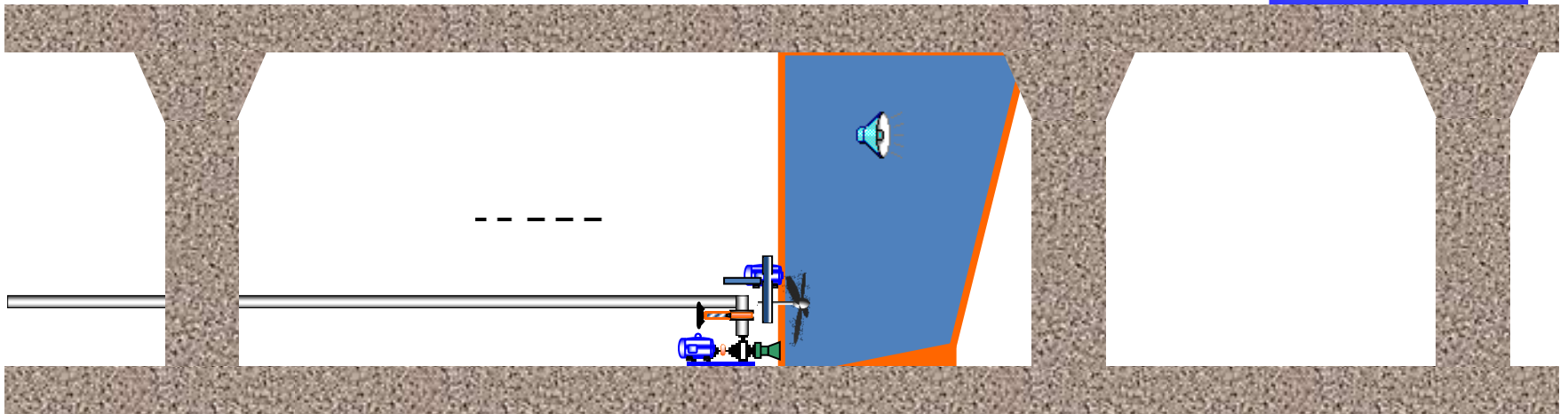
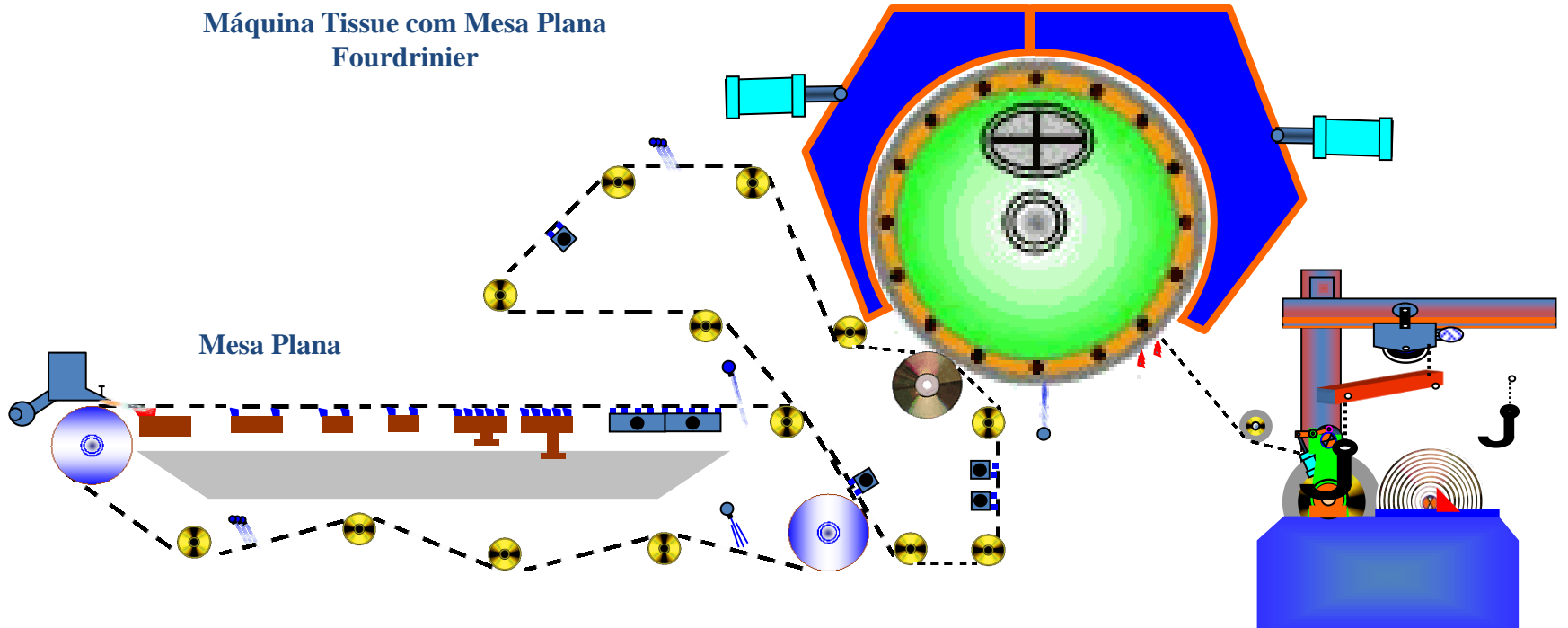
## *Formador tipo “Fourdrinier”*



*Figura 2.2.01 (FONTE: Apostilas ABTCP)*

# Formador tipo "Fourdrinier"

Máquina Tissue com Mesa Plana  
Fourdrinier



## Mesa plana para “tissue”

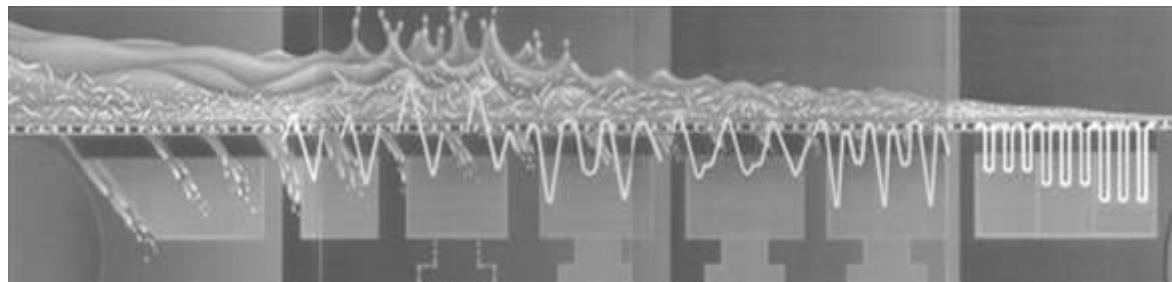
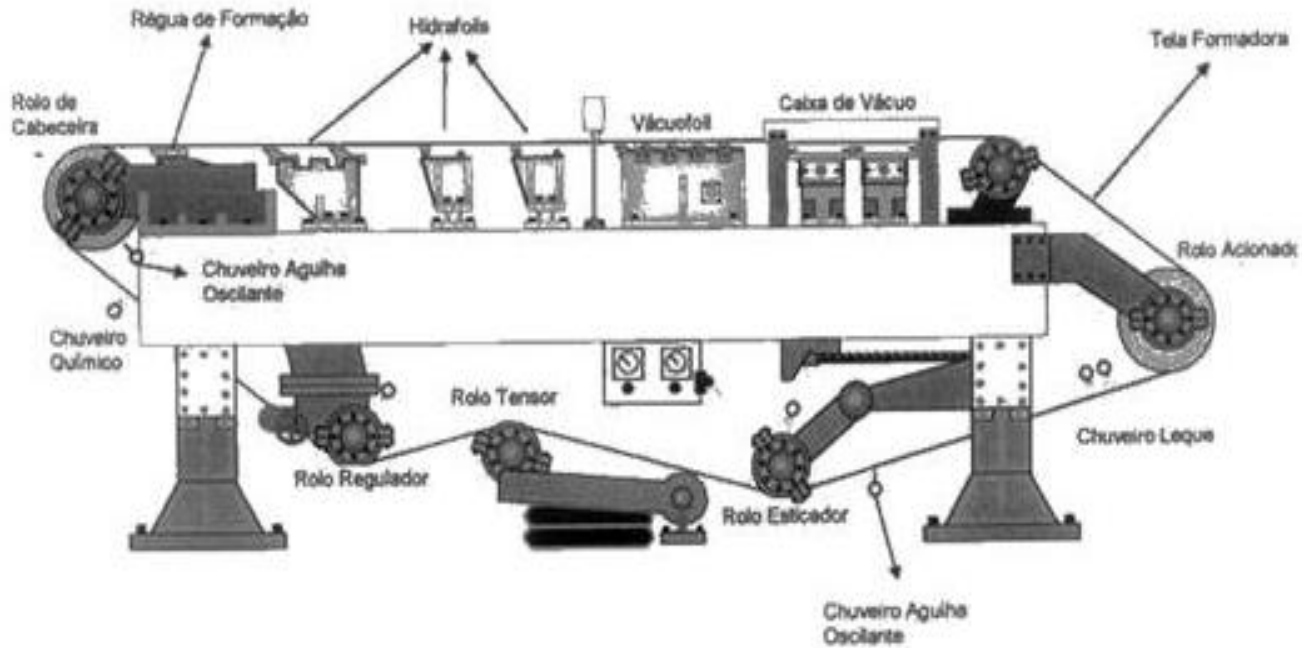


Figura 2.2.02 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## *Formação da folha*

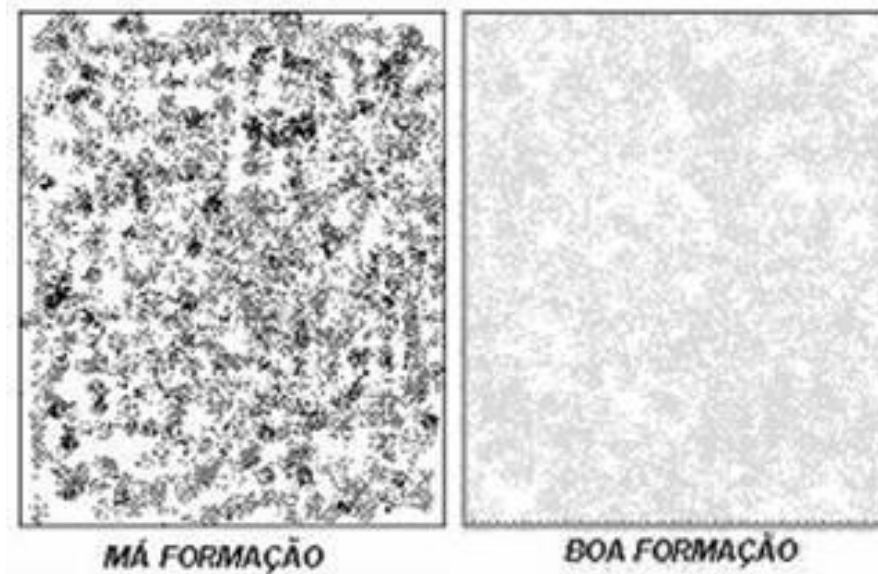


Figura 2.2.03 (FONTE: montagem Edison da Silva Campos)

*“Forming board”*

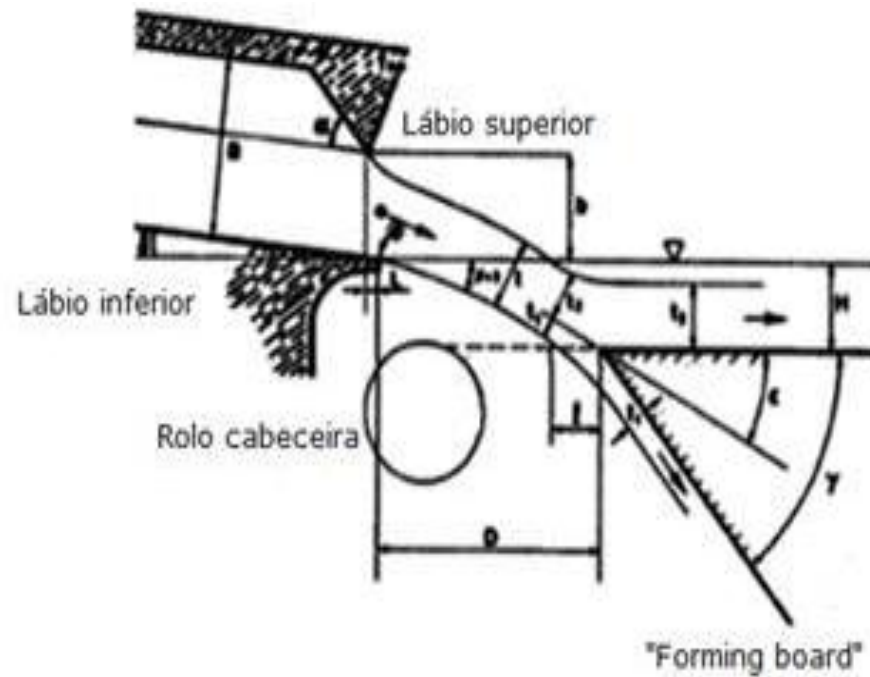


Tabela 2.2.01a (FONTE: montagem de Edison da Silva Campos – Várias fontes)

## “Hidrofoil” ou “Foil”

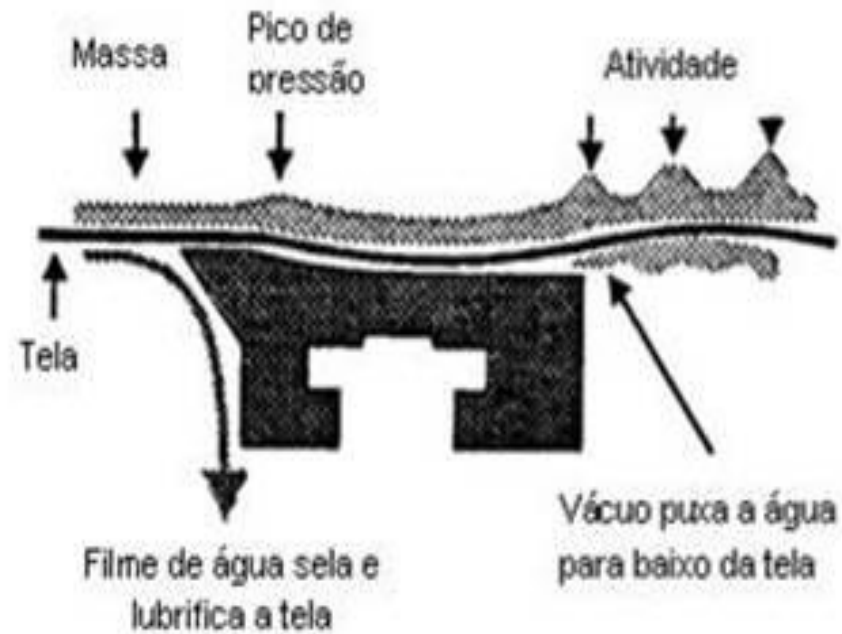


Tabela 2.2.01b (FONTE: montagem de Edison da Silva Campos – Várias fontes)

## Caixa úmida ou de baixo vácuo

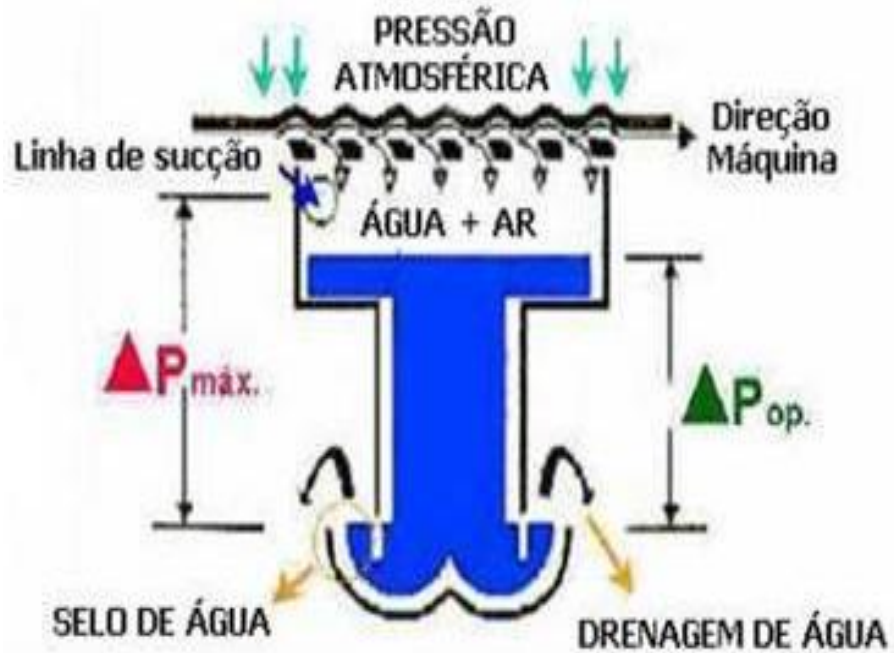
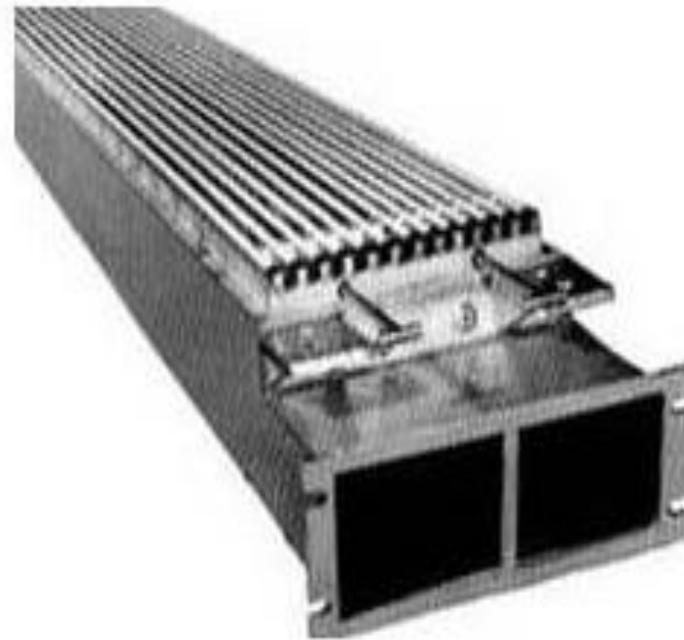


Tabela 2.2.01c (FONTE: montagem de Edison da Silva Campos – Várias fontes)

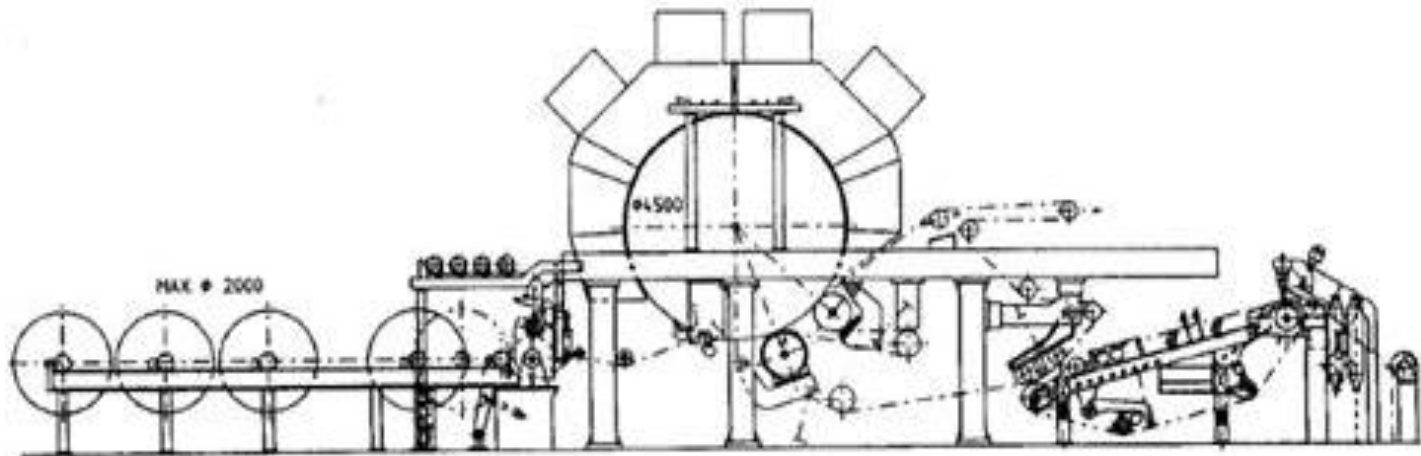


## *Caixa de alto vácuo*



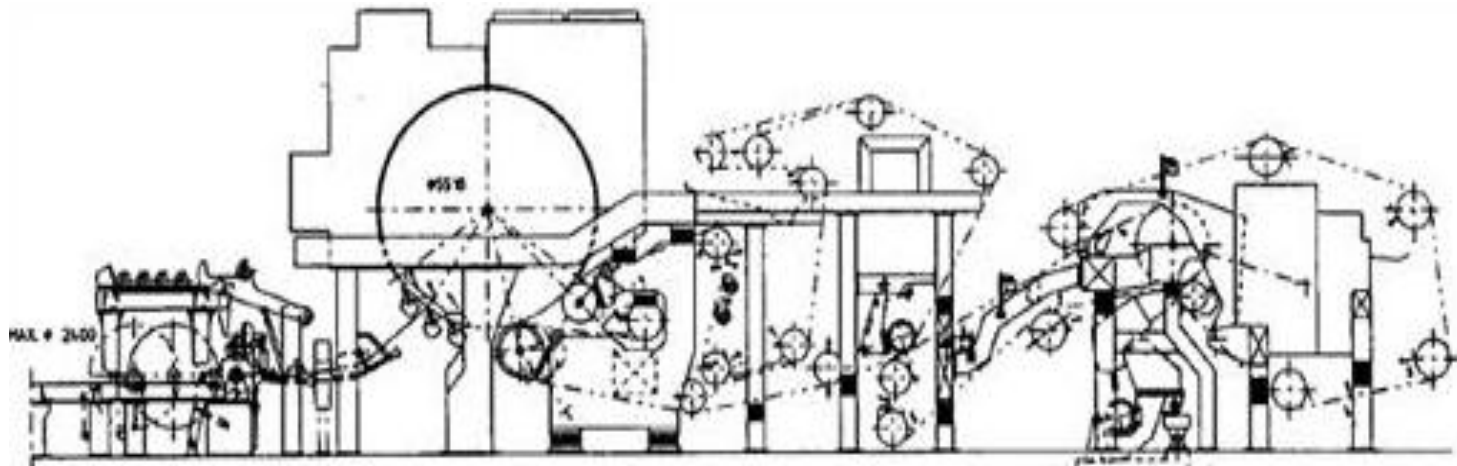
*Tabela 2.2.01d (FONTE: montagem de Edison da Silva Campos – Várias fontes)*

## *Formador para mesa inclinada*



*Figura 2.2.02 (FONTE: Apostilas ABTCP)*

## *Formador para dupla tela*



*Figura 2.2.03 (FONTE: Apostilas ABTCP)*

*“C” former*

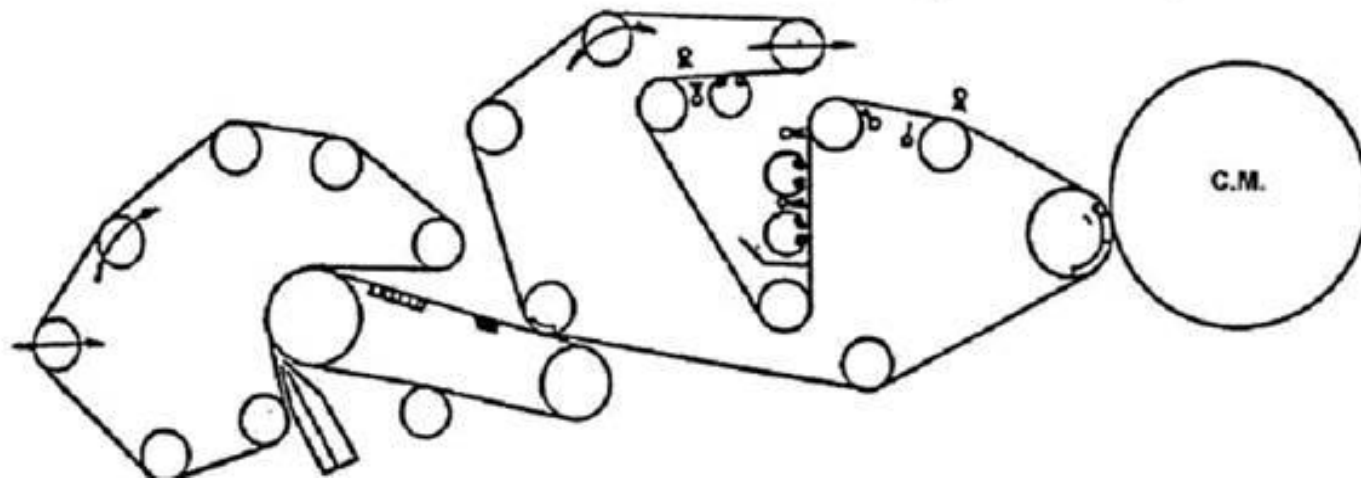


Figura 2.2.04 (FONTE: Apostilas ABTCP)

## *“S” former*

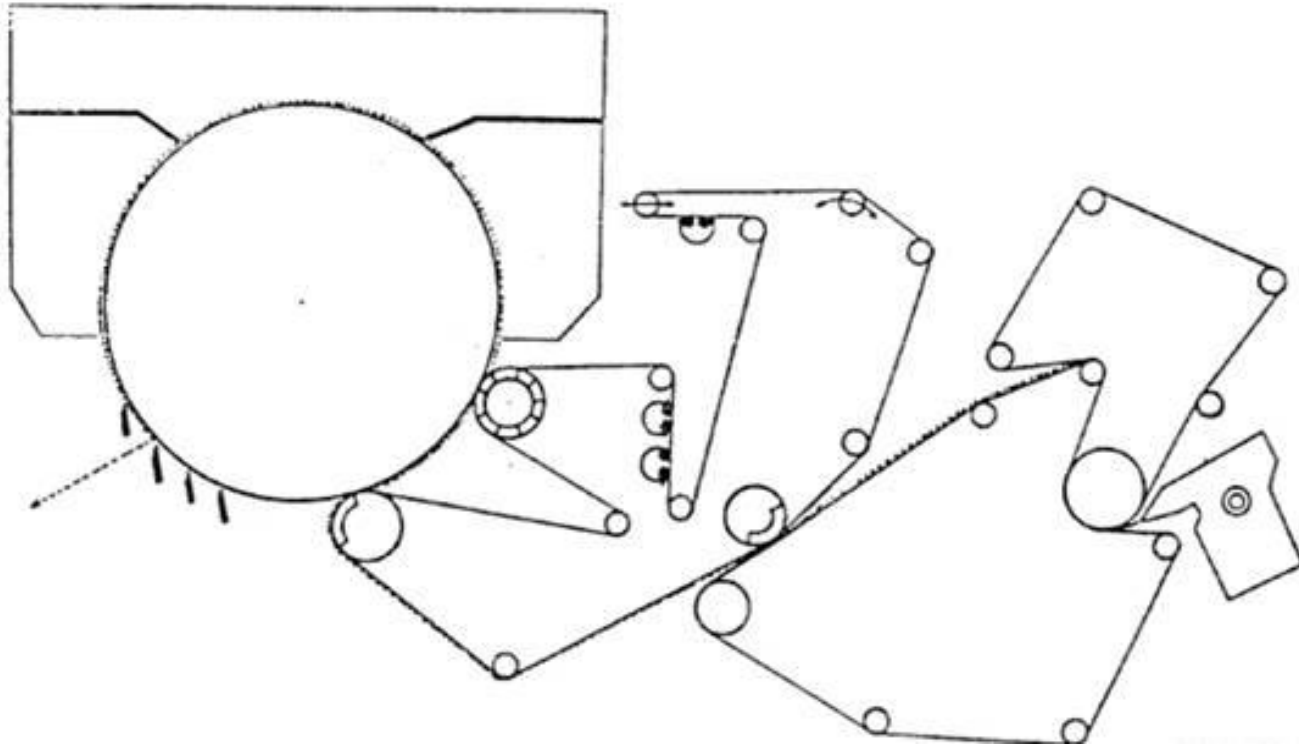
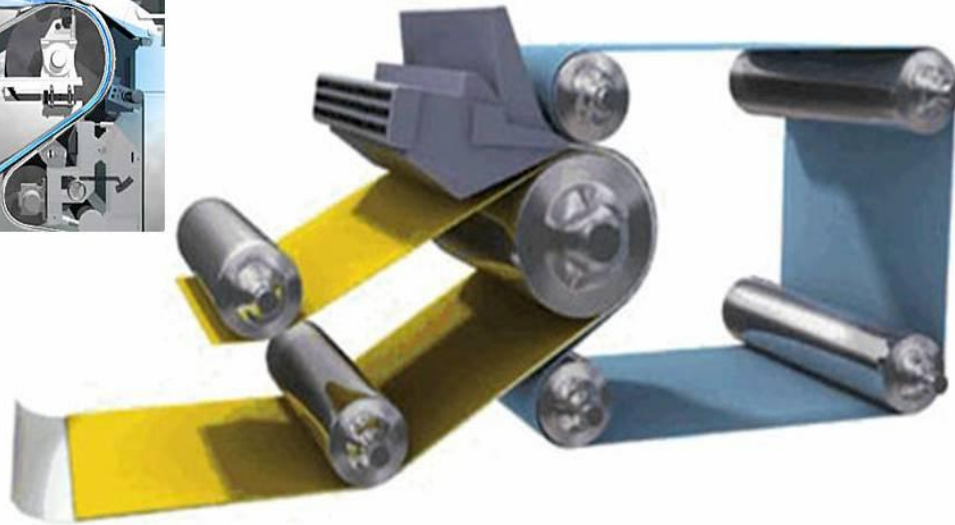


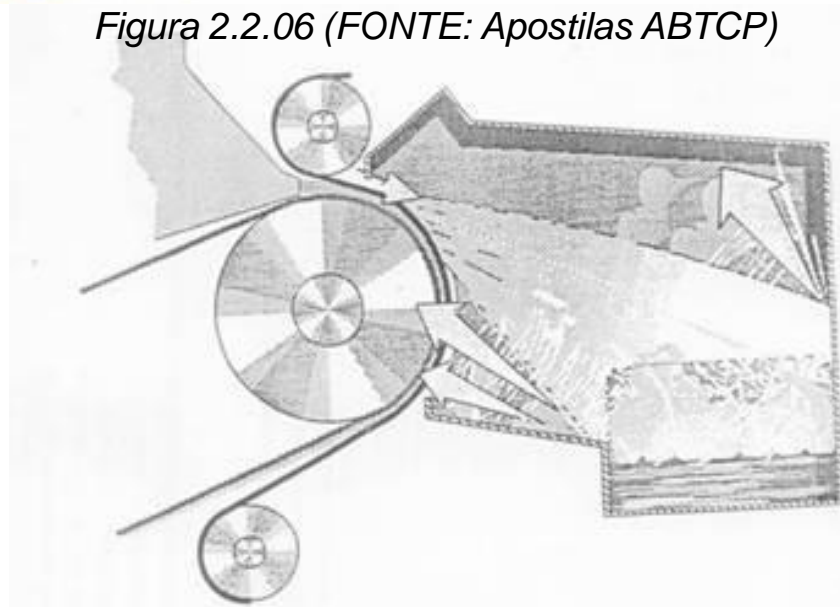
Figura 2.2.05 (FONTE: Apostilas ABTCP)



## *“Crescent former”*



*Figura 2.2.06 (FONTE: Apostilas ABTCP)*

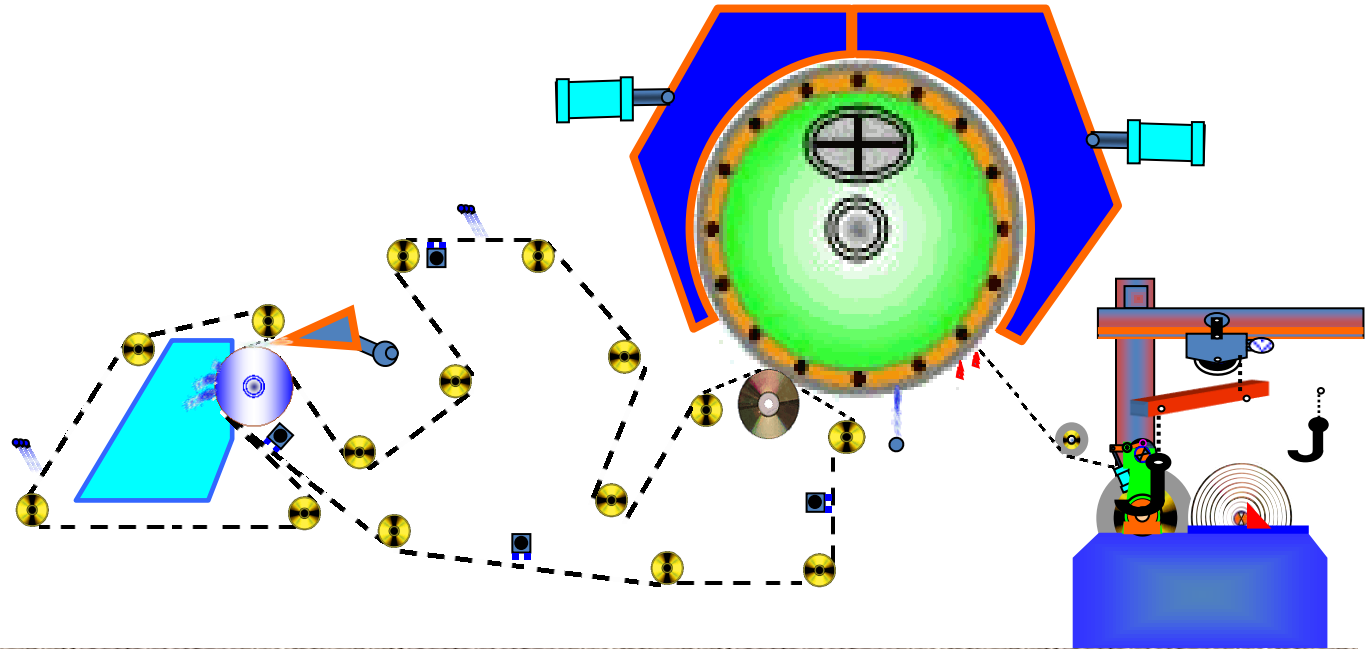


*Figura 2.2.07 (FONTE: indeterminada)*

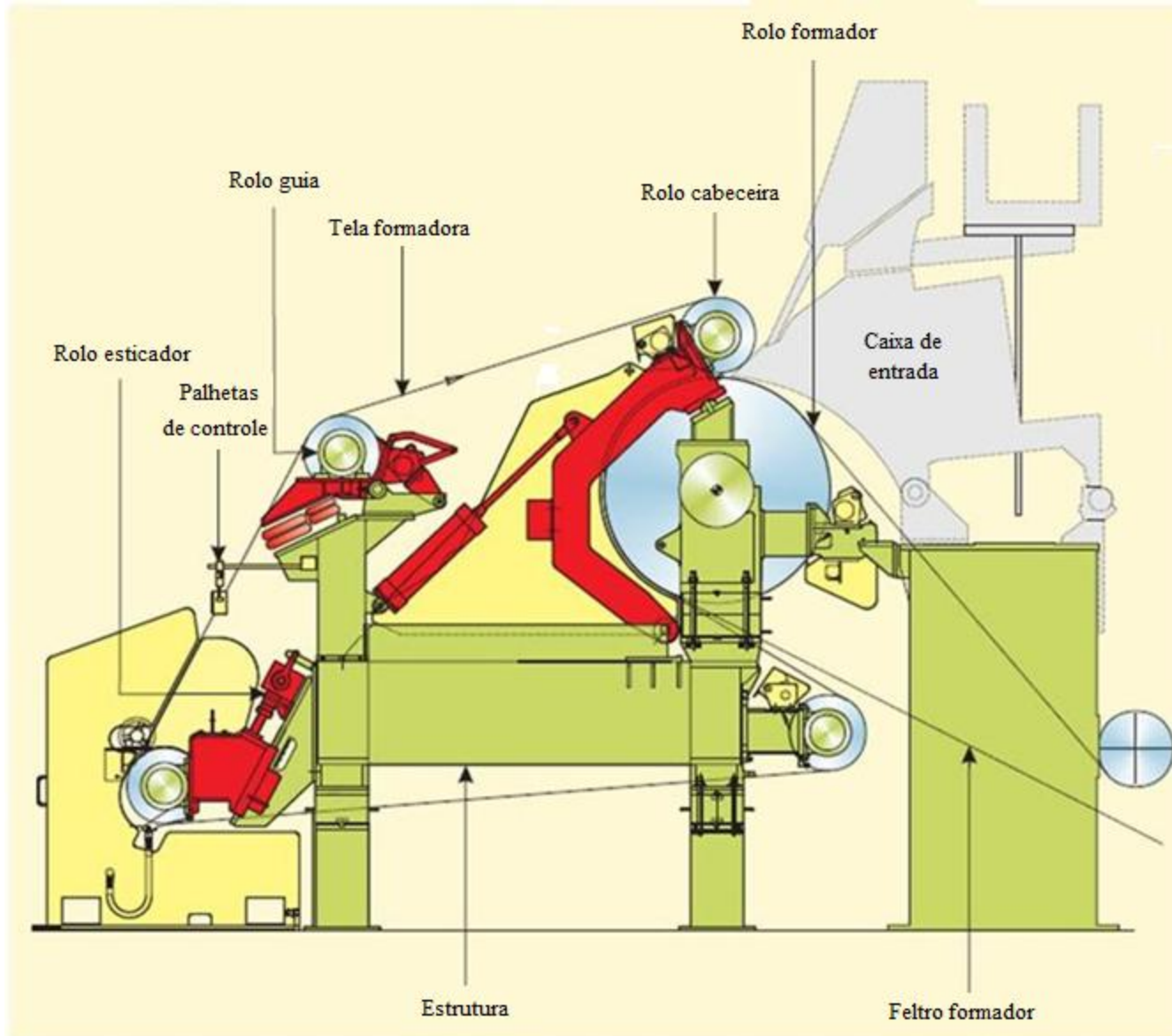


*(FONTE: [www.pmpoland.pl](http://www.pmpoland.pl))*

# Formador "Crescent Former"



## *Mais detalhes sobre a “Crescent Former”*



*FONTE: PMP*



## Ângulos tela/feltro da “Crescent Former”

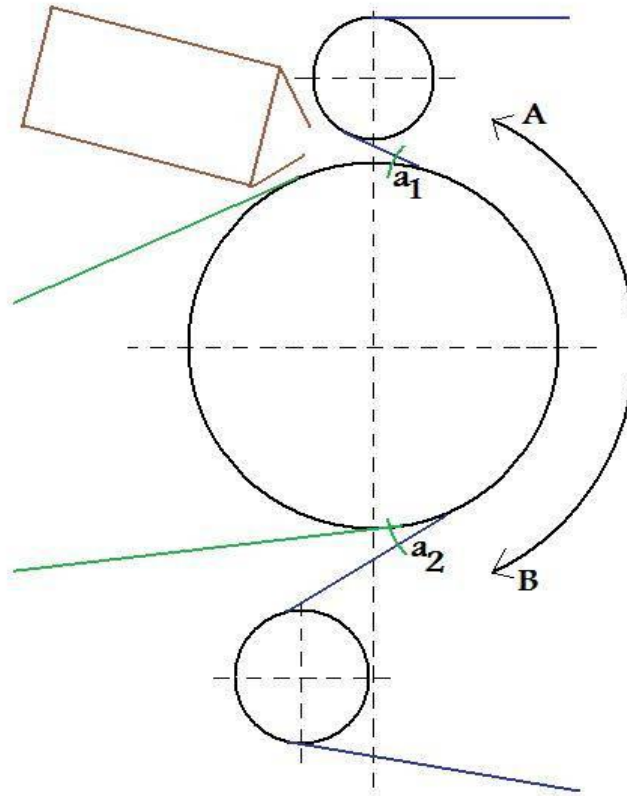


Figura 2.2.08 (FONTE: Celulosa y Papel)

## *Drenagem e formação no caso da “Crescent Former”*

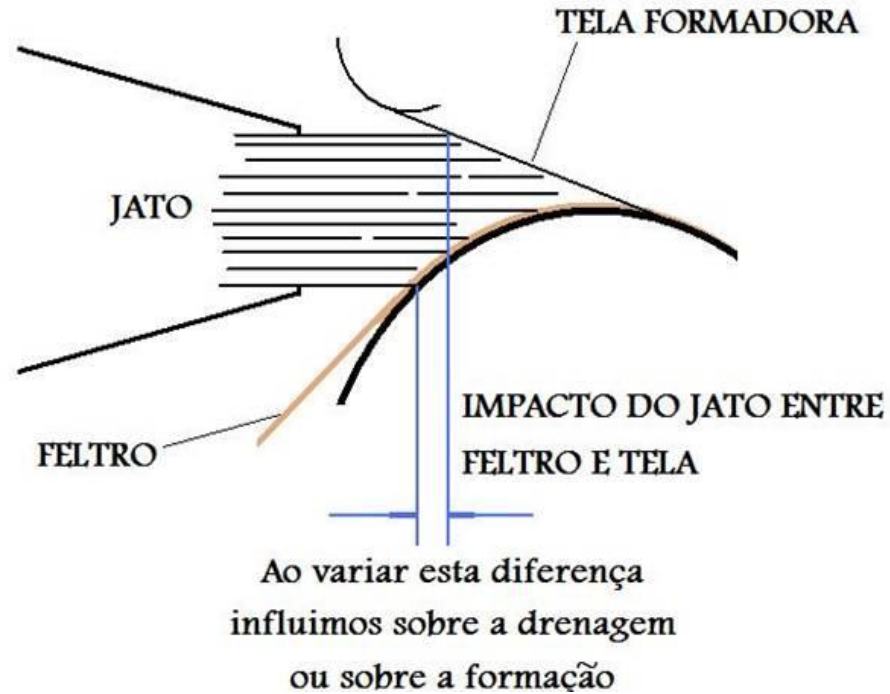


Figura 2.2.09 (FONTE: Celulosa y Papel)

## Exemplos de 3 máquinas “Crescent Former”

Máquina	CF 01	CF 02	CF 03
Velocidade tela, m/min	1700	1840	1500
Velocidade enroladeira, m/min	1560	1660	1350
Matéria prima	FC destintada	FC destintada	FC+FC+aparas
Gramatura, g/m <sup>2</sup>	12,9	13,0 a 16,0	13,0 a 26,0
Largura do lábio, m	5,31	5,28	3,35
Consistência na cx de entrada	0,25 a 0,30	0,18 a 0,23	0,25 a 0,30
Medidas da tela, m	18,20 x 5,35	18,90 x 5,31	17,10 x 3,38
Duração da tela	4 meses	2 a 3 meses	2 a 3 meses

Tabela 2.2.02 (FONTE: Celulosa y Papel)

## Comparação entre os três modelos de MPs “tissue”

Propriedade	Mesa plana	Mesa inclinada (“Suction Breast Roll”)	Dupla tela (“Twin Wire”)	“Crescent Former”
Formação	Regular	Boa	Ótimo	Excelente
“Bulk” (volume específico)	Regular	Boa	Ótimo	Ótimo
Gramatura	Regular	Boa	Excelente	Ótimo
Resistência L/T	Regular	Ótima	Boa	Ótimo
Limite de velocidade (m/min)	1000	1600	2100	2100
Tempo para troca de tela	3 a 4	1	2	0,5
Maciez	Regular	Ótima	Boa	Boa
Eficiência	Regular	Ótima	Boa	Ótima
Custo-benefício	Ruim	Bom	Bom	Excelente

Tabela 2.2.03 (FONTE: Voith Paper; Sandusky Papermaking Machinery)

## *Recuperação de fibras*

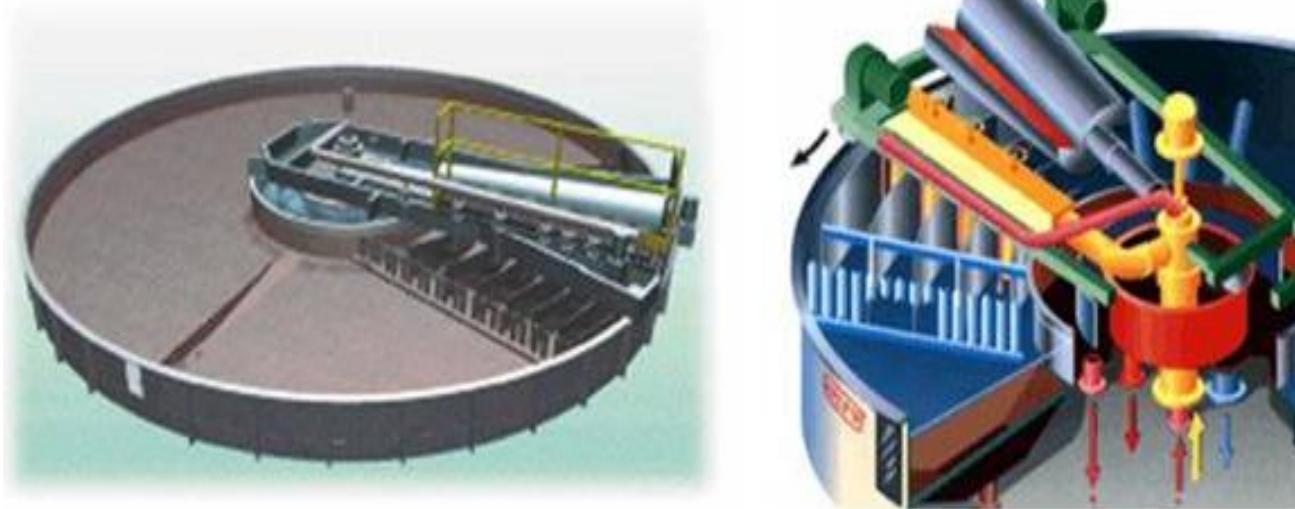

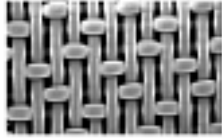
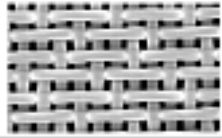

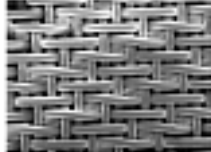
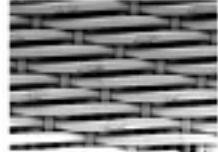

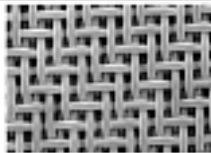


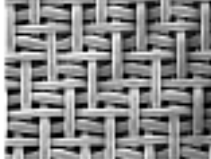
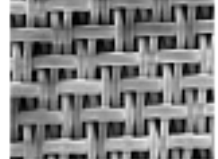

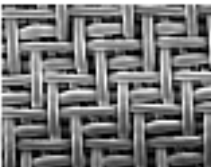
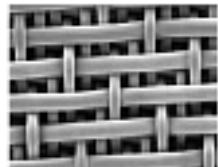


Figura 2.3.01 (FONTE: [www.kroftaengineering.com](http://www.kroftaengineering.com))

## *Tipos de telas formadoras*

TIPO DE TELA	LADO PAPEL	LADO FELTRO
 <p style="text-align: center;">MONOCAMADA</p>		
 <p style="text-align: center;">CAMADA E MEIA</p>		
 <p style="text-align: center;">DUPLA CAMADA</p>		
 <p style="text-align: center;">DUPLA CAMADA E MEIA</p>		
 <p style="text-align: center;">TRIPLA CAMADA</p>		

*Figura 2.4.01 (FONTE: Kufferath)*

## Condicionamento da tela na mesa plana

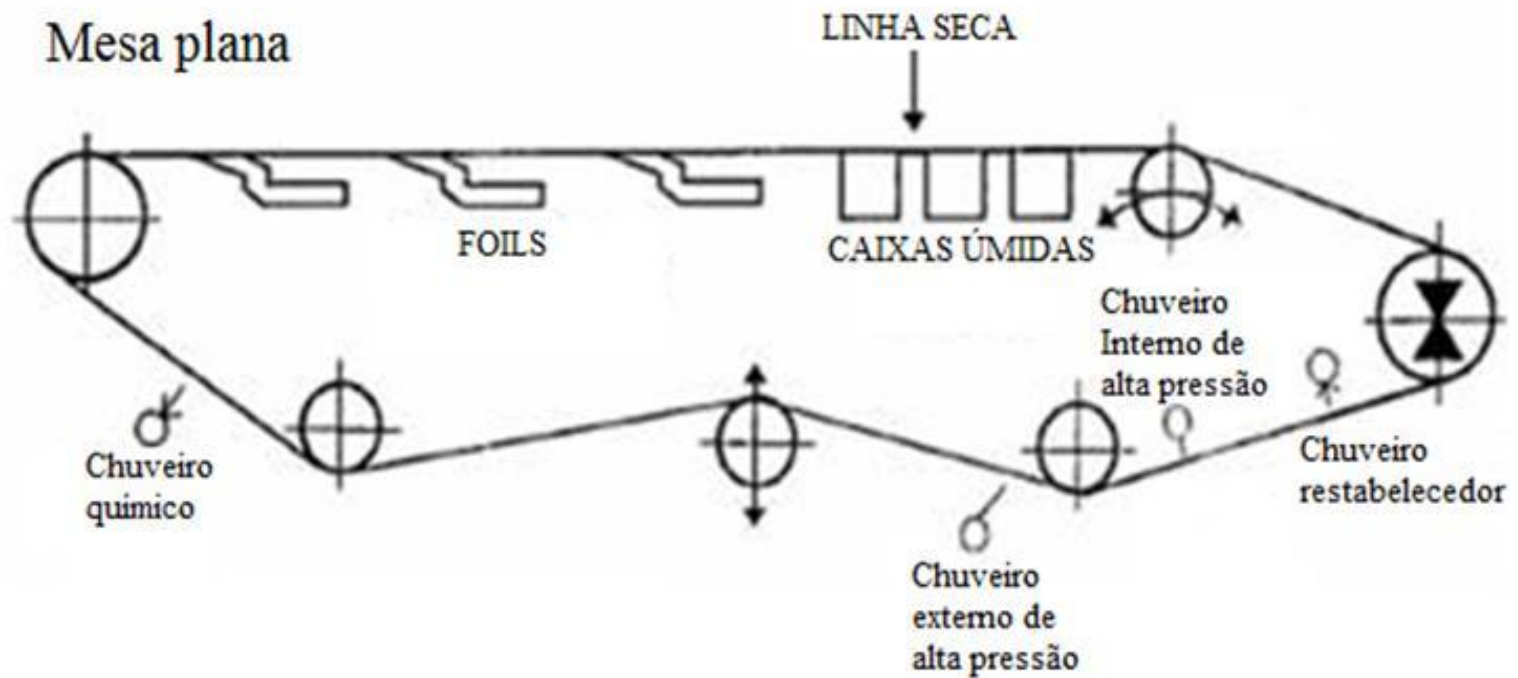


Figura 2.4.02 (FONTE: Apostilas ABTCP)

## Condicionamento da tela na mesa inclinada

Mesa inclinada

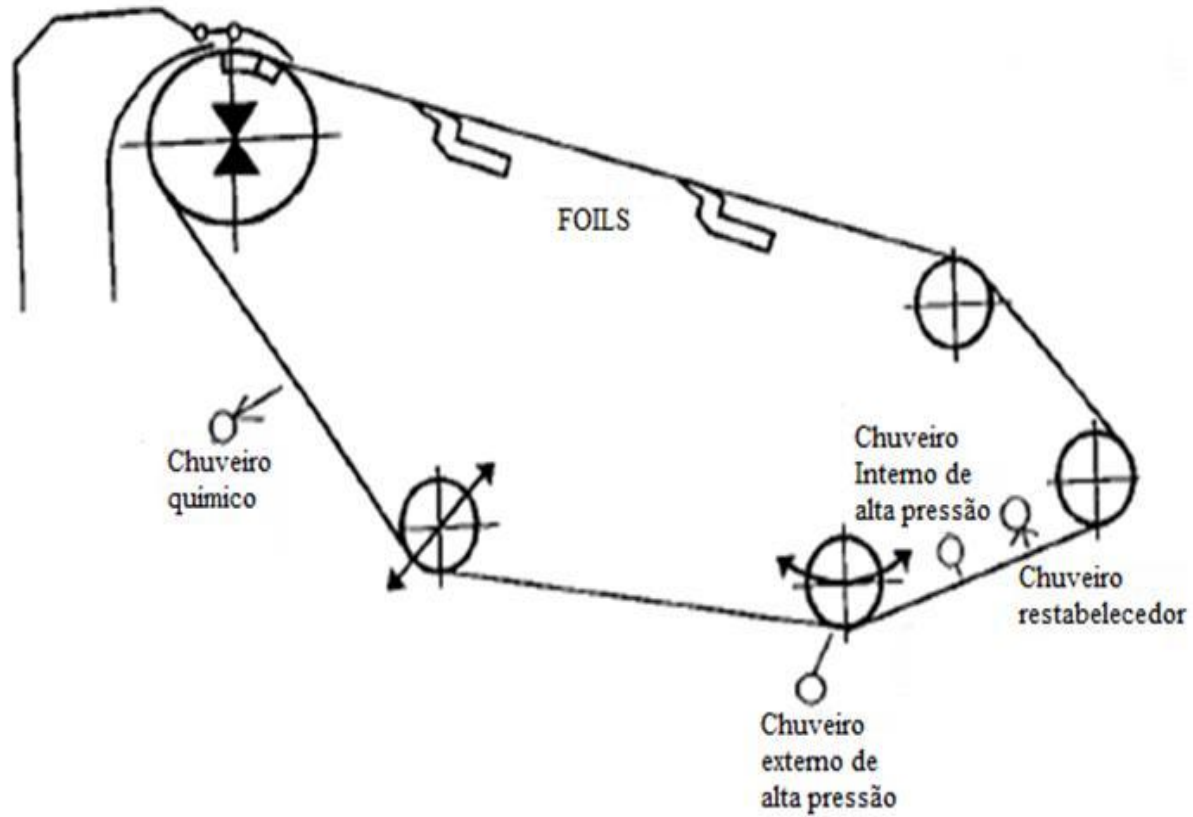


Figura 2.4.03 (FONTE: Apostilas ABTCP)

## Condicionamento da tela na dupla tela

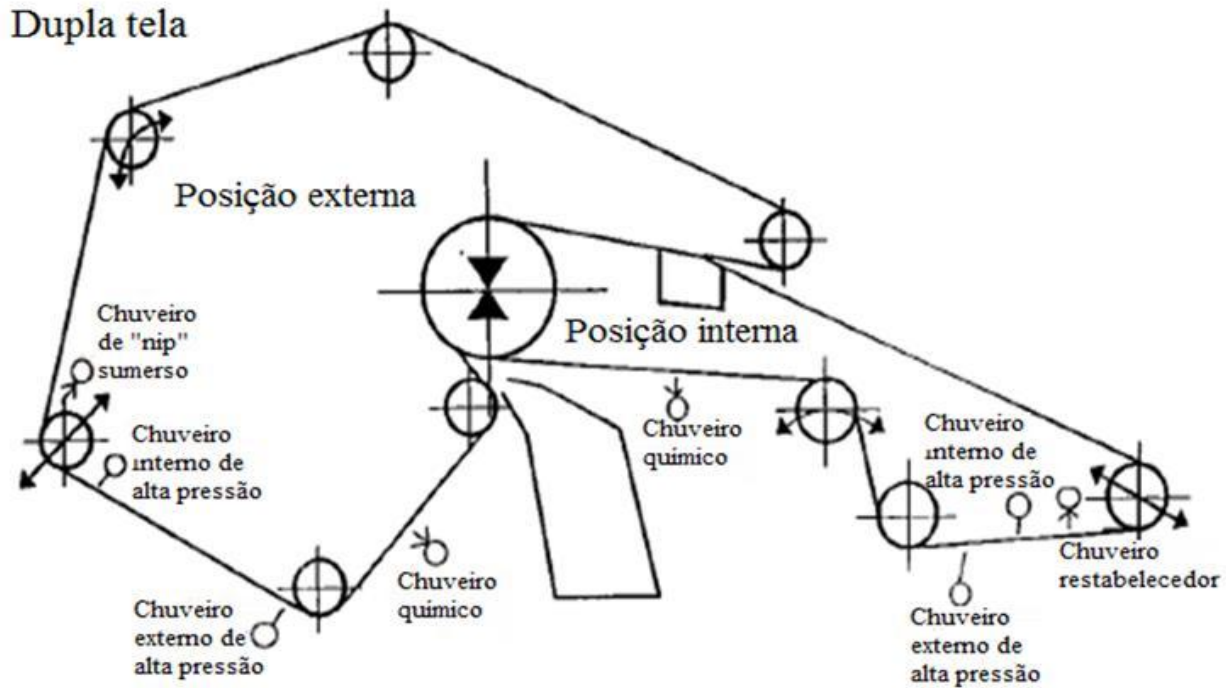


Figura 2.4.04 (FONTE: Apostilas ABTCP)



## Condicionamento da tela na "Crescent Former"

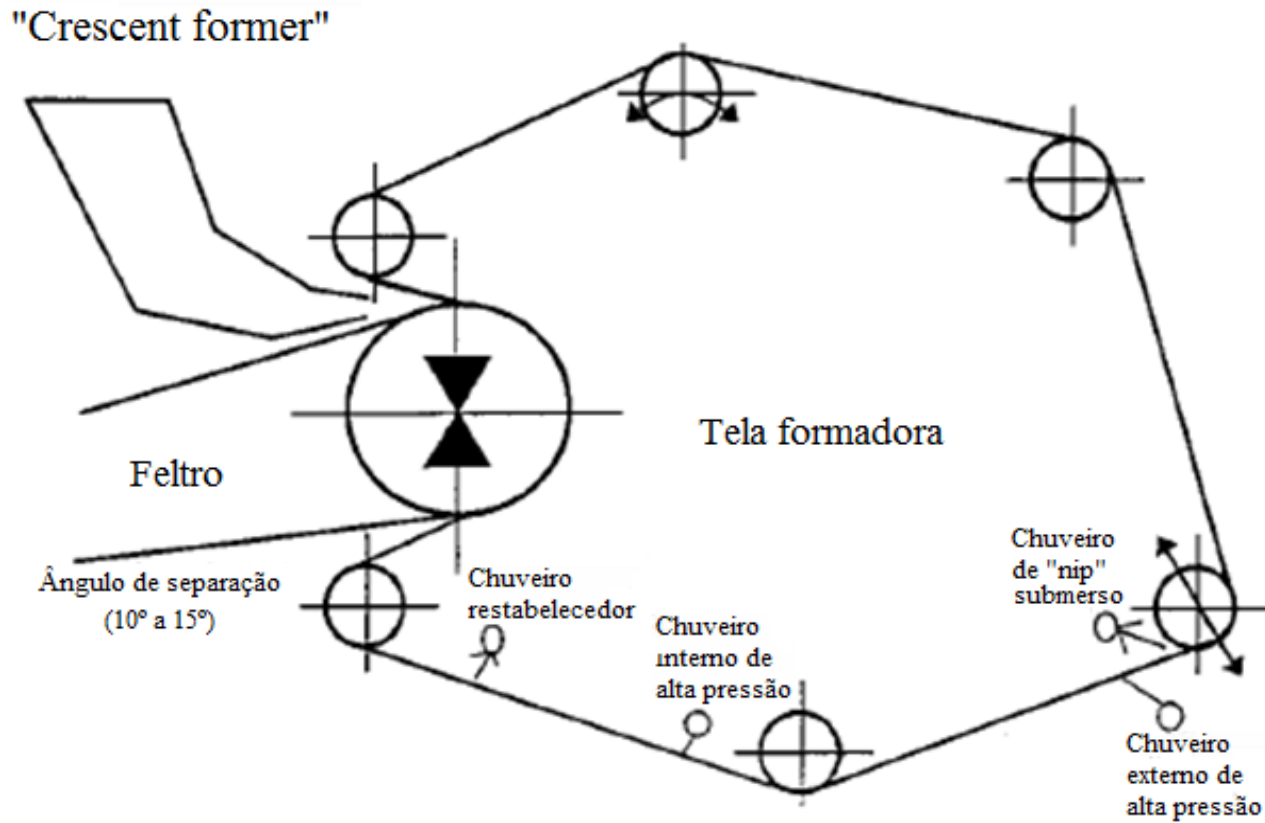


Figura 2.4.05 (FONTE: Apostilas ABTCP)

# Seção de prensas

## Desaguamento na prensa

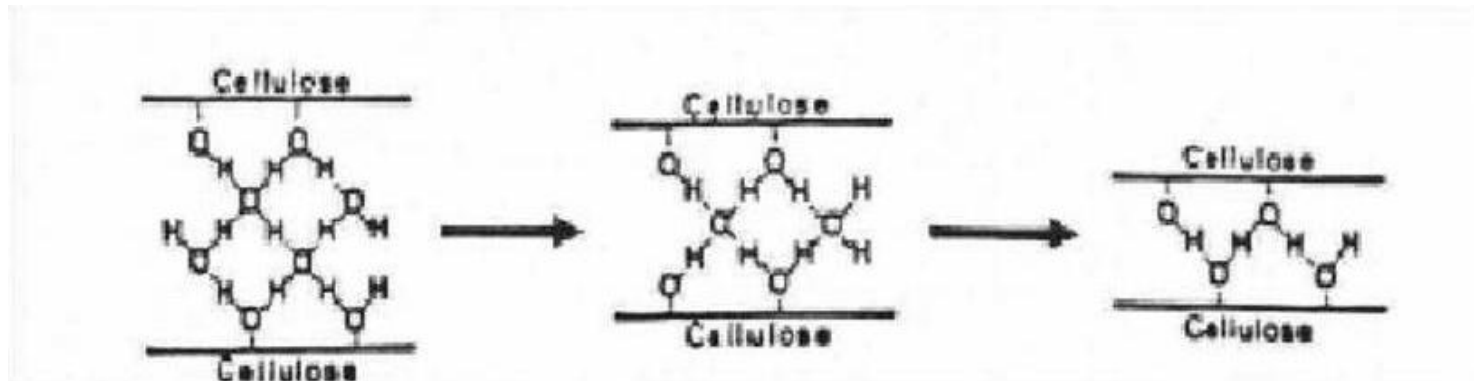


Figura 3.1.01 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## Exemplo de teor de seco nas MPs “tissue”

Seções da máquina	Consistência	Desaguamento	Consumo de energia	Custo de desaguamento
Formação	De 0,2 % a 10,0 %	98,2 %	13,0 %	~10%
Prensagem	De 10,0 % a 44,0 %	1,6 %	7,0 %	~12%
Secagem	De 44,0 % a 94,0 %	0,2 %	80,0 %	~78%

Tabela 3.1.01 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## *Prensa plana e fluxo vertical*

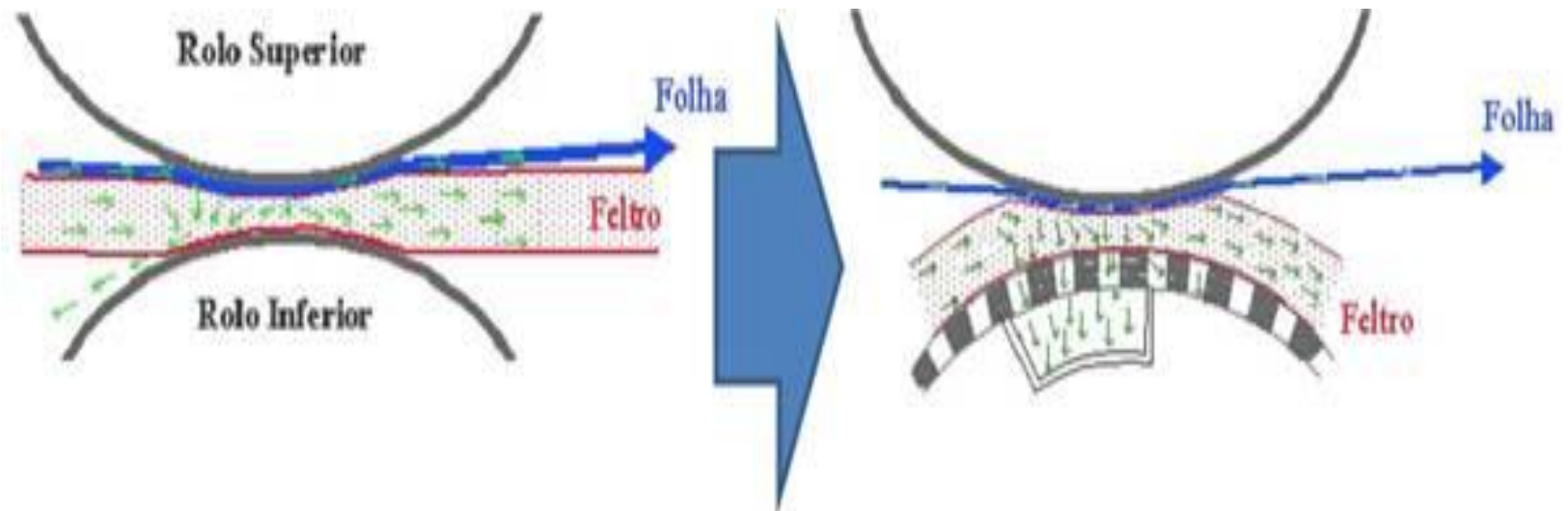


Figura 3.1.02 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## Prensa de sucção

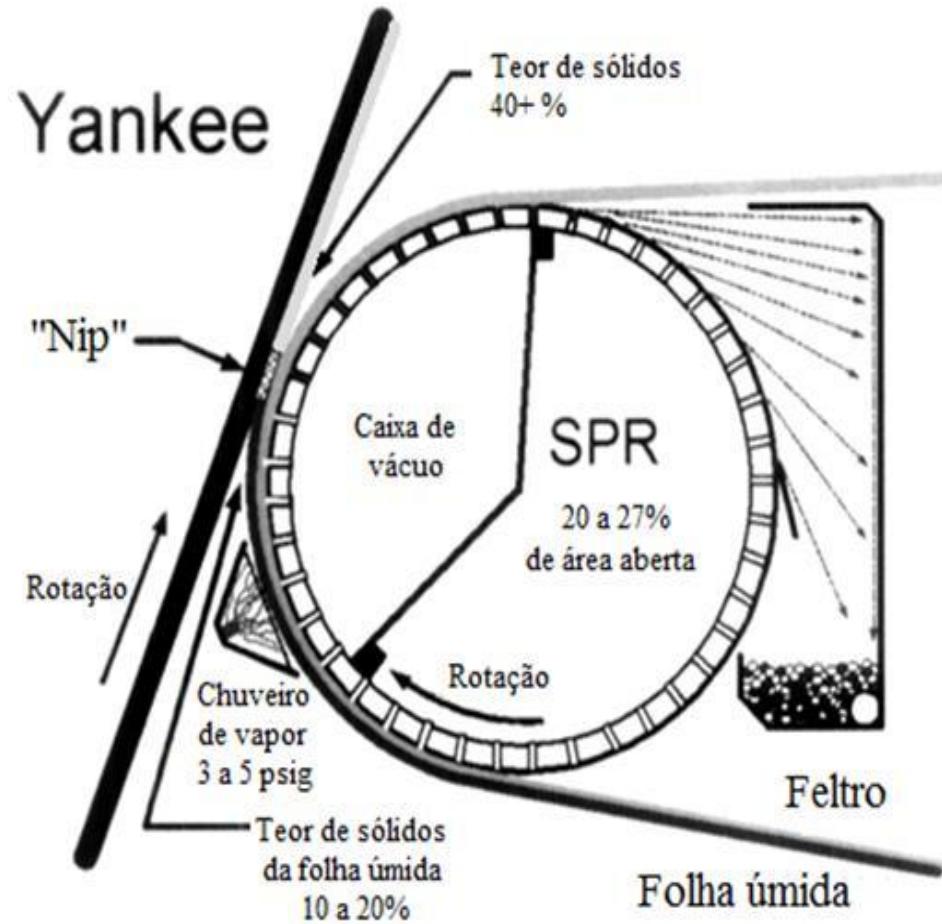


Figura 3.1.03 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)

## Teoria da prensagem para uma máquina "tissue"

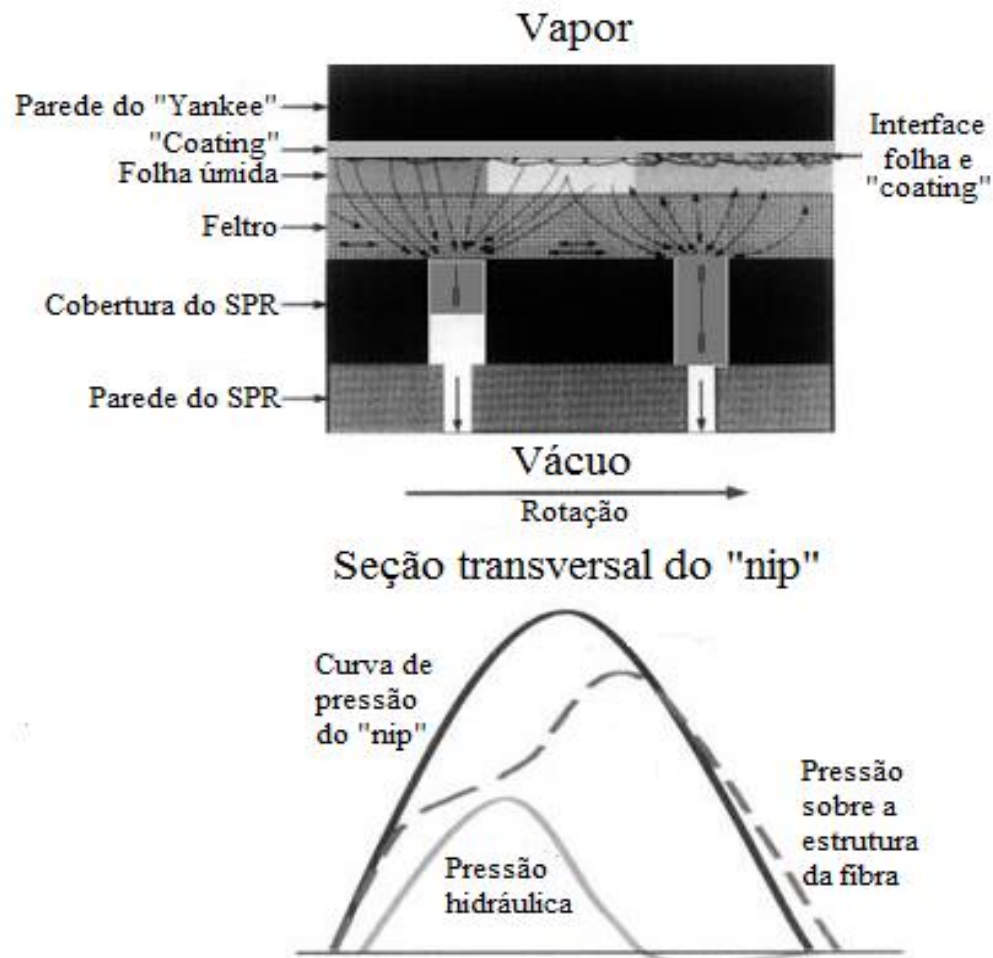
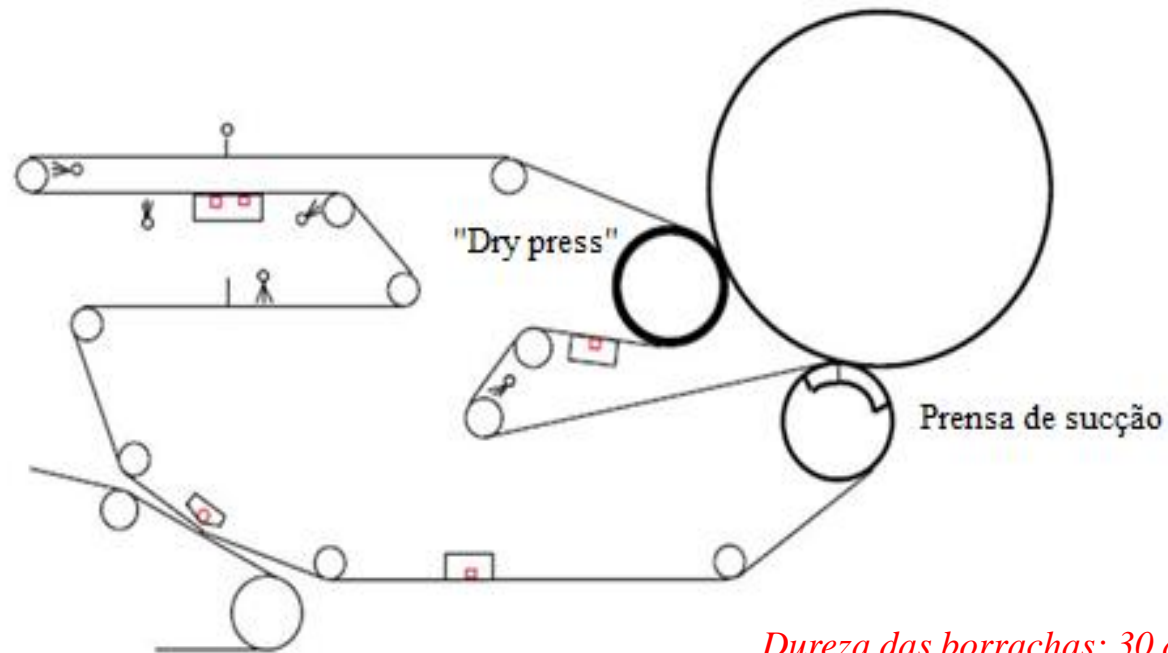


Figura 3.1.04 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)

## *MP com duas prensas*



PS\_01

*Dureza das borrachas: 30 a 40 P&J  
Largura do "NIP": 25 a 40 mm de largura*

Figura 3.2.01 (FONTE: Evolução dos feltros "tissue" – Albany – ABTCP – 2011)

## *Rolo de sucção*



*Figura 3.2.02 (FONTE: Evolução dos feltros “tissue” – Albany – ABTCP – 2011)*

## Rolo “Dry Press”

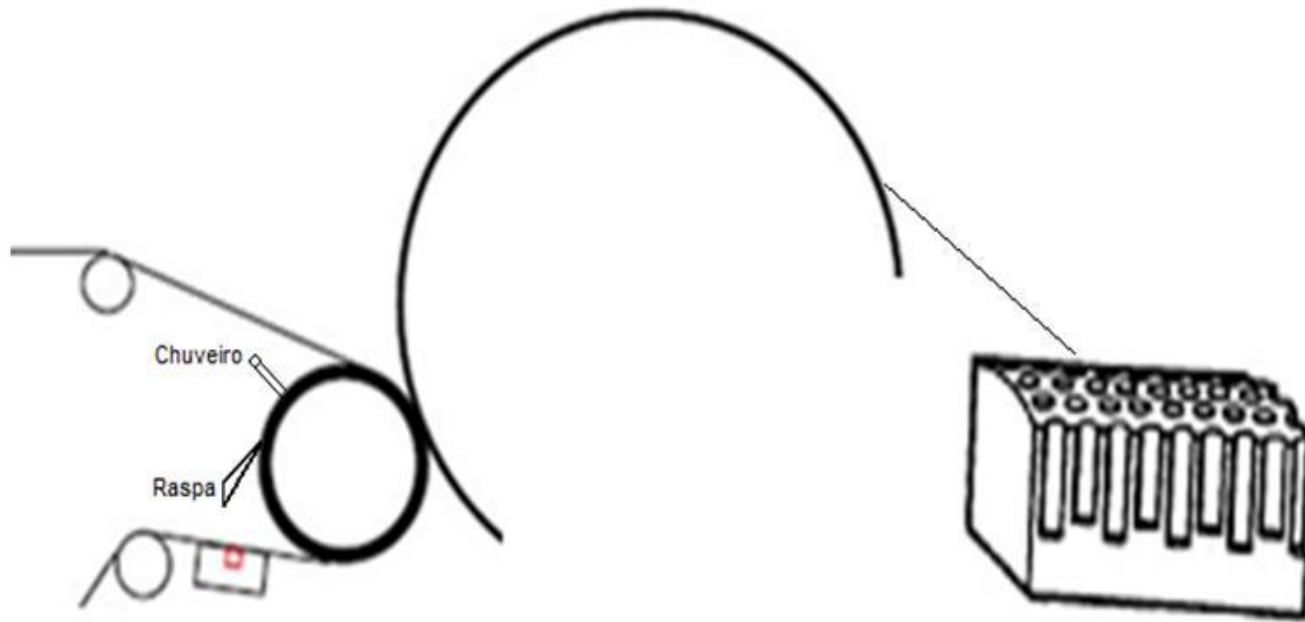


Figura 3.2.03 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)



## *Prensa “Shoe Press”*

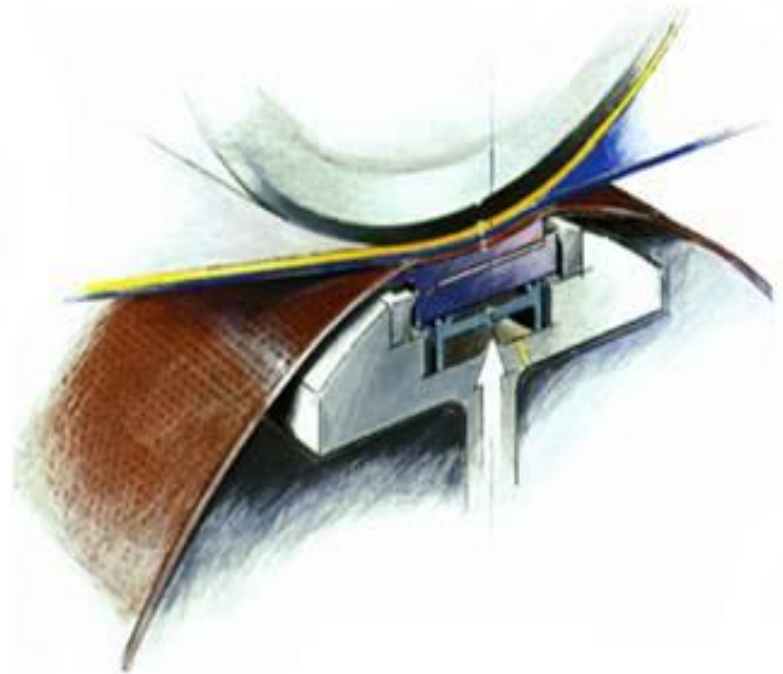
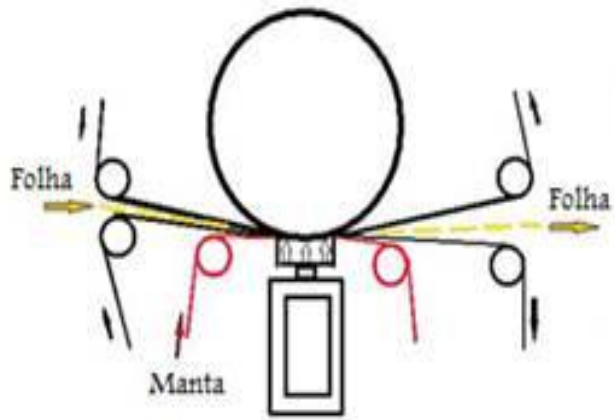


Figura 3.2.04 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## *Exemplos de pressões lineares para as diversas prensas*

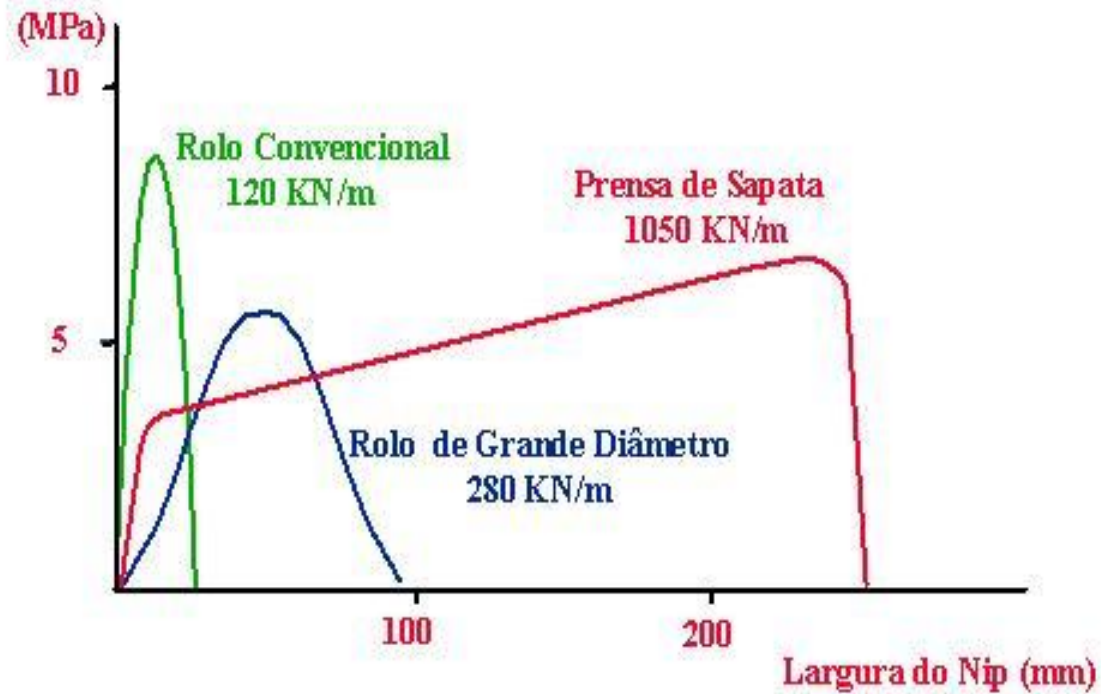


Figura 3.2.05 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## *“Shoe Press” para máquina de papel plano*

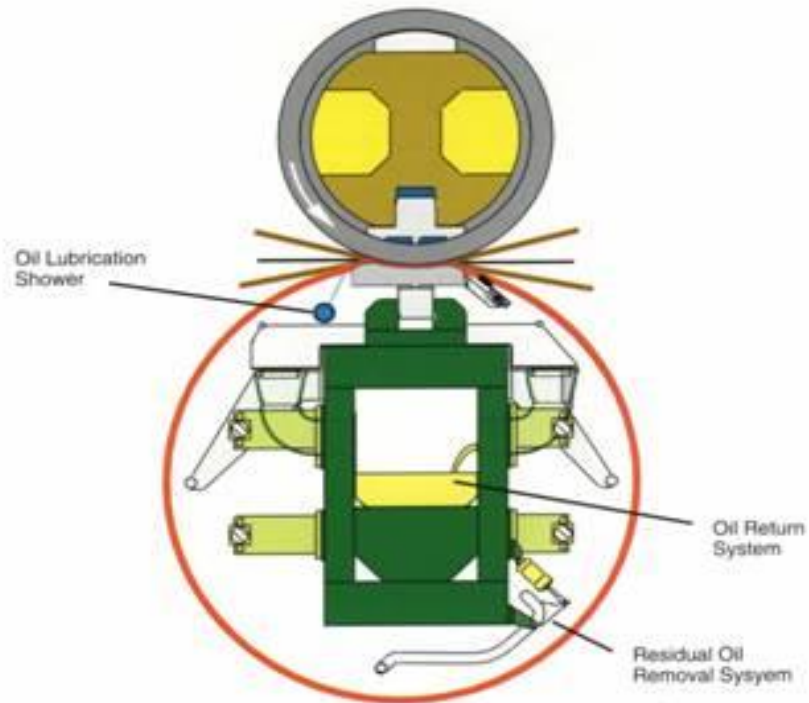


Figura 3.2.06 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## *“Shoe Press” para “tissue”*

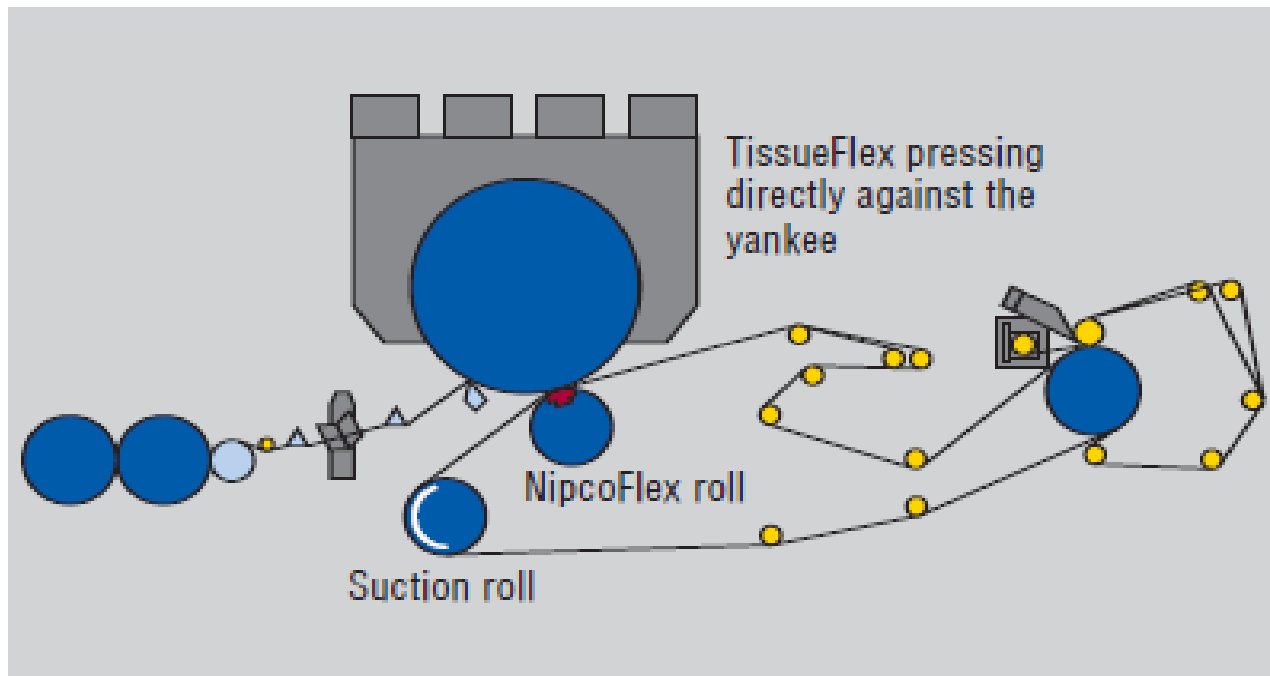


Figura 3.2.07 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## *“Shoe Press” para “tissue”*

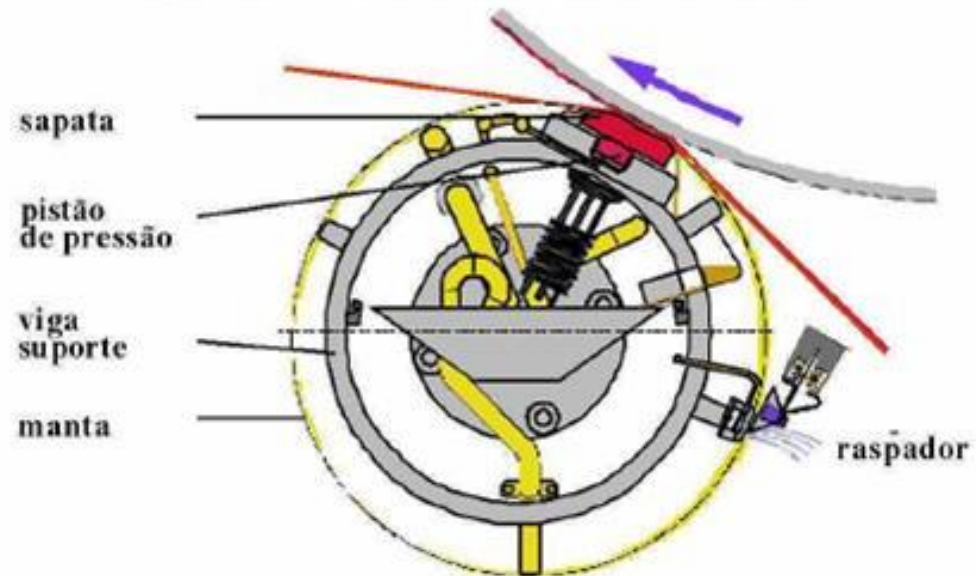


Figura 3.2.08 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

## *Pressão linear “Shoe Press” para “tissue”*

### PRENSA SAPATA versus PRENSA DE SUCÇÃO

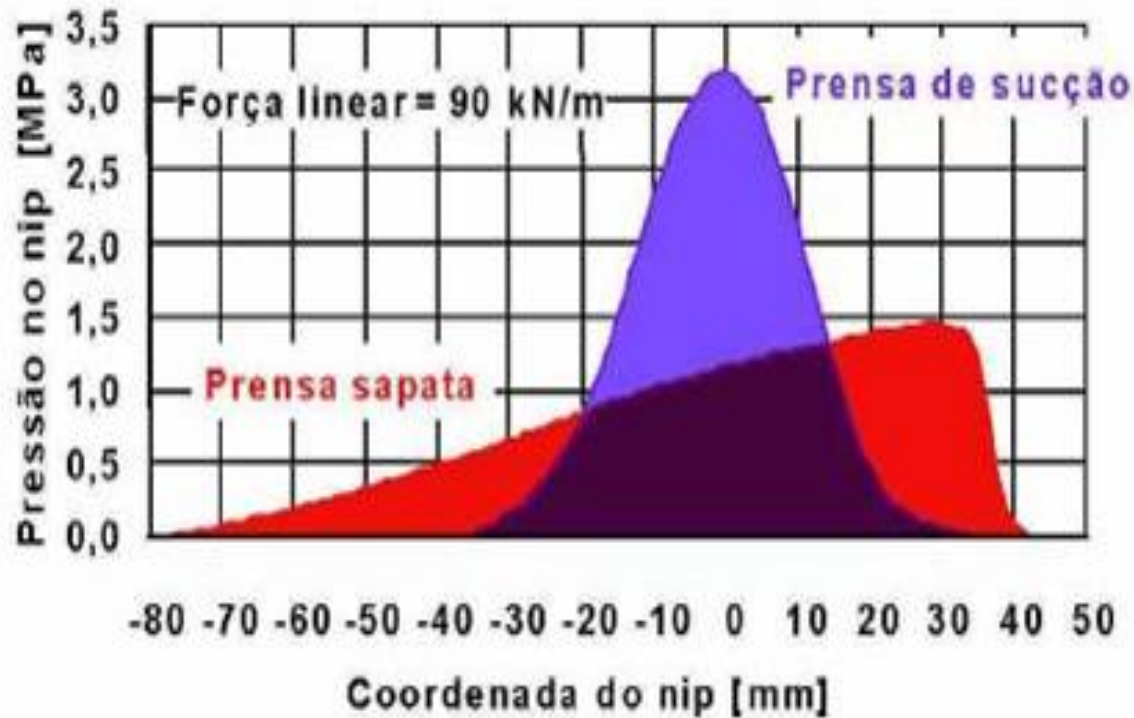
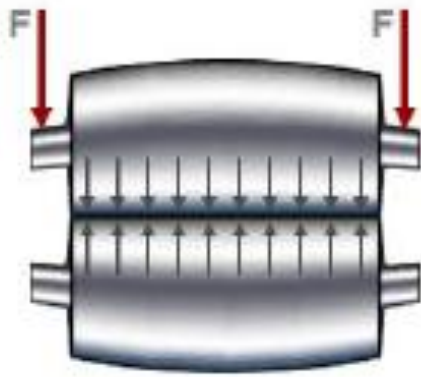
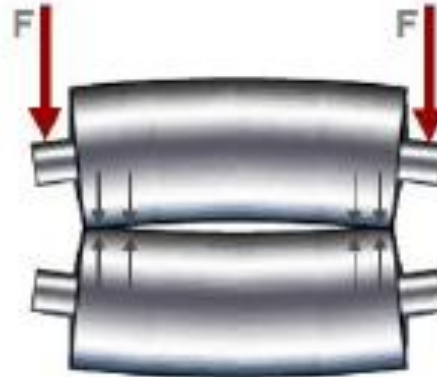


Figura 3.2.09 (Fonte: apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP)

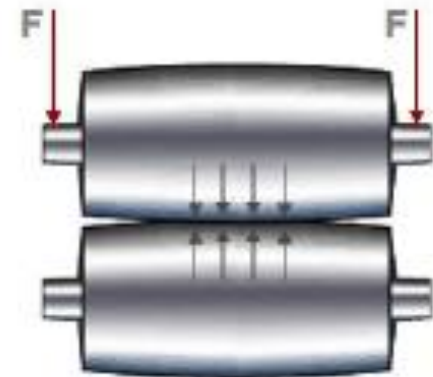
## *Abaulamento do rolo da prensa*



Correct crown



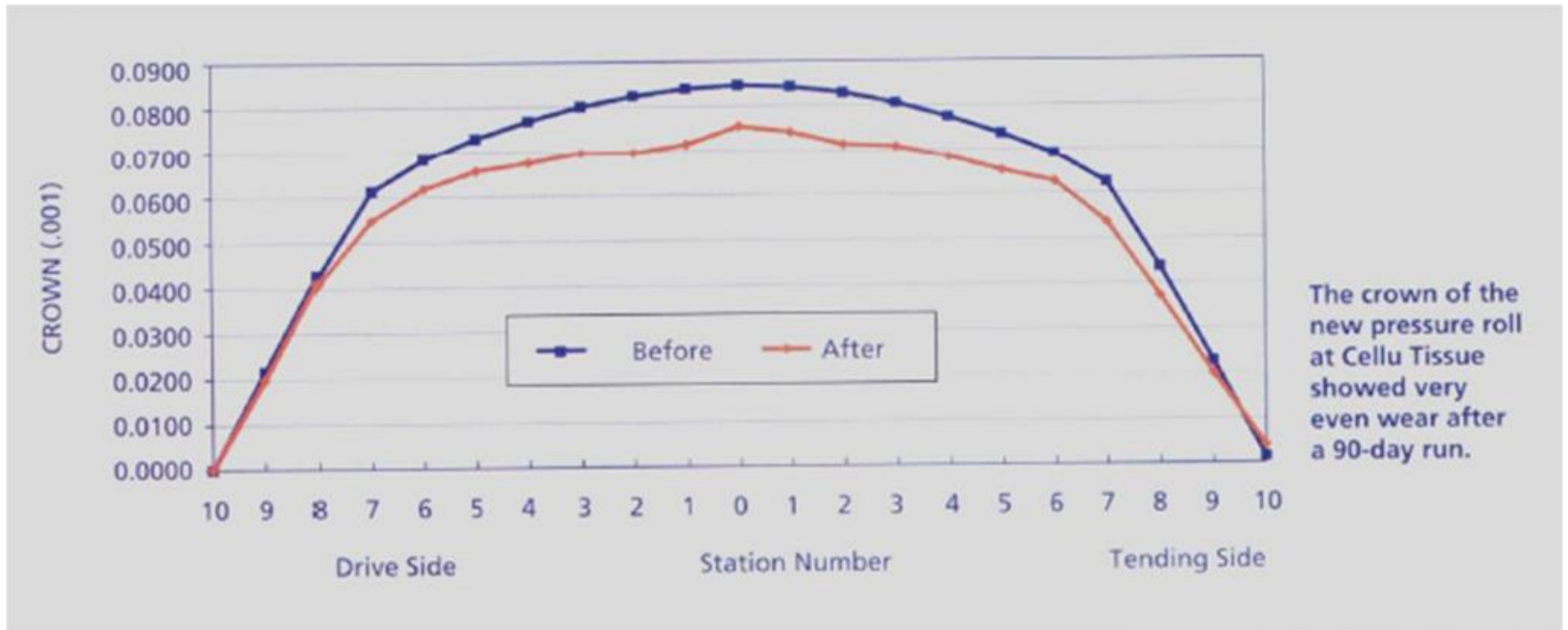
Too small crown



Too big crown

*(FONTE: Karlstads Universitet)*

## *Abaulamento do rolo da prensa*



(FONTE: Tissue World)



## *Abaulamento do rolo da prensa*



*Figura 3.3.01 (Fonte: apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP)*

## Modelo de feltro

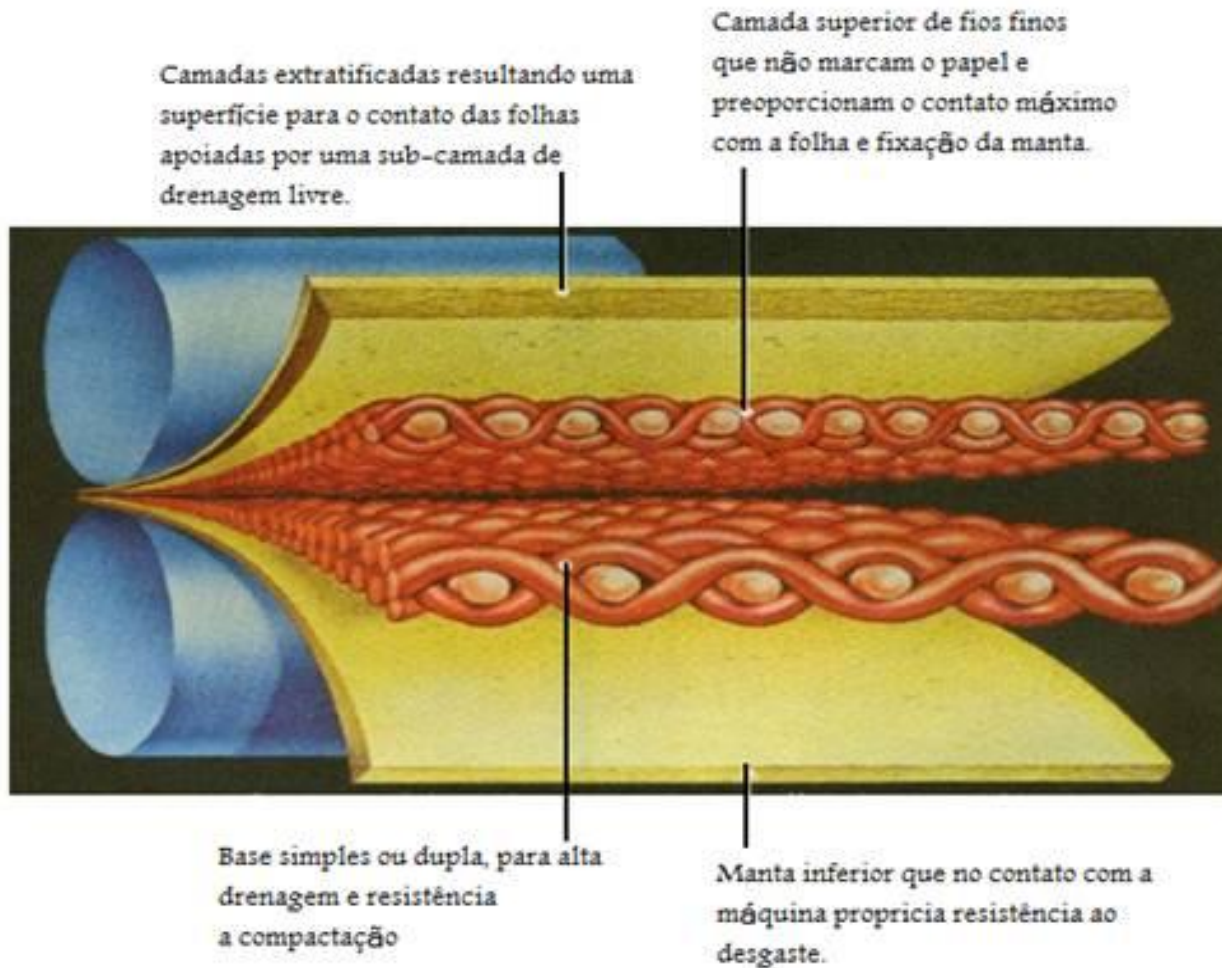


Figura 3.4.01 (Fonte: apostila "Básico de fabricação de papel" - ABTCP)

## Número de lajes

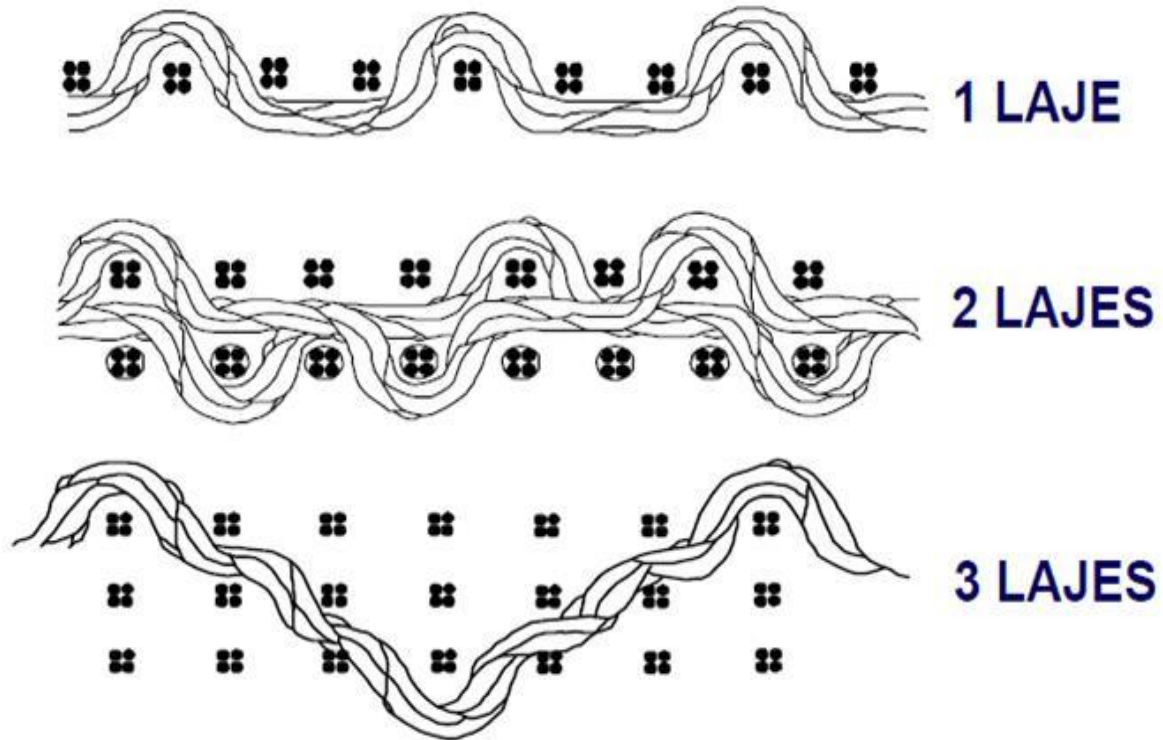
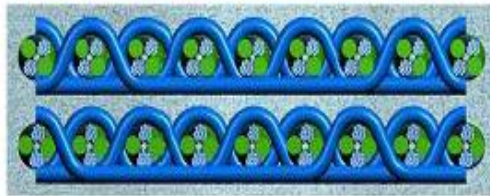
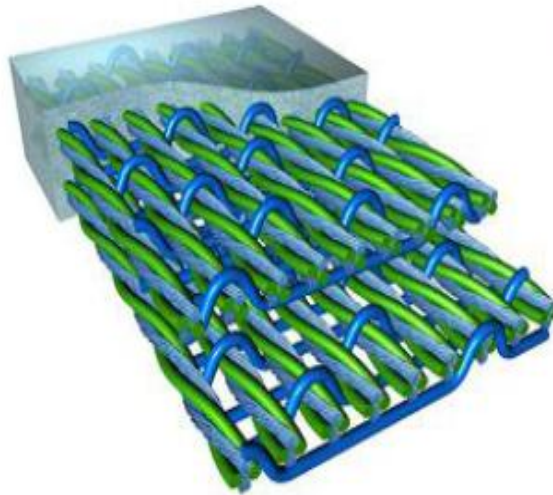


Figura 3.4.02 (FONTE: Evolução dos feltros “tissue” – Albany – ABTCP – 2011)

## Laminado de 2 e 3 lajes

**2 LAJES**



**3 LAJES**

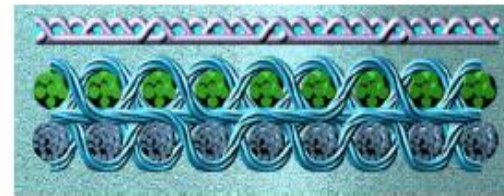
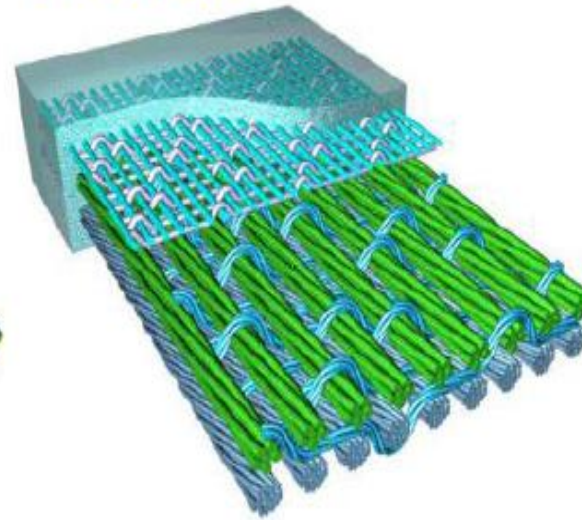


Figura 3.4.03 (FONTE: Evolução dos feltros “tissue” – Albany – ABTCP – 2011)

## *Multiaxial*

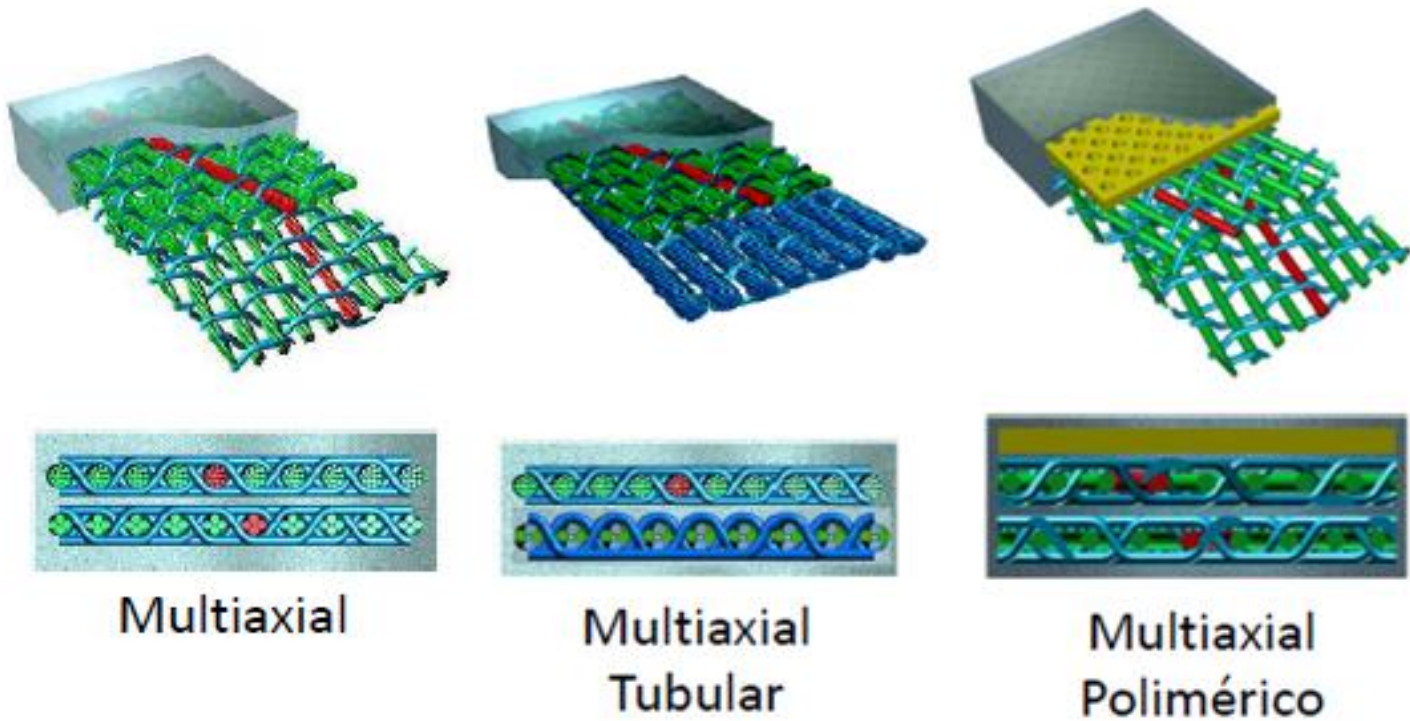


Figura 3.4.04 (FONTE: Evolução dos feltros “tissue” – Albany – ABTCP – 2011)

## *Feltro com emenda*

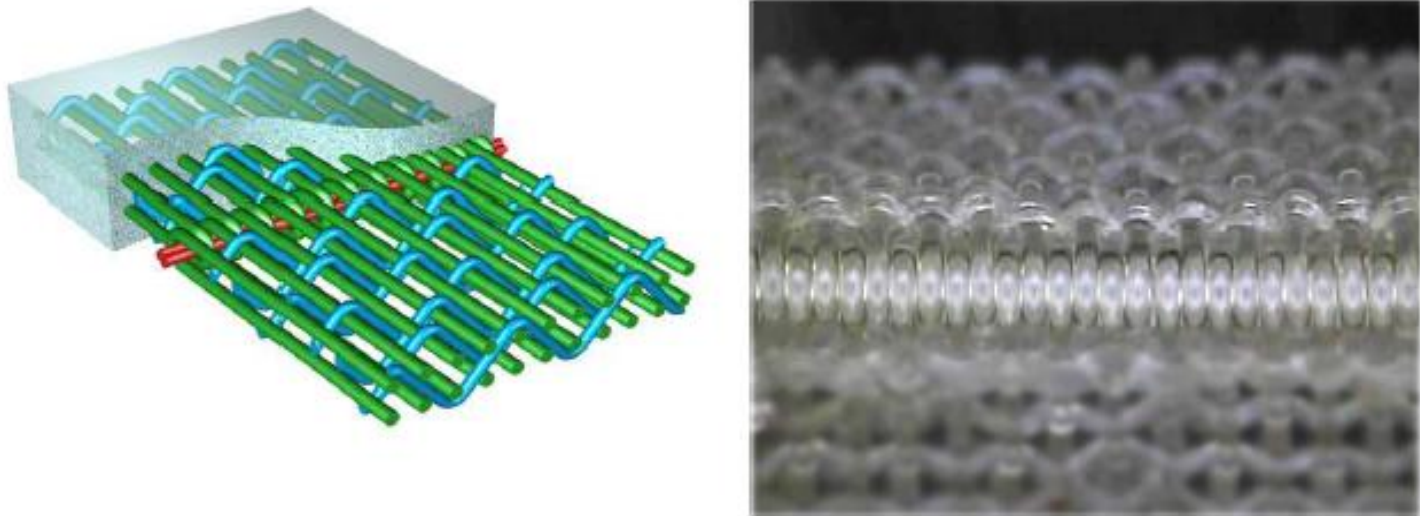


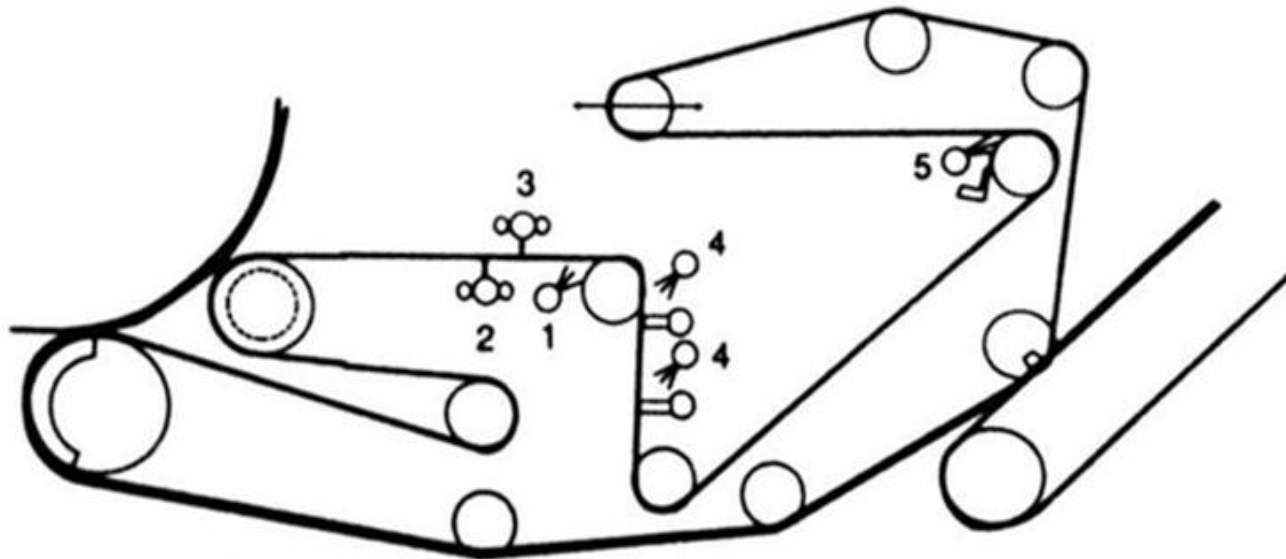
Figura 3.4.05 (FONTE: Evolução dos feltros “tissue” – Albany – ABTCP – 2011)

## *Exemplo de feltros para MPs “tissue”*

<b>Características do processo</b>	Máquinas de duplo feltro ou feltro único sem prensa de sucção. Máquinas como condicionamento deficiente. Baixas cargas de prensagem.	Feltro único com prensa de sucção. Média / alta velocidade. Condicionamento normal.	Crescent Former: Geralmente alta velocidade. Bom condicionamento . Prensa única ou duas prensas.	Prensa de sapata: Média e alta velocidade. Longo tempo de residência no nip. Desaguamento interno na pré-secagem.
<b>Tipo de feltro</b>	Laje simples ou laje dupla bastante compressível	2 lajes tecidos ou laminados. 1+1 multiaxial. Com emenda	2 lajes tecidas ou laminados. 1+1 multiaxial.	Laminados. 1+1 multiaxial.

*Tabela 3.4.01 (FONTE: Feltros para máquinas “tissue” – Albany Internacional)*

## Condicionamento de feltro "tissue"



- 1 - Chuveiro de "nip" submerso e aplicador de químicos.
- 2 - Chuveiro interno de alta pressão.
- 3 - Chuveiro externo de alta pressão.
- 4 - Chuveiros de lubrificação das caixas aspirantes.
- 5 - Chuveiro de lubrificação da raspa.

Figura 3.4.06

(Fonte: *Tissue Machine Shower Applications – Tissue Runnability Seminar - 1992*)



## *Condicionamento de feltro "tissue"*



*FONTE: OMNI / PMPGroup*

# Seção de secagem

## Rolo “Yankee”

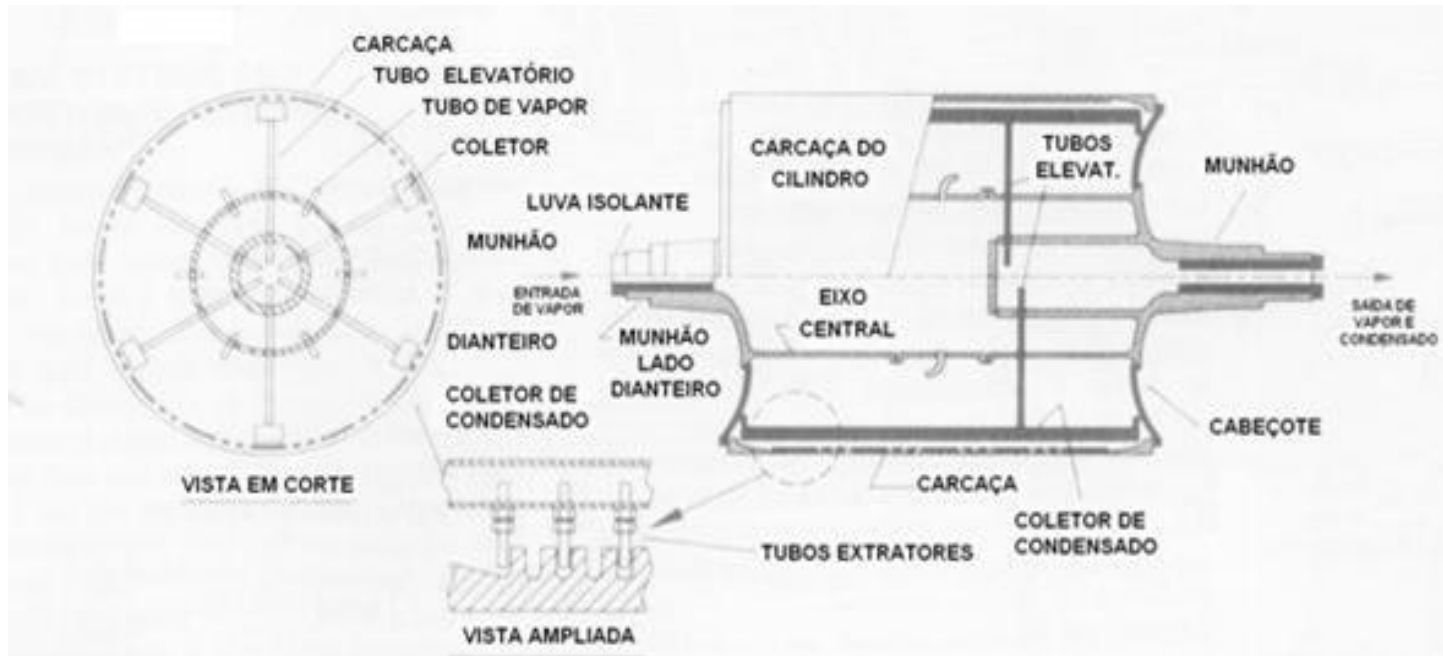
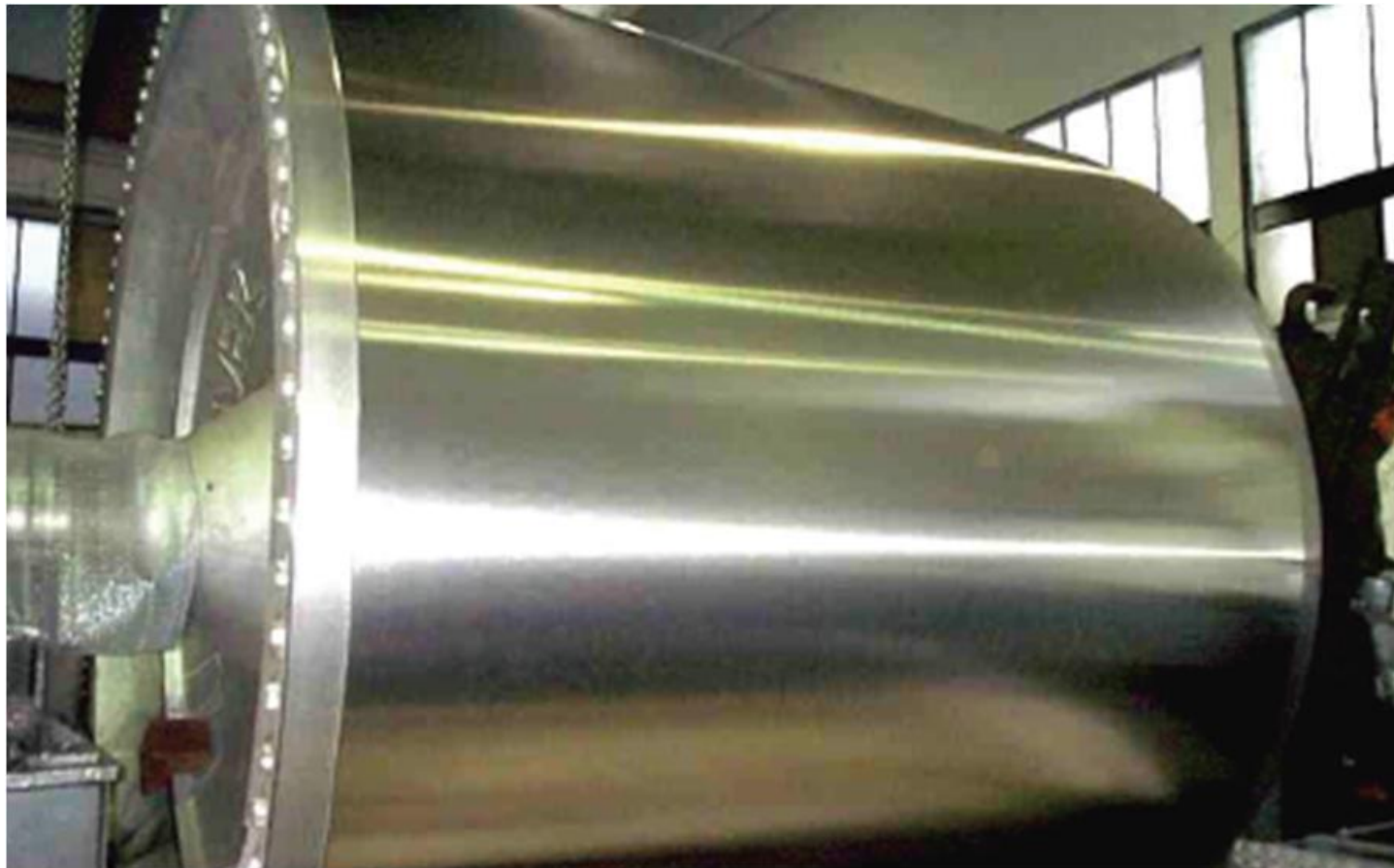


Figura 4.1.01 (FONTE: Yankee Dryers – W.G. Corboy, Jr.)

*Rolo “Yankee”*



(FONTE: A.B.K.)

*Rolo “Yankee” – entrada de vapor e saída de condensado*

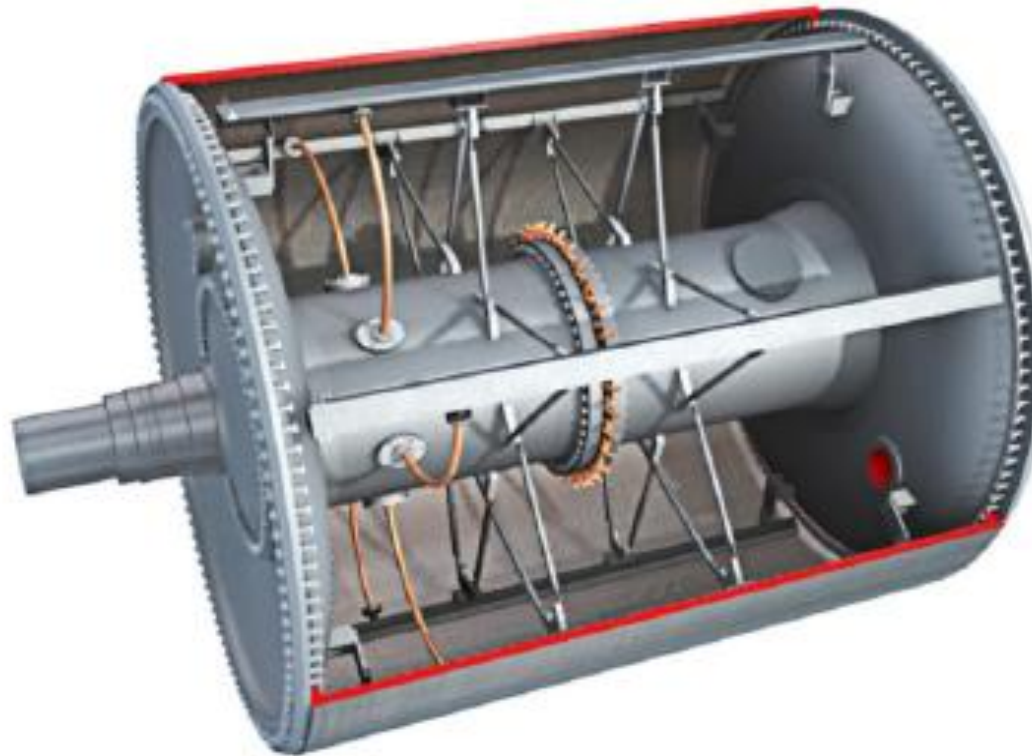


Figura 4.1.02 (FONTE: Yankee Dryers – W.G. Corboy, Jr.)

## Transmissão de calor

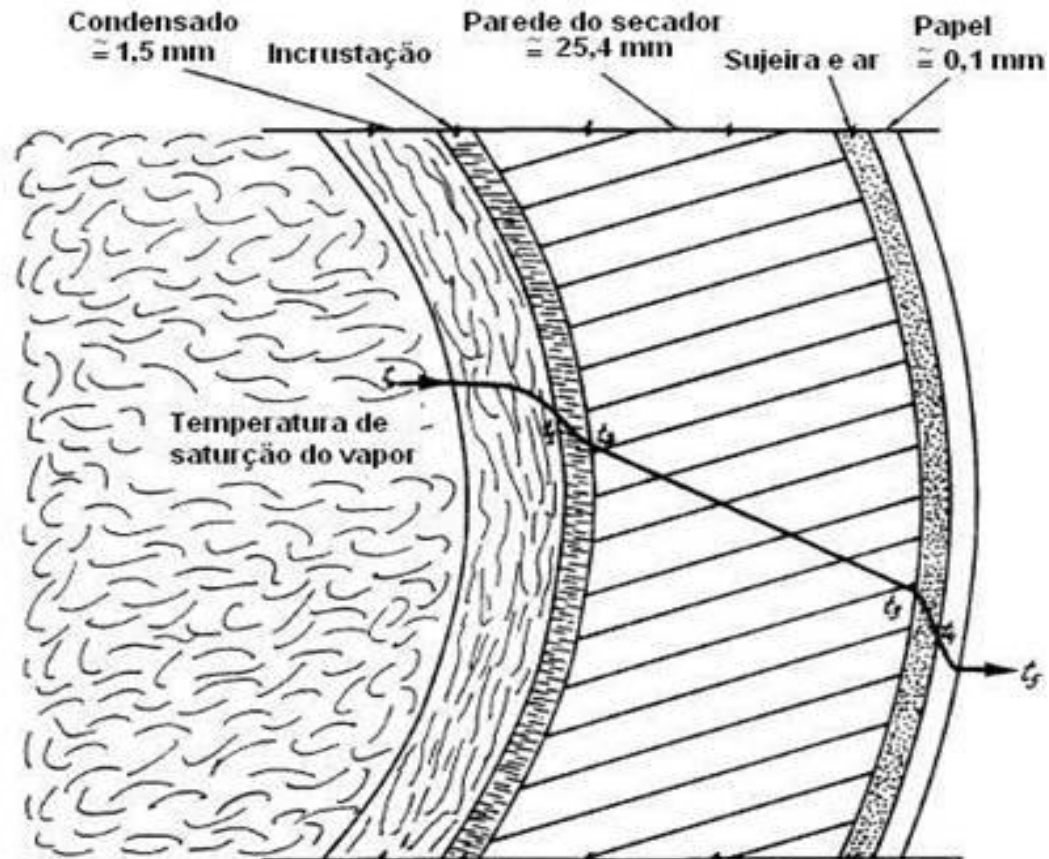


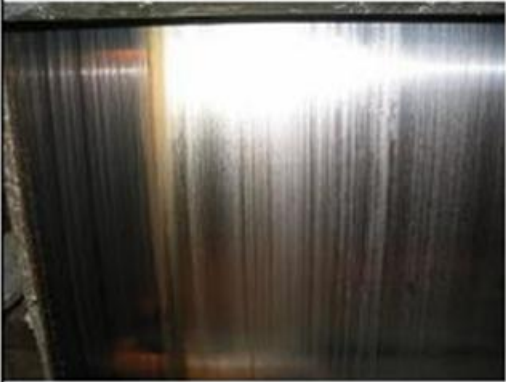





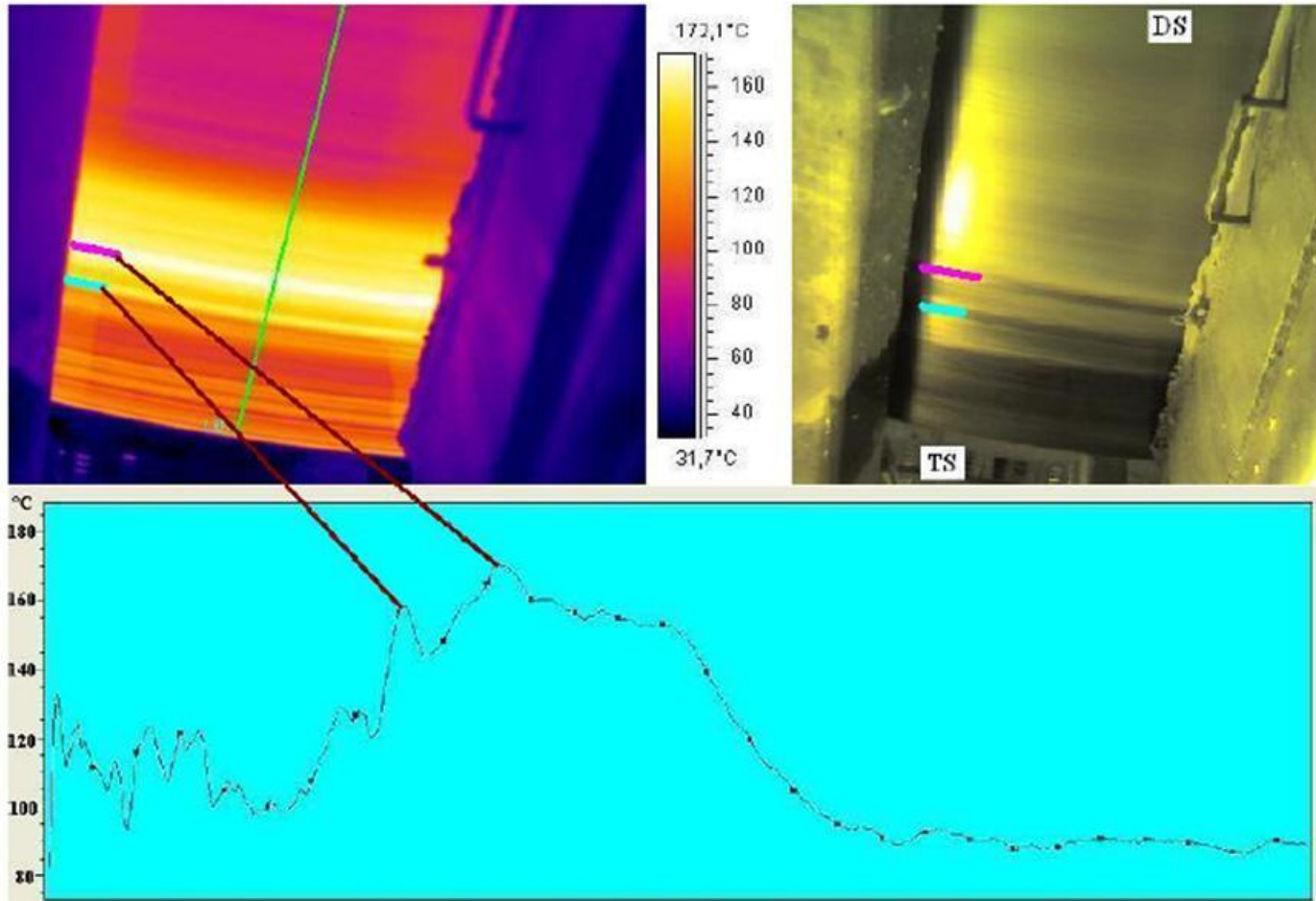
Figura 4.2.01 (FONTE: Yankee Dryers – W.G. Corboy, Jr.)

## *Variação de temperatura ao longo do cilindro*

	Clean surface	Coated surface	Scraped surface
Tending Side (TS)	$T \in [68, 78]^{\circ}\text{C}$ 	$T \in [85, 120]^{\circ}\text{C}$ 	$T \in [90, 120]^{\circ}\text{C}$ 
Center	$T = 58 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 	$T = 120 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 	$T \in [65, 95]^{\circ}\text{C}$ 

(FONTE: Karlstads Universitet)

## *Varição de temperatura ao longo do cilindro*



(FONTE: Karlstads Universitet)

## *“Spoiler bars”*

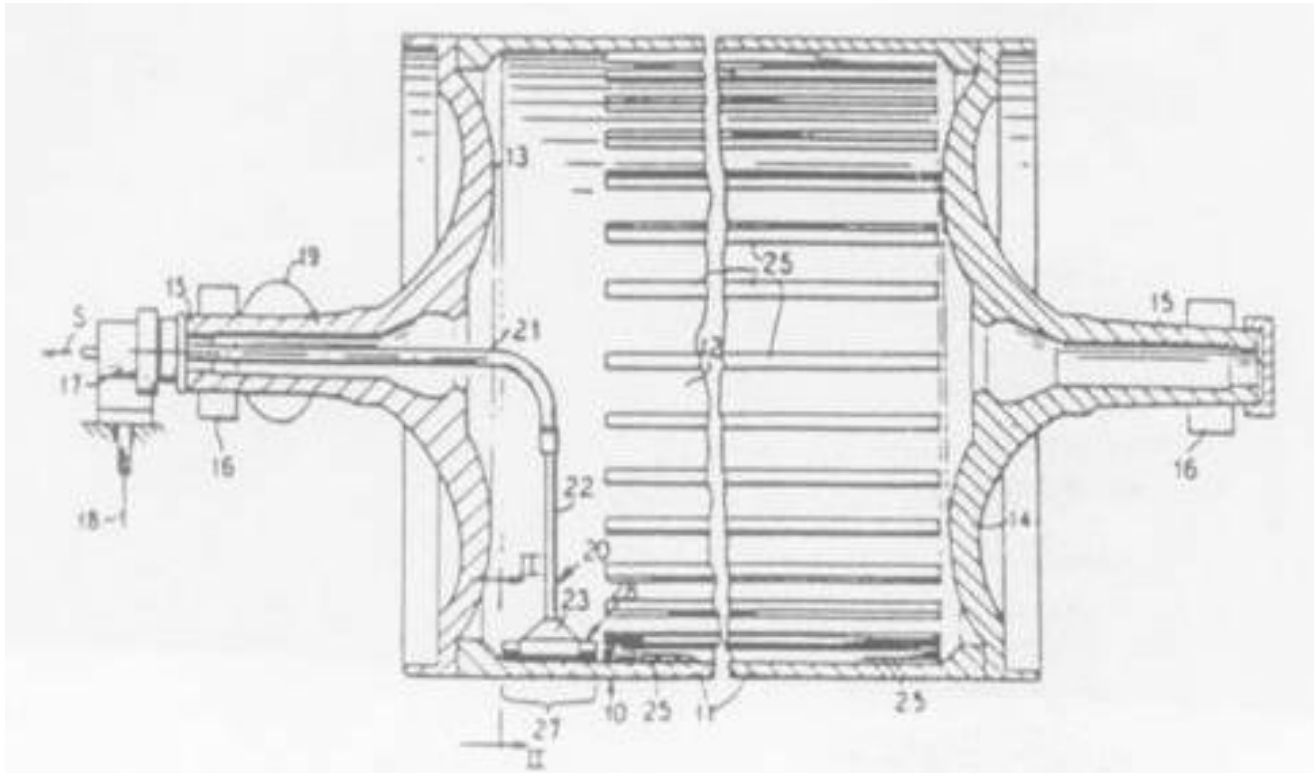
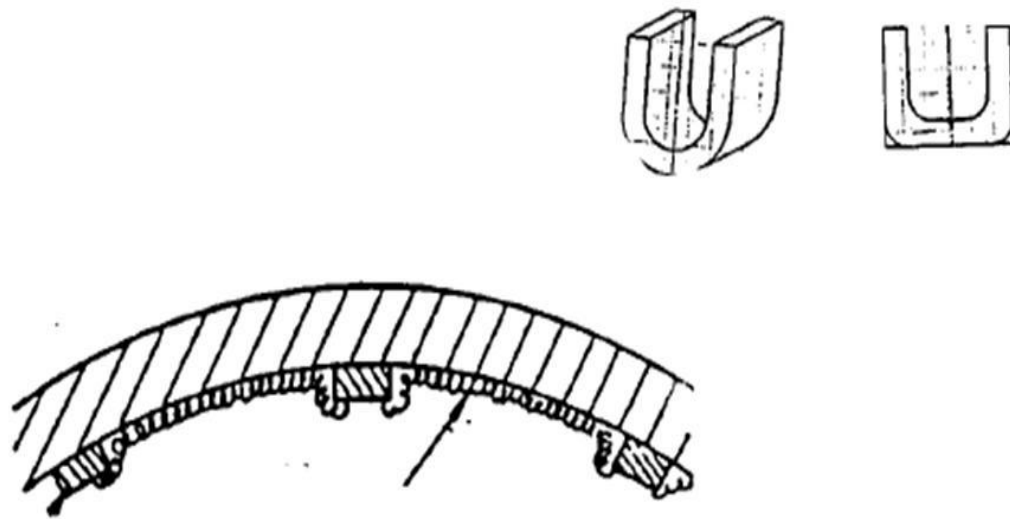


Figura 4.2.02 (FONTE: Yankee Dryers – W.G. Corboy, Jr.)



## *Barras de turbulência*



*Figura 4.2.03 (FONTE: Apostilas ABTCP)*

## Formação do filme de condensado

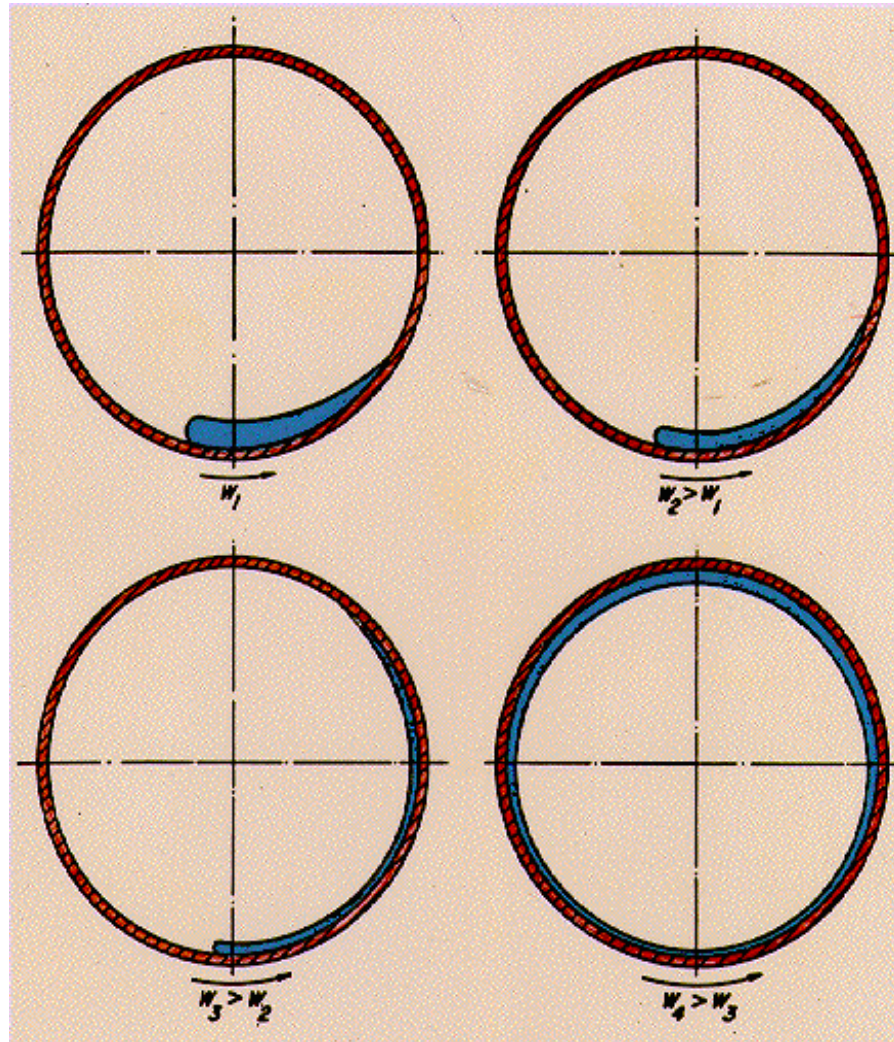


Figura 4.3.01 (FONTE: Papermaking Science and Technology)

## Sifão para cilindro “Yankee”

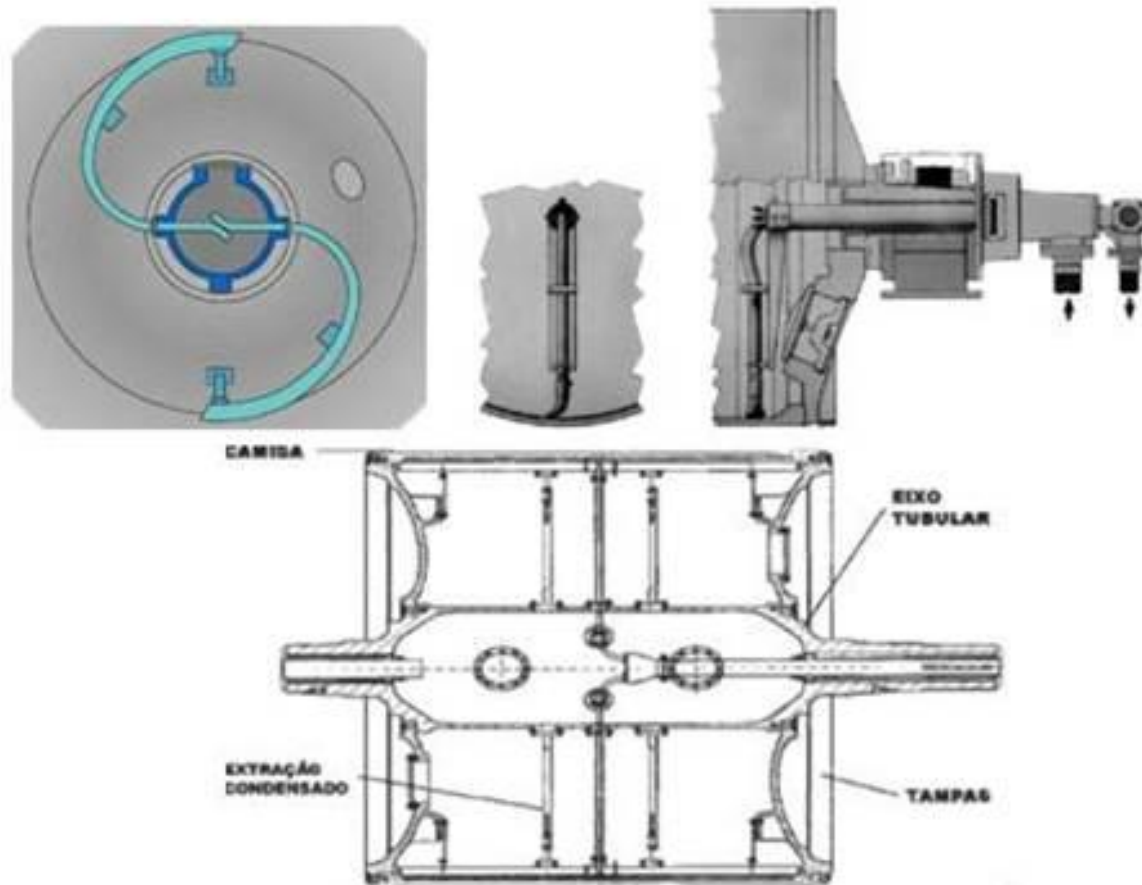


Figura 4.3.02 (FONTE: Papermaking Science and Technology)

## Cilindro do ranhuras

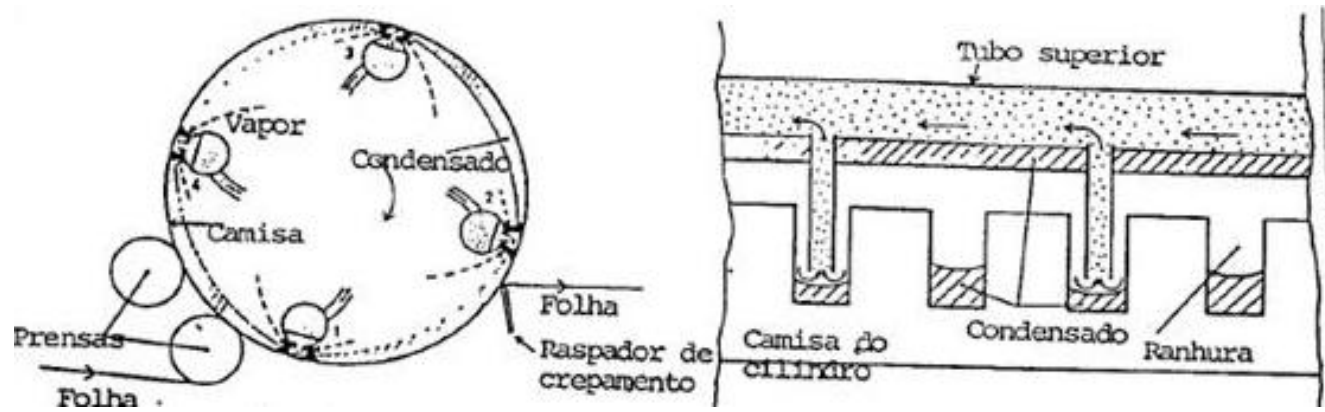
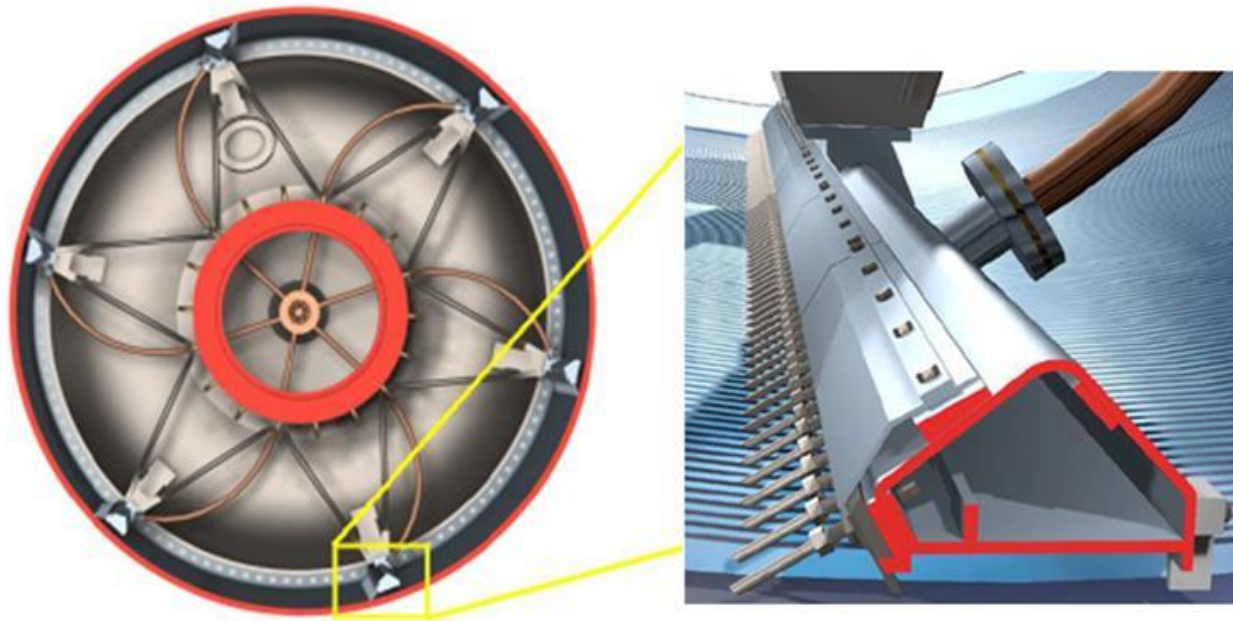


Figura 4.3.03 (FONTE: Apostilas ABTCP)

## *Cilindro com ranhuras*



*Figura 4.3.04 (FONTE: Papermaking Science and Technology)*

## Termocompressor

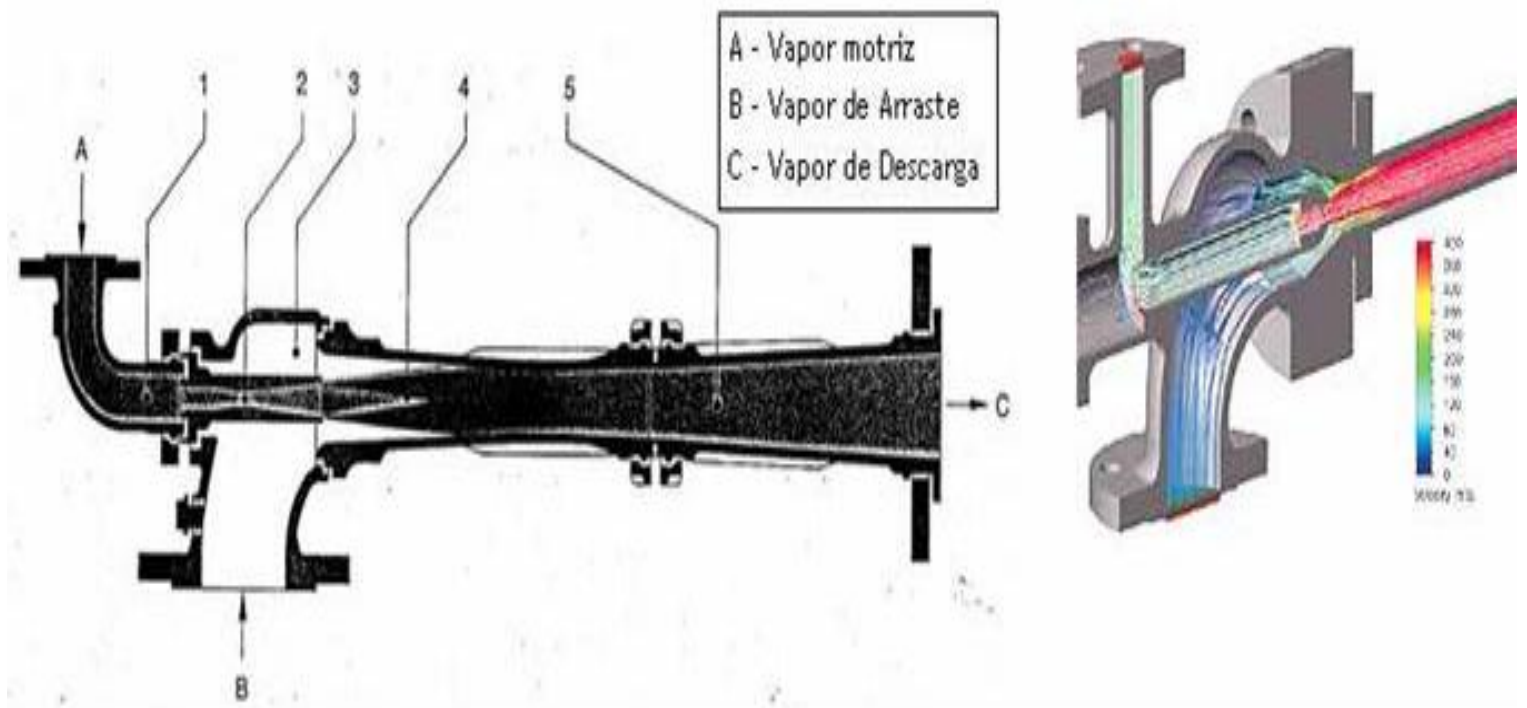


Figura 4.3.05 (FONTE: Apostilas ABTCP)

## Sistema de vapor e condensado em um cilindro "Yankee"

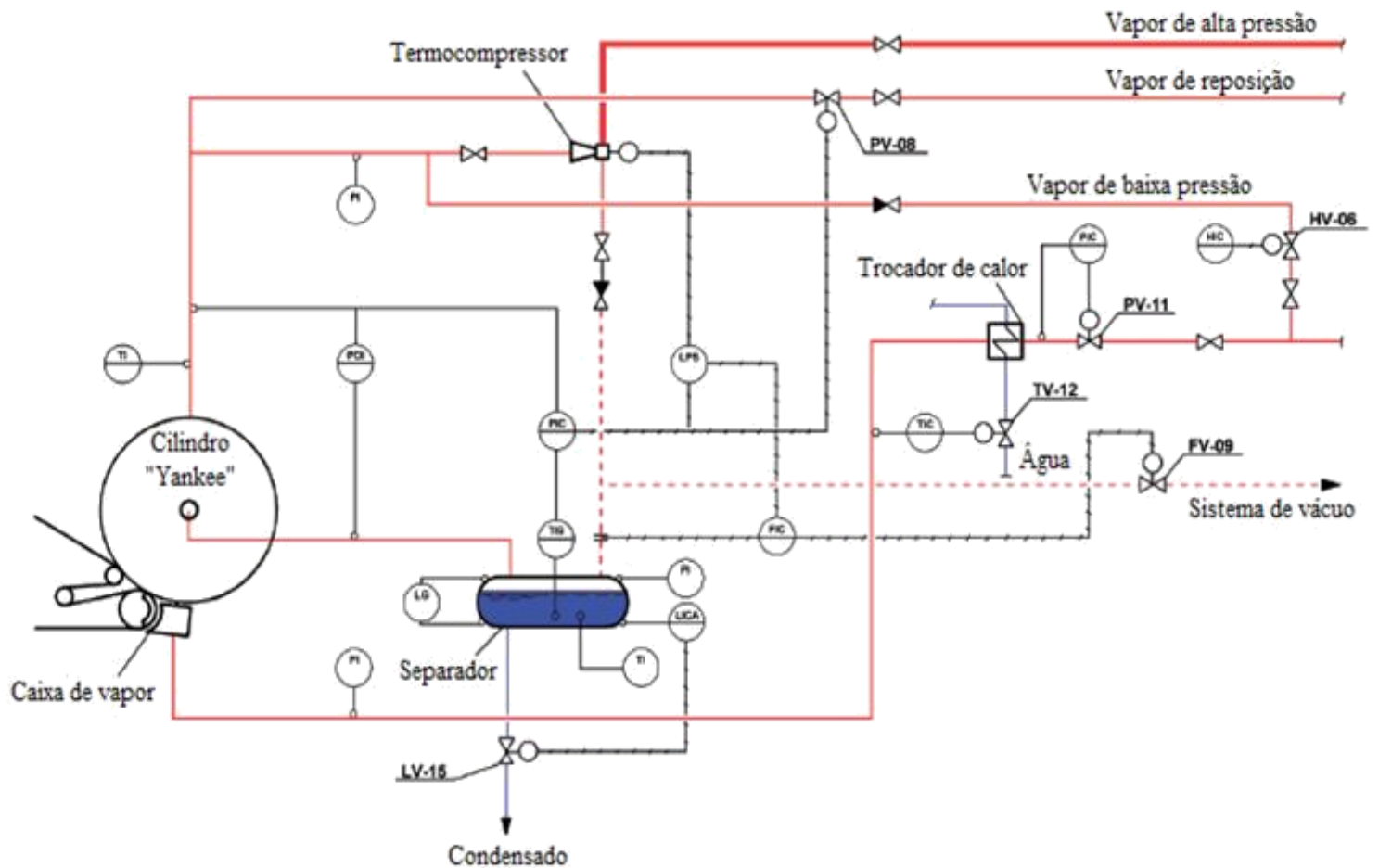


Figura 4.3.06 (FONTE: Apostilas ABTCP)

## Capota antiga

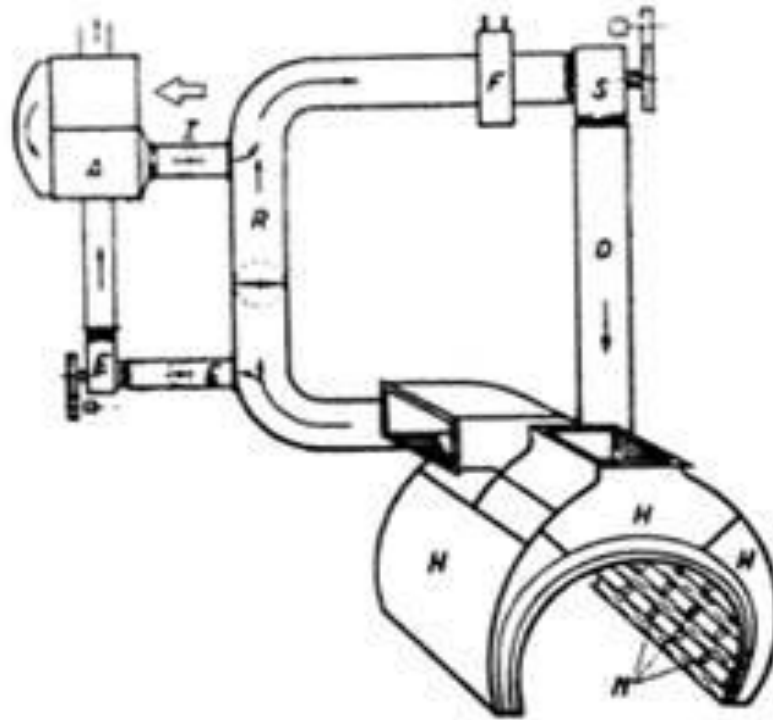


Figura 4.4.01 (FONTE: Apostilas ABTCP)



## *Capota de alto rendimento*

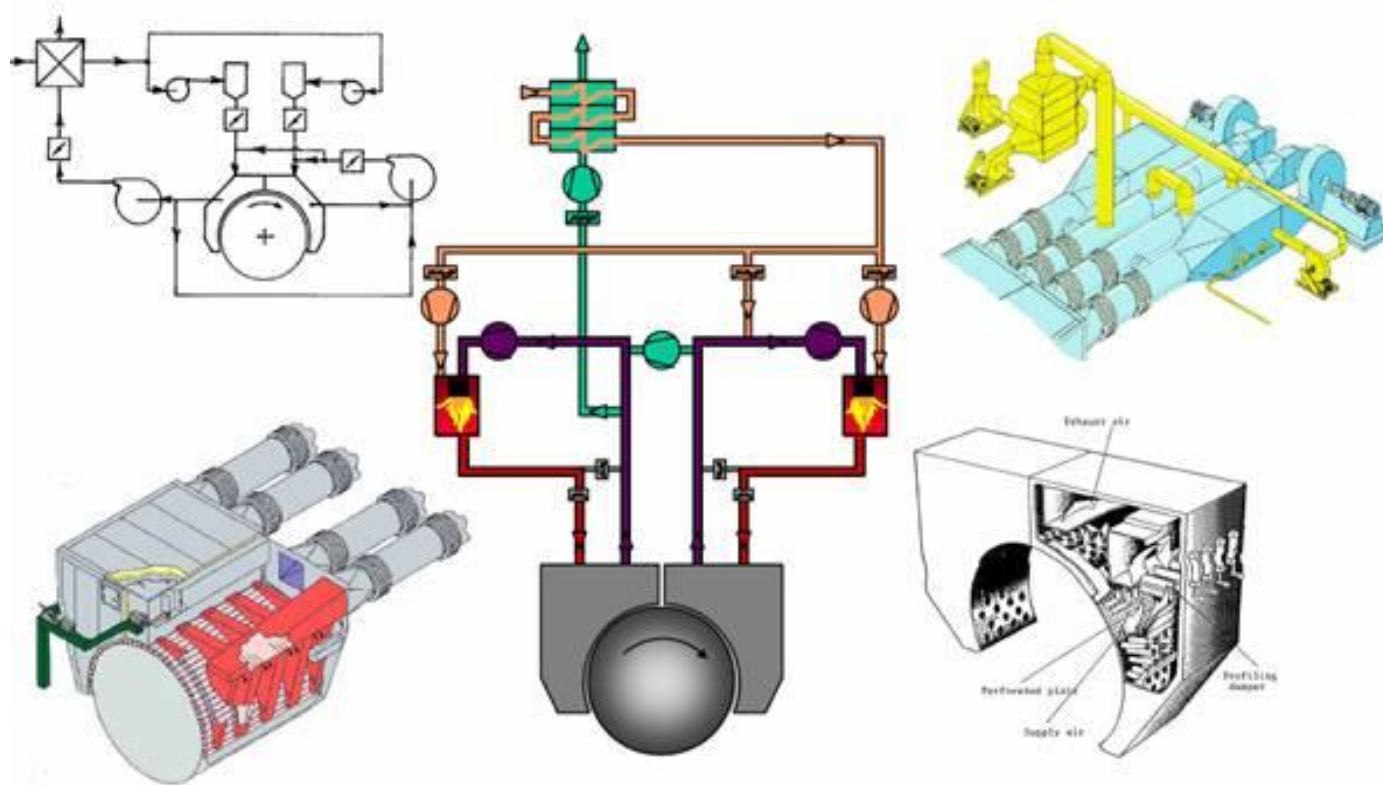


Figura 4.4.02 (FONTE: *Papermaking Science and Technology*)

## Capota de alto rendimento

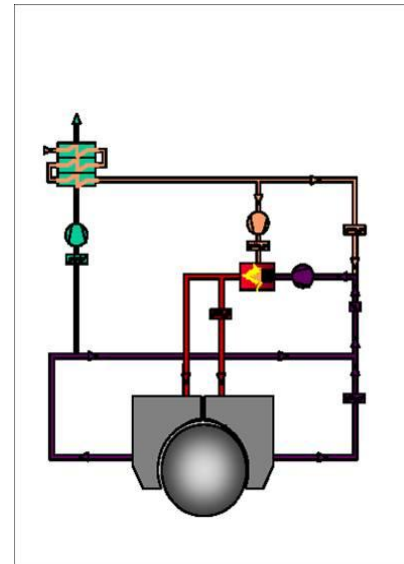
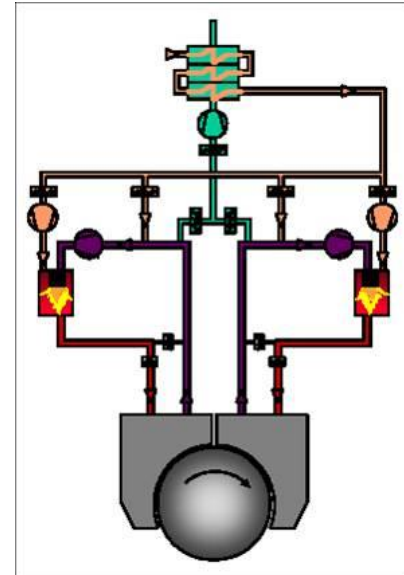
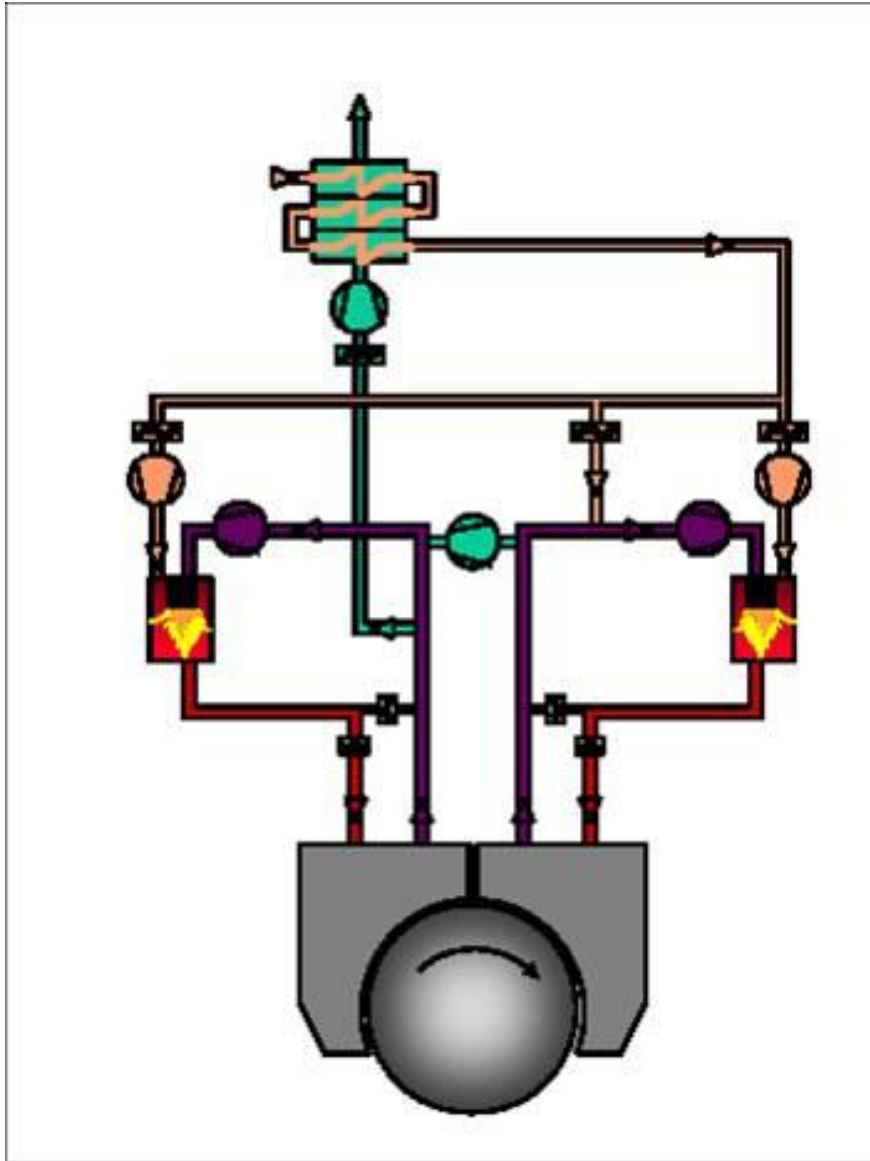


Figura 4.4.02 (FONTE: Papermaking Science and Technology)

## *Capota de alto rendimento*

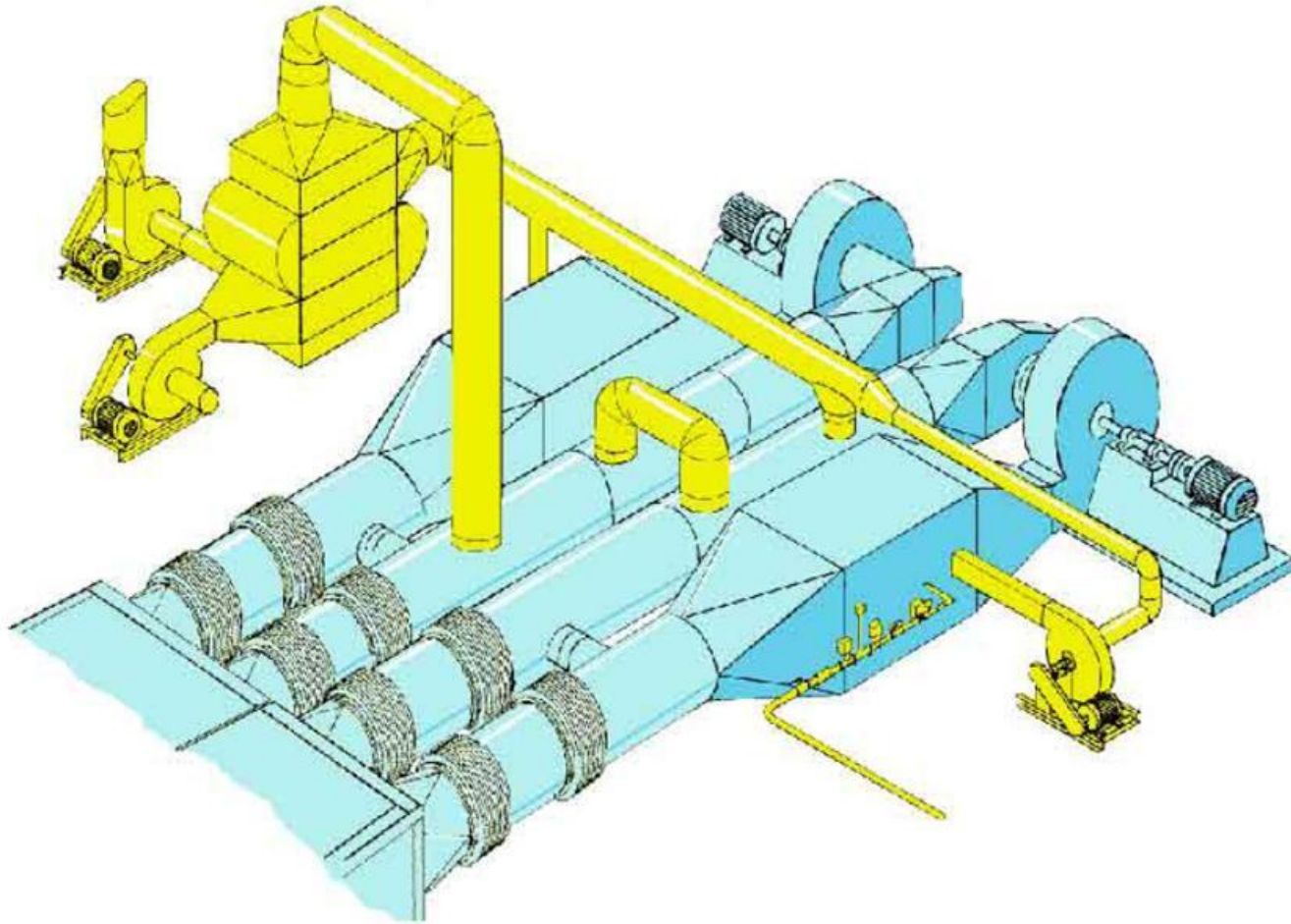


Figura 4.4.02 (FONTE: *Papermaking Science and Technology*)

## Capota de alto rendimento

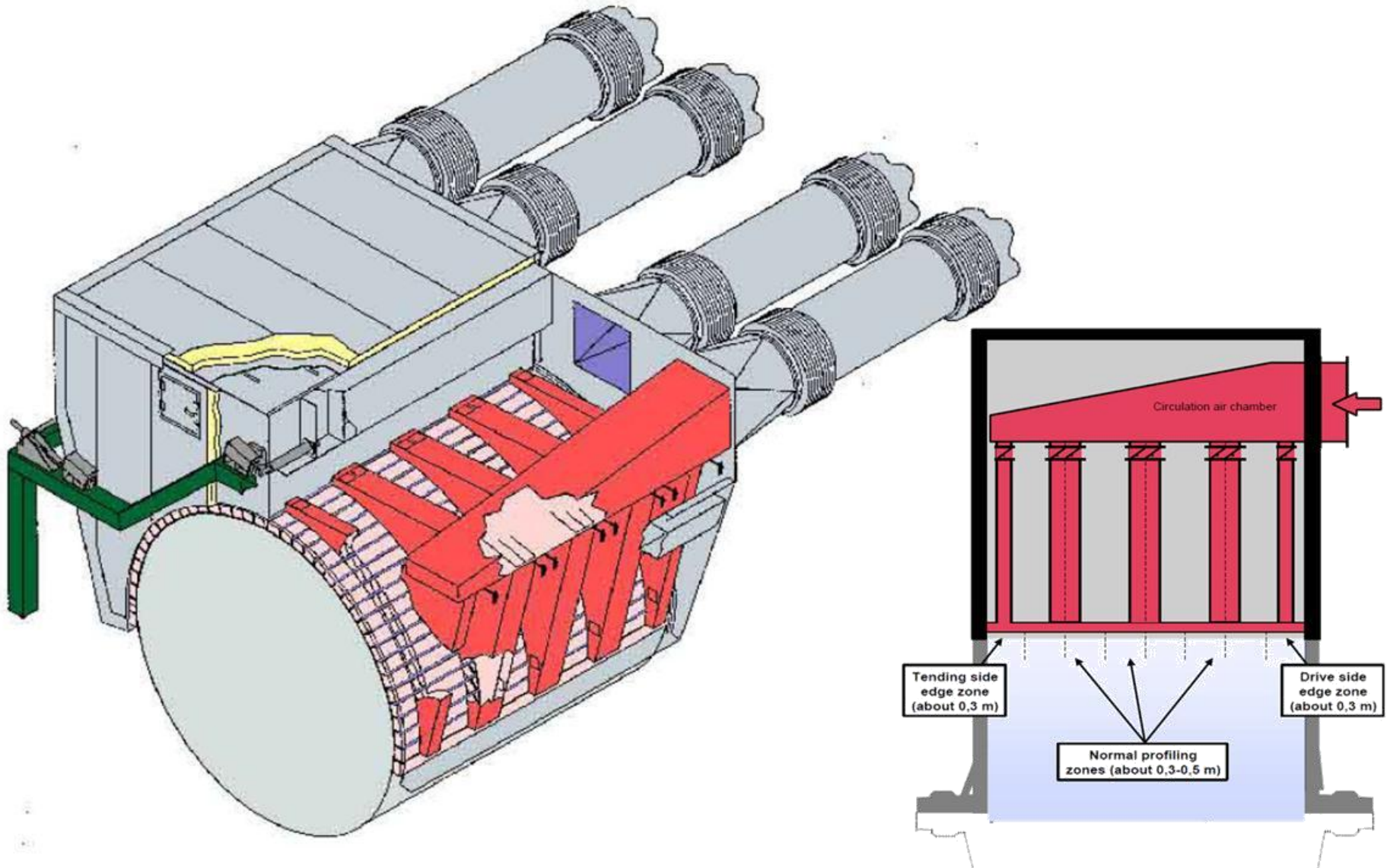


Figura 4.4.02 (FONTE: Papermaking Science and Technology)

## *Capota de alto rendimento*

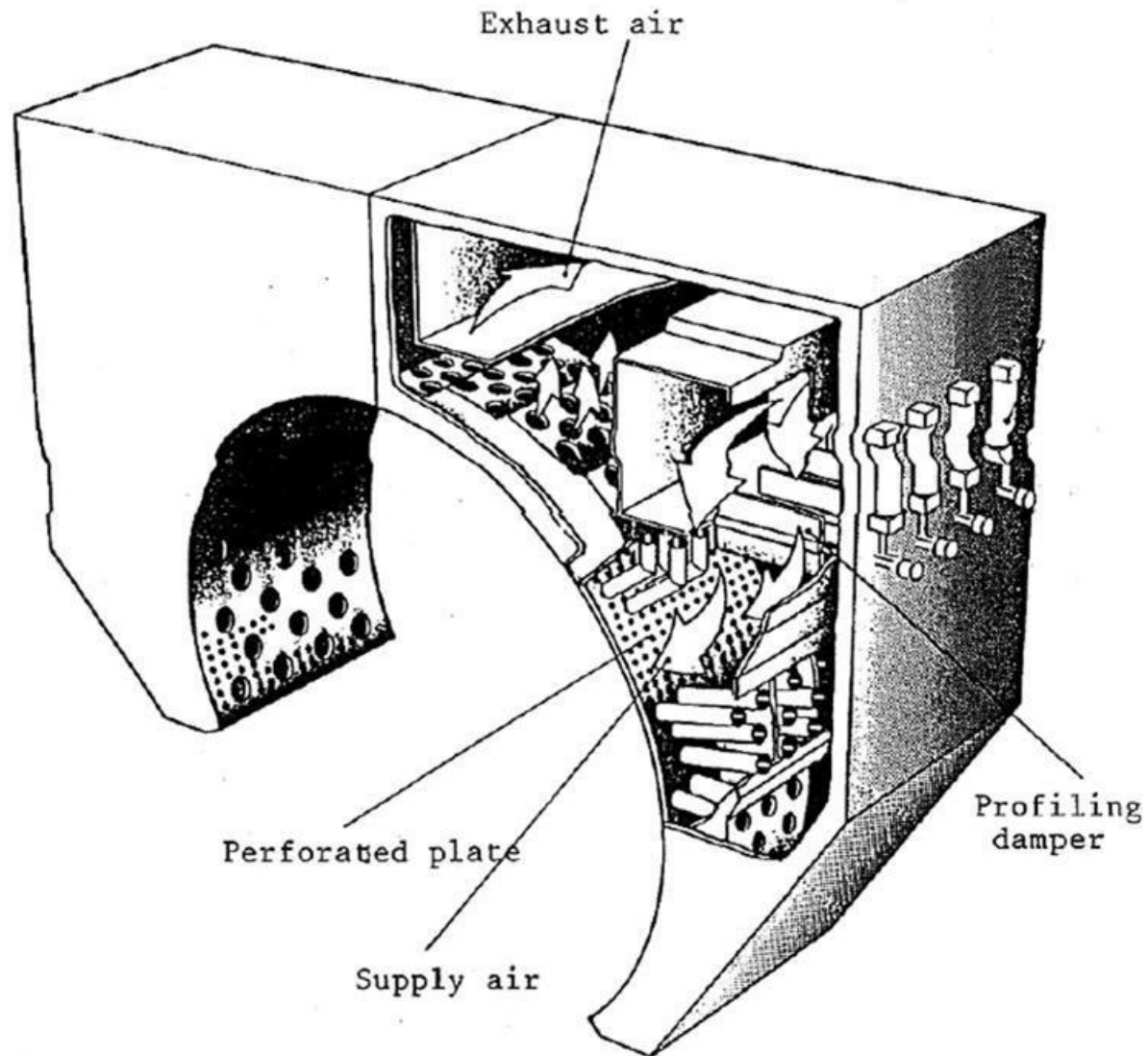
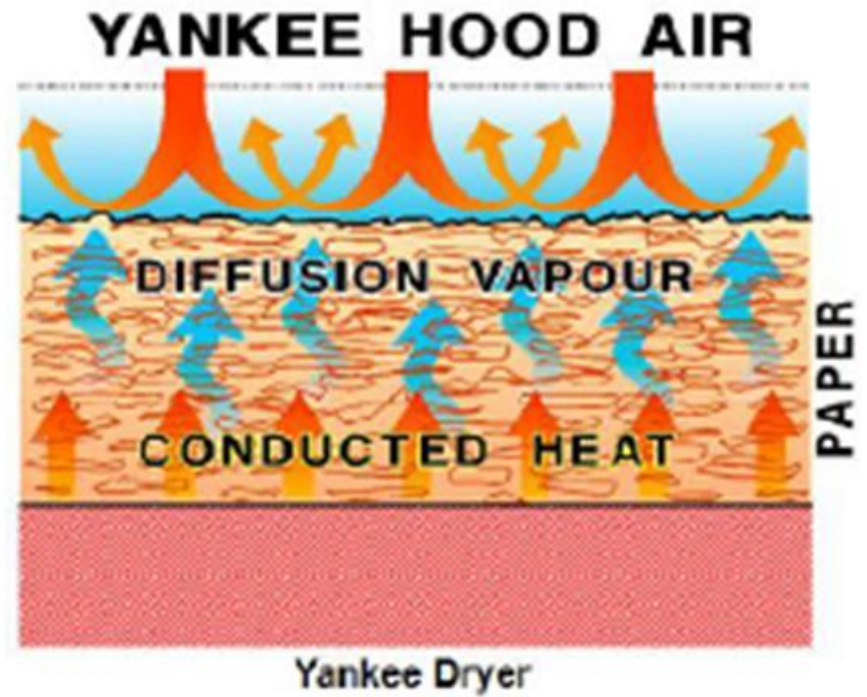
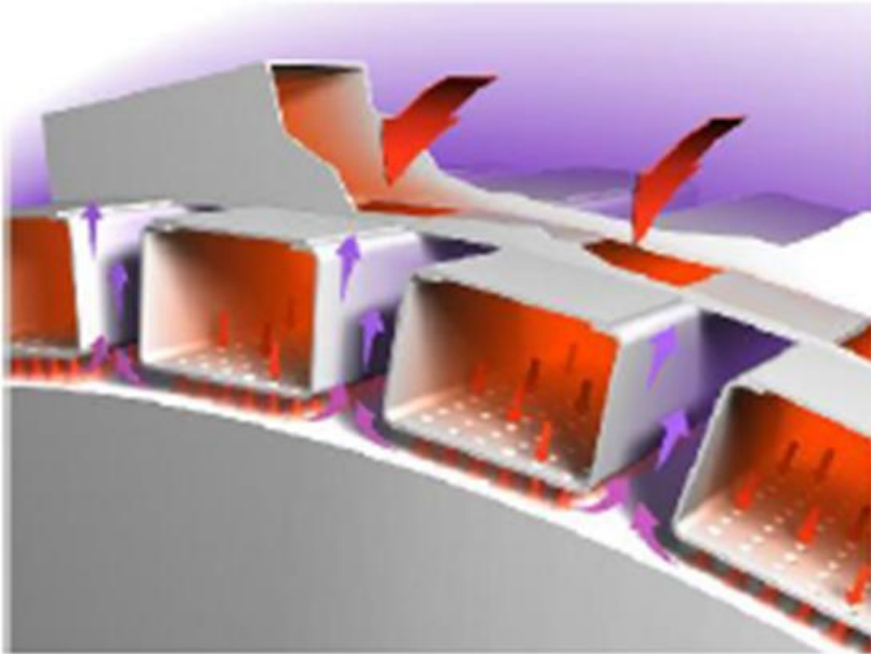


Figura 4.4.02 (FONTE: Papermaking Science and Technology)

## *Capota de alto rendimento*



(FONTE: Karlstads Universitet)

## Capota de alto rendimento

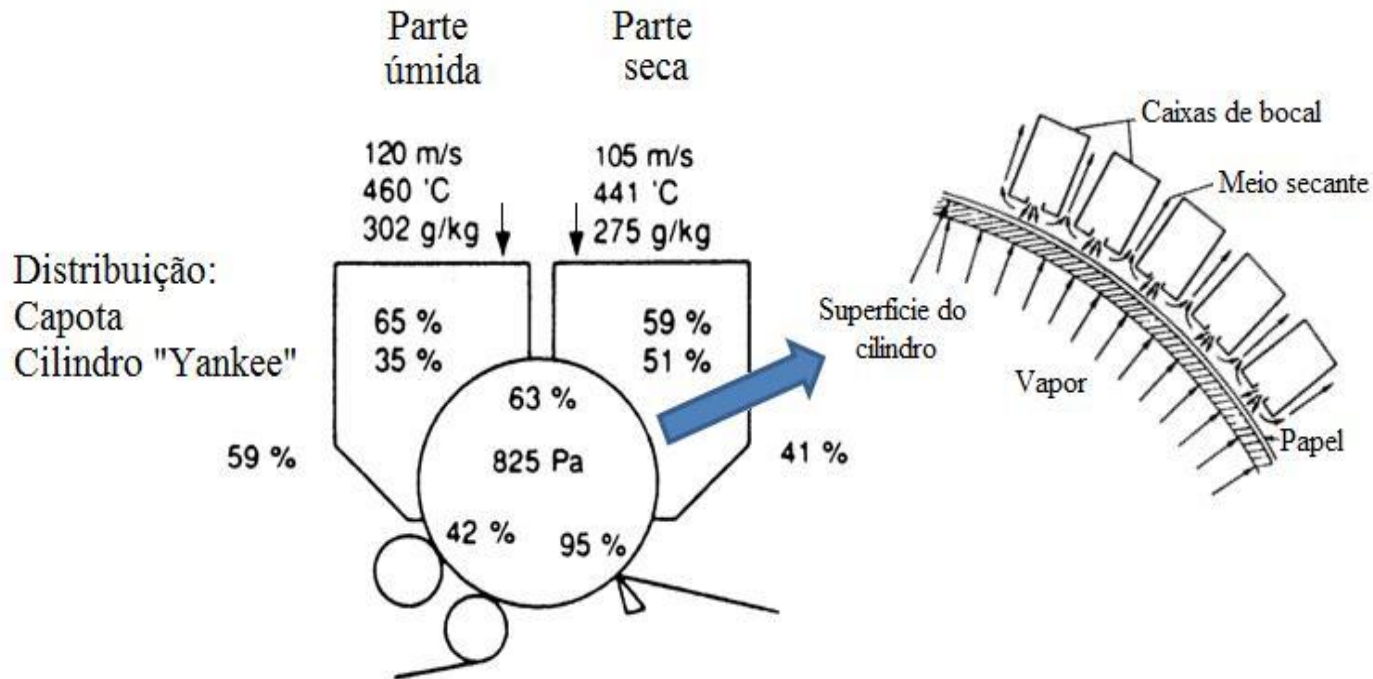


Figura 4.4.03 (FONTE: Tissue Runnability Seminar – 1.992)

# TAD ("Through Air Drying")

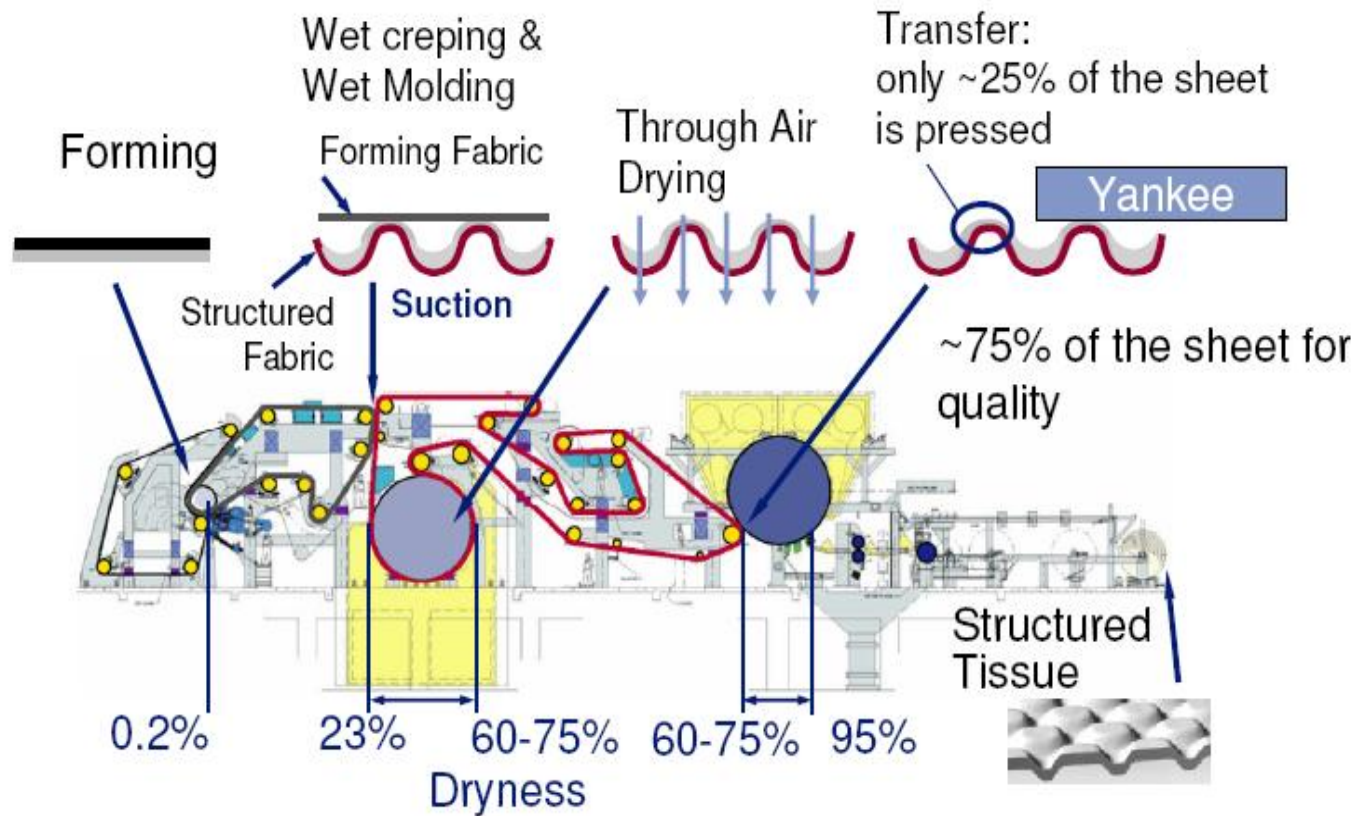
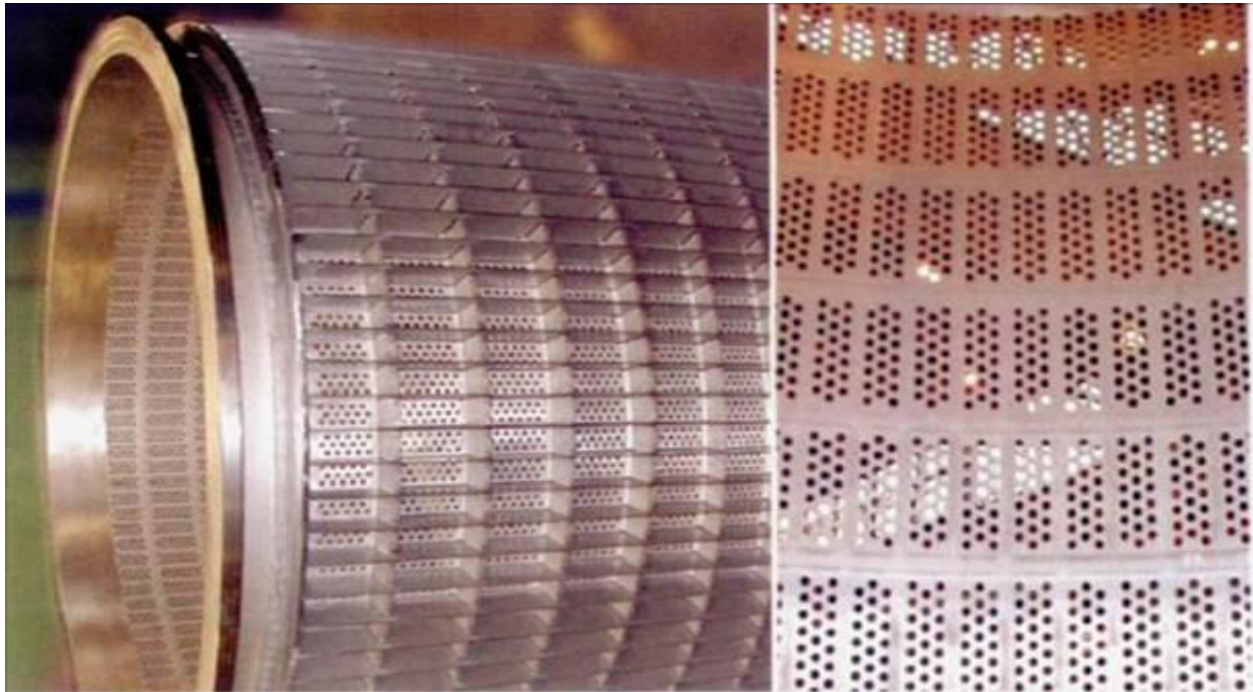


Figura 4.4.04 (FONTE: Voith)



*TAD*



*Figura 4.4.05 (FONTE: Tissue World)*

## *Tela para TAD*

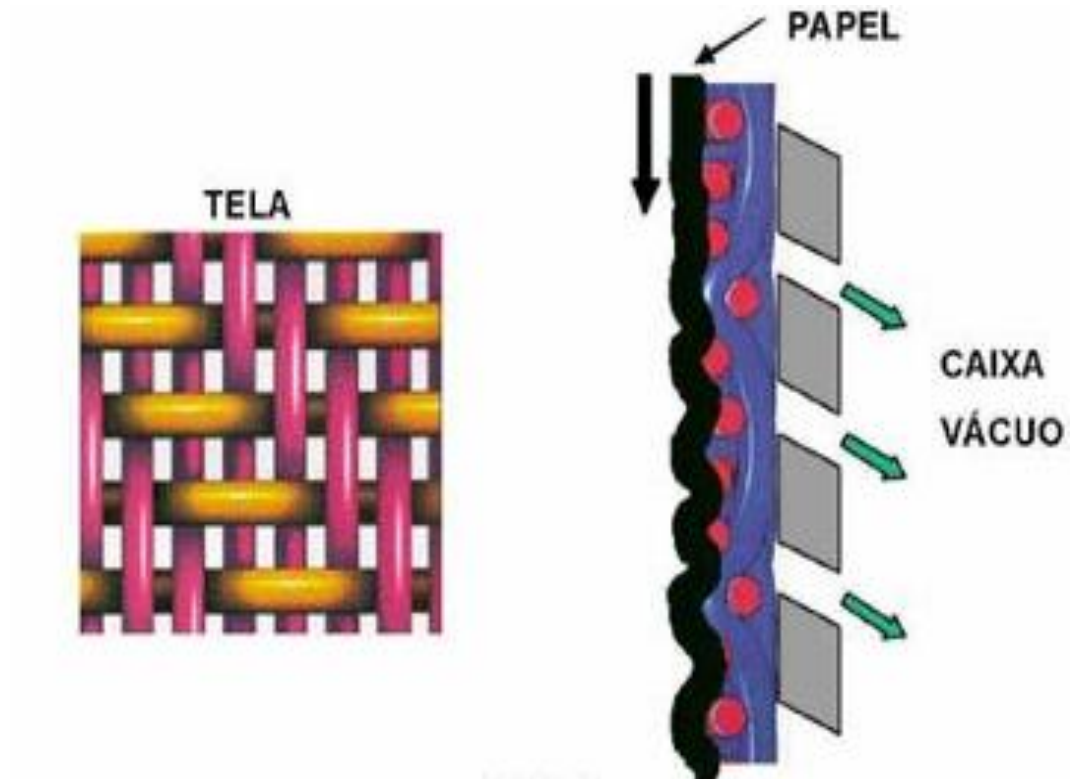


Figura 4.4.06 (FONTE: Voith)

# ATMOS

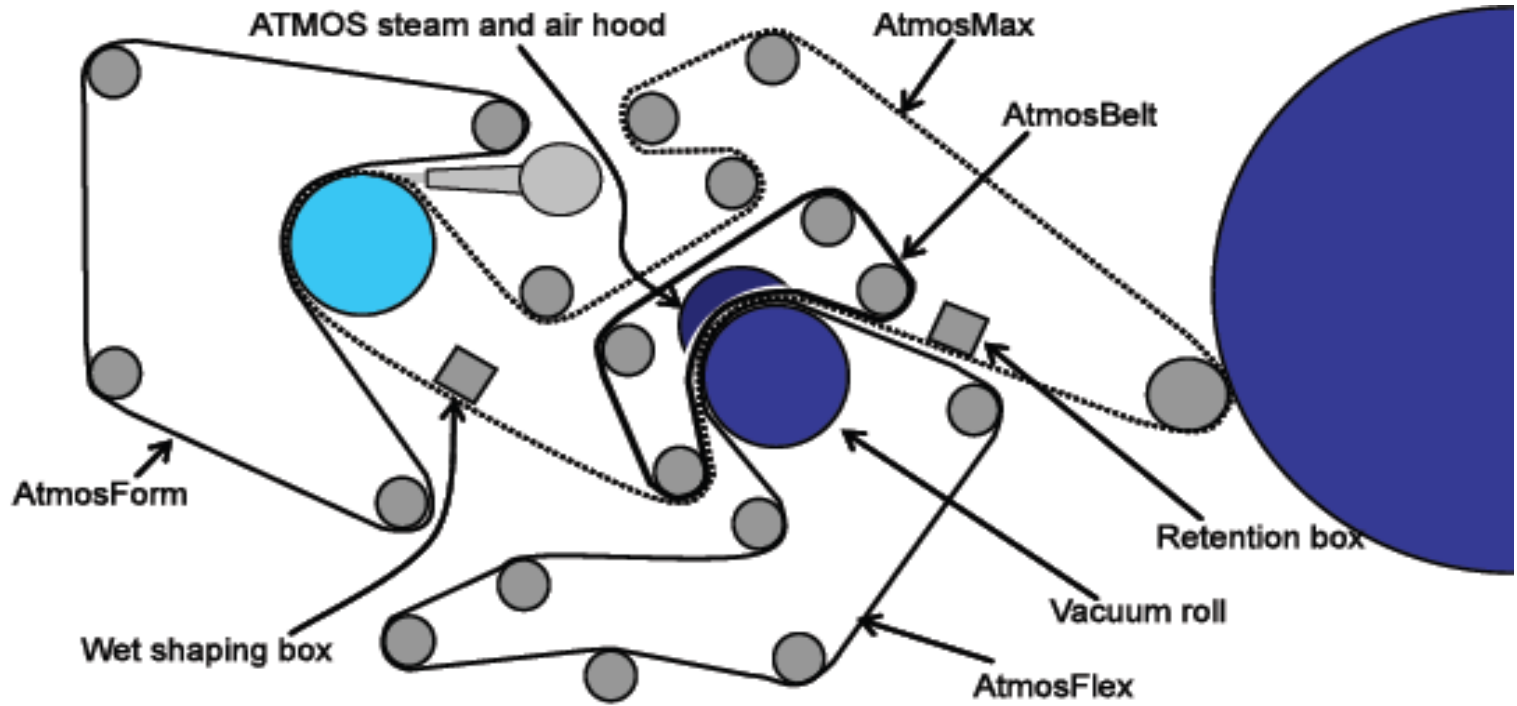
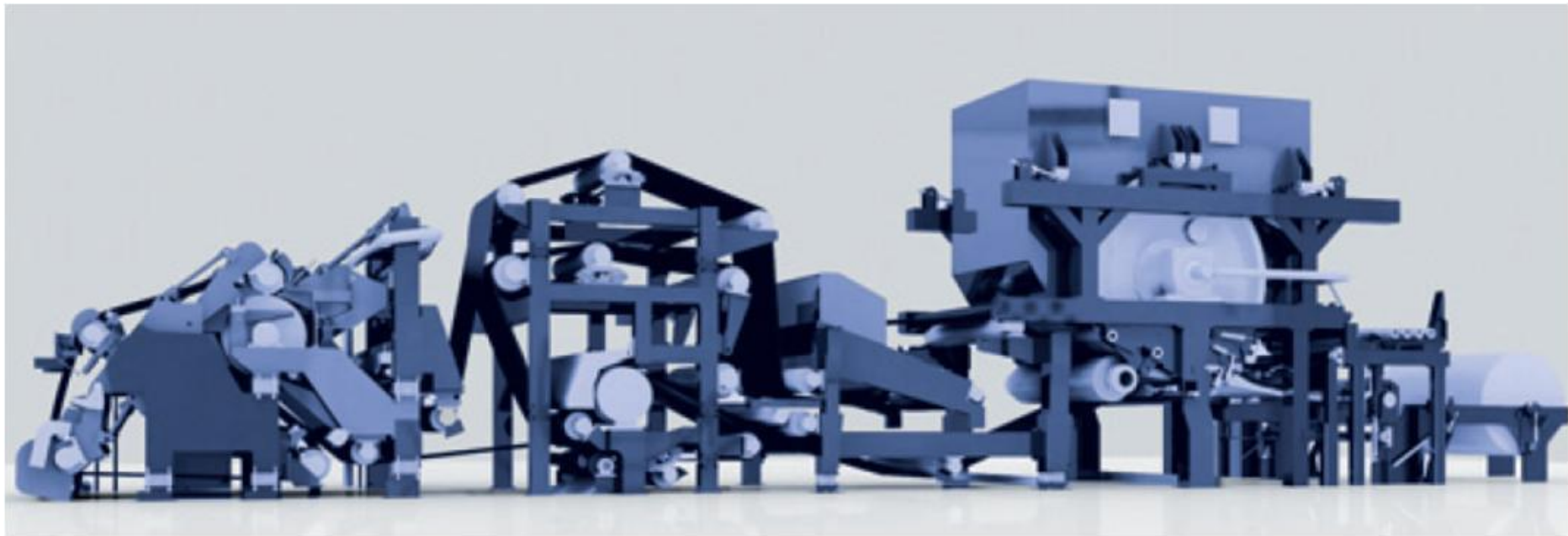


Figura 4.4.07 (FONTE: Voith)

# *ATMOS*



*(FONTE: Voith)*

# ATMOS

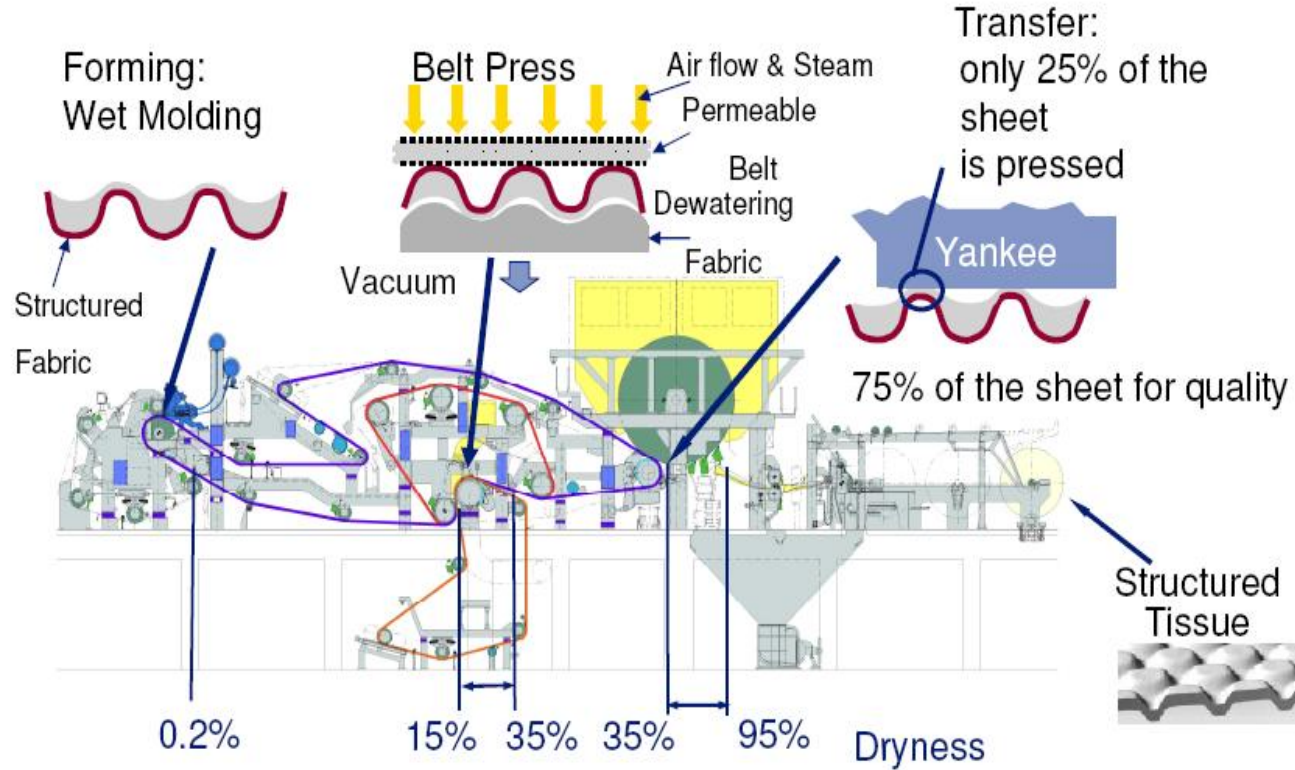
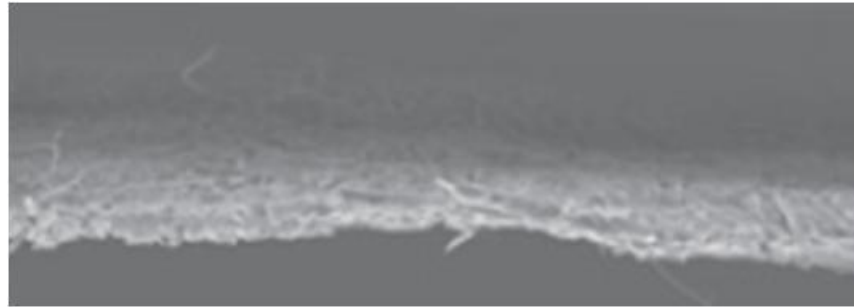


Figura 4.4.08 (FONTE: Voith)

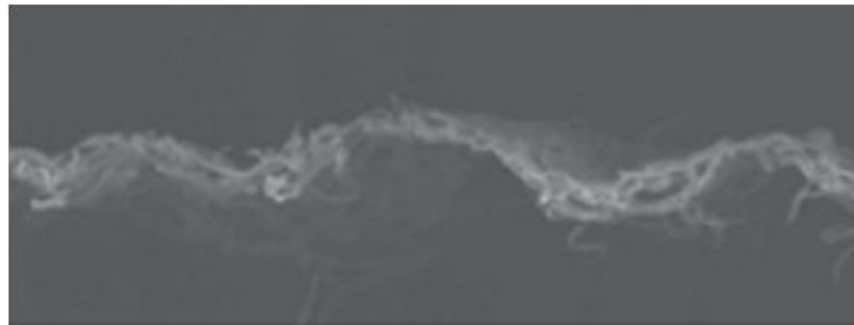
## *Comparação de papéis (aumento 70x)*



*Convencional*



*TAD*



*ATMOS*

*(FONTE: Voith)*

## *ADT ("Air Dried Tissue")*

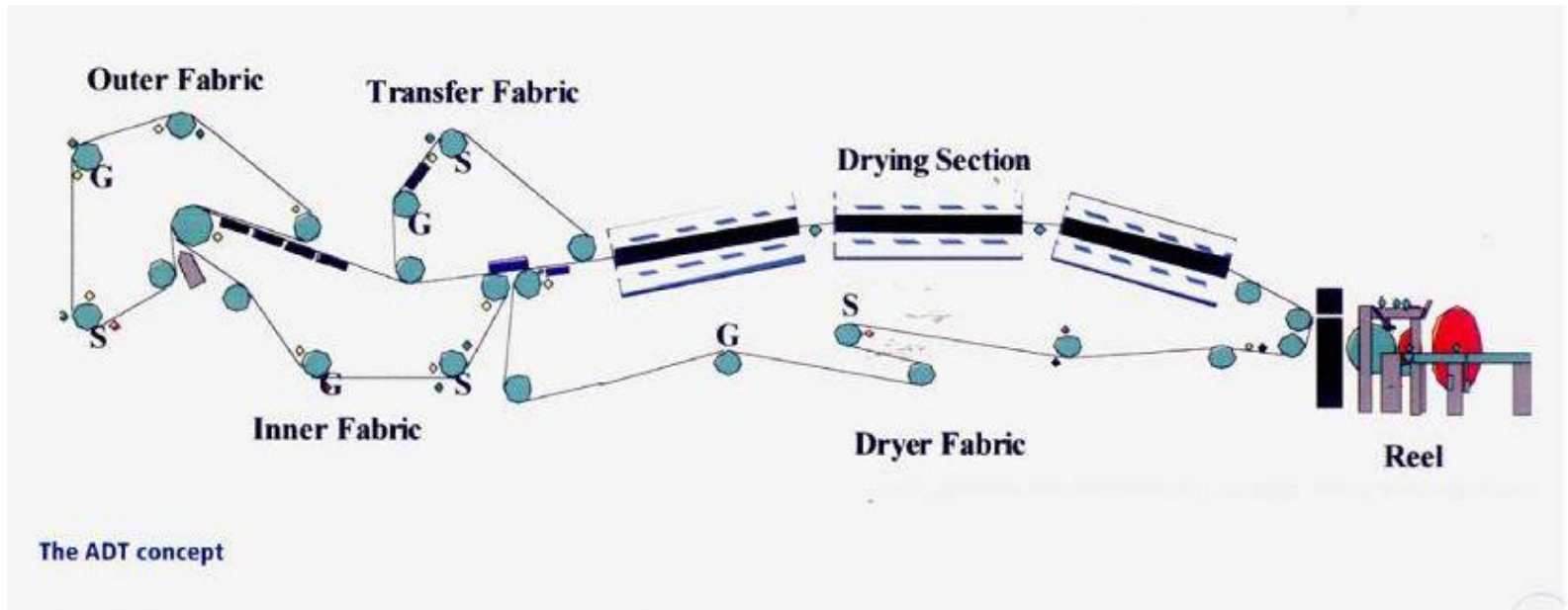


Figura 4.4.09 (FONTE: Tissue World)

# “Coating”

*Reações químicas no cilindro “Yankee”*

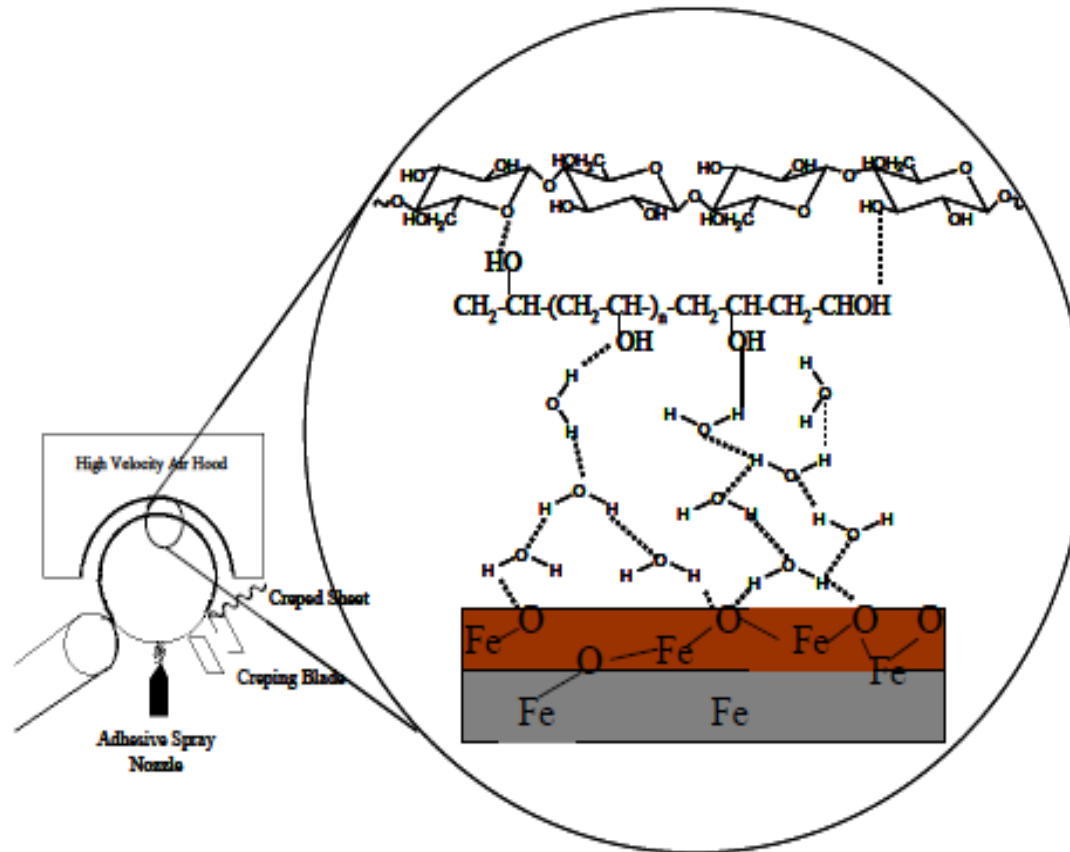


Figura 4.5.01 (FONTE: Tissue World)



## *Etapas do "Coating"*

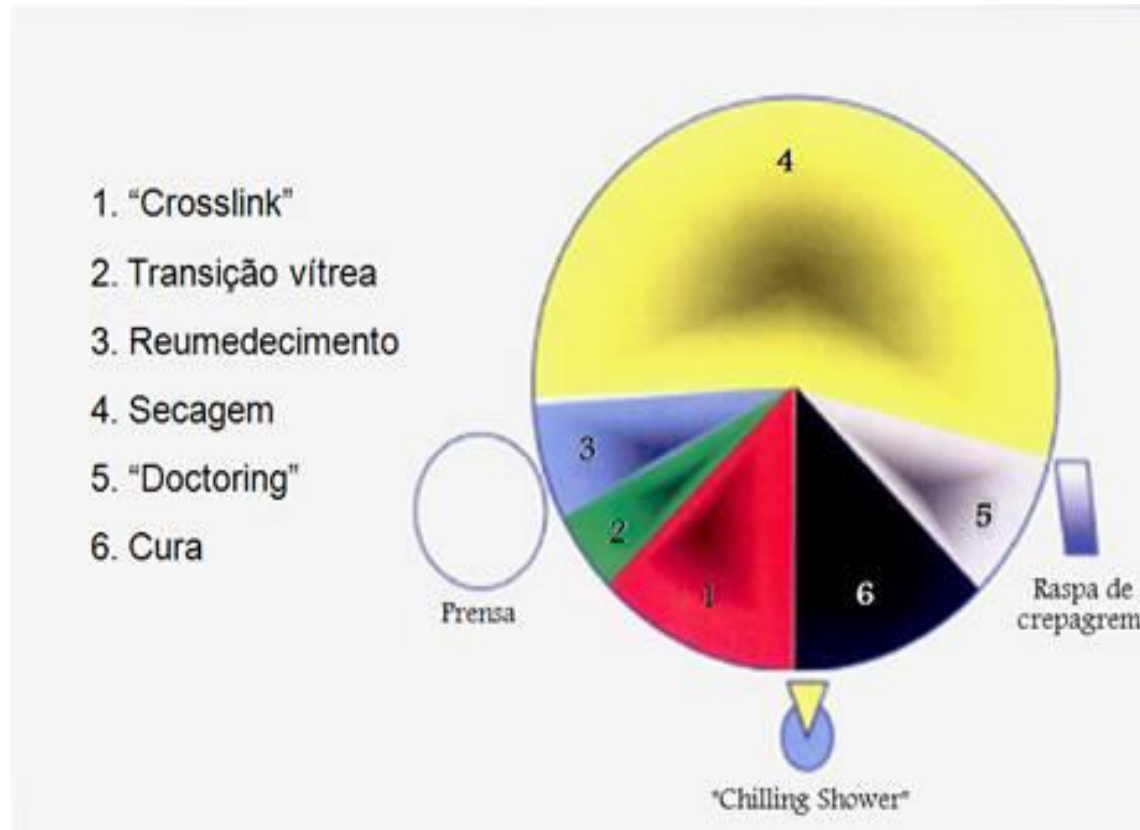
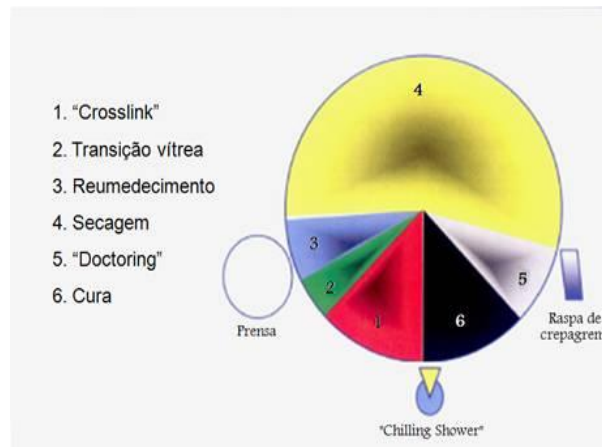


Figura 4.5.02 (FONTE: Tissue World)

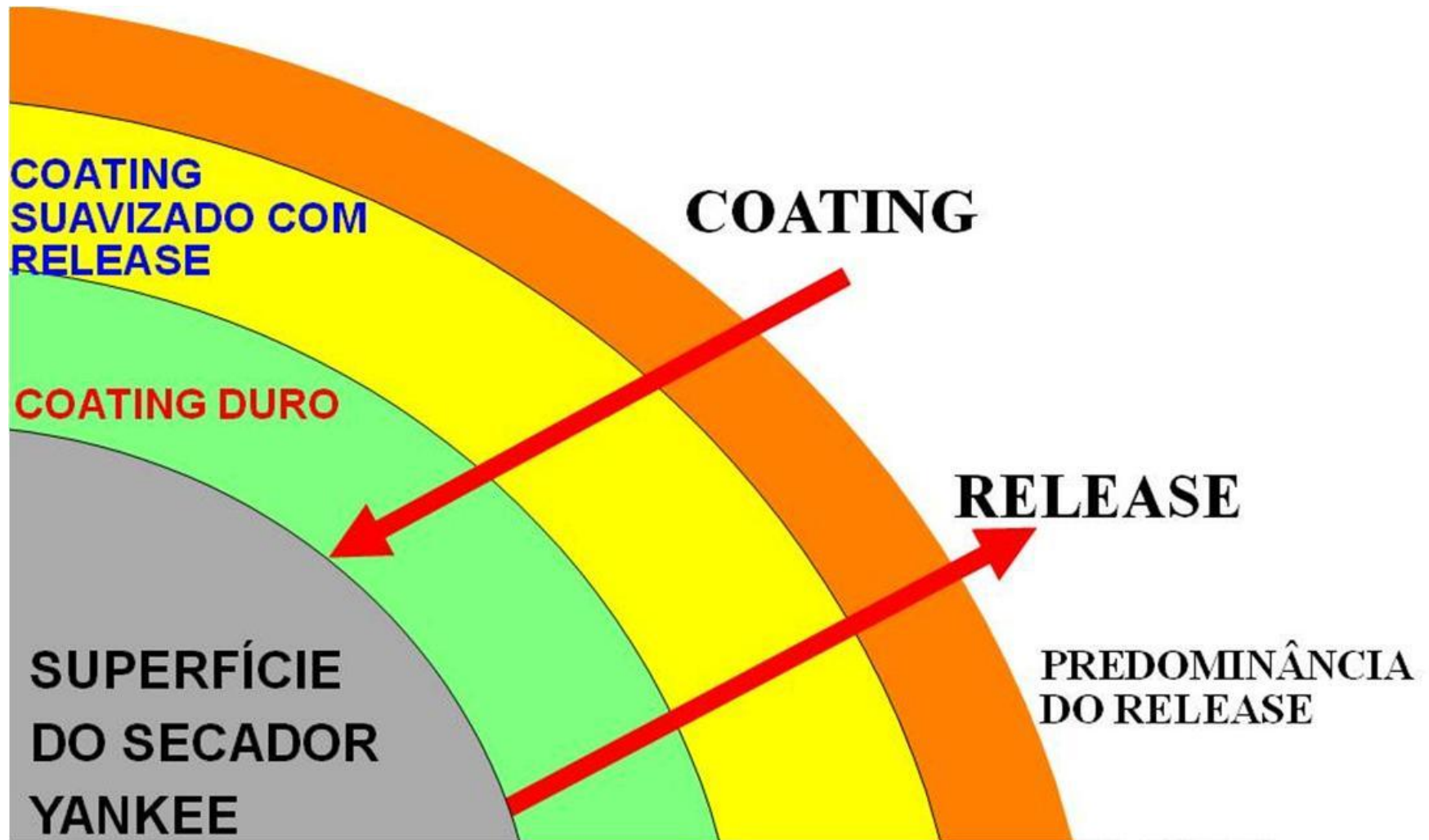
## *Etapas do “Coating”*



- *“Crosslinking”*: o polímero forma uniões entre si e com a celulose presente;
- *Transição vítrea*: o polímero muda de estado (aderente);
- *Reumectação*: ponto onde o revestimento é reumectado pela folha no nip;
- *Assentamento*: desidratação do polímero na capota;
- *“Doctoring”*: a lâmina controla a espessura do coating;
- *Cura*: o polímero forma a capa protetora.

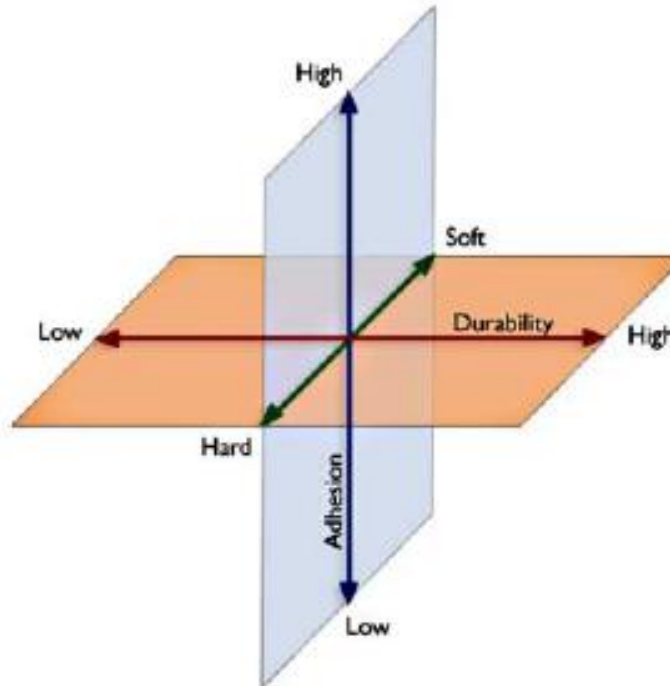
(FONTE: Nalco)

## *Partes do "Coating"*



(FONTE: Hercules)

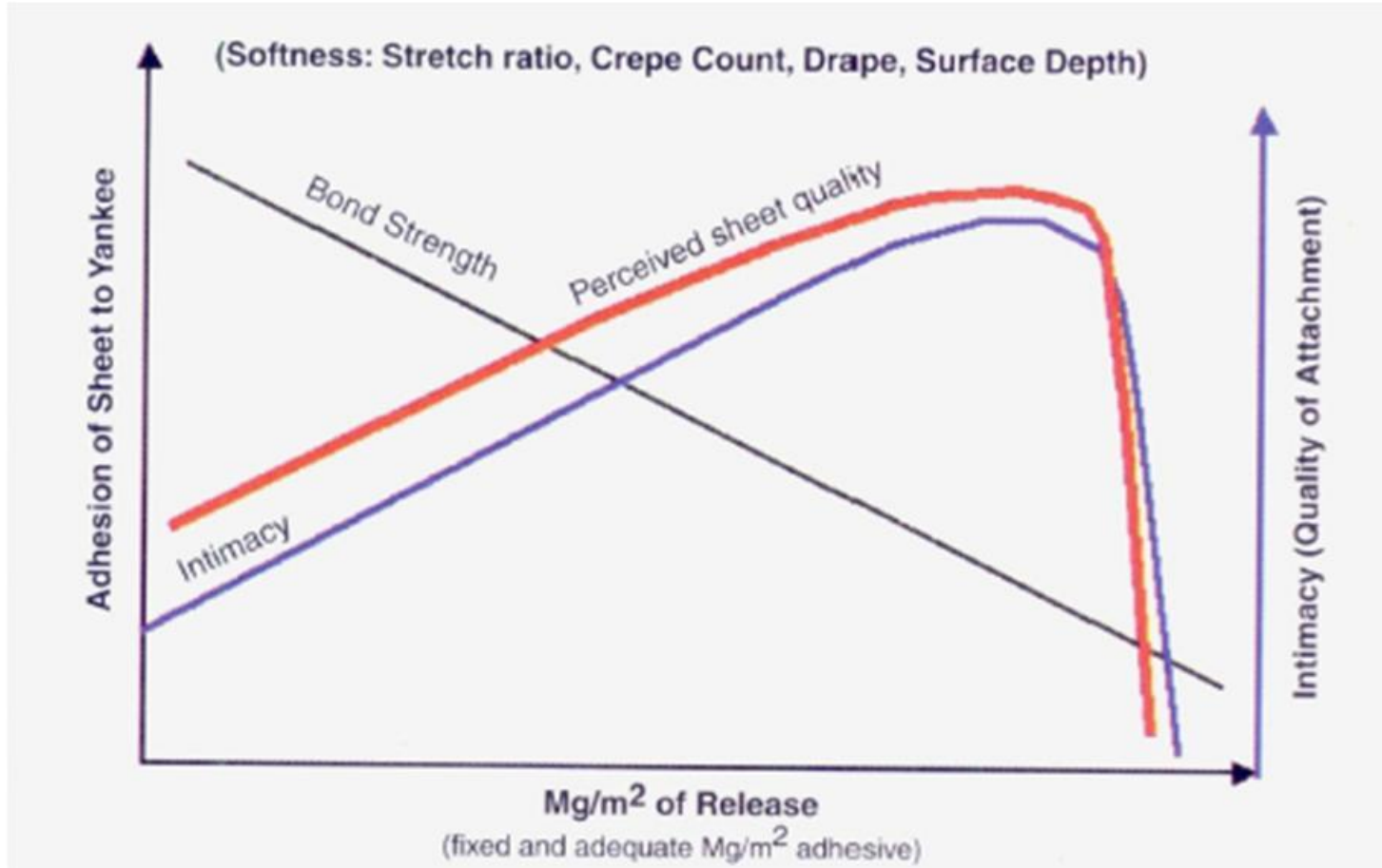
## COATING SPACE™



Coating Space is the proper balancing of additives on the Yankee surface to achieve the desired sheet characteristics of the tissue or towel, and to maximize machine runnability.

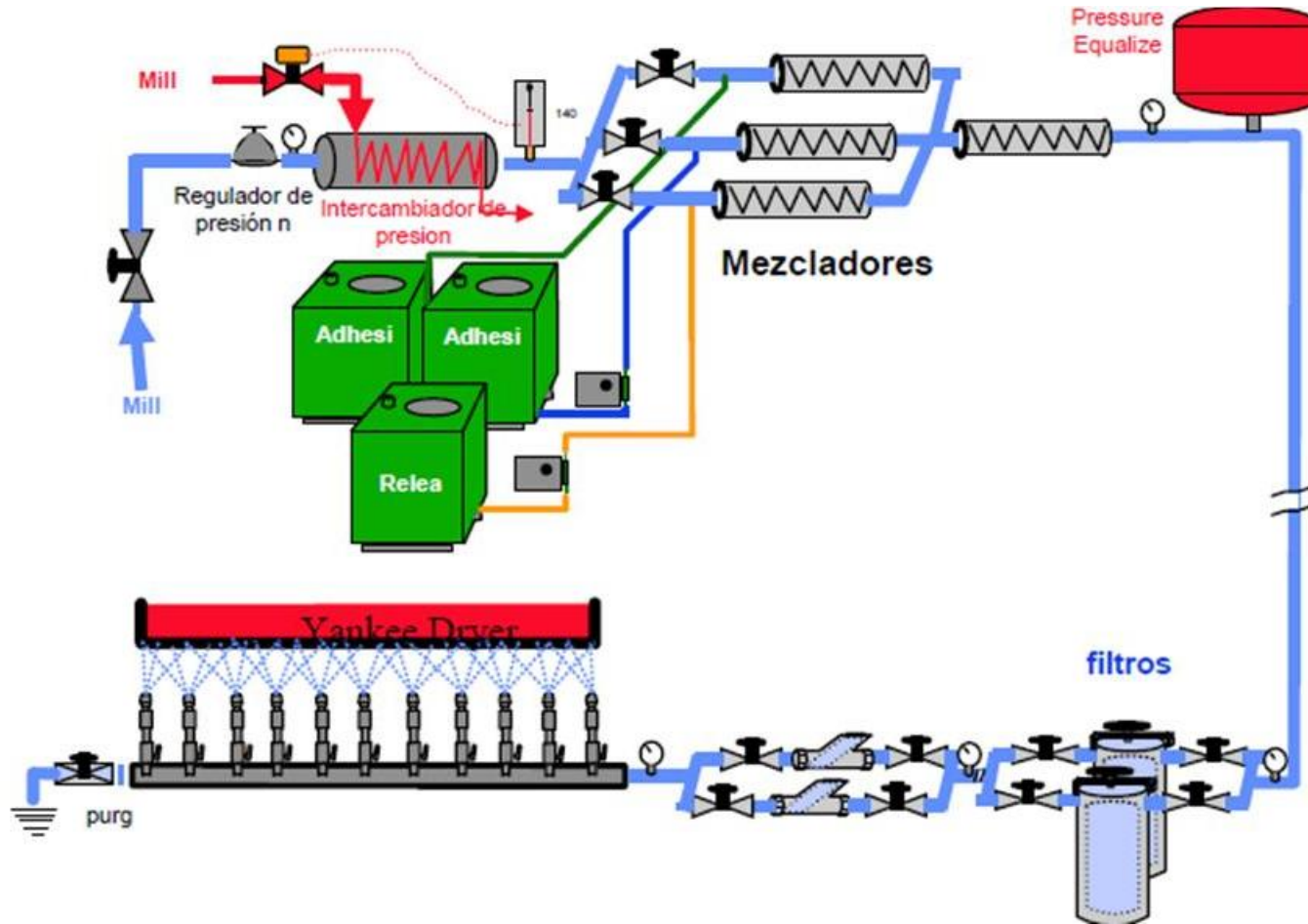
(FONTE: Nalco)

## Dosagem de "release"



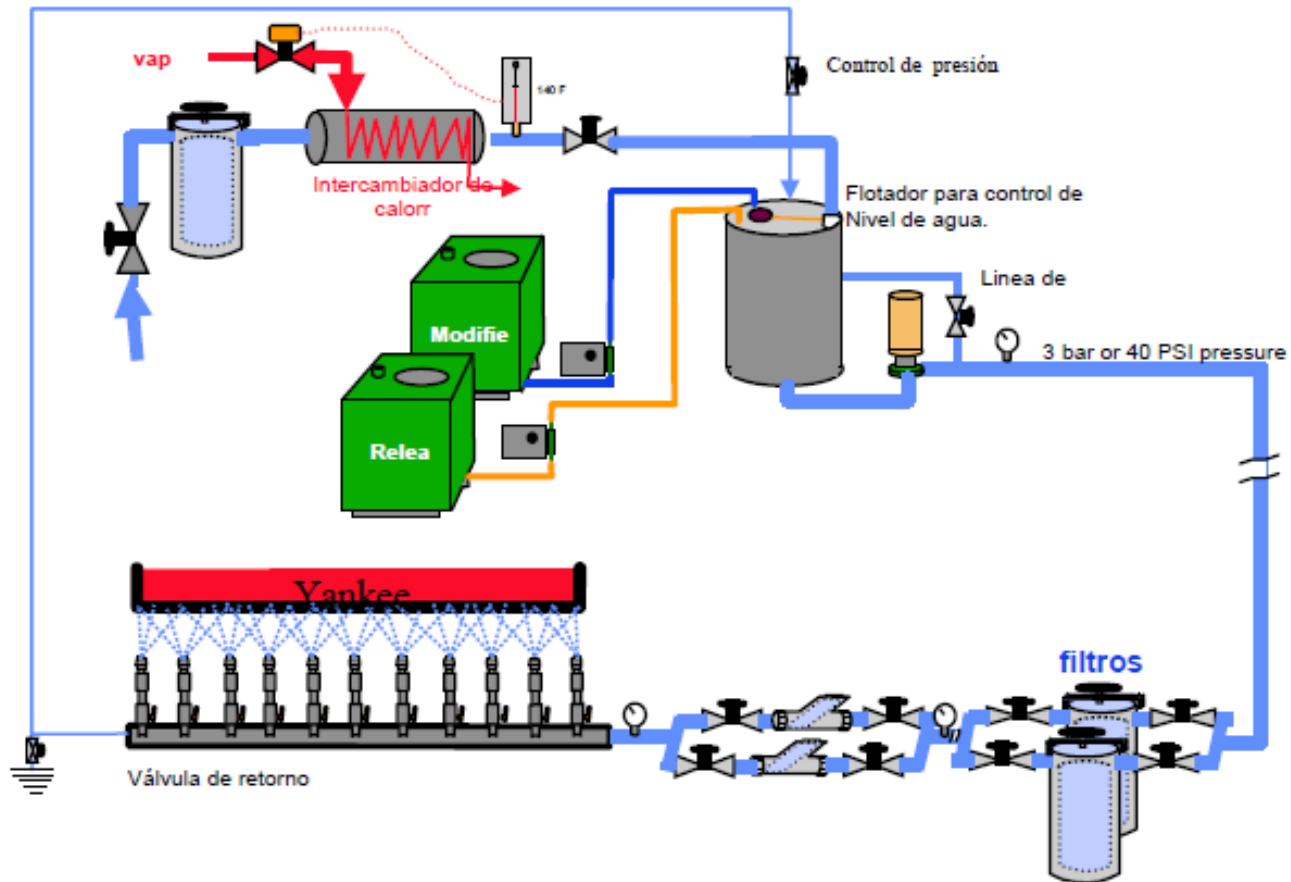
(FONTE: Nalco)

# Sistema de alimentação em linha



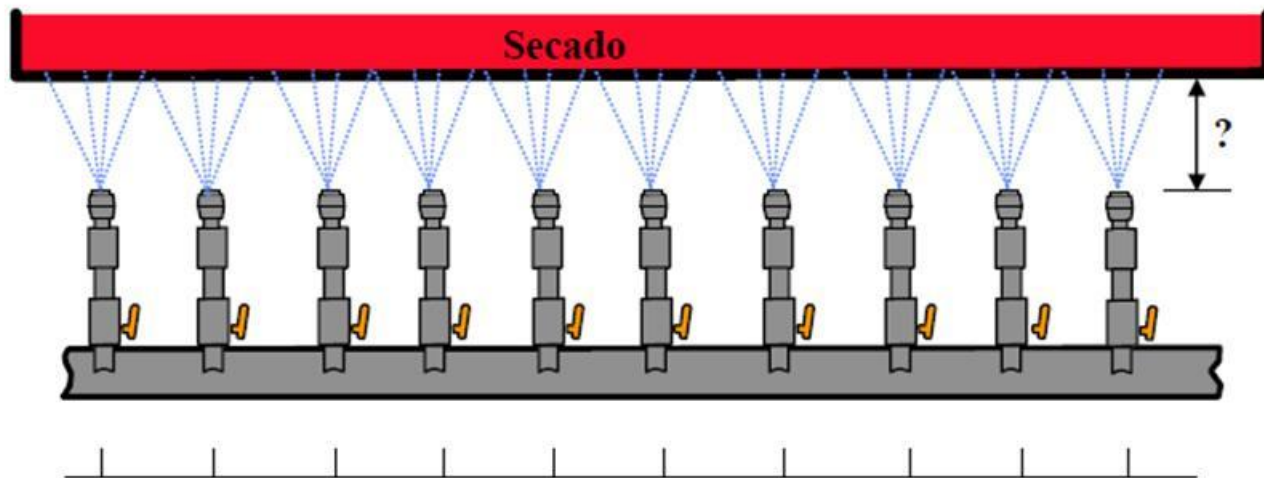
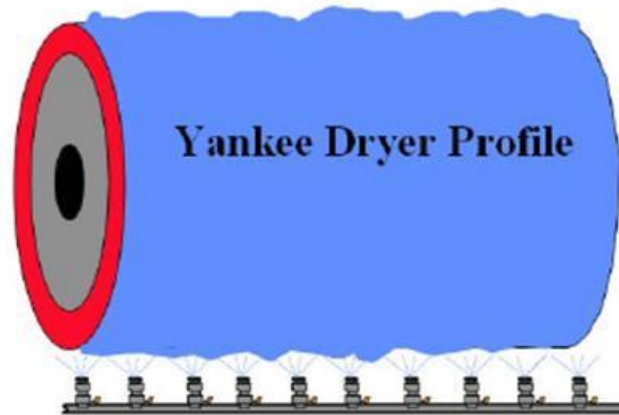
(FONTE: Instituto Politécnico Nacional – México)

# Sistema de preparação com tanque



(FONTE: Instituto Politécnico Nacional – México)

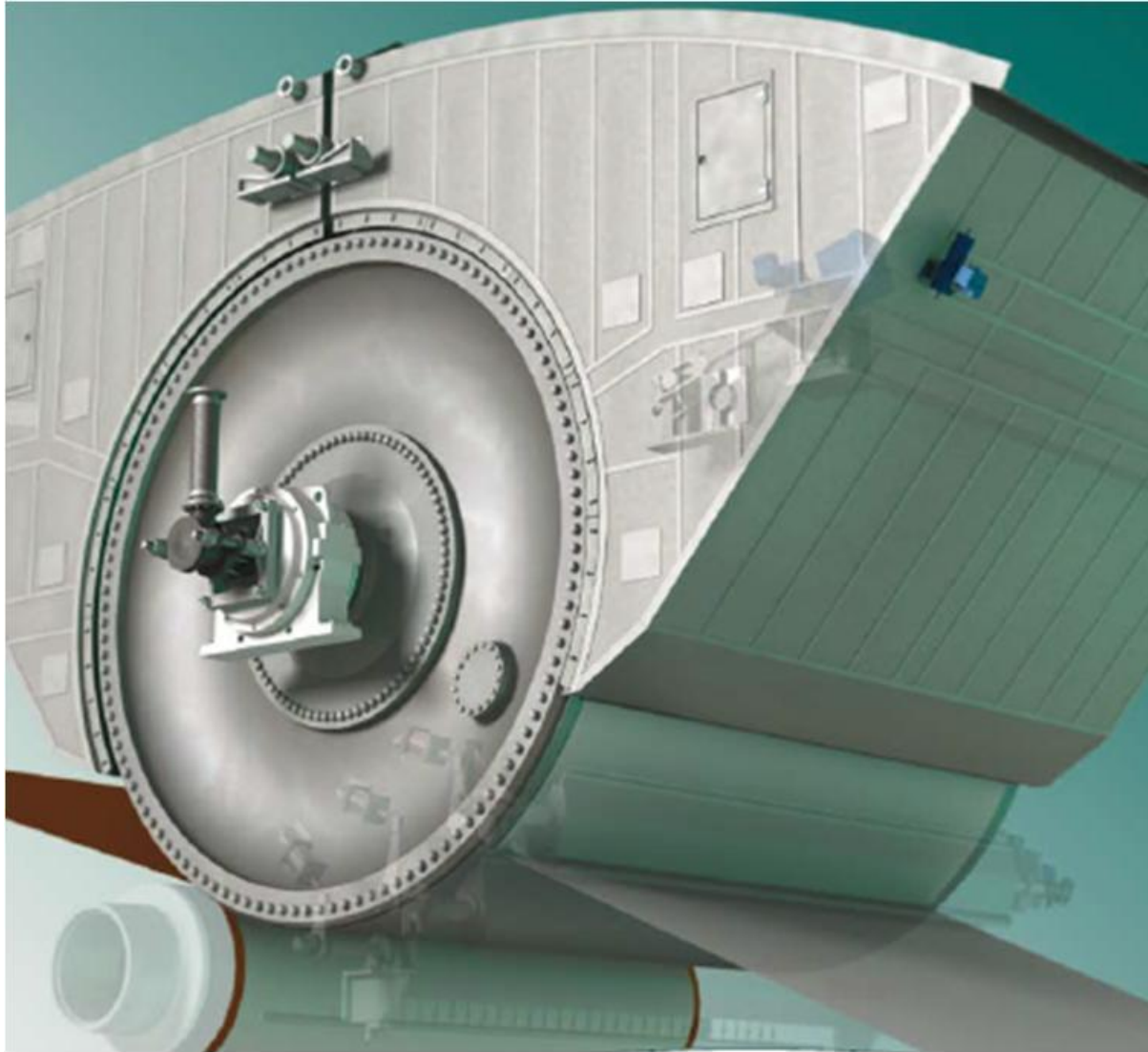
# “Coating Shower”



(FONTE: Instituto Politécnico Nacional – México)

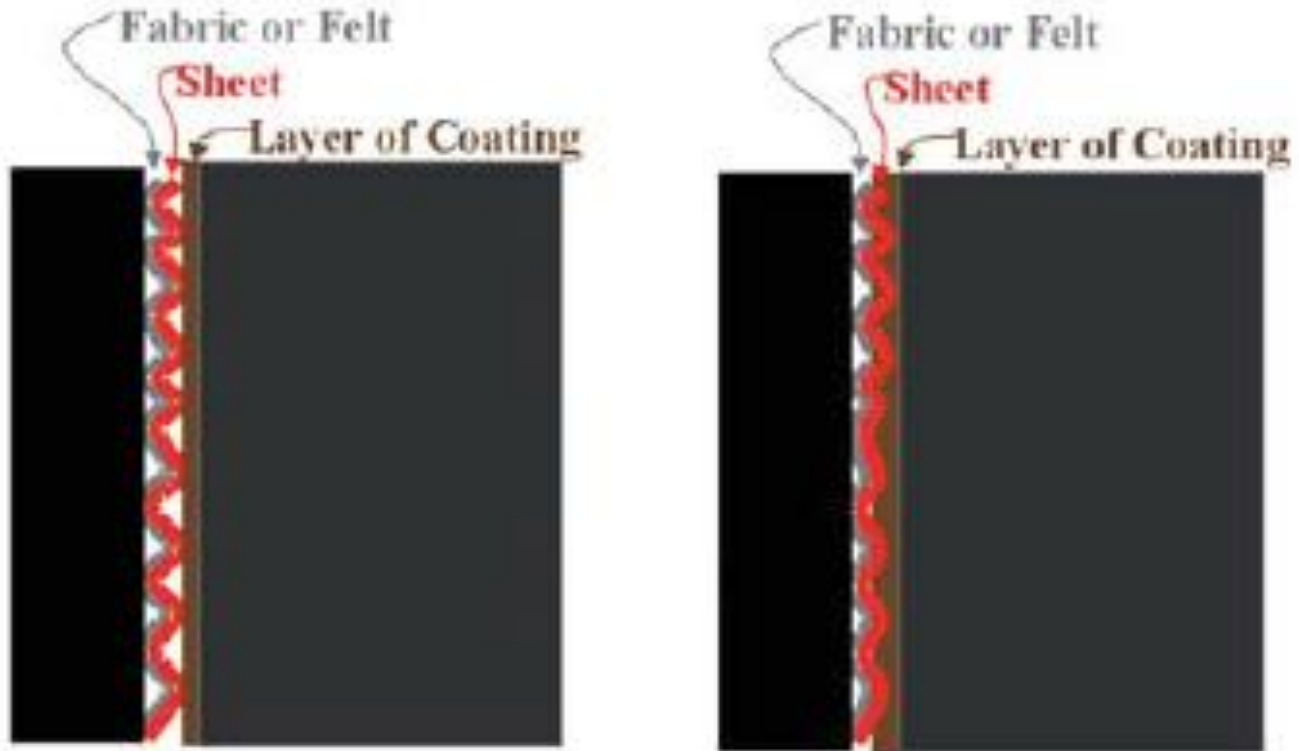


# *“Coating Shower”*



(FONTE: METSO)

# *“Attachment Zone”*



(FONTE: BUCKMAN)

*Superfície do cilindro “Yankee” mostrando o “coating”*

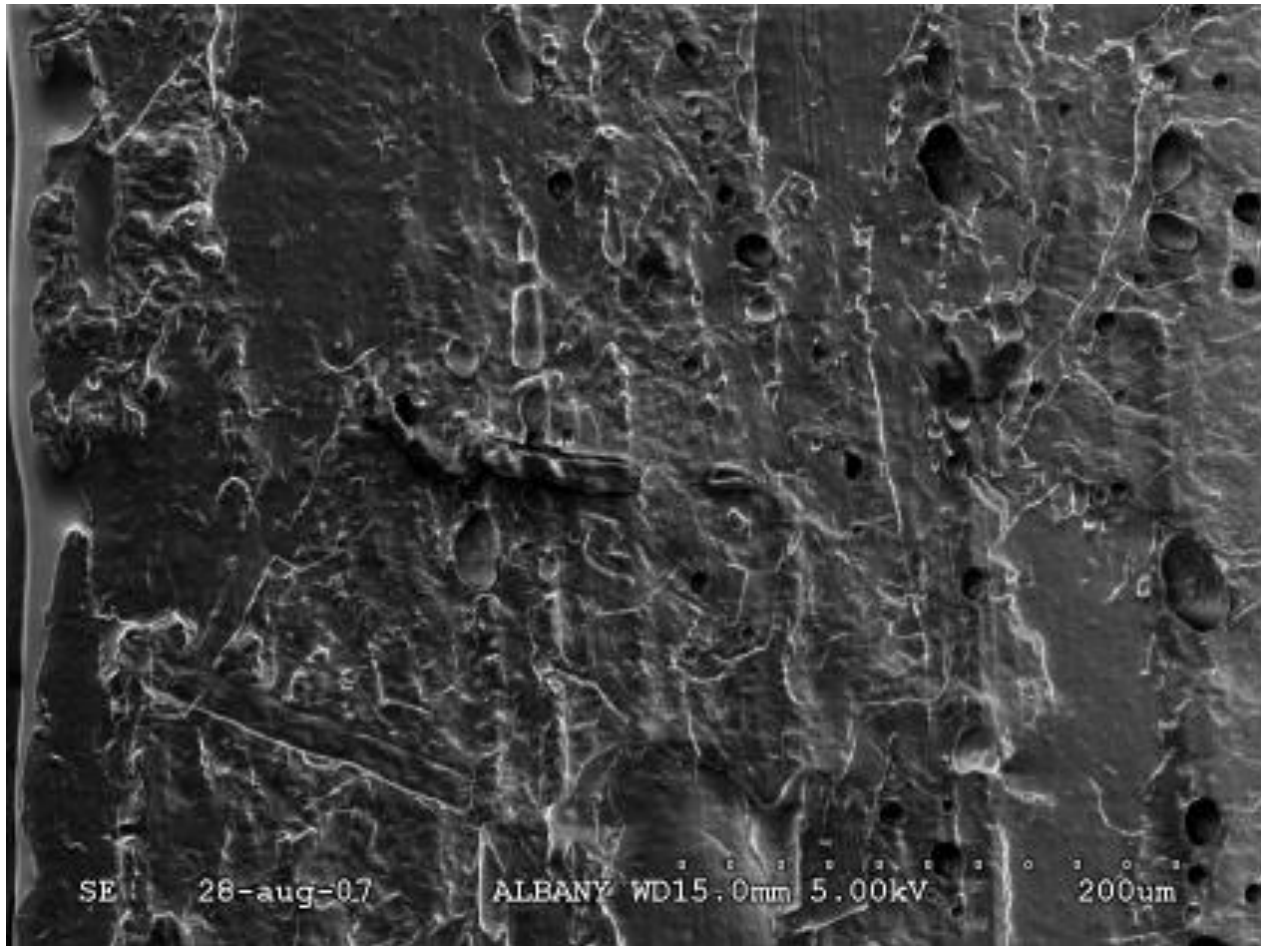
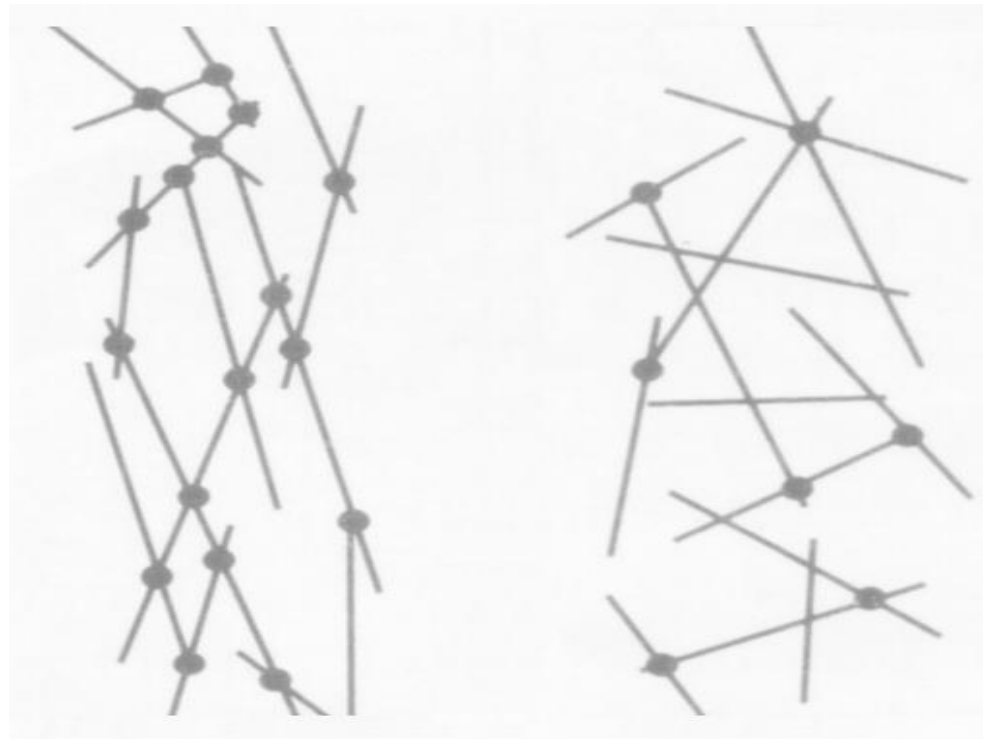


Figura 4.6.10 (FONTE: BTG)

# “Creping”

*Ação da crepagem sobre as ligações entre fibras*



**Antes da crepagem**

**Após a crepagem**

Figura 4.6.01 (FONTE: “La hoja de papel tissue” - NALCO Colômbia)

## Teoria do “creping”

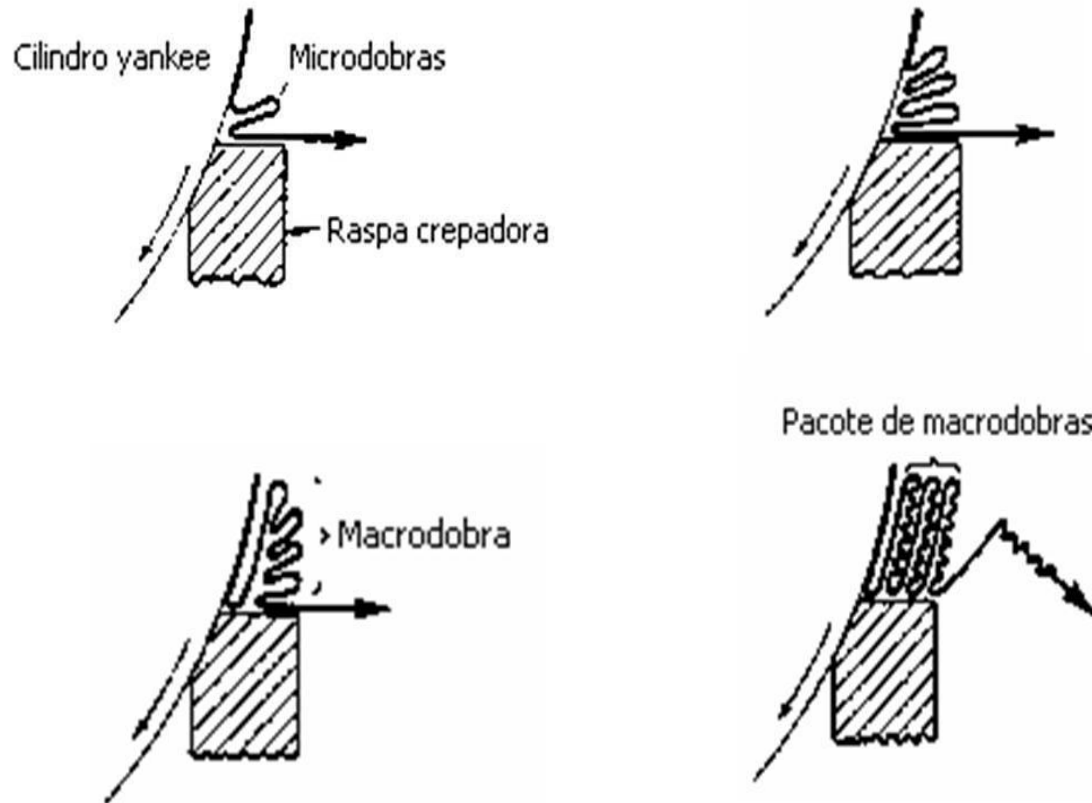
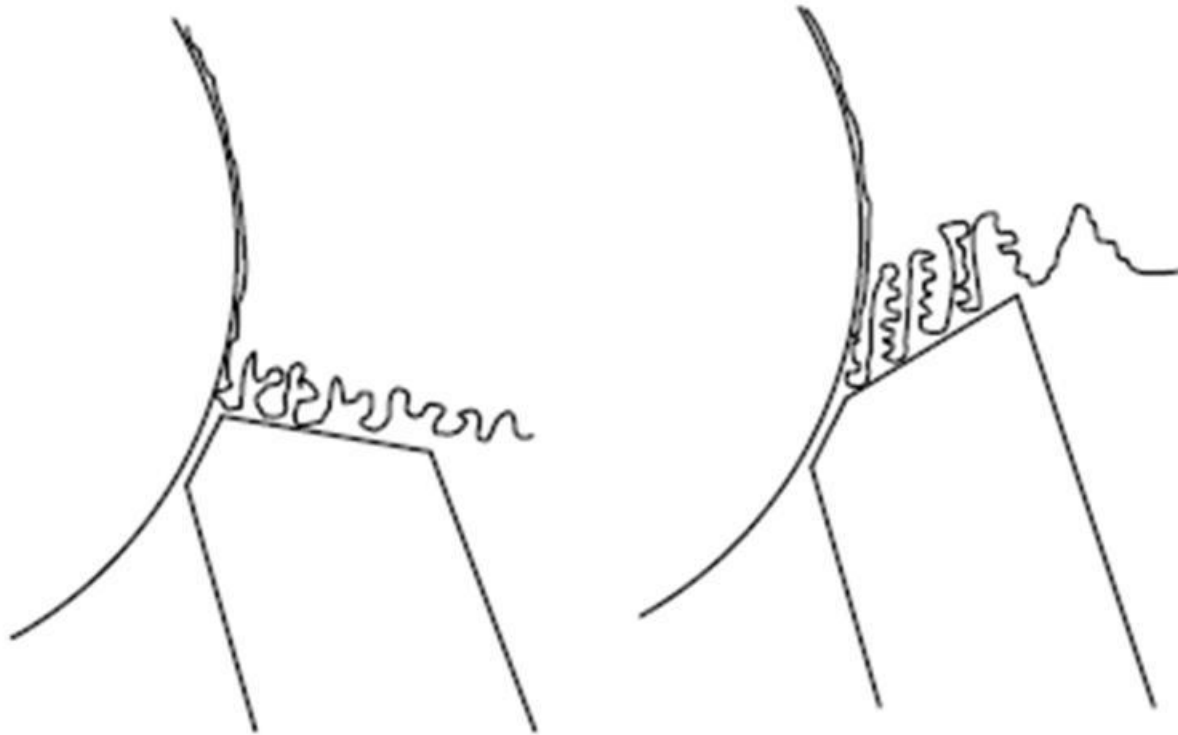


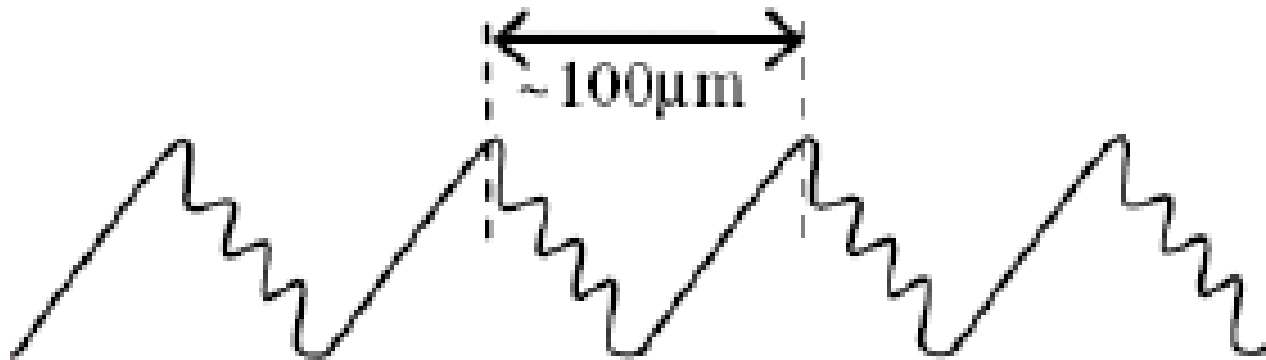
Figura 4.6.02 a 4.6.05 (FONTE: “La hoja de papel tissue” - NALCO Colômbia)

## Ângulo do bolsão x “creping”



(FONTE: Karlstads Universitet)

## *Comprimento de onda do “creping”*



*(FONTE: Karlstads Universitet)*

## Ângulo do bolsão x “creping”

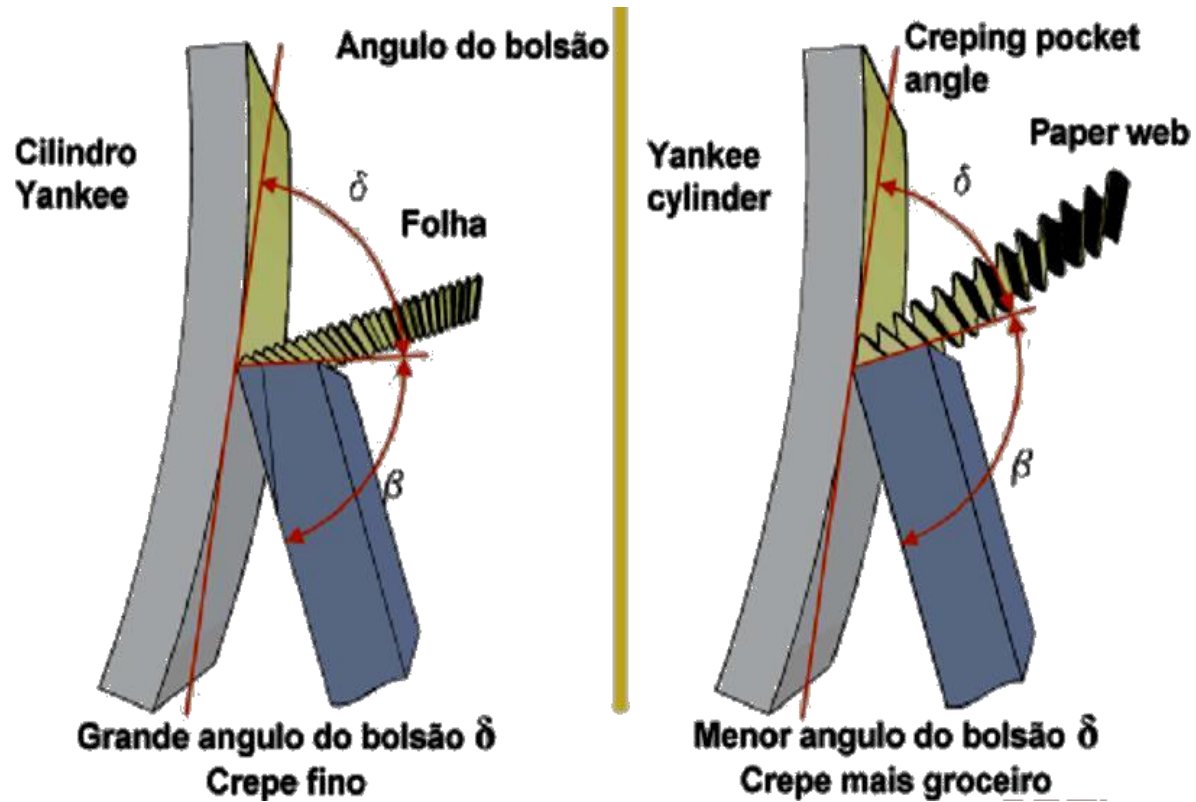
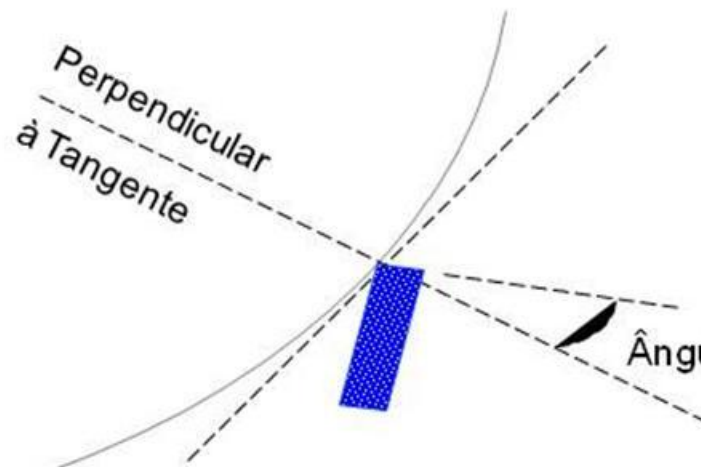
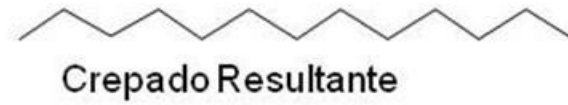
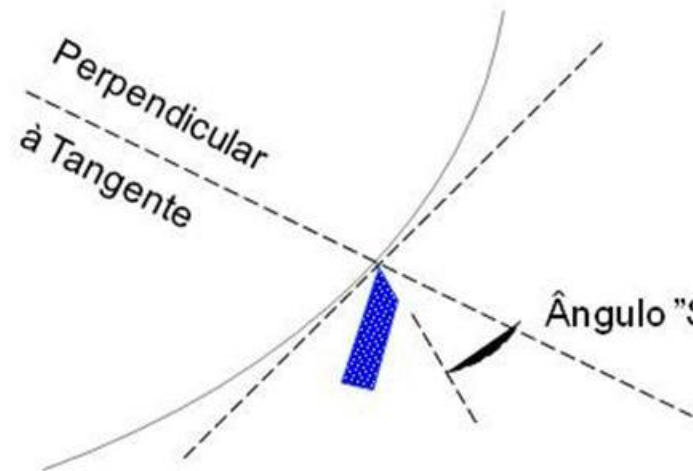


Figura 4.6.06 (FONTE: indeterminada)



# Efeito do ângulo "Shelf"



(FONTE: Hercules)

## *Formação das micro e macrodobras*

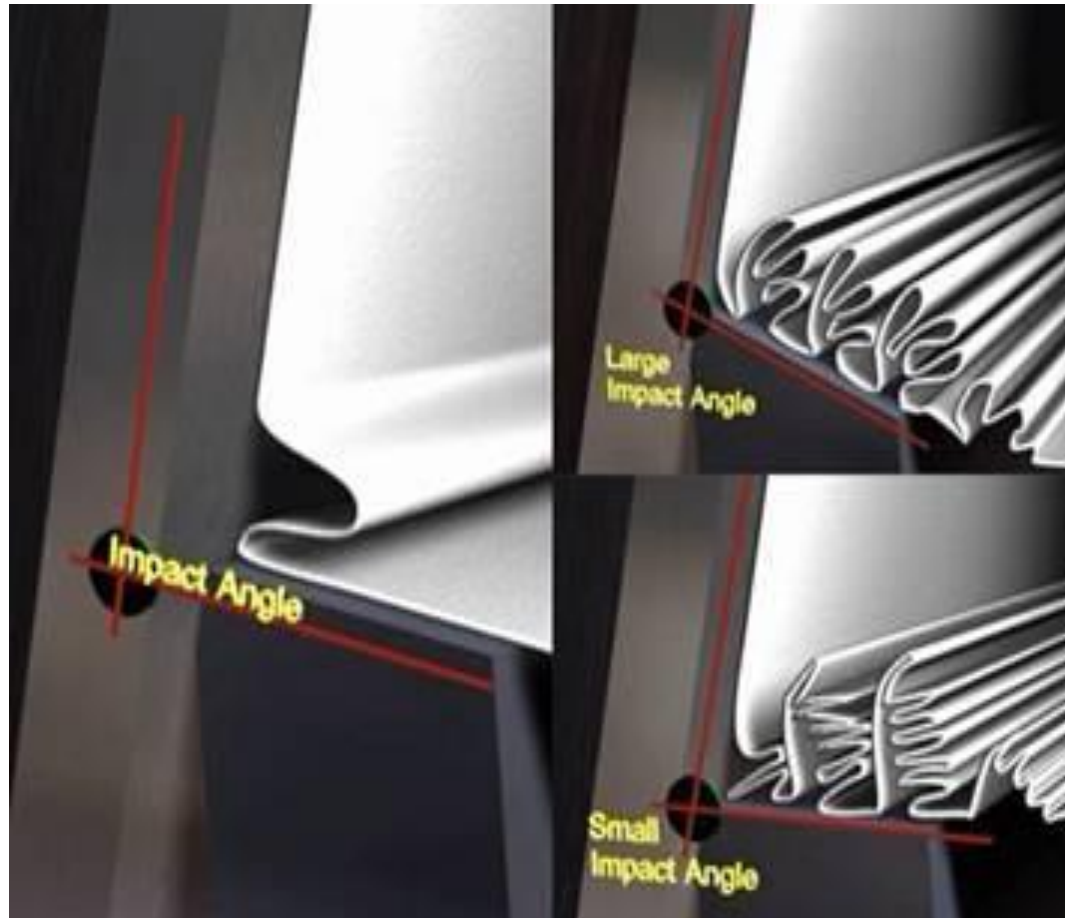


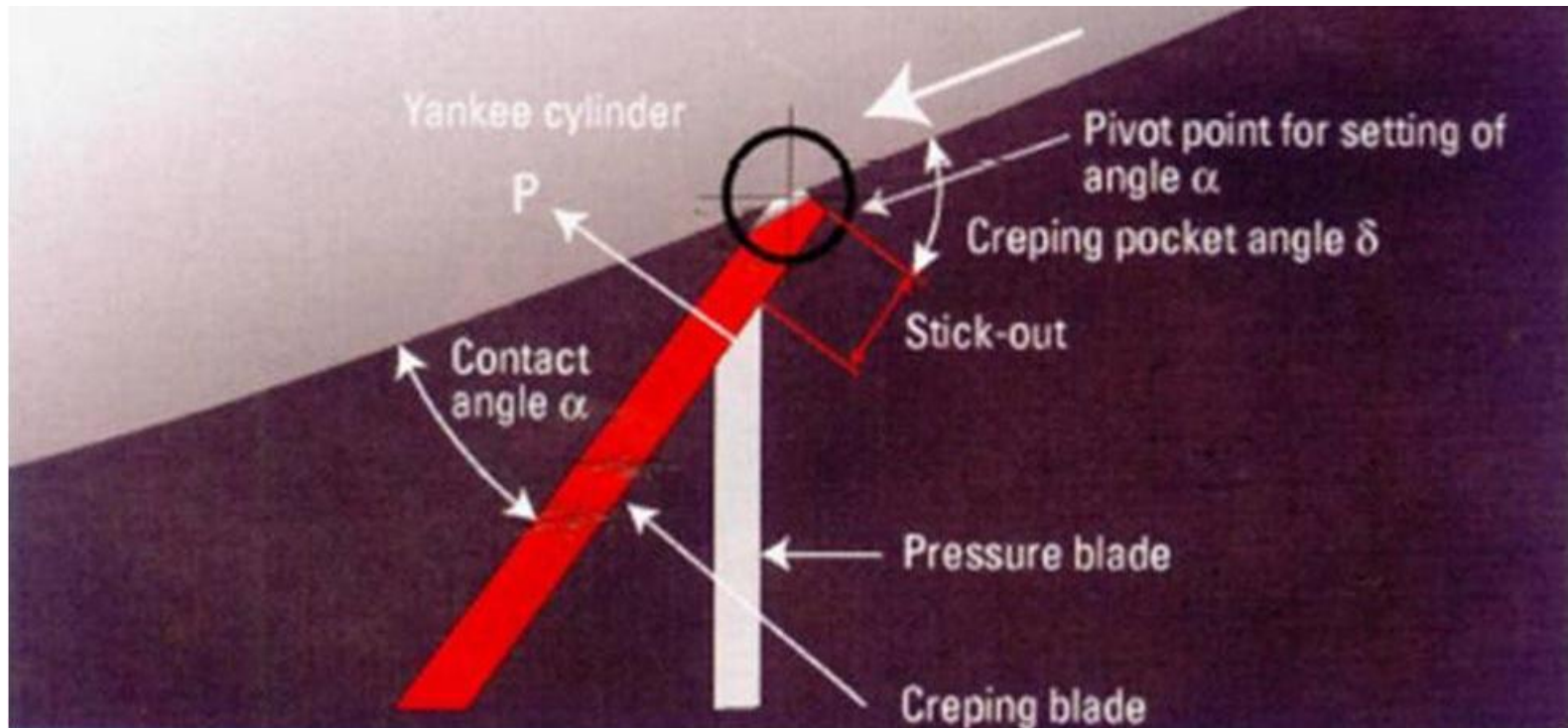
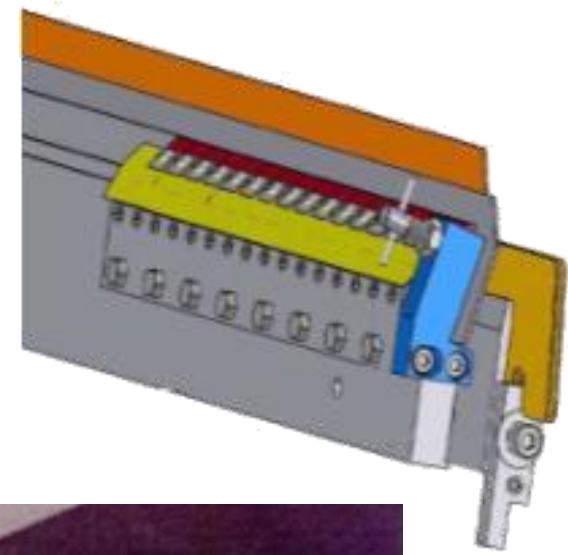
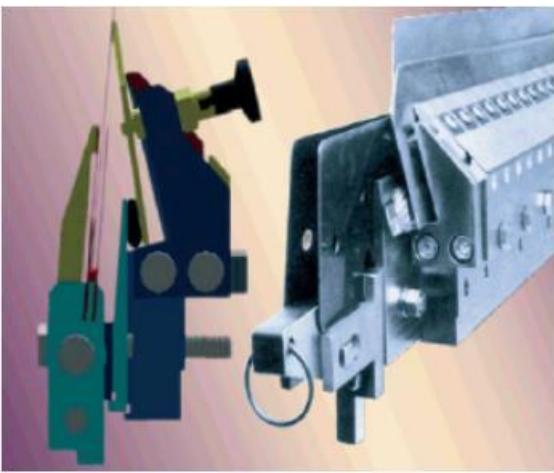
Figura 4.6.07 (FONTE: Hércules)

*Foto do sistema de crepagem*



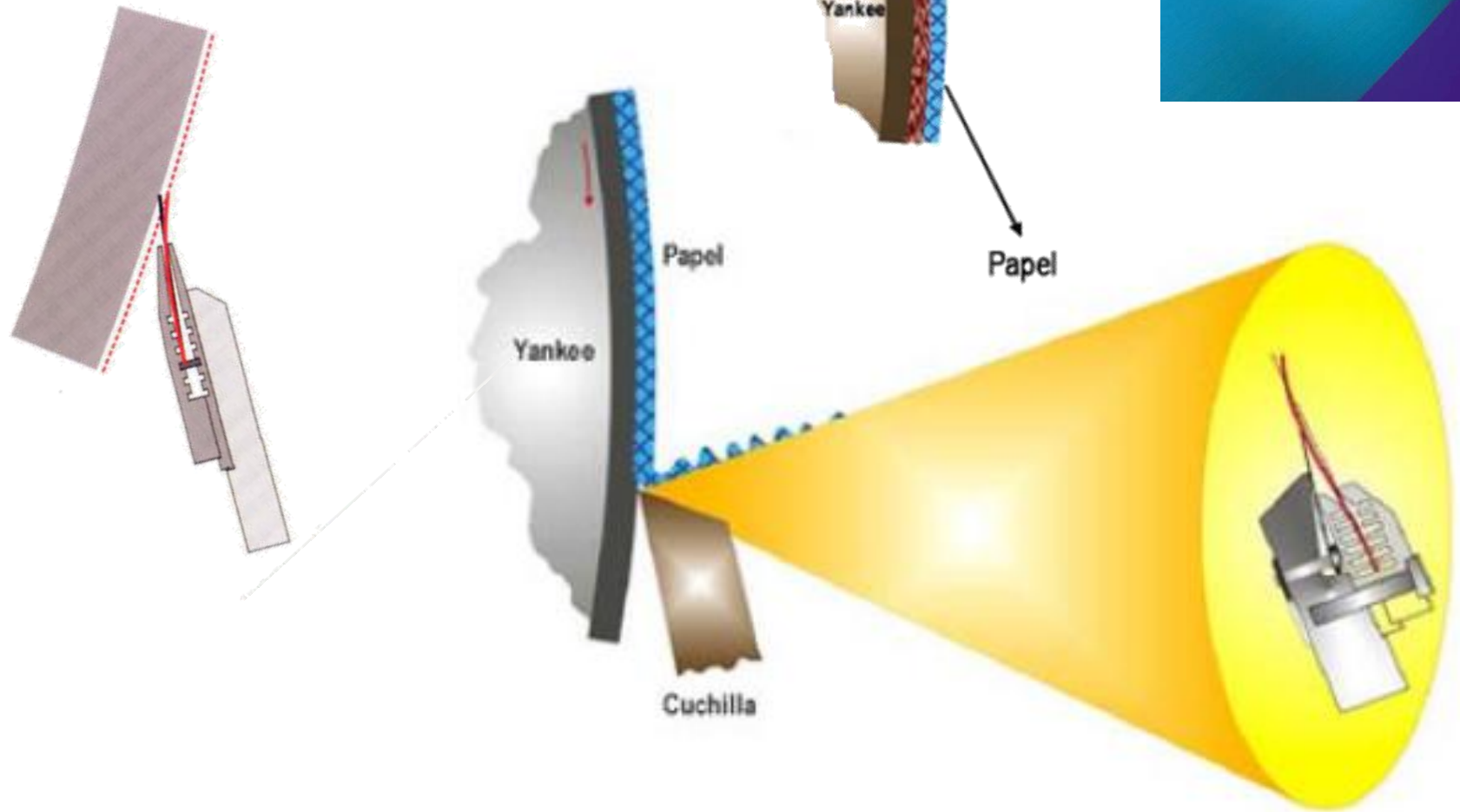
(FONTE: BTG)

## *Geometria da raspa*



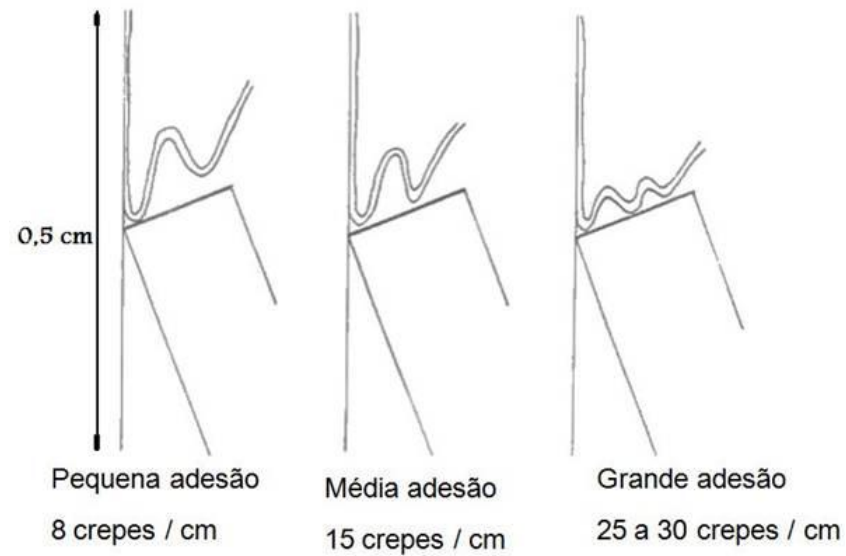
(FONTE: Tissue World / CBTI)

# Deflexão da raspa



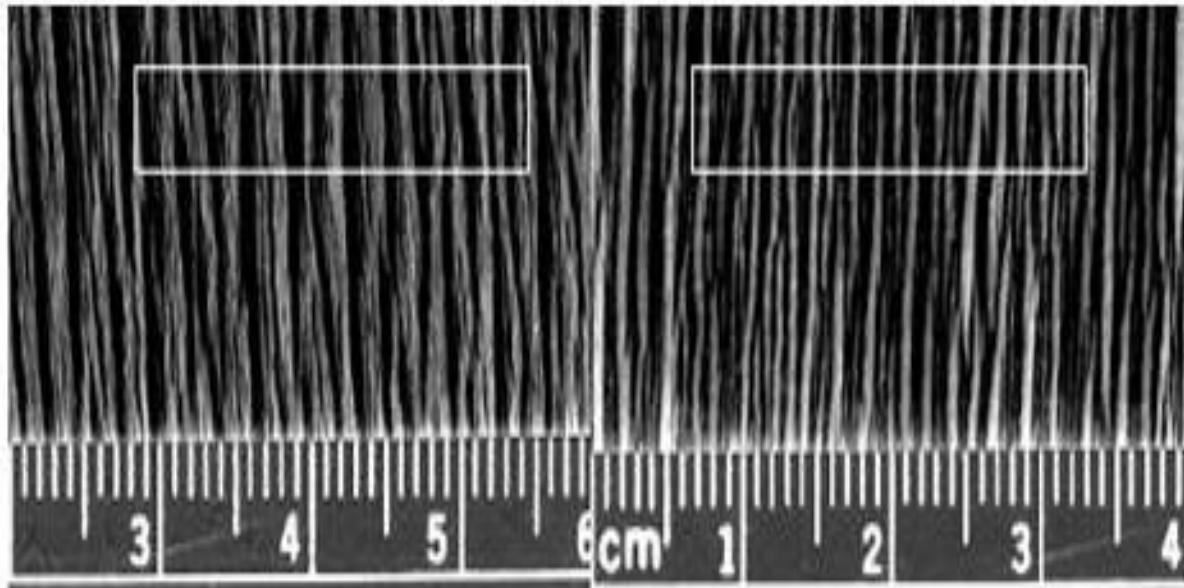
(FONTE: Instituto Politécnico Nacional – México)

## *Ação da adesão do cilindro*



*Figura 4.6.08 (FONTE: indeterminada)*

## *Medição do crepe*



*Figura 4.6.09 (FONTE: indeterminada)*

## Geometria da lâmina

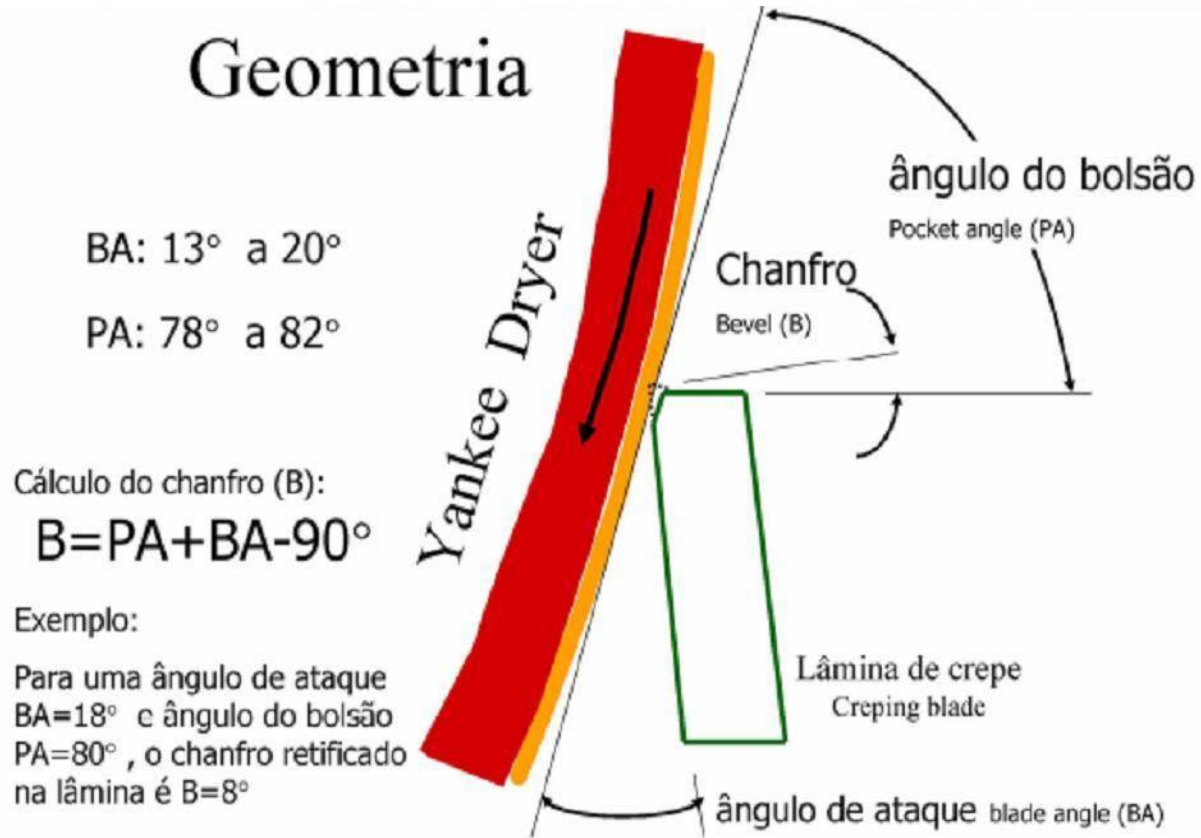


Figura 4.6.10 (FONTE: indeterminada)



## Maciez x espessura x comprimento de onda

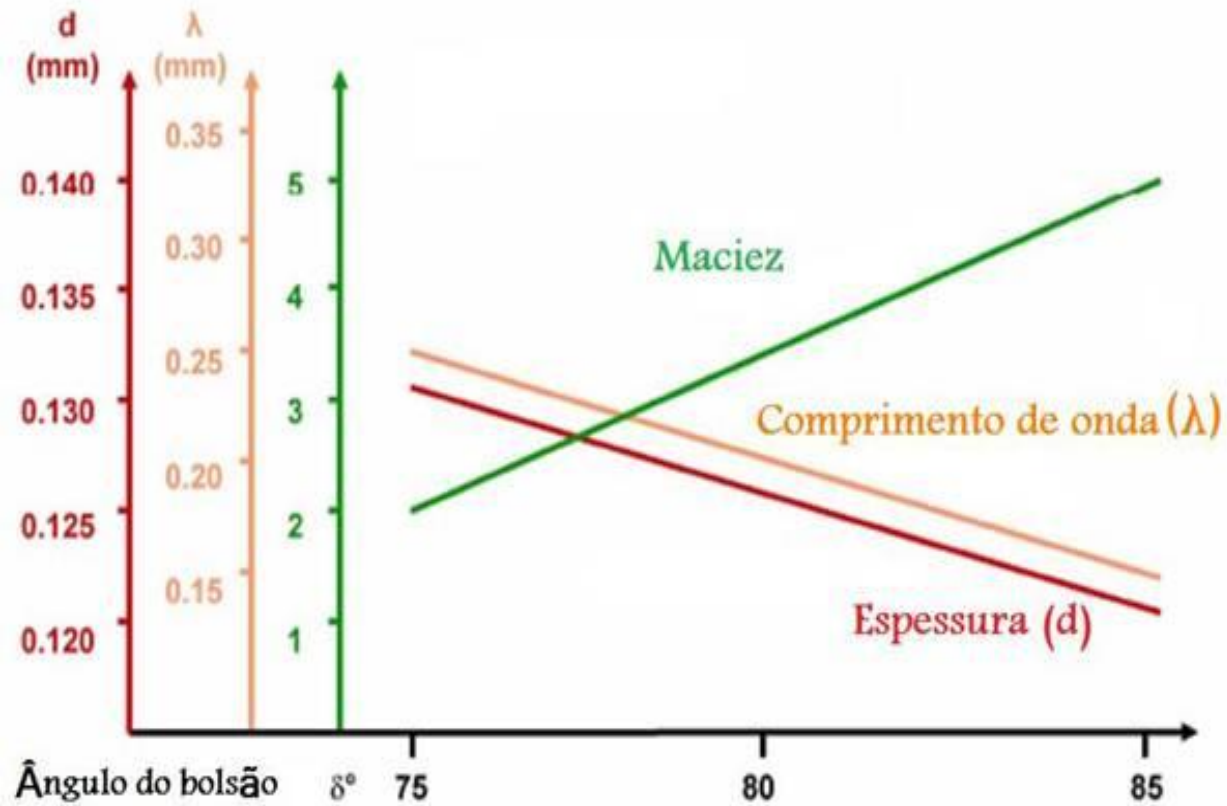
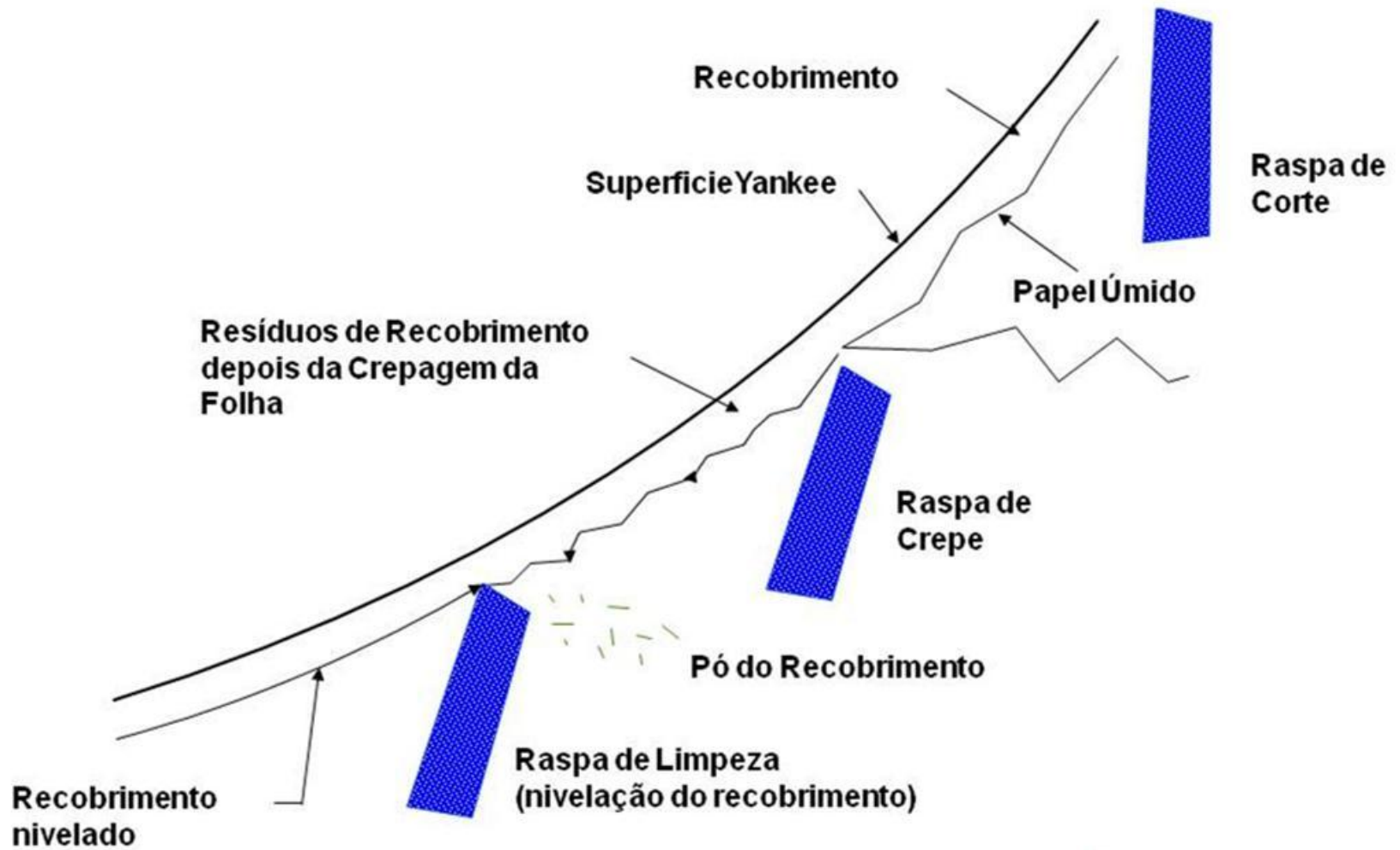


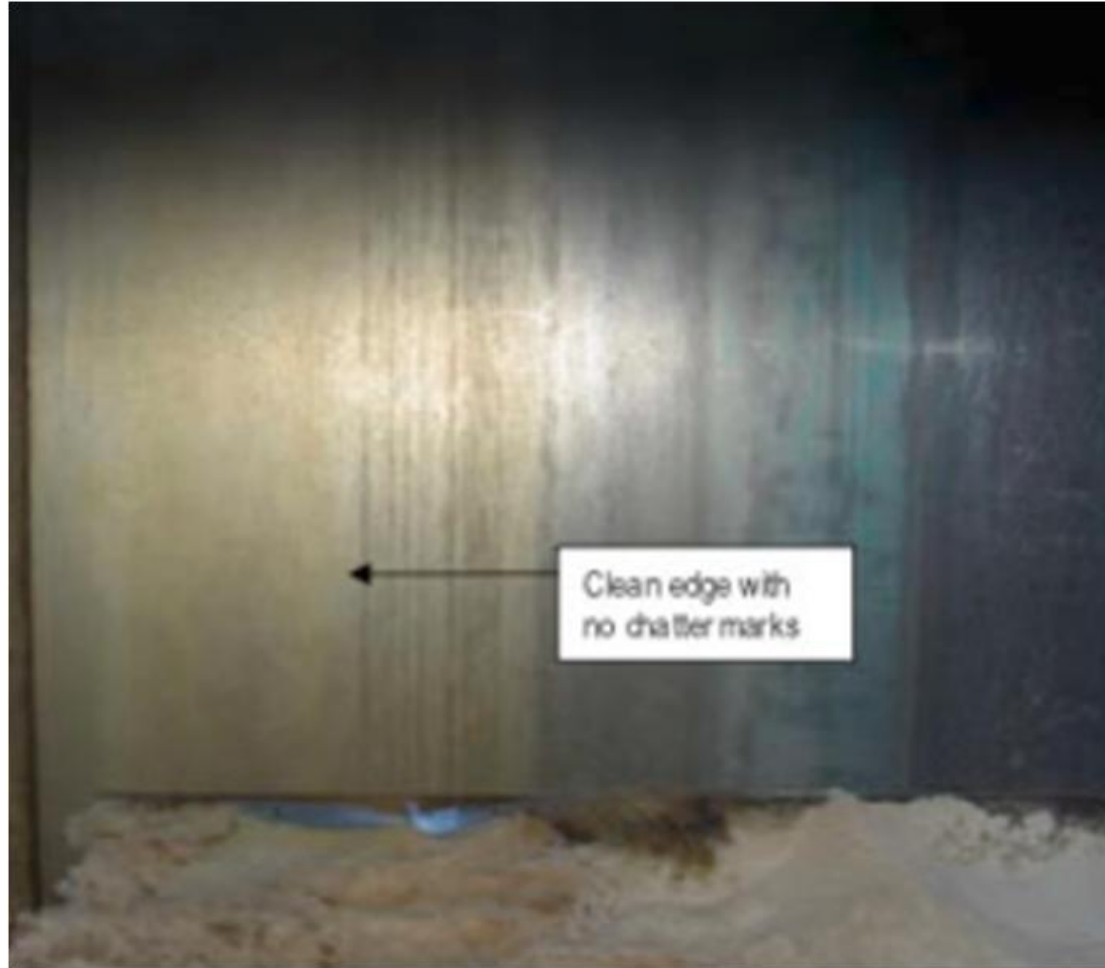
Figura 4.6.10 (FONTE: indeterminada)

# Utilização da raspa de limpeza



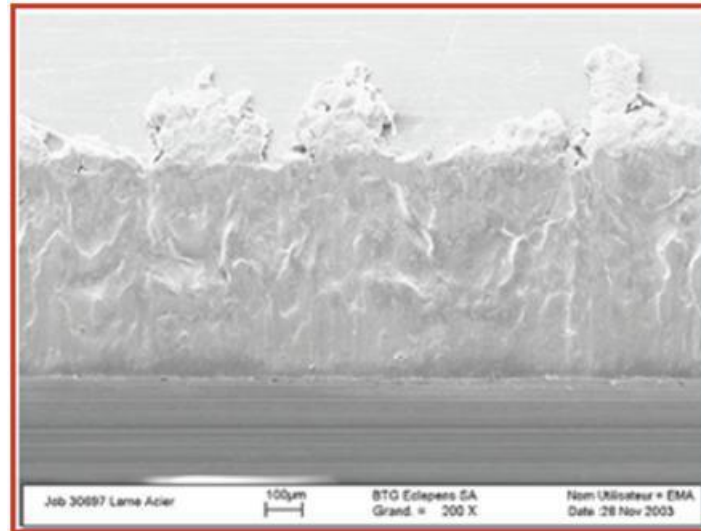
(FONTE: Hercules)

## *“Chatter marks”*

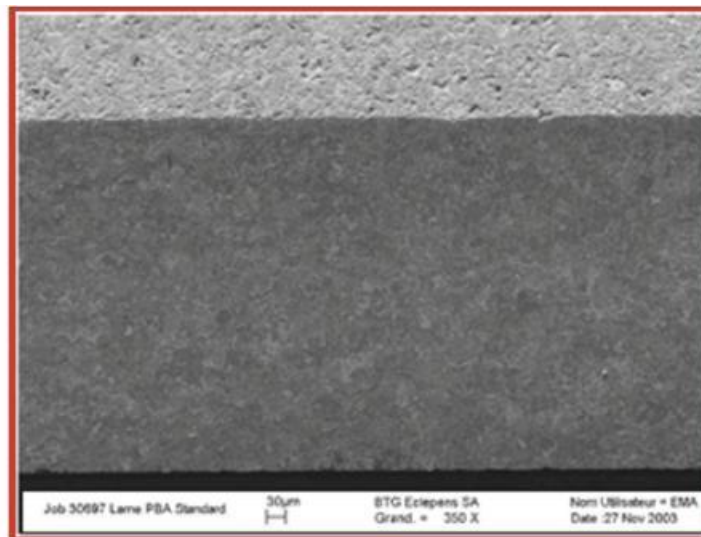


(FONTE: BTG)

# *Desgaste de raspas*



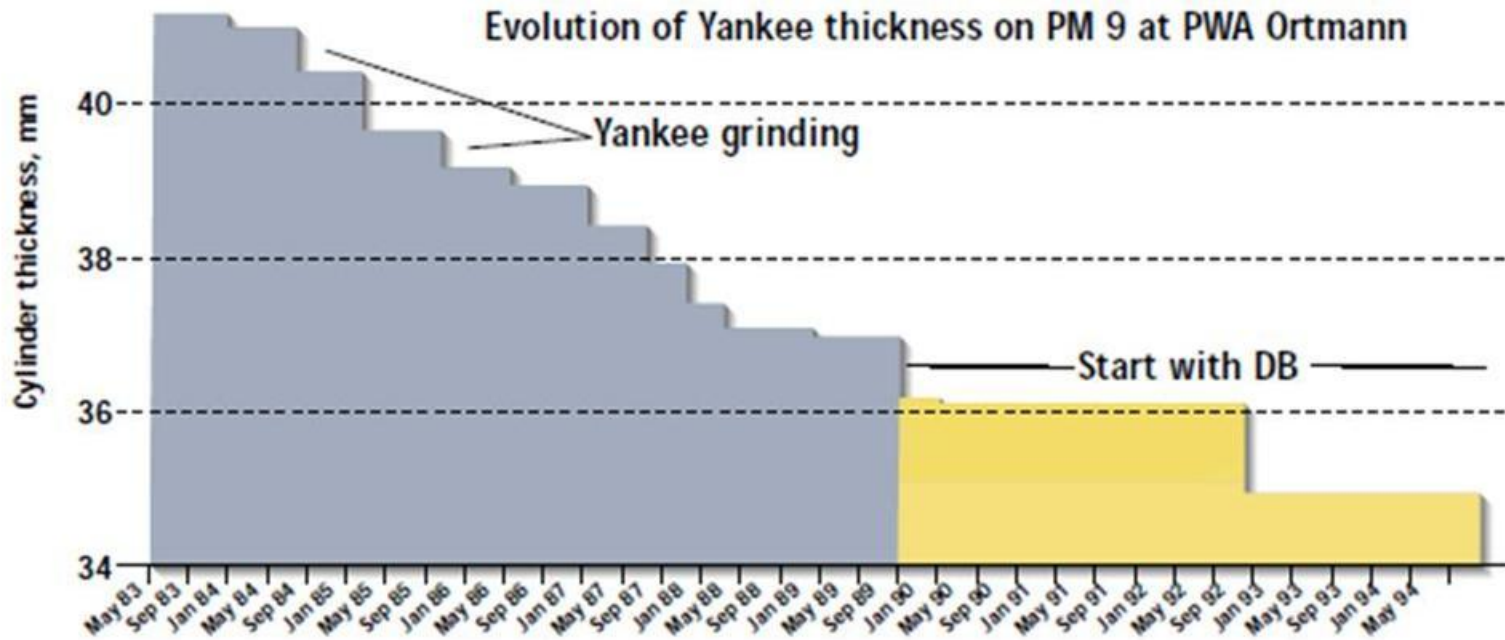
*Raspa de aço*



*Raspa de cerâmica*

(FONTE: BTG)

# Exemplo de desgaste do cilindro “Yankee”



(FONTE: Papermaking Science and Technology)

# Crepagem: etapa que define a qualidade do "tissue"



(FONTE: CBTI)

# *Final da máquina de papel: captação de pó*

## *captação de pó*

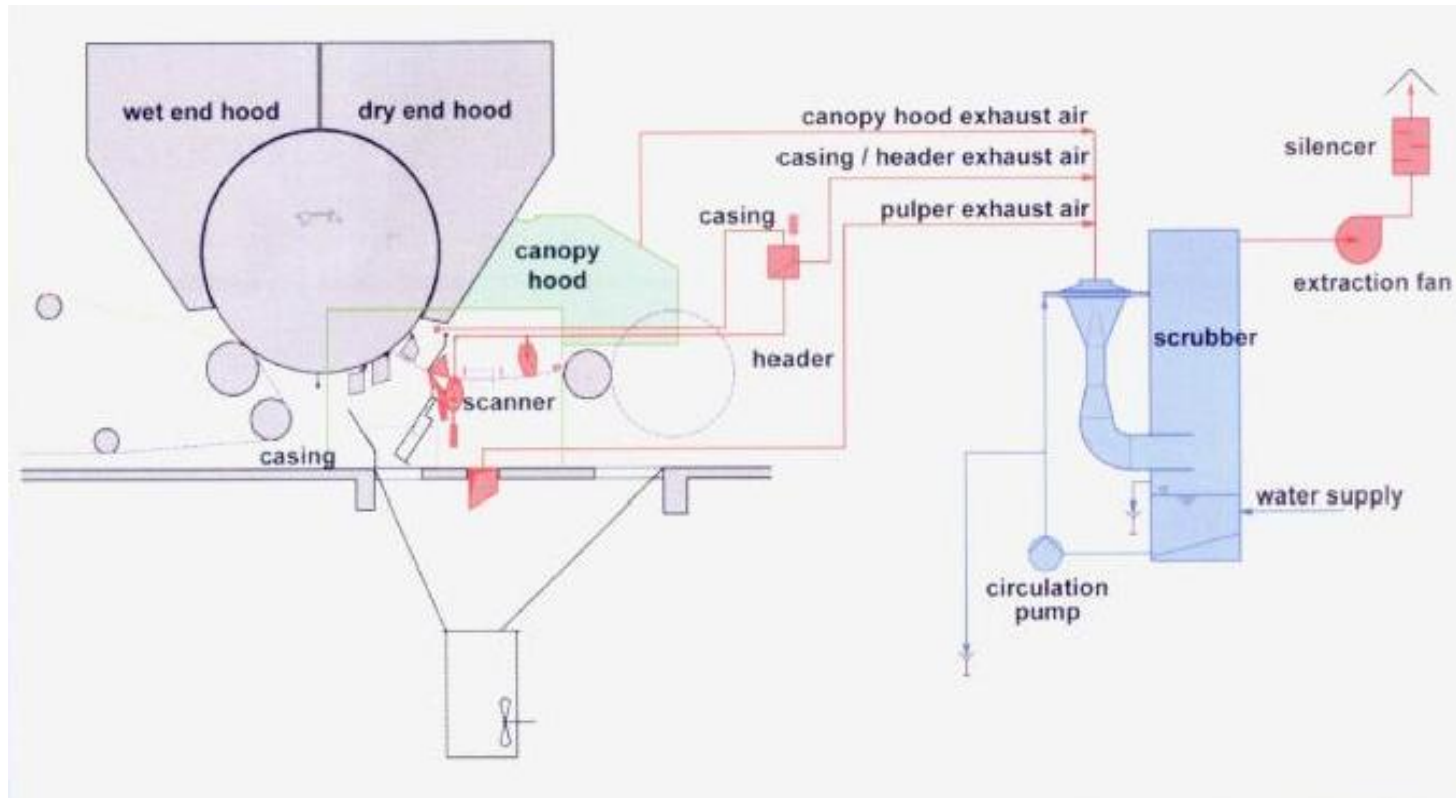


Figura 5.1.01 (FONTE: Tissue World)

*Final da máquina de papel:  
captação de pó*

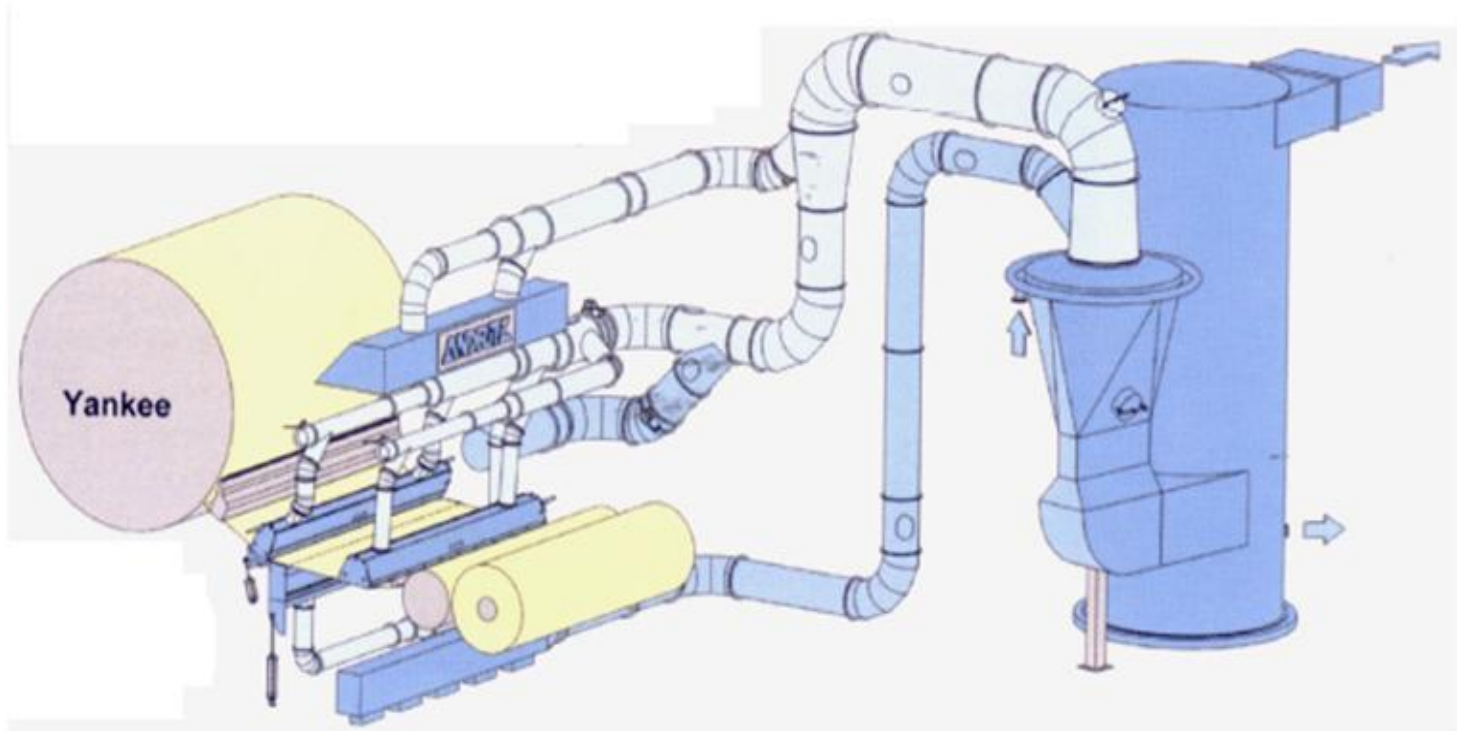


Figura 5.1.02 (FONTE: Tissue World)



# *Final da máquina de papel: enroladeira*

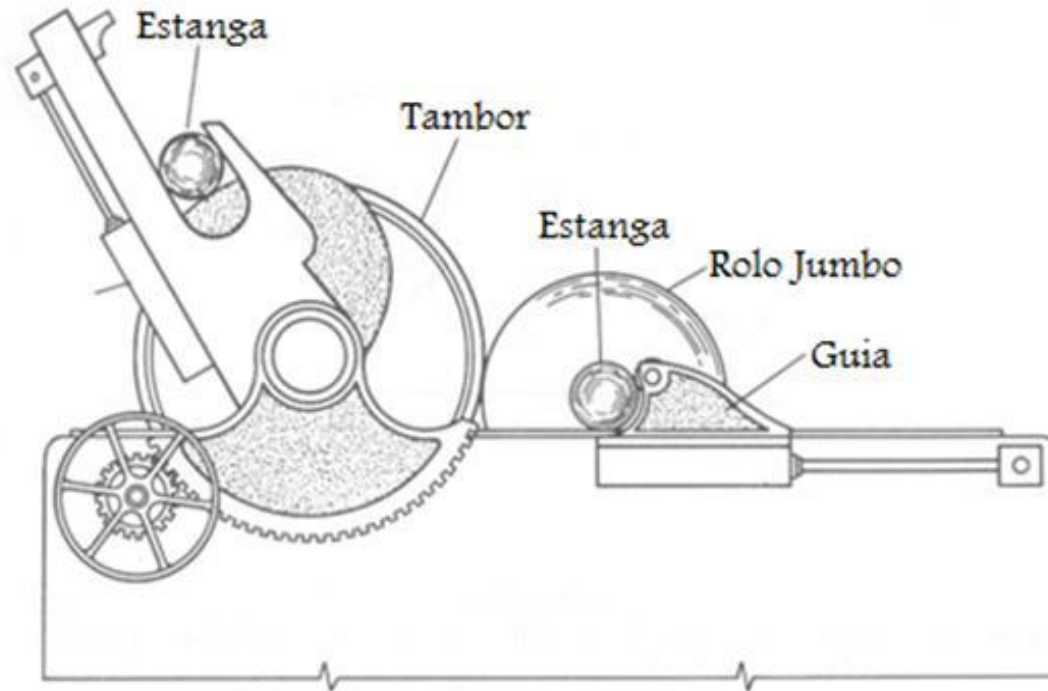


Figura 5.3.01 (FONTE: Curso básico de fabricação de papel – ABTCP)