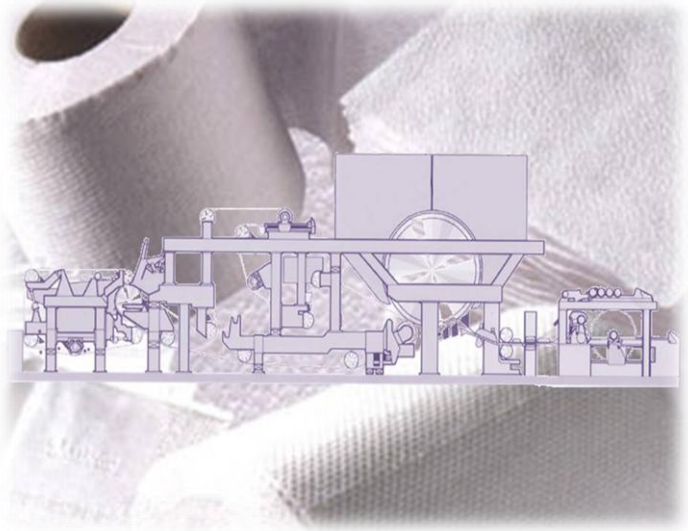
Curso básico de fabricação de papel tissue



Joinville, 2010

Instrutor:

Edison da Silva Campos

1. Breve histórico dos papéis "tissue" e primeiras máquinas que utilizaram cilindro "Yankee"

Breve histórico dos papéis "tissue"

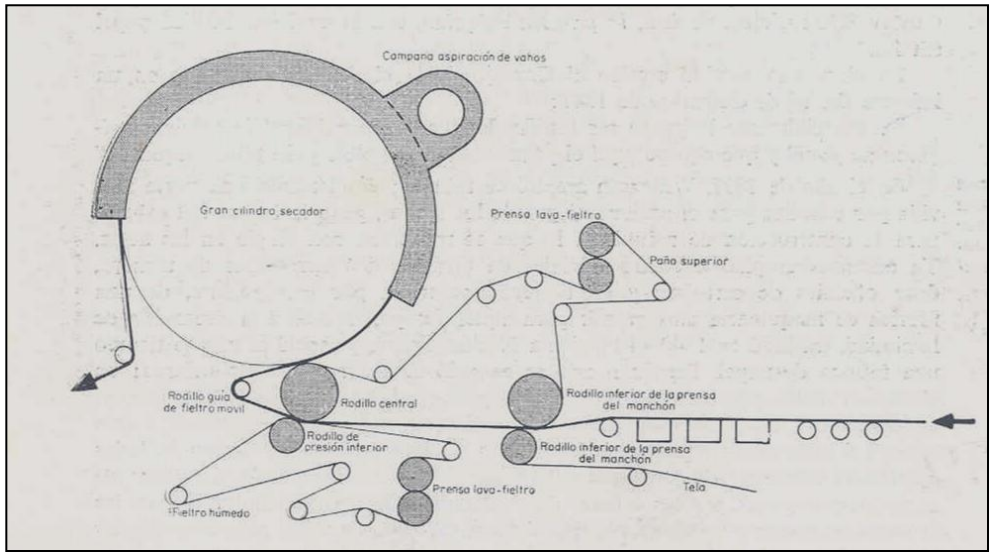
Primeira patente para papel toalha foi obtida em 1871 (papel substituto das toalhas). Secagem sem prensagem prévia, amassado sobre uma superfície áspera para desprender as fibras e obter um papel flexível com uma superfície áspera e enrugada para limpar melhor a face e mãos.

Primeiros ensaios de fabricação em máquina de papel "tissue" crepado em 1889. Nesta data, William Lysle realizou um descobrimento da indústria de papel "tissue" crepado, obtendo a primeira patente de papel crepado com uma raspa que força a folha úmida contra uma superfície em rotação, primeiro contra a prensa do rolo "couch", assim como nos rolos da primeira e última prensa resultando em uma folha de papel poroso e absorvente.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Primeira máquina "Yankee": Oeschelhauser, 1827

Alguns avanços no modelo original



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

2. Tipos de papéis "tissue" e classificação ABNT

Produtos "tissue"

Estes produtos possuem gramatura final variando entre 11 e 40 g/m² e os produtos acabados podem ser encontrados da seguinte maneira:

FOLHA SIMPLES

FOLHA DUPLA

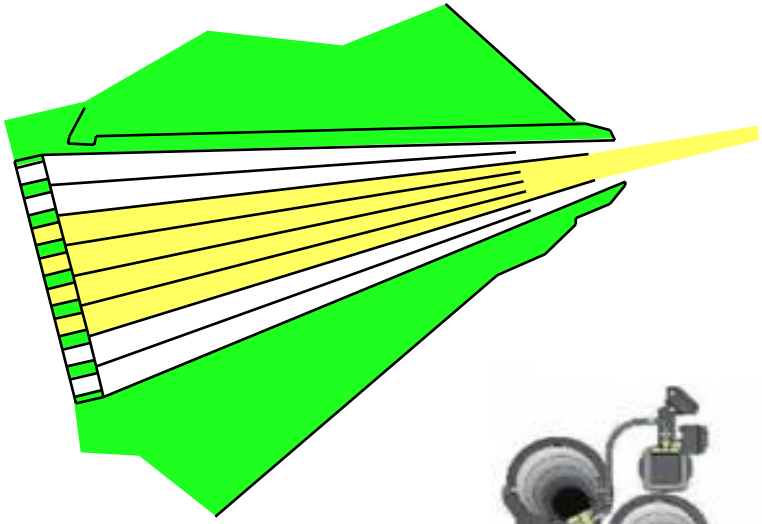
FOLHA TRIPLA

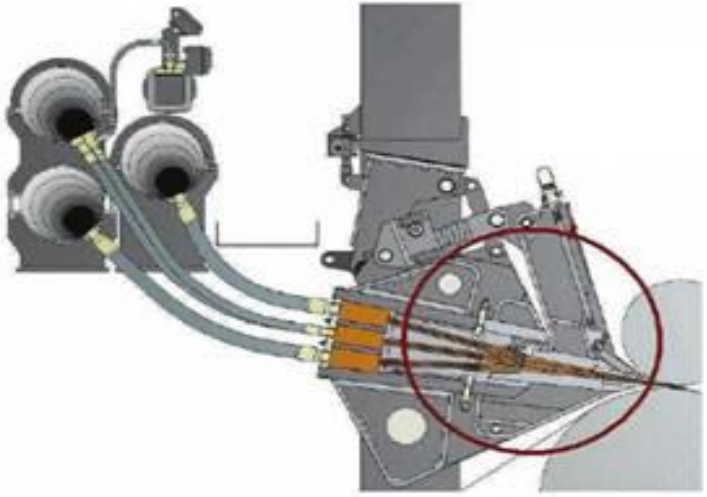
FOLHA de DUPLA ou TRIPLA CAMADAS

(papéis que pertencem a uma geração de papéis fabricados em camadas através de caixa de entrada especial denominada multi-layer, que possibilita formar papéis em camadas com dois ou três tipos de matéria prima)

FONTE: Apresentação CONTECH

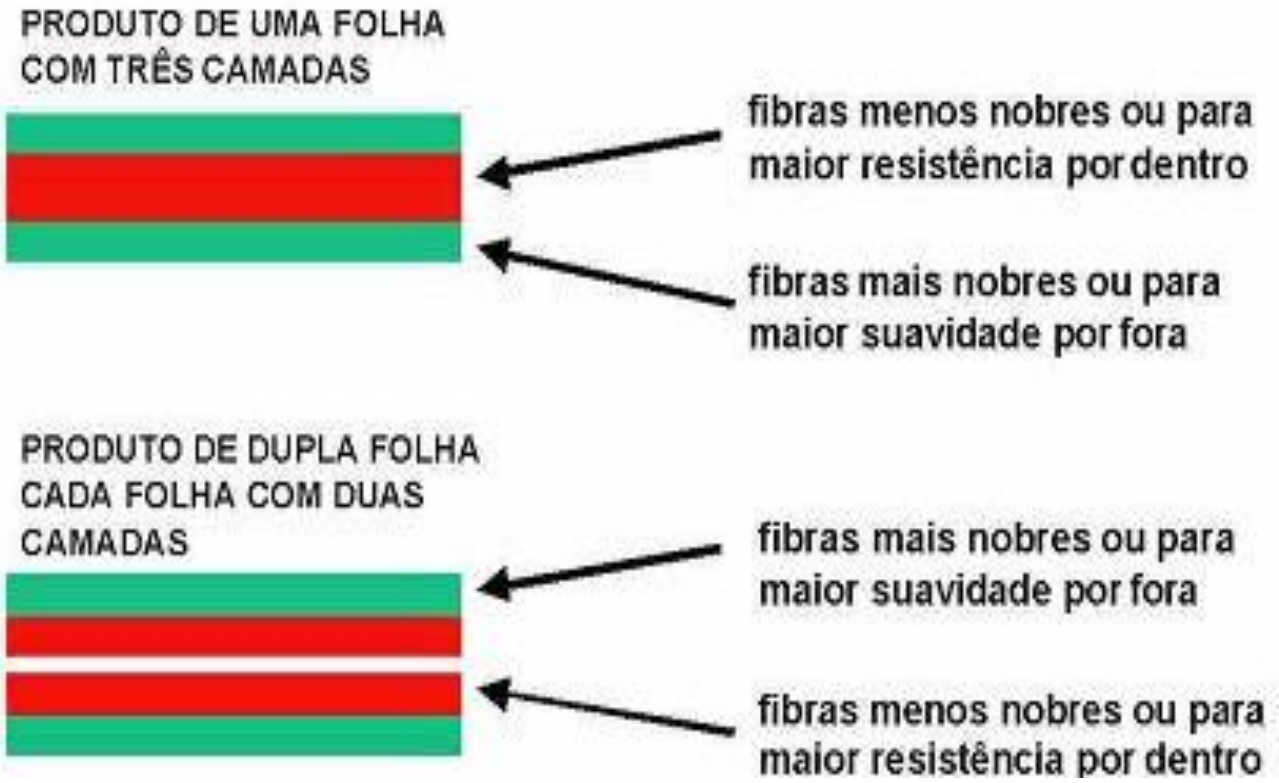
Estratificação





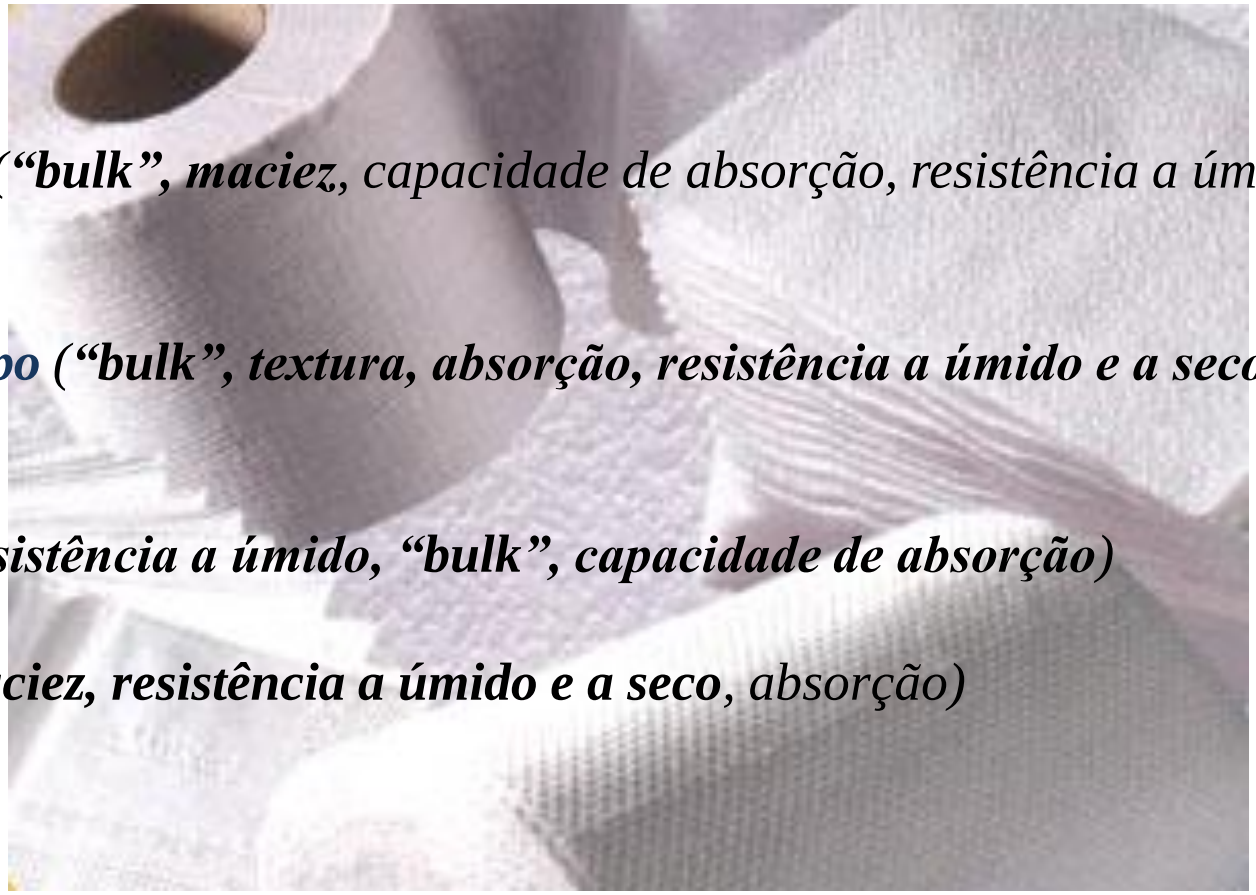
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Estratificação



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Principais papéis "tissue" e características



Higiênico *(**"bulk", maciez**, capacidade de absorção, resistência a úmido e a seco)*

Guardanapo *(**"bulk", textura, absorção, resistência a úmido e a seco**, aparência)*

Toalha *(**resistência a úmido, "bulk", capacidade de absorção**)*

Facial *(**maciez, resistência a úmido e a seco**, absorção)*

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Classificação ABNT

ABNT NBR 15464-1:2007 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 1: Papel higiênico folha simples – Classificação;

ABNT NBR 15464-2:2007 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 2: Papel higiênico folha dupla – Classificação;

ABNT NBR 15464-3:2007 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 3: Guardanapo de papel folha simples – Classificação;

ABNT NBR 15464-4:2007 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 4: Guardanapo de papel folha dupla – Classificação;

ABNT NBR 15464-5:2007 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 5: Toalha de papel folha dupla – Uso doméstico – Classificação;

ABNT NBR 15464-6:2007 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 6: Lenço de papel folha dupla – Classificação;

ABNT NBR 15464-7:2007 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 7: Toalha de papel folha simples interfolhada institucional – Classificação;

ABNT NBR 15464-8:2007 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 8: Toalha de papel folha dupla interfolhada institucional – Classificação.

ABNT NBR 15464-9:2010 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 9: Papel higiênico institucional folha simples em rolo – Classificação

ABNT NBR 15464-10:2010 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 10: Papel higiênico institucional folha dupla em rolo – Classificação

ABNT NBR 15464-11:2010 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 11: Toalha de papel institucional folha simples em rolo – Classificação

ABNT NBR 15464-12:2010 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 12: Toalha de papel institucional folha dupla em rolo – Classificação

ABNT NBR 15464-13:2010 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 13: Papel higiênico institucional interfolhado folha simples – Classificação

ABNT NBR 15464-14:2010 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 14: Papel higiênico institucional interfolhado folha dupla – Classificação

ABNT NBR 15464-15:2010 - Produtos de papel para fins sanitários - Parte 15: Lençol hospitalar de papel – Classificação

3. Tipos de fibras usadas para papéis “tissue”, e quais as características destas fibras

Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

Matérias primas fibrosas

CELULOSE

(Fibra Curta e Fibra Longa)

PASTA de ALTO RENDIMENTO

APARAS

FONTE: Curso básico de fabricação de papel – Edison da Silva Campos - ABTCP

Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

As espécies de madeira usadas no Brasil para a produção da celulose utilizada para a produção de papel "tissue" são:

- *"HARDWOOD" ou FOLHOSAS (FIBRAS CURTAS) : Eucalyptus spp. (*)(originário da Austrália e Tasmânia).*

(*): saligna, grandis, urophylla, urograndis, etc.
Comprimento médio: 0,8 mm
"Coarseness": 0,08 mg/m
Propriedades importantes para o "tissue": maciez, boa formação e "bulk"

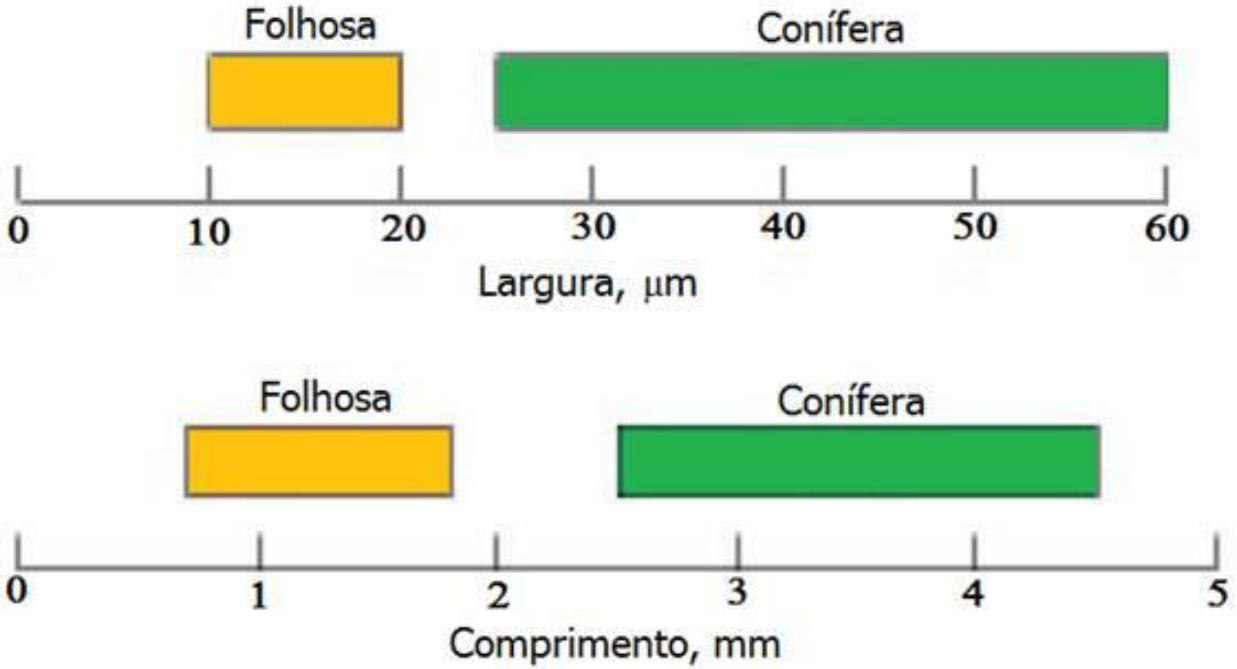
- *"SOFTWOOD" ou CONÍFERAS (FIBRAS LONGAS): Pinus spp. (**)(Originárias dos EUA e América Central (algumas originalmente provieram da Europa)*

(**): elliottii, taeda, etc.
Comprimento médio: 2,5 mm
"Coarseness": 0,30 mg/m
Propriedades importantes para o "tissue": resistência à tração

Exemplo de fibra usada para "tissue" fora do Brasil:
Abeto ("spruce")
Comprimento médio: 3,0 mm
"Coarseness": 0,15 mg/m

FONTE: Curso básico de fabricação de papel – Edison da Silva Campos - ABTCP

Dimensões importantes das fibras curtas e longas



FONTE: http://www.cismadeira.com

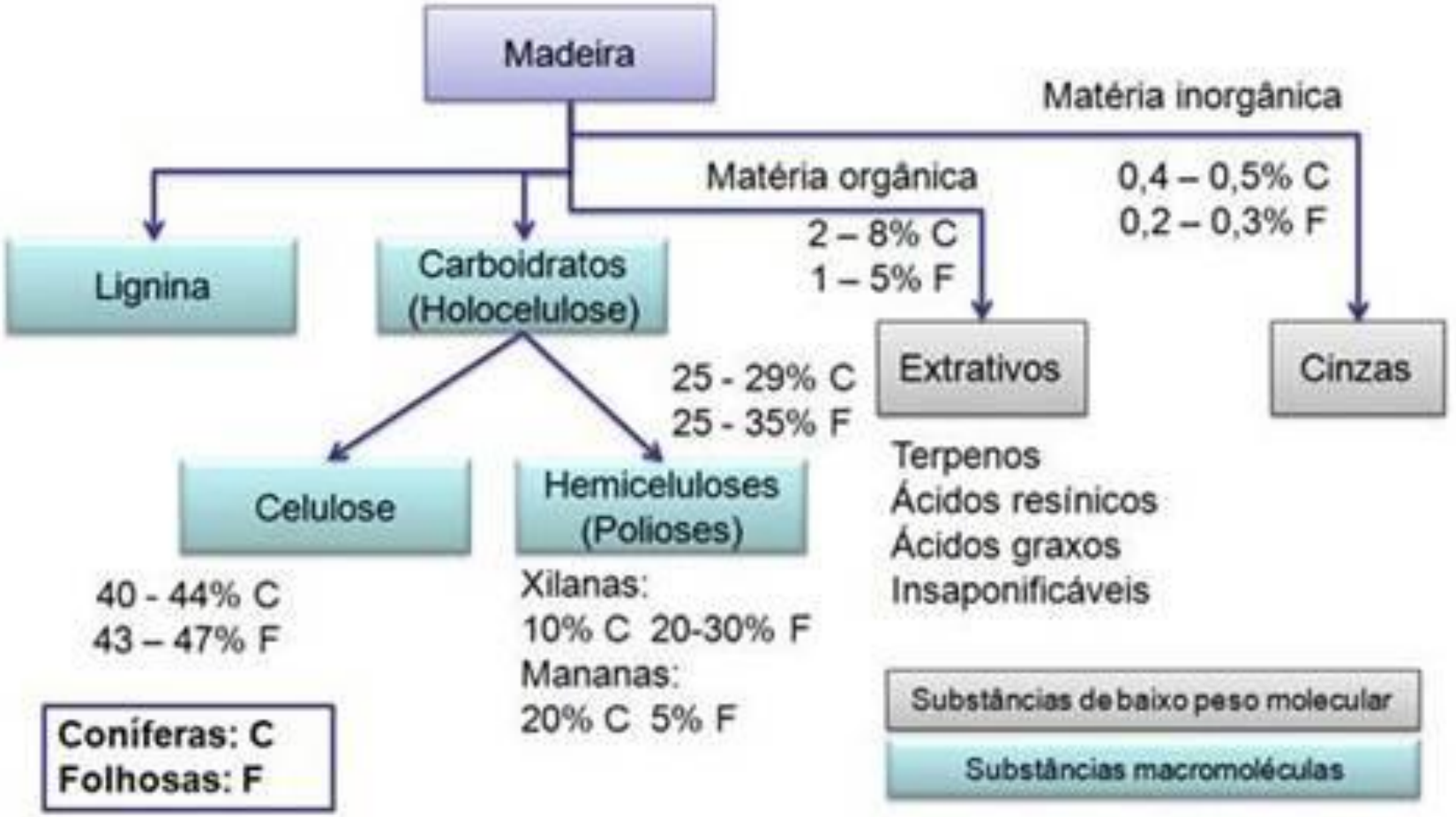
Algumas diferenças entre fibras curtas e longas

Propriedade	***Fibra longa***	***Fibra curta***
Tempo de refinação	*Longo*	*Curto*
Resistência mecânica	*Alta*	*Baixa*
Maciez	*Baixa*	*Alta*
Volume específico	*Baixo*	*Alto*
Formação	*Má*	*Boa*
Absorção	*Razoável*	*Boa*
Alvura	*Alta*	*Alta*
Opacidade	*Baixa*	*Alta*

FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" – ABTCP

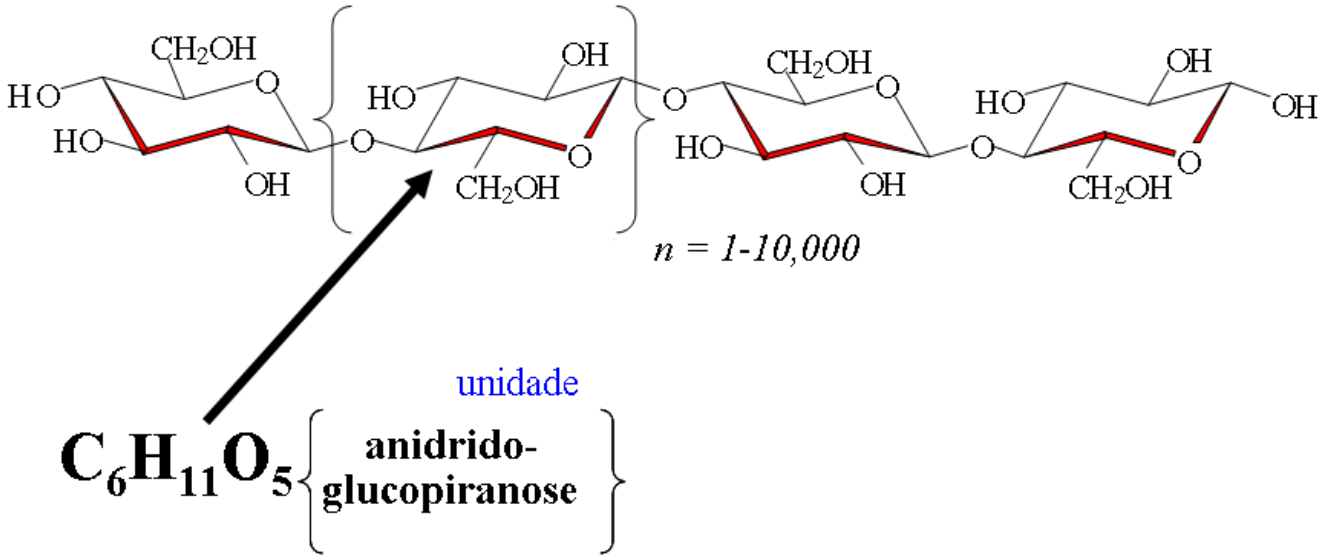
Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

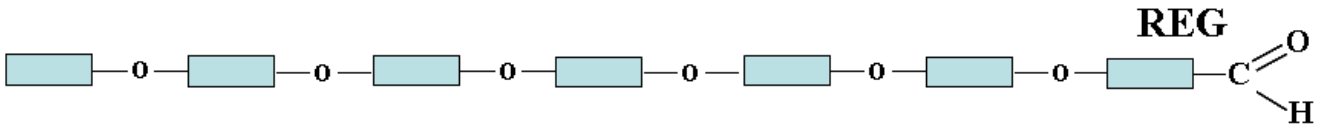
Composição química da madeira



FONTE: montagem elaborada por E.S.Campos

Estrutura molecular da celulose

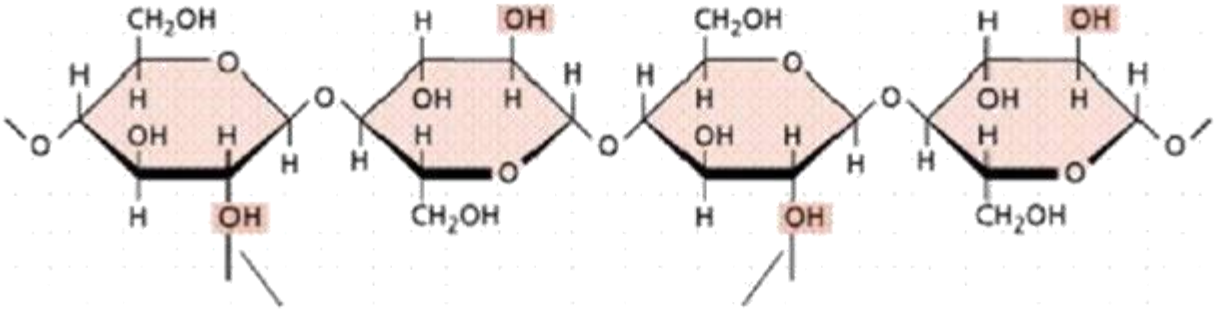




Reg = grupo terminal redutor

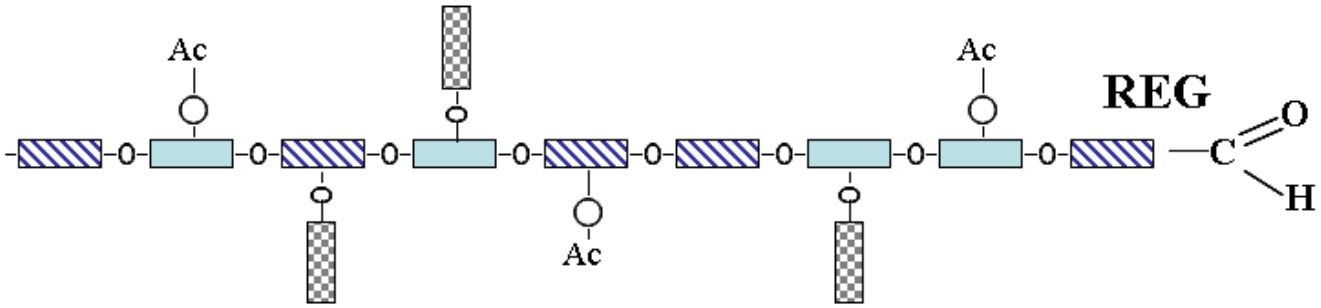
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Estrutura molecular da celulose



FONTE: Química da madeira (Umberto Klock et alli)

Estrutura molecular da hemicelulose (poliose)



Maior hemicelulose de coníferas: Galactoglucomanana DP 200

Glucose (6)

Manose (6)

Galactose (6)

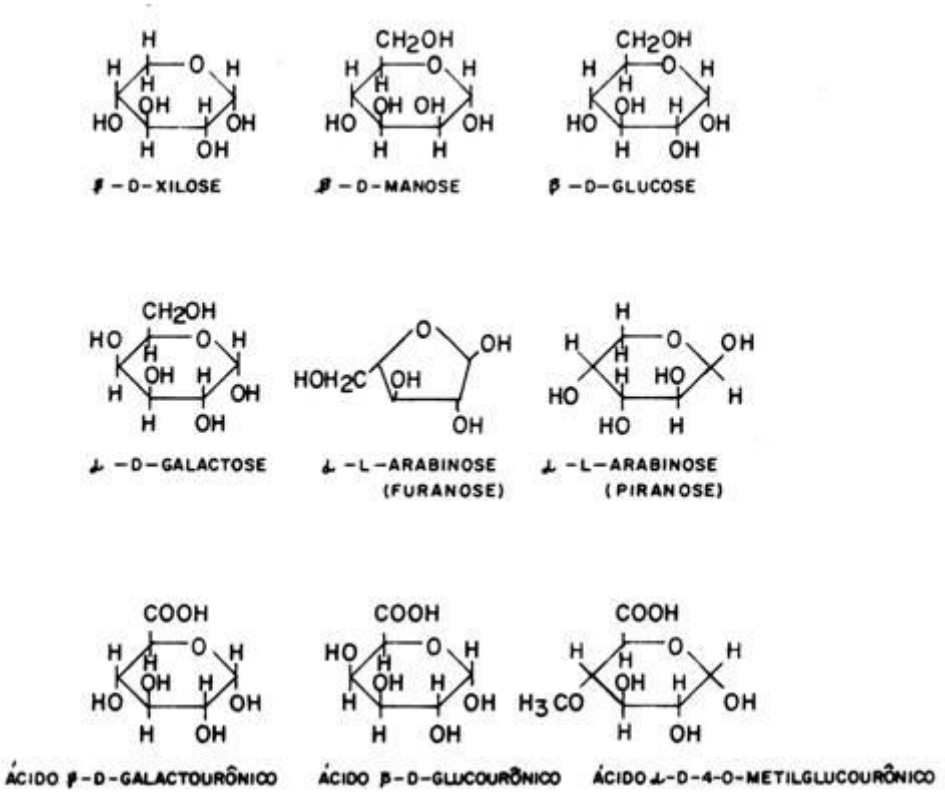
Ac—O– Grupo acetil

Reg = grupo terminal redutor

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

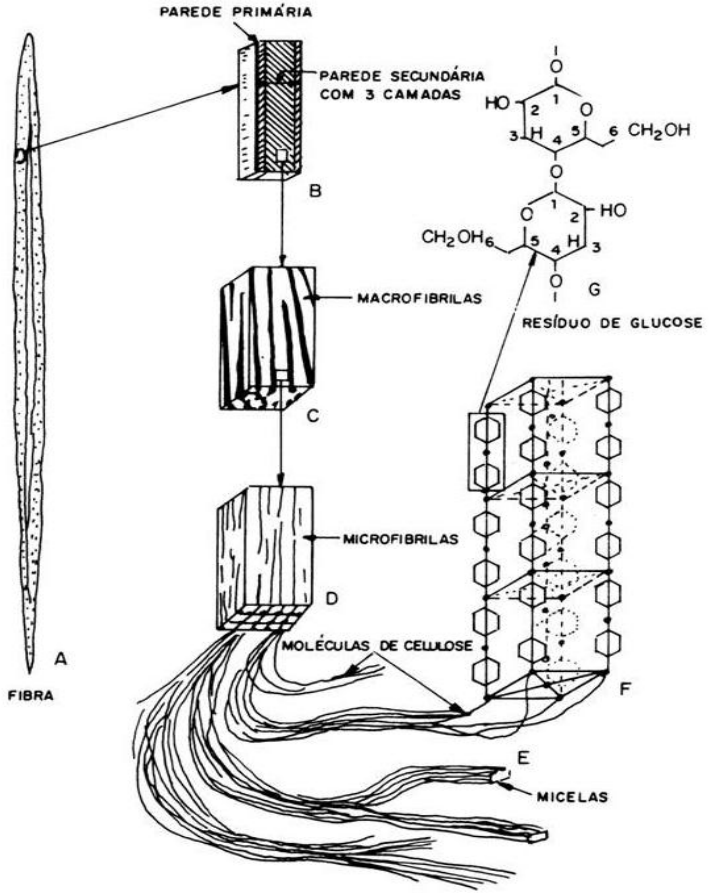
Fórmula dos açucares componentes das polioses



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

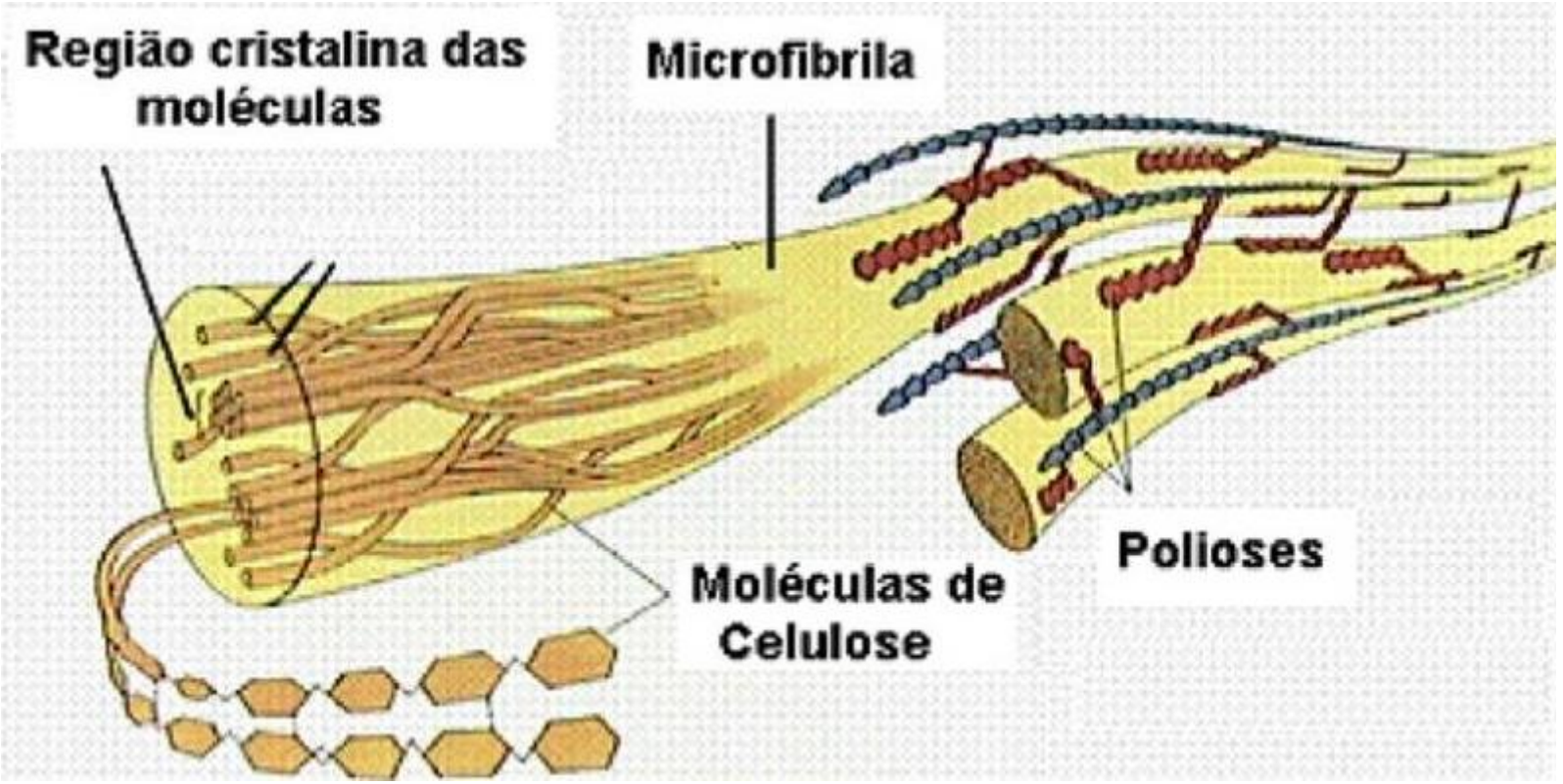
Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

Estrutura da fibra



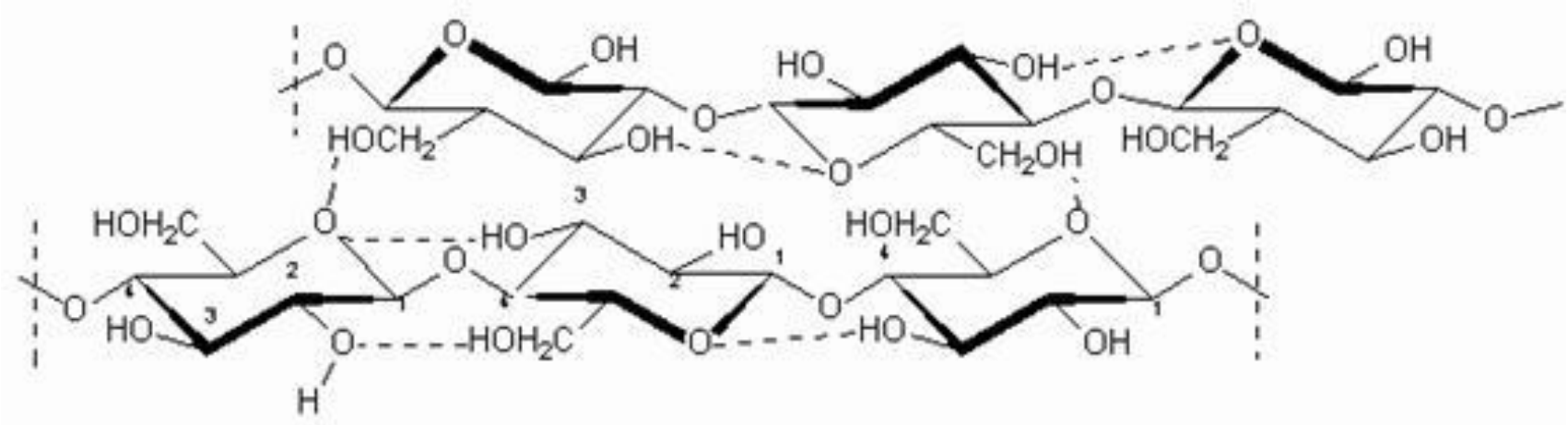
FONTE: CELULOSE E PAPEL - SENAI "Theobaldo de Nigris" / IPT

Ilustração esquemática da interação das moléculas de celulose e polioses (hemiceluloses)



FONTE: Química da madeira (Umberto Klock et alli)

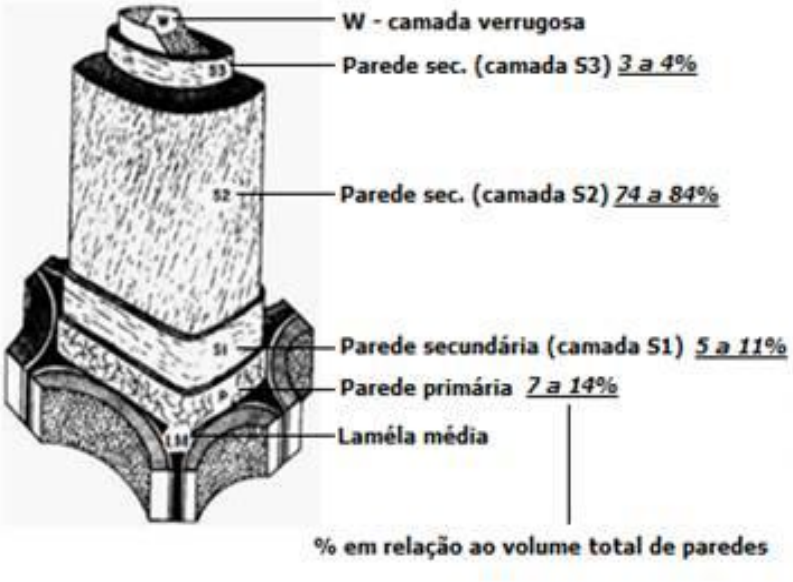
Ligações entre moléculas de celulose

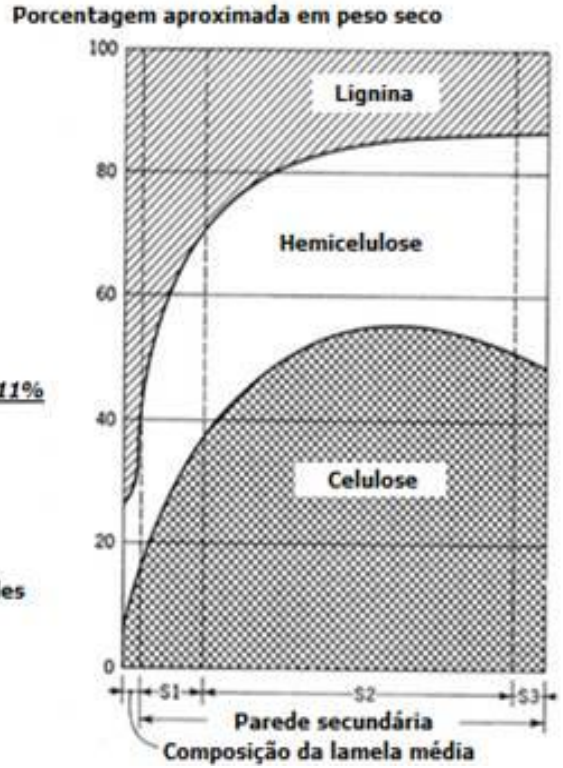


FONTE: http://www.monografias.com

Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

Modelo da estrutura de traqueóides de coníferas e fibras libriformes de folhosas.



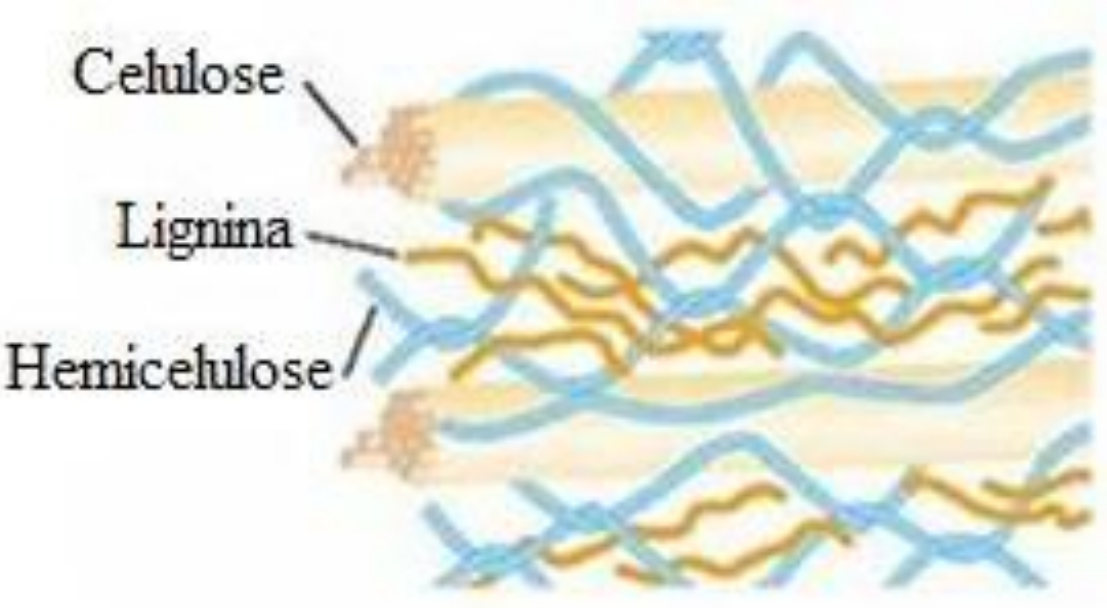


LM – lamela média;
P – parede primária;
S1 – camada 1 da parede secundária;
S2 – camada 2 da parede secundária;
S3 – camada 3 da parede secundária ou parede terciária, segundo alguns autores;
W – camada verrugosa (warts)

FONTE: montagem elaborada por E.S.Campos

Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

Carboidratos e lignina



FONTE: http://www.porquebiotecnologia.com.ar

Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

Processos de obtenção de fibras

Processos de alto rendimento	*Mecânico*	
	Termomecânico	
	Quimitermomecânico	
	Semiquímico	*Sulfito neutro*
		Soda a frio
		Soda a quente
Processos químicos	*Alcalinos*	*Soda*
		"Kraft"
		Sulfito alcalino
		Sulfito neutro
	Ácidos	*Sultito ácido*

Processos de reciclagem

FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" – ABTCP

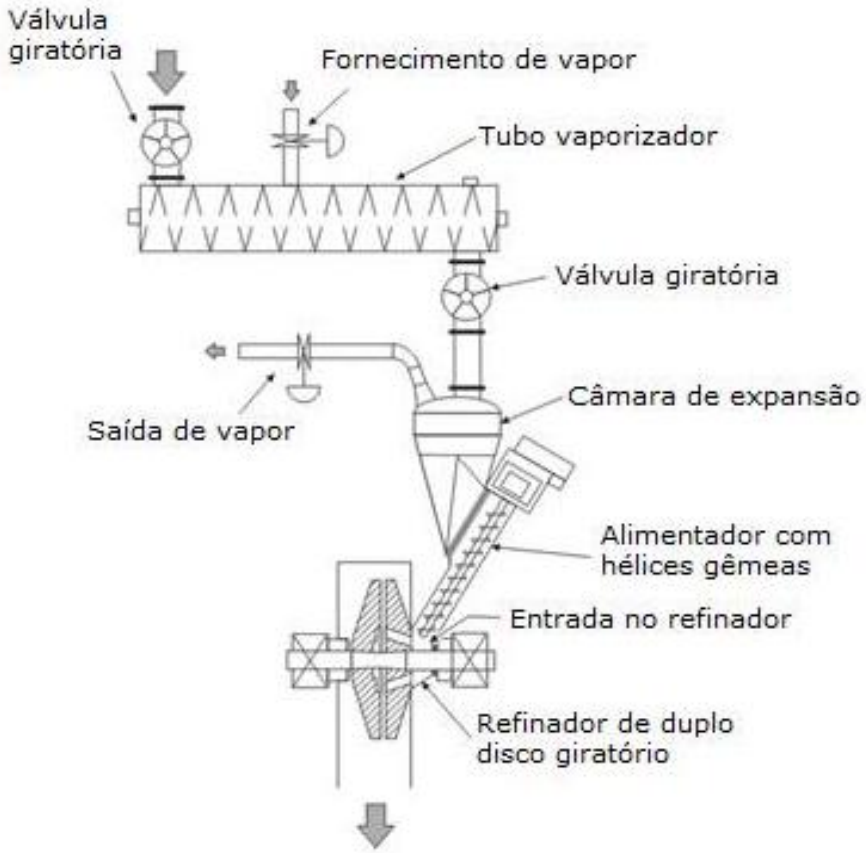
Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

Pastas de alto rendimento para "tissue"

Tipo de pasta	*Designação consagrada*	*Características do processo*	*Rendimento*
Pasta termomecânica (PTM)	*Thermomechanical pulp (TMP)*	*Desfibramento em desfibrador a disco, sob pressão, de cavacos de madeira previamente aquecidos com vapor saturado*	*92 a 95%*
Pasta quimiomecânica (PQM)	*Chemimechanical pulp (CMP)*	*Tratamento químico (NaOH, Na_2CO3) para amolecer a madeira, seguida de refino.*	*92 a 95%*
Pasta quimitermomecânica (PQTM)	*Chemithermomechanical pulp (CTMP)*	*Desfibramento em desfibrador a disco, sob pressão, de cavacos de madeira prévia e levemente tratados com reagentes químicos*	*80 a 93%*

FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" – ABTCP

Pasta termomecânica



FONTE: http://www.textoscientificos.com

Processo "kraft"

O cozimento alcalino iniciou em 1854, cerca de 30 anos após o surgimento do processo soda e a partir deste.

Em 1884, foi patenteado o processo Kraft que, nada mais é do que uma modificação no processo soda, utilizado comercialmente, pela primeira vez em 1885 na Suécia, tomando impulso a partir de 1930 e predominando no mercado até os dias atuais.

A palavra Kraft é de origem sueca e alemã que significa "FORÇA", identificando desta forma uma celulose mais resistente.

FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" – ABTCP

Processo "kraft"

Digestão da madeira através do licor branco (NaOH e Na_2S):

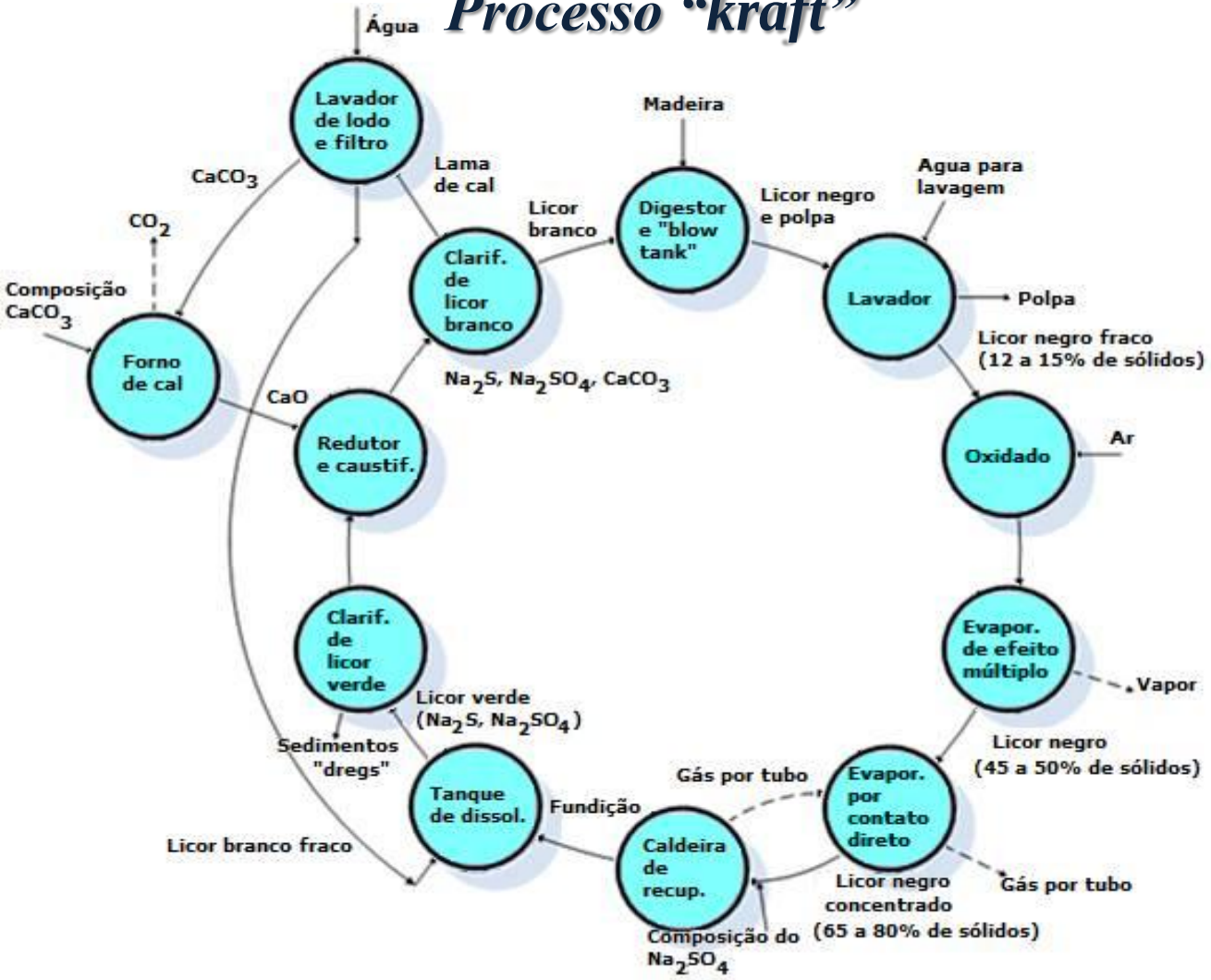
Consiste na dissolução da lignina e liberação das fibras contidas na madeira.

Produz o licor preto e celulose marrom.

FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" – ABTCP

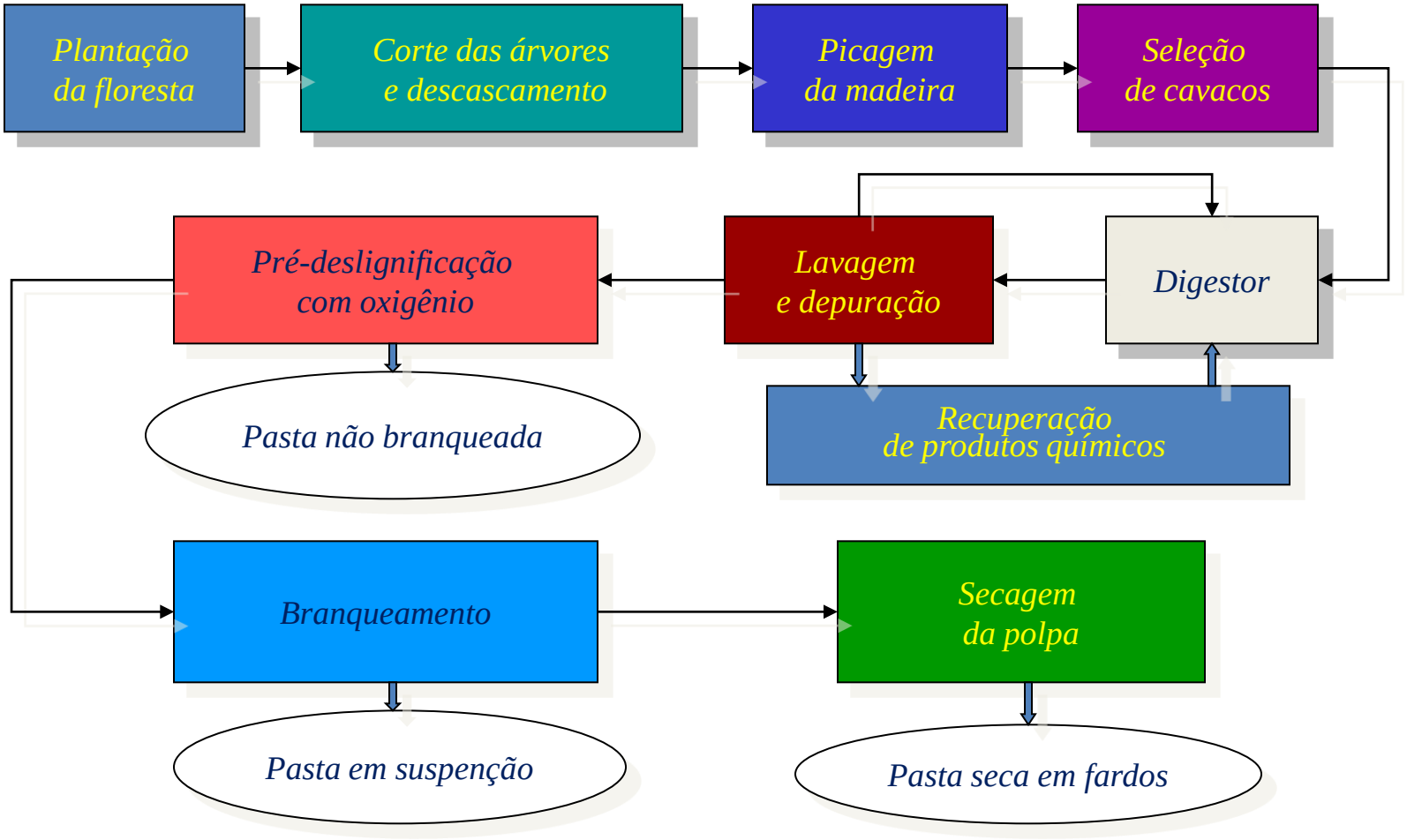
Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

Processo "kraft"



FONTE: http://www.textoscientificos.com

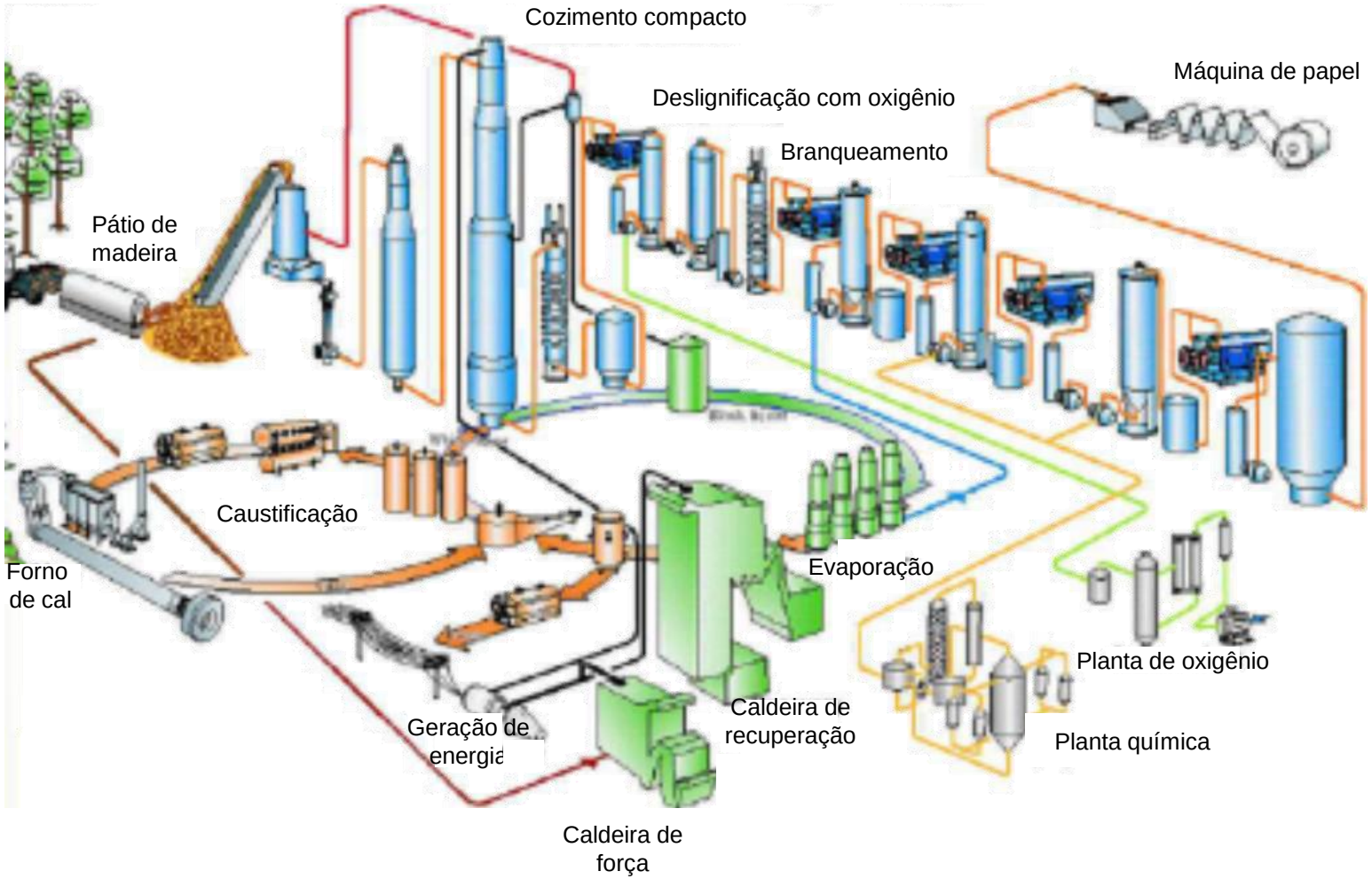
Exemplo de fluxograma do processo "kraft"



FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel (Edison da Silva Campos)

Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

Processo "kraft"



FONTE: Fabr. de celulose kraft ... – Alfredo Mokfienski

Tipos de fibras usadas para papéis "tissue", e quais as características destas fibras

Classificação de aparas

Material	Descrição	Especificação
Aparas de papel branco I	*Mantas e refiles 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%*

FONTE: ABNT NBR 15483:2007

4. Matérias-primas não fibrosas utilizadas para papel "tissue"

Aditivos para papéis "tissue"

Na fabricação dos papéis higiênicos, guardanapos e lenços de papel os aditivos mais utilizados são os ***adesivos (seco e úmido)*** *e os* ***controladores de pH****.*

Nos papéis toalhas e nas fraldas descartáveis, além destes últimos, também são adicionados ***aditivos para aumentar a absorção****.*

Muitas vezes, se adiciona ***corantes*** *aos papéis higiênicos para mascarar o alto índice de aparas e papel reciclado na sua composição.*

Microbiocidas *também são adicionados quando a celulose fica armazenada algum tempo ou quando vai ser transportada para longas distâncias.*

O ***amido****, agente de resistência a seco, proveniente do milho, mandioca, batata, trigo, etc., é utilizado para melhorar as propriedades mecânicas do papel.*

FONTE: Matérias-primas para a fabricação de papéis tissue e suas influências nas propriedades do produto final – Voith Paper – César Gonçalves

Aditivos para papéis "tissue" (cont.)

Os principais aditivos utilizados para papéis "tissue" são os seguintes:

Controle de pH
Resistência a úmido
Resistência a seco
Alvejante ópticos
Agentes de retenção
Controle de aderência no secador (*)
Anti-aderentes ("release") (*)
Amaciantes
Fosfato de Amônio Monobásico "MAP" (*)
Anti-espumantes
Dispersantes
Tensoativos
Dispersantes de "pitch"

(*): estes aditivos serão vistos com mais detalhes no capítulos sobre "coating"

FONTE: Matérias-primas para a fabricação de papéis tissue e suas influências nas propriedades do produto final – Voith Paper – César Gonçalves

Controle de pH (alcalinizantes)

São substâncias utilizadas com o objetivo de elevar o pH (potencial hidrogeniônico) da polpa e obter como conseqüência, melhor desagregação da pasta fibrosa.

Utiliza-se, normalmente, os carbonatos ou o hidróxido de sódio (soda cáustica).

A soda caústica é um produto que pode ser apresentado em dois estados: líquido e sólido (tipo escamas).

É ideal para limpeza do sistema e lavagem de feltro.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Controle de pH (acidificantes)

São substâncias químicas que possuem caráter ácido e promovem a neutralização da alcalinidade, quando o pH estiver elevado. Usa se normalmente o sulfato de alumínio, o ácido sulfúrico e o dióxido de carbono (CO_2).

O sulfato de alumínio pode ser encontrado em dois estados: líquido e sólido, além de ser isento de ferro ou ferroso.

É usado também como fixador de corante.

O ácido sulfúrico, por sua vez, é muito usado no destintamento da celulose, devido ao alto consumo de soda.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Agente de resistência a úmido

Os grupos ativos mais comumente utilizados são os polímeros do tipo poliamida-epicloridrina que quando adicionadas à massa de papel, conferem-na resistência a úmido que podem atingir até 35% da resistência a seco.

Normalmente são utilizados em produtos tais como toalha e facial, por exemplo.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Agente de resistência a seco: amido

É o mais comum agente de resistência a seco utilizado: corresponde a quase 95% dos produtos e aditivos utilizados para esta finalidade.

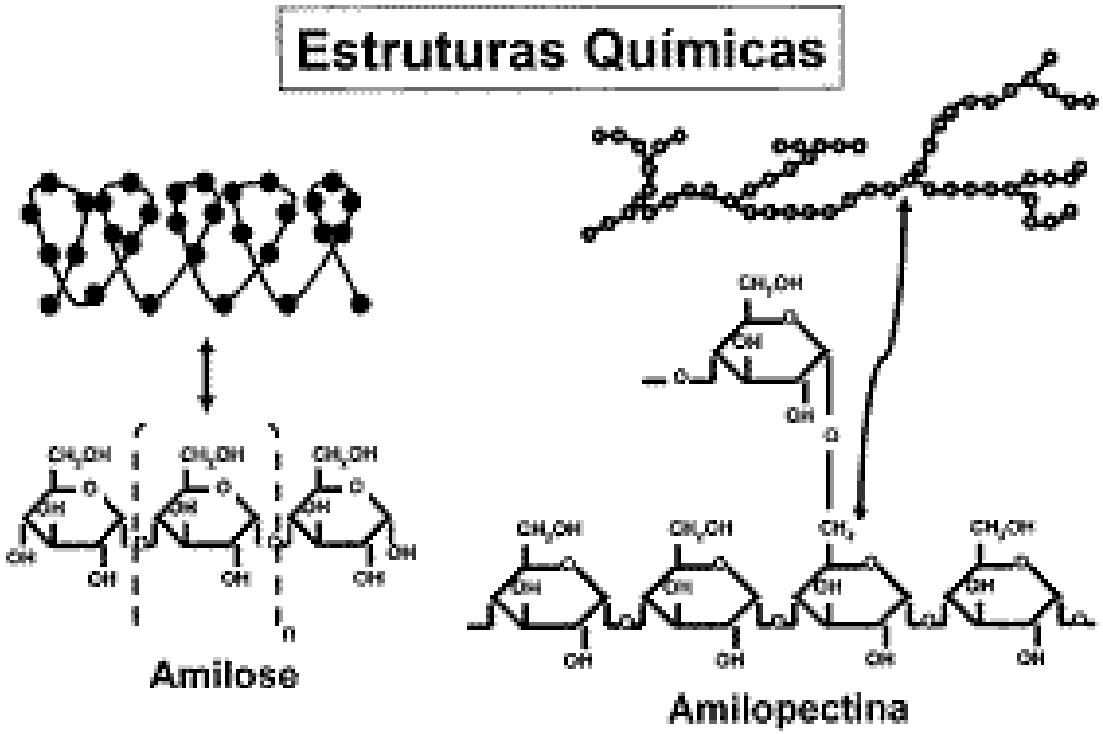
Normalmente, tem de ser "modificado" devido a retenção natural de um amido "in natura" ser ao redor de somente 40% (geralmente, para indústria de papel é necessário criar "sites" catiônicos).

É constituído por 2 tipos de estruturas: linear (amilose) e ramificada (amilopectina).

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

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Amido: amilose e amilopectinas



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Amido catiônico

Trata-se de um pó granulado fino, produto da reação entre amido e um grupo quaternário de amônio, o que faz aumentar a polaridade e a afinidade por materiais aniônicos.

Utilizado para incrementar a resistência física do papel e a retenção na parte úmida da máquina.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Alvejante óptico

Trata-se de um composto orgânico com propriedades de absorver a luz ultravioleta e remitir como luz branca.

Normalmente é adicionado à massa no desagregador, ou no tanque de mistura de modo a melhorar a brancura dos papéis.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Agentes de retenção

Há três grupos principais de agentes de retenção:

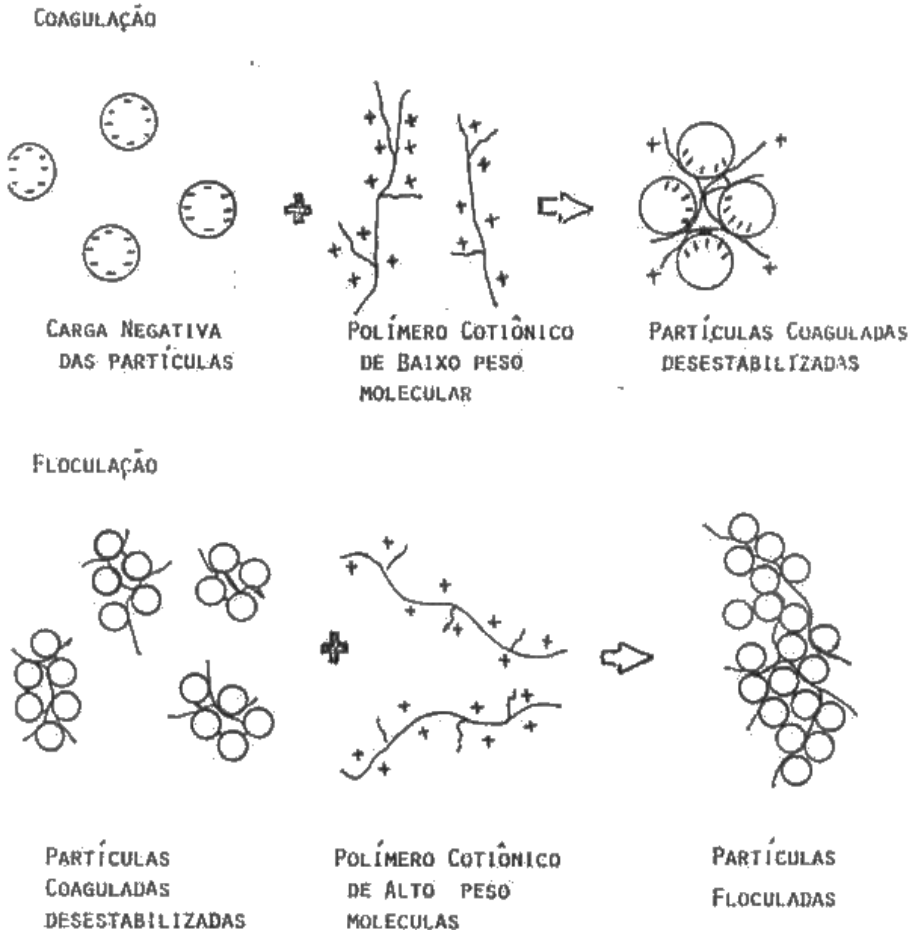
Produtos inorgânicos (sulfato de alumínio, por exemplo);

Produtos orgânicos naturais e seus derivados (amido e CMC, por exemplo);

Produtos orgânicos sintéticos que podem ser divididos segundo a natureza química em 3 subgrupos: polietilenoiminas, poliamida-aminas e suas modificações, e poliacrilamidas e seus derivados (grupo mais importante por seus resultados positivos).

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Agente de retenção: processo de coagulação e floculação



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Agentes catiônico de retenção de fibras

Trata-se de um polímero tipo poliacrilamida, fortemente catiônico que é dosado na entrada do flotador em emulsão.

Atua unindo finos existentes na água branca do sistema de forma que estes sob a forma de flocos, possam ser carregados pelo adicionada à água a ser recuperada.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Amaciante

Trata-se de uma mistura de ésteres, ácidos graxos e óleos minerais, de caráter catiônico, utilizado para melhorar a maciez do papel.

Também pode ser empregado como "release", controlando a aderência da folha no secador.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Antiespumantes

Os antiespumantes são produtos inorgânicos dosados normalmente na piscina da tela, sob a forma de solução cuja concentração varia com a necessidade, os quais mantêm o controle da formação de espuma. Sua principal função, no entanto, é desaerar o sistema.

Normalmente, os antiespumantes são utilizados quanto temos agentes de resistência a úmido, onde os problemas de espuma são mais graves.

O uso destes produtos deve ser controlado, pois normalmente produzem ação "release" ou afetam a capacidade de absorção de água.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Dispersantes

Os dispersantes são materiais adicionados a um meio em suspensão para auxiliar na separação de partículas extremamente finas tais como pigmentos ou colóides.

São substâncias que diminuem a tração superficial das partículas, promovendo uma força de repulsão destas partículas com a fibra, e fazendo com que não seja notada visualmente ou, até que tais partículas sejam removidas do sistema.

Existe um grande número de produtos disponível no mercado, mas cada caso deve ser estudado junto a constituição química do produto, para que possa alcançar os objetivos desejados.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Tensoativos

Os tensoativos são agentes coletores usados na flotação que se precipitam sobre as partículas em suspensão, modificando suas características, formando um agregado de menor densidade que faz com que as bolhas de ar arrastem as partículas de tinta com maior facilidade e formando assim a escuma, na parte superior da suspensão.

A escuma deve ser estável para que as partículas de tinta não voltem a se incorporar na suspensão. Os tensoativos, também são chamados de auxiliares de desagregação.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Controladores de "stickies"

Apesar dos esforços para controlar a pasta usada, as fábricas que utilizam fibras secundárias podem obter folha de pouca qualidade, redução das velocidades da máquina e perda de tempo em limpeza de tela e feltros.

As substâncias pegajosas são atribuídas a uma variedade de fontes: fibra secundária ou quebras de fabricação que contém látex dos recobrimentos, laminadores de metal, adesivos sensíveis à pressão, ligantes dos livros ou amidos. Como na maioria dos depósitos, eles não possuem um só componente, mas uma combinação de materiais diferentes como substâncias pegajosas.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Controladores de "stickies" (cont.)

Existem diversos mecanismos no controle destas substâncias indesejáveis como a repulsão elétrica promovida nas vestimentas da máquina, evitando a aderência dos "stickies".

Papéis com baixa gramatura são problemáticos nesta linha de atuação.

A neutralização das cargas iônicas do meio tem se mostrado efetivo para evitar a deposição de alguns tipos de "stickies".

Também chamado de controle do potencial zeta do meio, pode ser medido através de aparelhos específicos ou através da analise volumétrica em laboratórios.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Controladores de "stickies" (cont.)

Na impossibilidade da remoção de tais perturbadores, existe a aplicação de solventes que removem os "stickies" depositados. São usados solventes como querosene e xileno, entre outros.

A definição do produto mais adequado esta amarrada à adequação das borrachas que revestem os cilindros das máquinas.

É o método mais rude de resolver o problema, porém, em circuitos especialmente fechados sua aplicação ainda se faz necessária.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

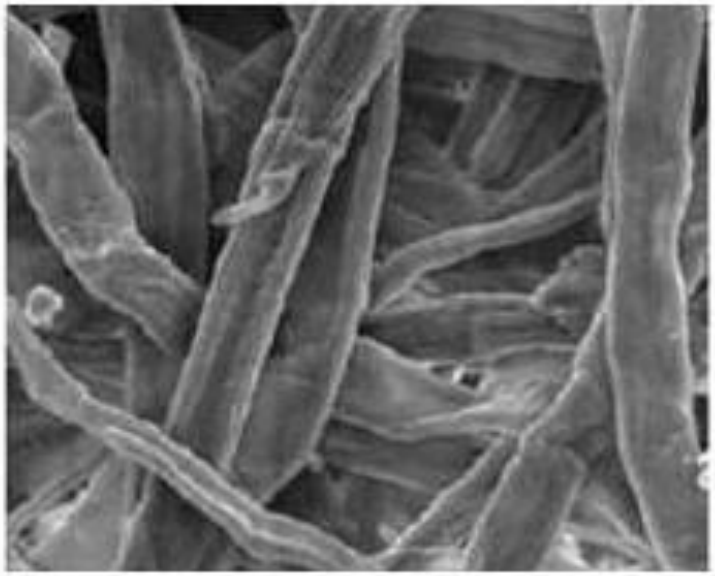
5. Refinação das diferentes fibras para papéis “tissue” e variáveis importantes deste processo

Objetivos da refinação

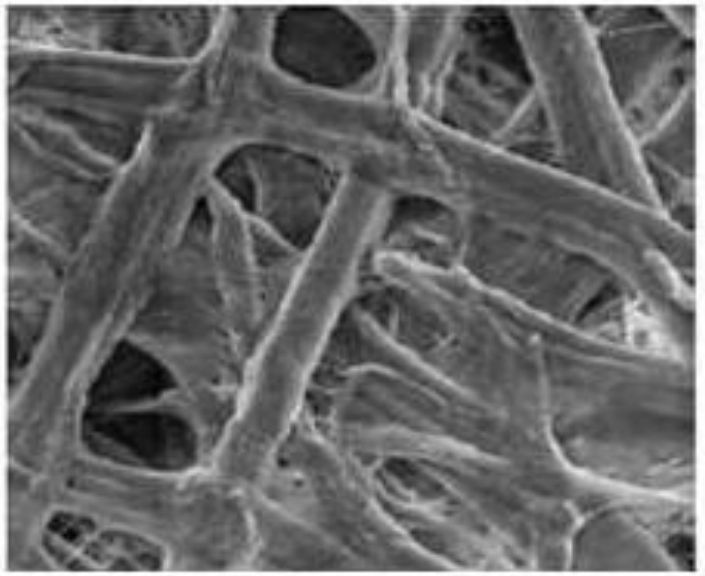
A refinação das pastas celulósicas é geralmente o tratamento mecânico das fibras cujo principal objetivo consiste em melhorar a capacidade das fibras unirem-se umas às outras, a fim de que seja possível a obtenção de uma folha de papel homogênea e resistente aos esforços mecânicos a que estiver sujeita, seja durante o processo de consolidação na máquina de papel, ou durante sua etapa de acabamento e conversão, ou ainda, durante sua aplicação final.

A figura 8.01 mostra folhas feitas em laboratório, onde à esquerda não há refino e à direita as fibras foram refinadas com moinho PFI até 45ºSR. (FONTE: Yasumura – 2004).

Fibras refinadas e não refinadas



Sem refino

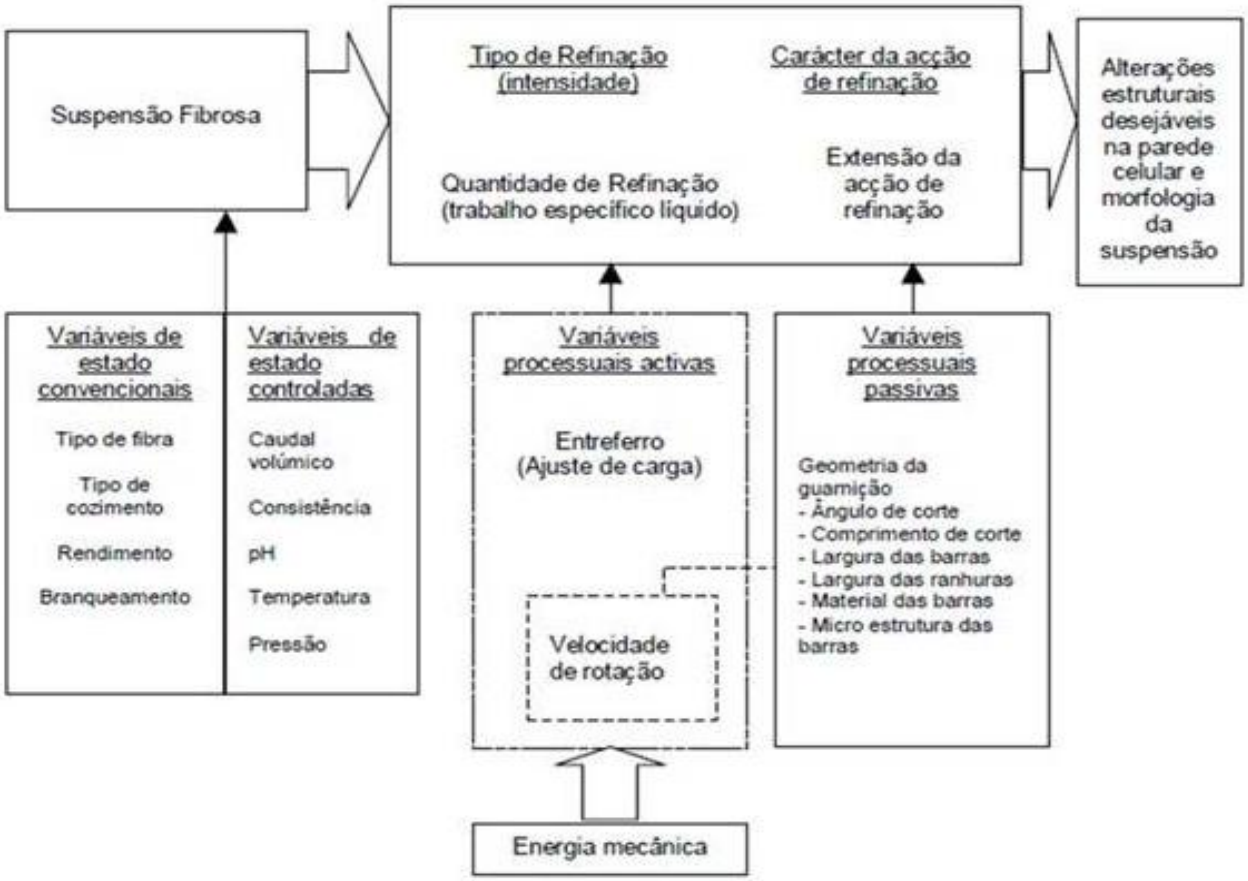


Fibras refinadas até 45ºSR

FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

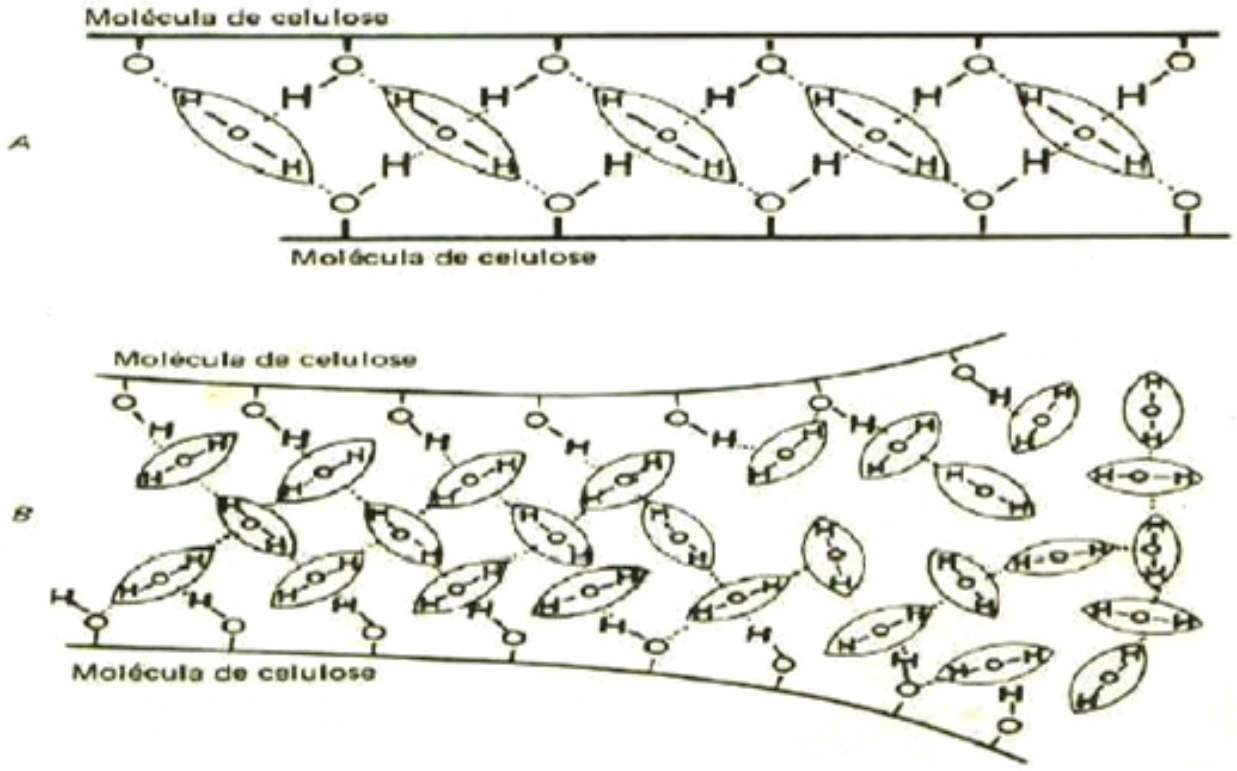
Refinação das diferentes fibras para papéis "tissue" e variáveis importantes deste processo

Processo de refinação



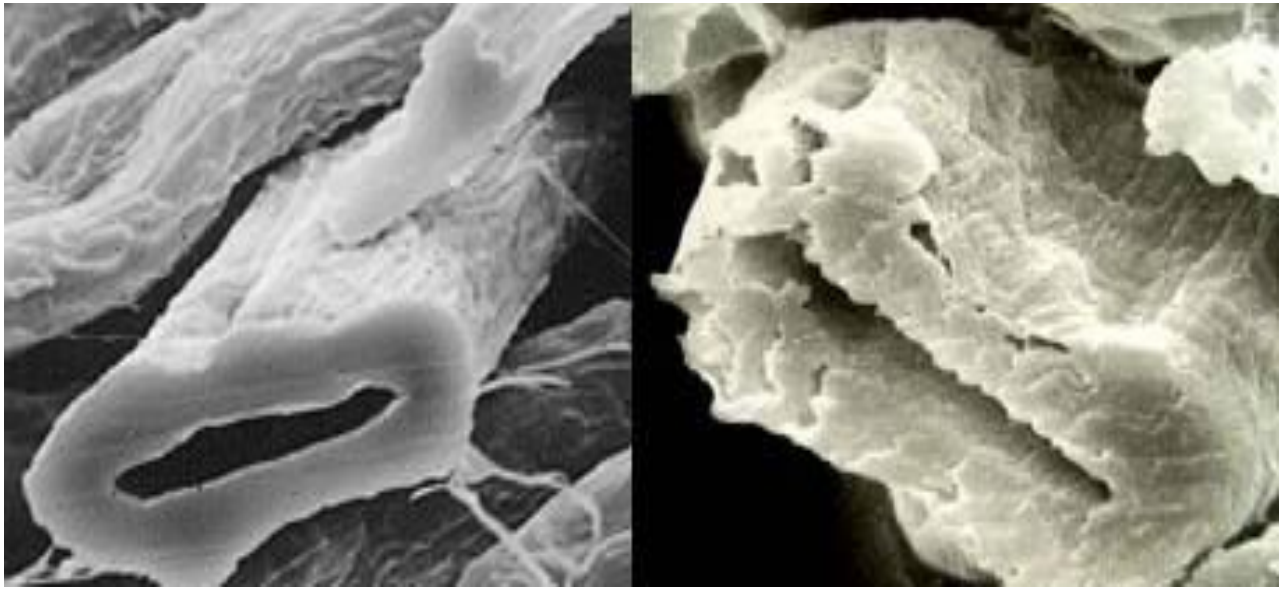
FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

Inserção de água por meio da refinação (hidratação)



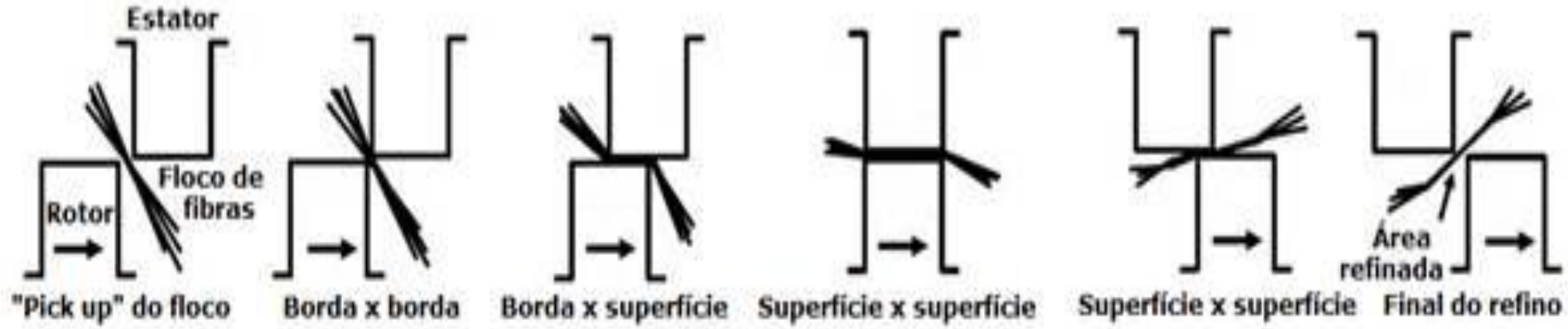
FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

Colapsamento das fibras



FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

Mecanismo de refinação e seqüência de passos



FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

$$P_t = \sqrt{3} * V * I * f_p * 10^{-3}$$

Onde:

P_t: potência total, kW
V: tensão, V
I: corrente, A
f_p: fator de potência (para nossos cálculos, vamos utilizar 0,85)

Ex.: $P_t \approx 545$ kW

$$P_u = P_t - P_v$$

Supondo $P_v = 101$ kW,
$P_u = 545 - 101 = 444$ kW

$$EER = \frac{(P_t - P_v) * T}{M}$$

Onde:

P_t: potência total aplicada (kW)
P_v: potência em vazio (kW)
T: tempo de referência (h)
M: produção de massa absolutamente seca (t = tonelada métrica)

$$\frac{M}{T} = 1893 \frac{l}{min} * \frac{60\ min}{1\ h} * \frac{1\ kg}{1\ l} * \frac{1\ t}{1000\ kg} * \frac{4{,}5}{100} = 1893 * 0{,}06 * 0{,}045 = 5{,}11\ t/h$$

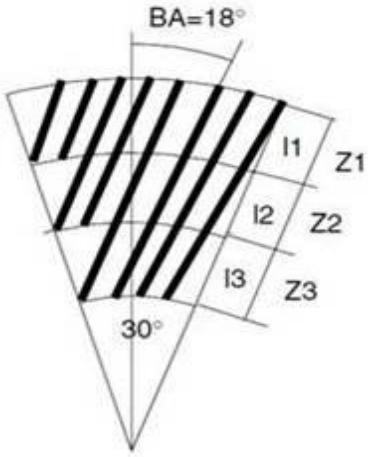
$$EER = \frac{444\ kW}{5{,}11\ t/h} \cong 87\ kWh/t$$

FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

$$CEB = \frac{P_u}{L}$$

Onde:

CEB: Carga Específica de Borda, ws/m
P_u: potência líquida aplicada, kW
L: comprimento de lâminas que se entrecruzam por segundo, km/s

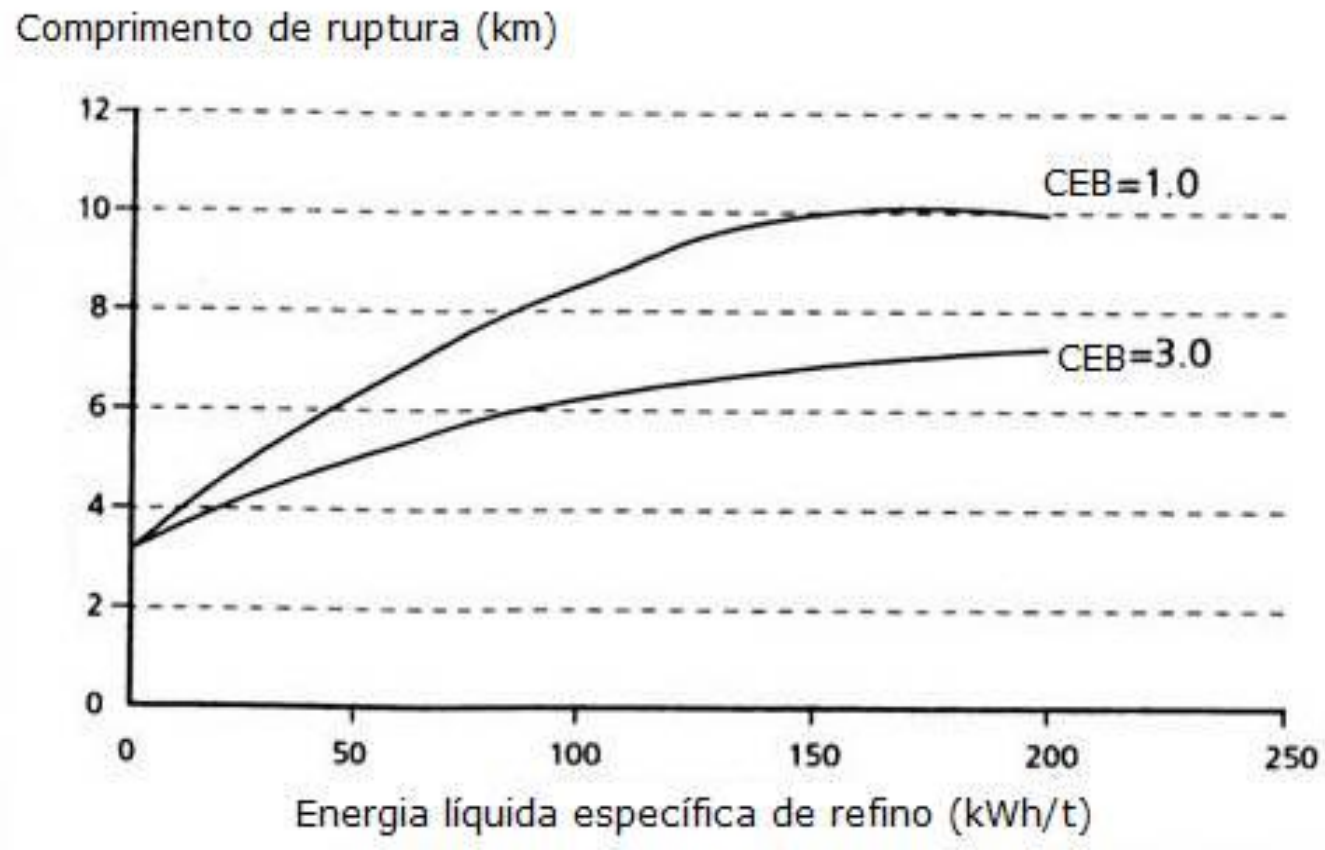


$$L = \frac{CEC * \omega}{60} = \frac{87\,\frac{km}{rot} * 514\,\frac{rot}{min}}{60\,\frac{s}{min}} = 745{,}3\,\frac{km}{s}$$

$$CEB = \frac{P_u}{L} = \frac{273\ kWh}{745{,}3\,\frac{km}{s}} = 0{,}37\,\frac{kWs}{km}\ \text{ou}\ \frac{Ws}{m}$$

FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

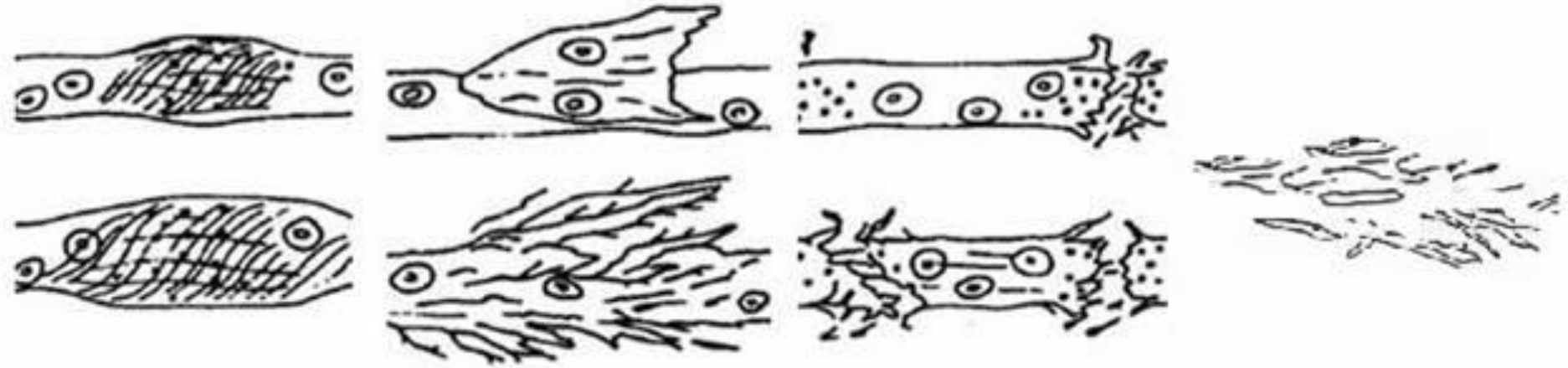
Intensidade de refino

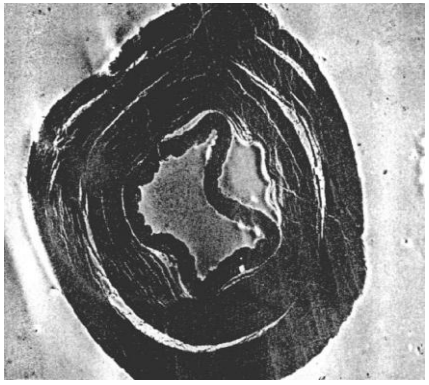


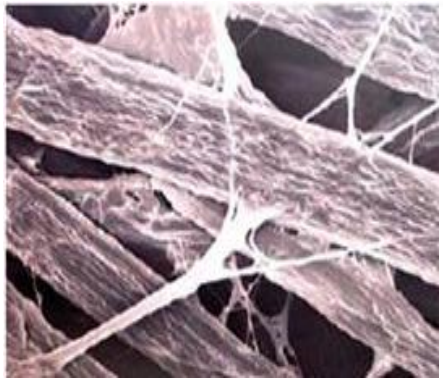
FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

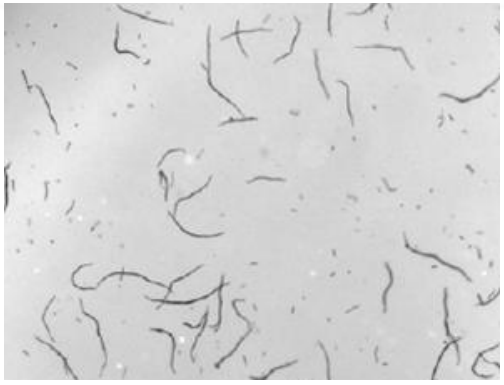
Refinação das diferentes fibras para papéis "tissue" e variáveis importantes deste processo

Efeitos primários da refinação









FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

Efeitos secundários da refinação

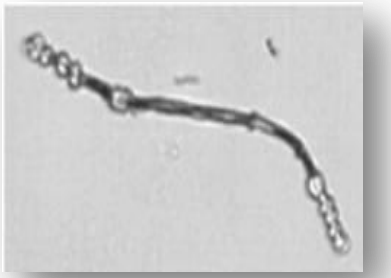
Delaminação da fibra

Inchação da fibra

Aumento da flexibilidade da fibra

Remoção das paredes externas

"Microcreping" das fibras e introdução de outros defeitos

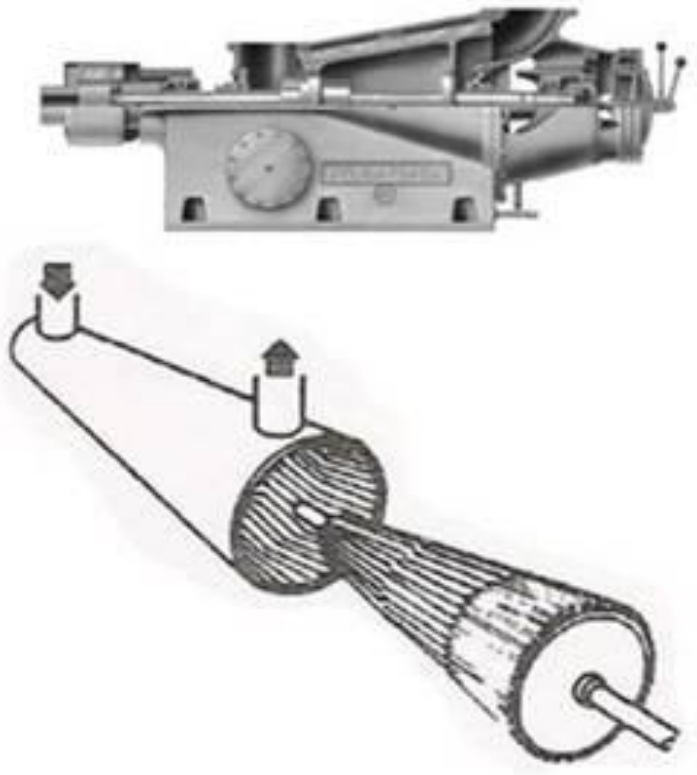


Encanoamento e torcedura de fibras

Aumento da superfície específica

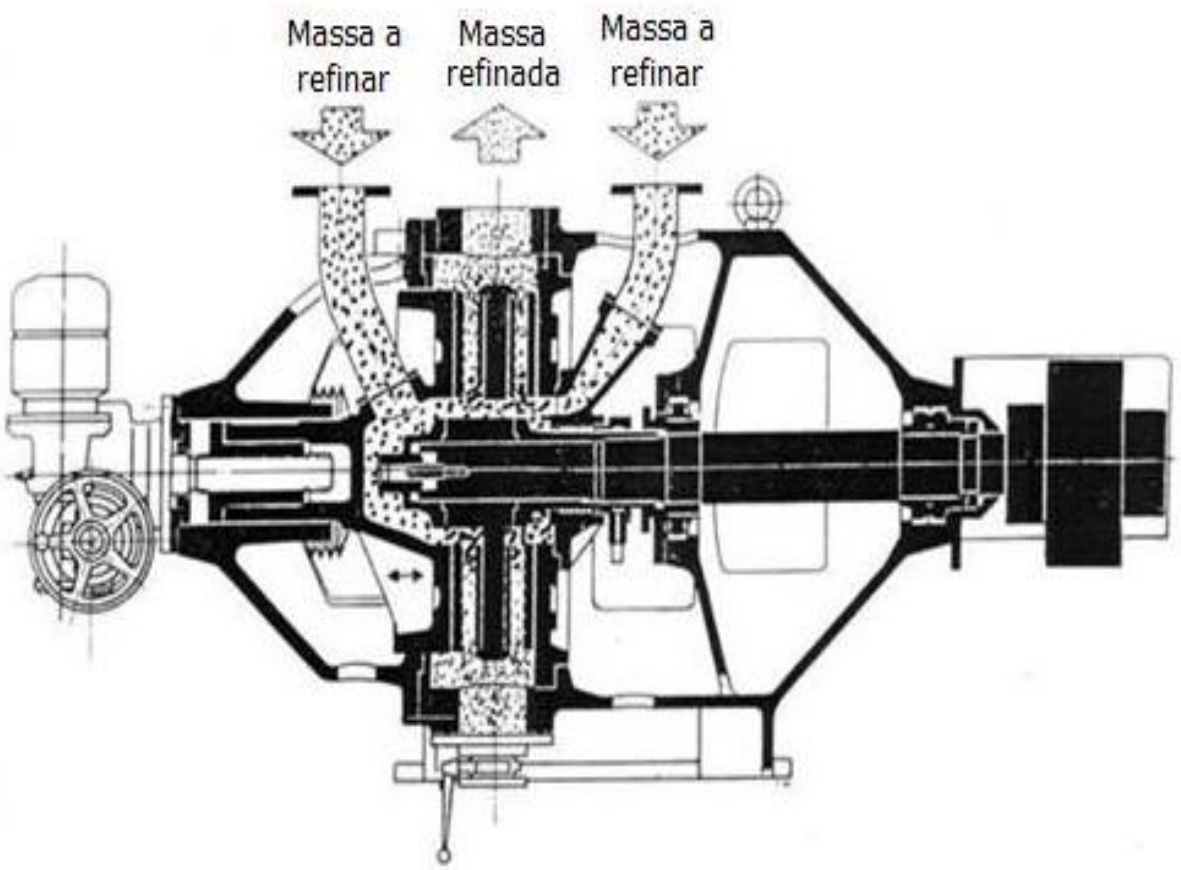
FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

Refinadores do tipo "Jordan"



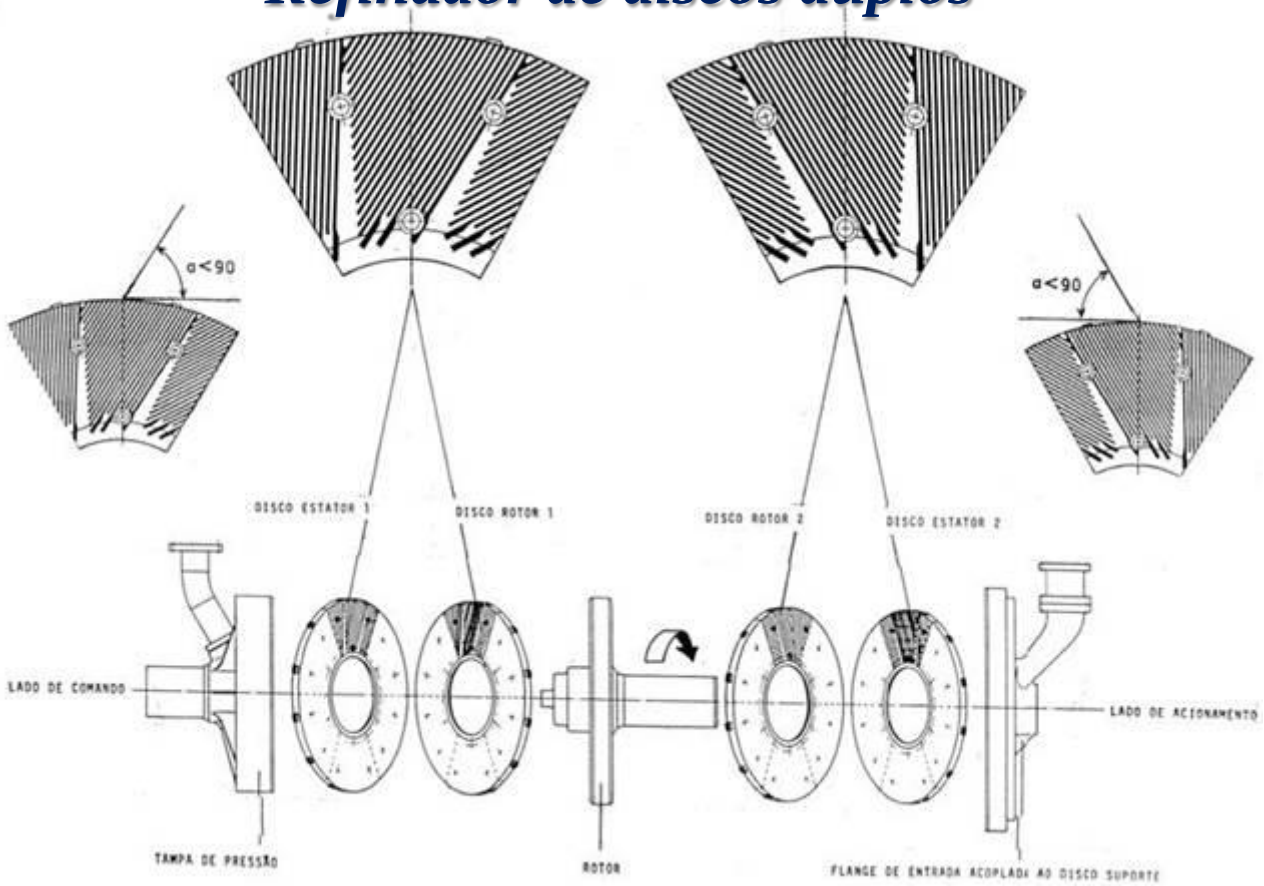
FONTE: PAULAPURO, H., et alli, Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End / Refining Technology

Refinador de discos duplos



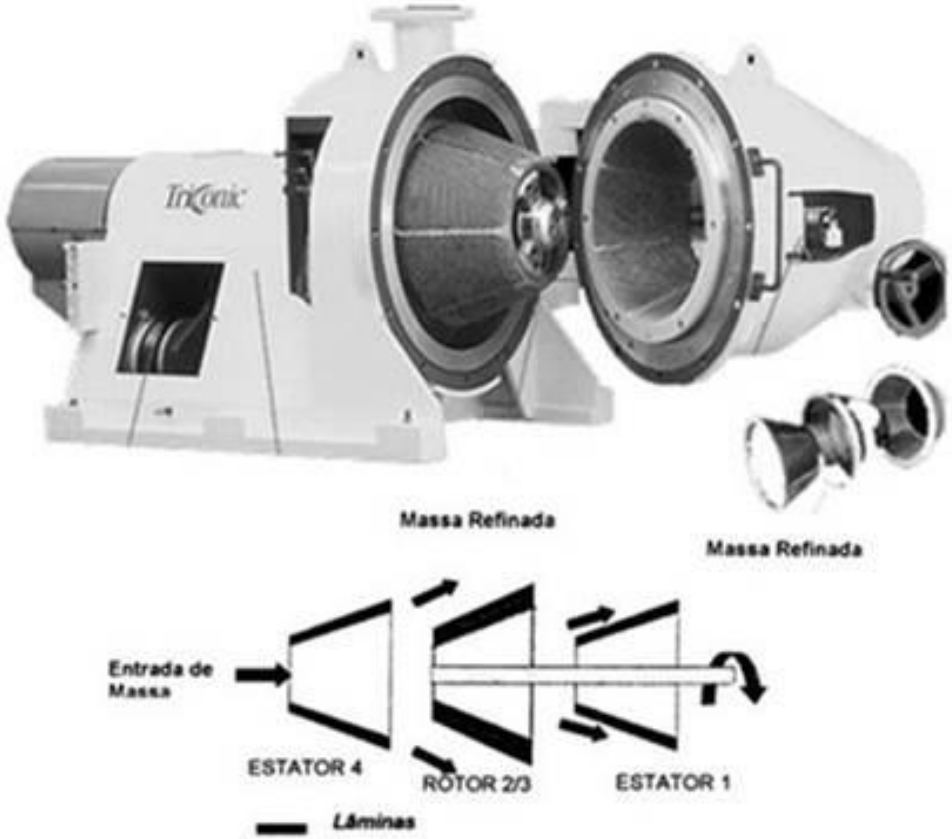
FONTE: Treinamento operacional – VCP/LA

Refinador de discos duplos



FONTE: Treinamento operacional – VCP/LA

Refinador "tricônico"



FONTE: www.redetec.org.br/inventabrasil/pilao

Refinação de fibras longas e curtas

FIBRA LONGA BRANQUEADA (FLB)

Requer de 80 a 120 kWh/t de energia, dependendo da velocidade da máquina e da capacidade da secagem.

FIBRA CURTA BRANQUEADA (FCB)

Eucalipto é preferido pelo "bulk" e pela resistência mecânica.

Em geral não é refinado.

REFINAÇÃO MISTA

Requerimento de energia é determinado pela mistura.

Quanto maior o conteúdo de FLB, maior a energia requerida.

APARAS DESTINTADAS

Requerimento de baixa energia (20 a 60 kWh/t).

FONTE: Refinação em baixa consistência para papéis tissue e toalha – GL&V Brasil Ltda – Rui Alexandre Fontoura

Refinação de fibras para a toalha

A refinação da toalha é geralmente caracterizada pela tração desenvolvida para uma dada capacidade de drenagem.

O objetivo é de desenvolver tração com a maior drenagem possível.

Permite velocidades maiores na máquina de papel;

Reduz dosagem de produtos químicos para resistência a úmido;

Fibra longa branqueada:

Requer de 140 a 180 kWh/t;

Mistura

Requer de 80 a 120 kWh/t, dependendo da quantidade de FLB na mistura

Aparas destintadas

Requerem de 30 a 80 kWh/t.

FONTE: Refinação em baixa consistência para papéis tissue e toalha – GL&V Brasil Ltda – Rui Alexandre Fontoura

"Tissue" e toalha

Para desenvolver resistência na fibra é importante refinar com baixa intensidade.

FLB requer intensidade de refinação de 1,5 Ws/m.;

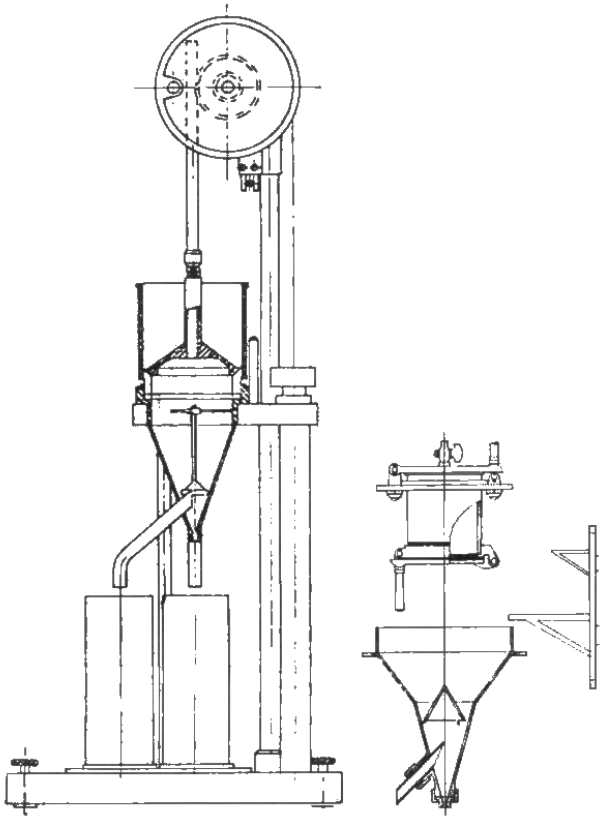
Consistência desejada: 4,0%;

O objetivo é desenvolver resistência com altas taxas de drenagem: aumento de produção, redução do uso de aditivos químicos.

Aparas destintadas requerem intensidades de refinação de 1,0 Ws/m;

FONTE: Refinação em baixa consistência para papéis tissue e toalha – GL&V Brasil Ltda – Rui Alexandre Fontoura

Medição de grau de refino



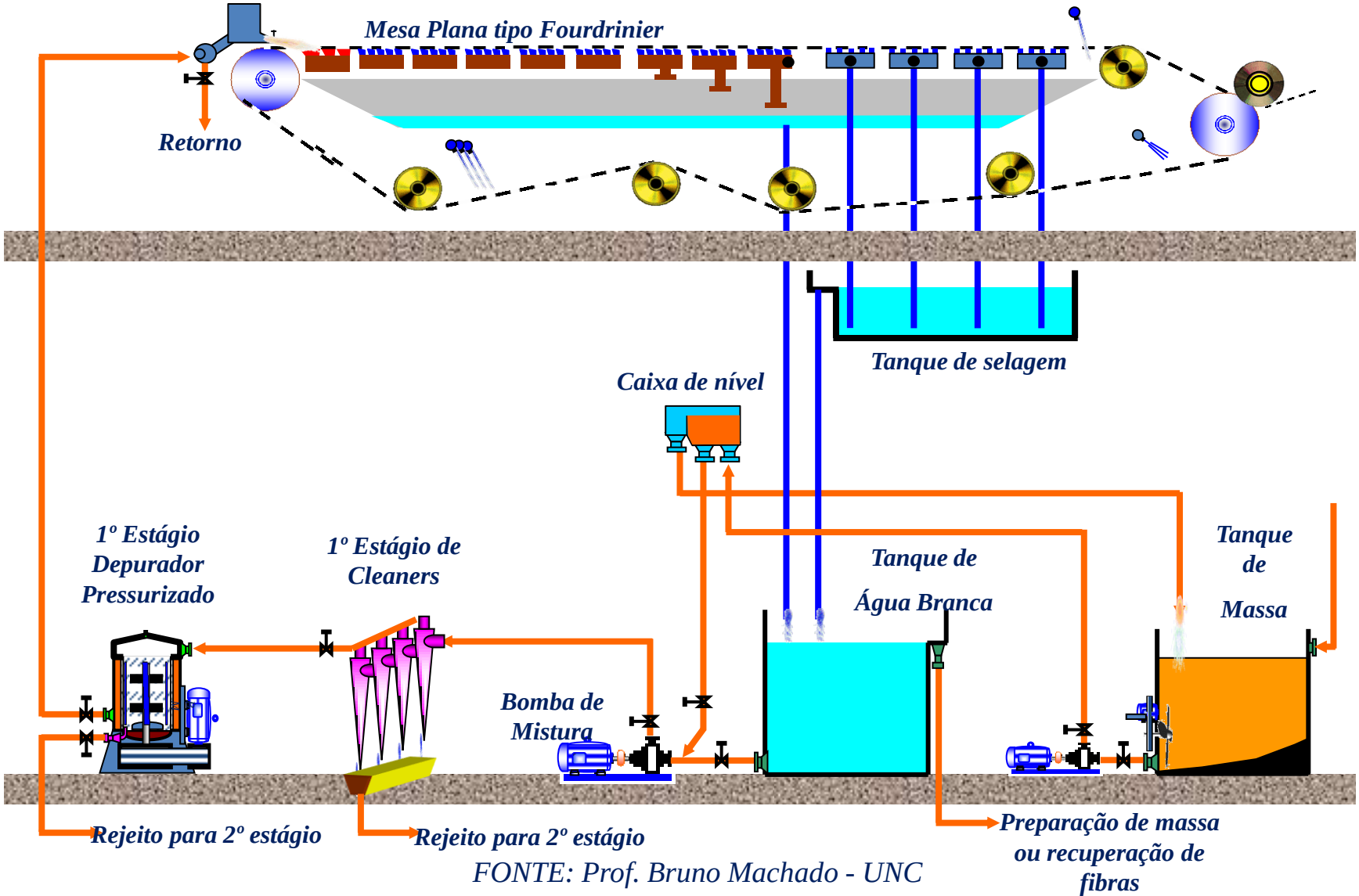
Aparelho Schopper-Riegler

Aparelho Freeness Tester

FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

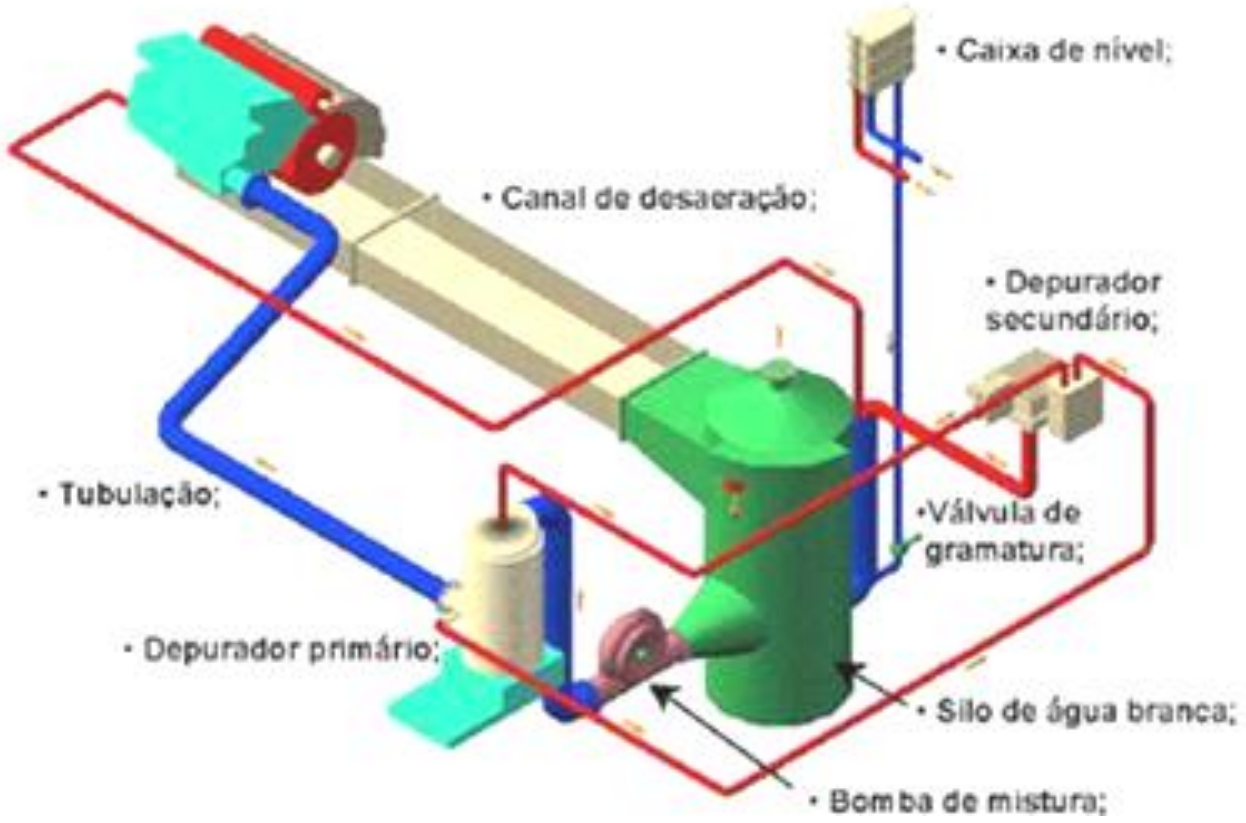
6. Máquinas para a fabricação de papéis "tissue": "fourdrinier", mesa inclinada, dupla tela, "crescent former", TAD, ATMOS, ADT

Máquinas para a fabricação de papéis "tissue": "fourdrinier", mesa inclinada, dupla tela, "crescent former", TAD, ATMOS, ADT



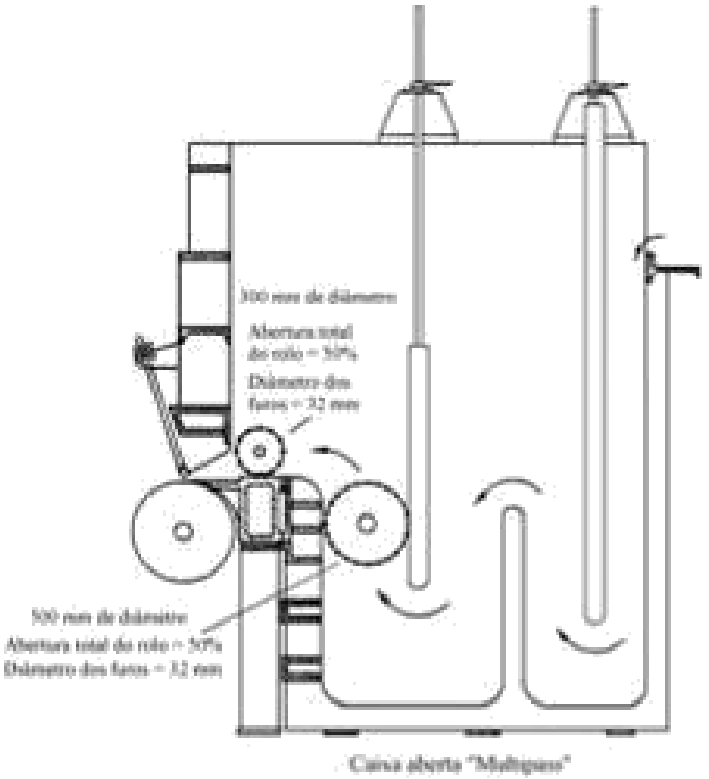
FONTE: Prof. Bruno Machado - UNC

Circuito de aproximação de uma "crescent former"



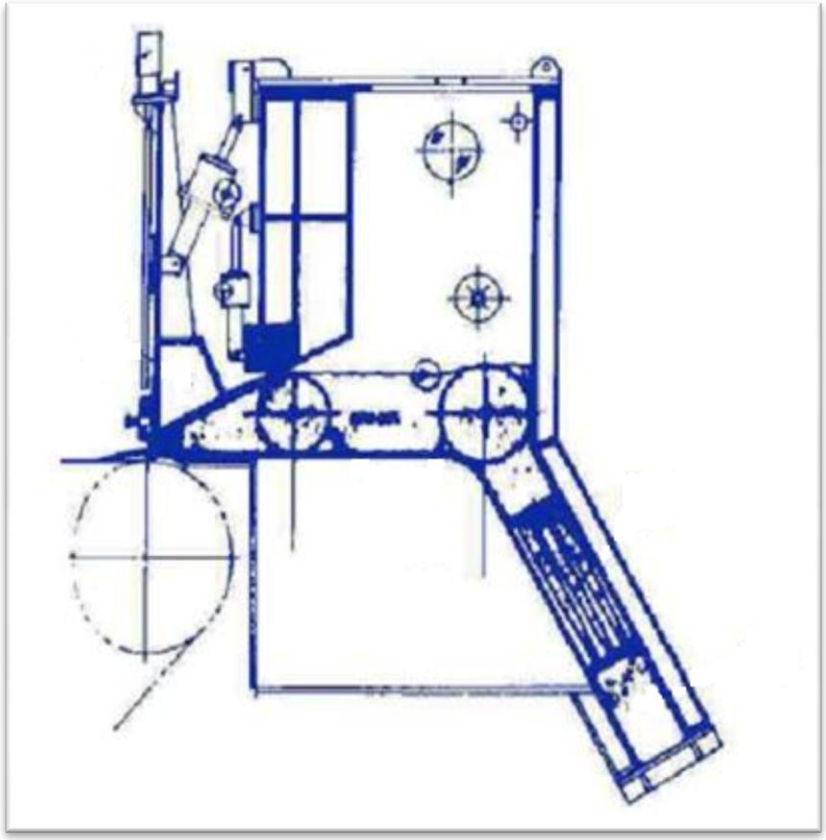
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Caixa despressurizada aberta "multipass"



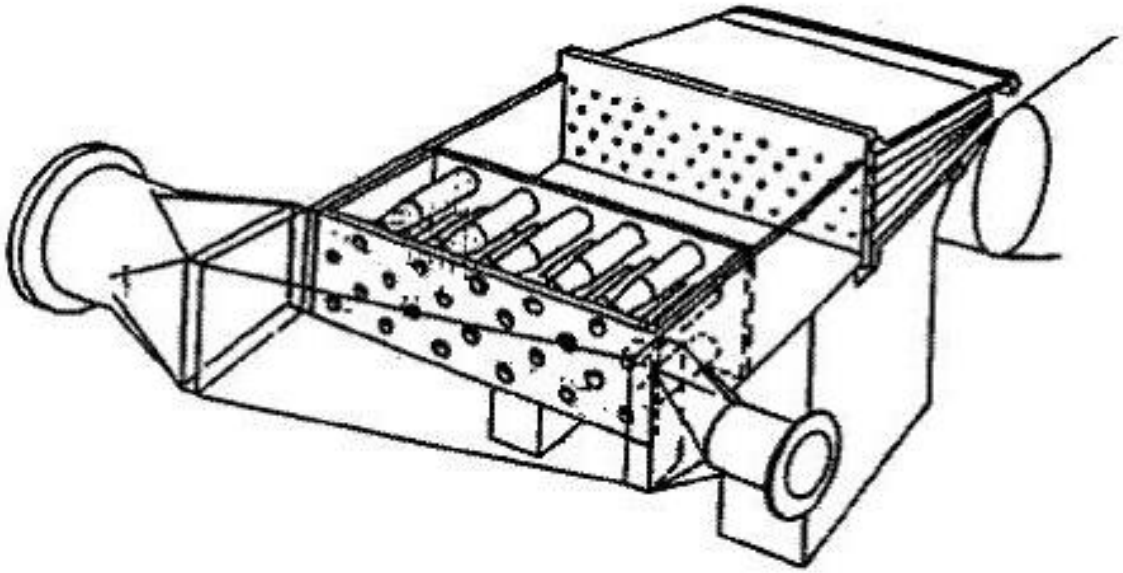
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

Caixa de entrada pressurizada



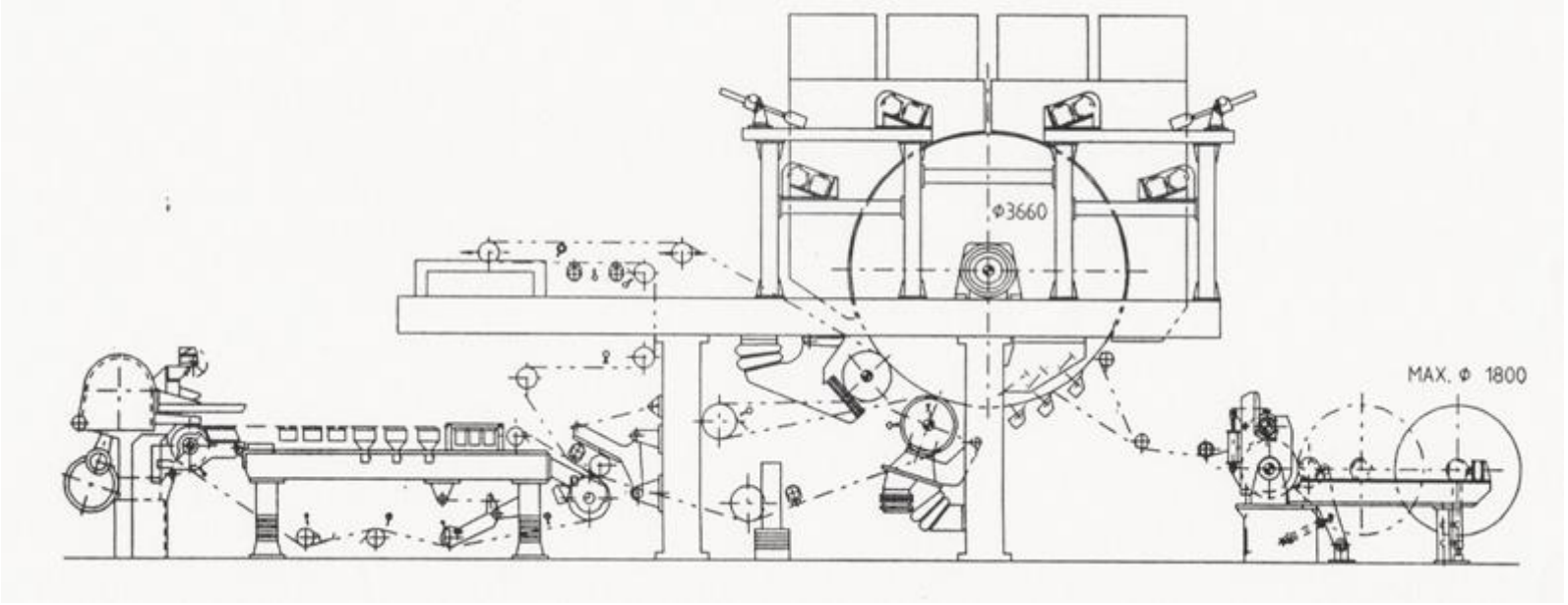
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Caixa hidráulica



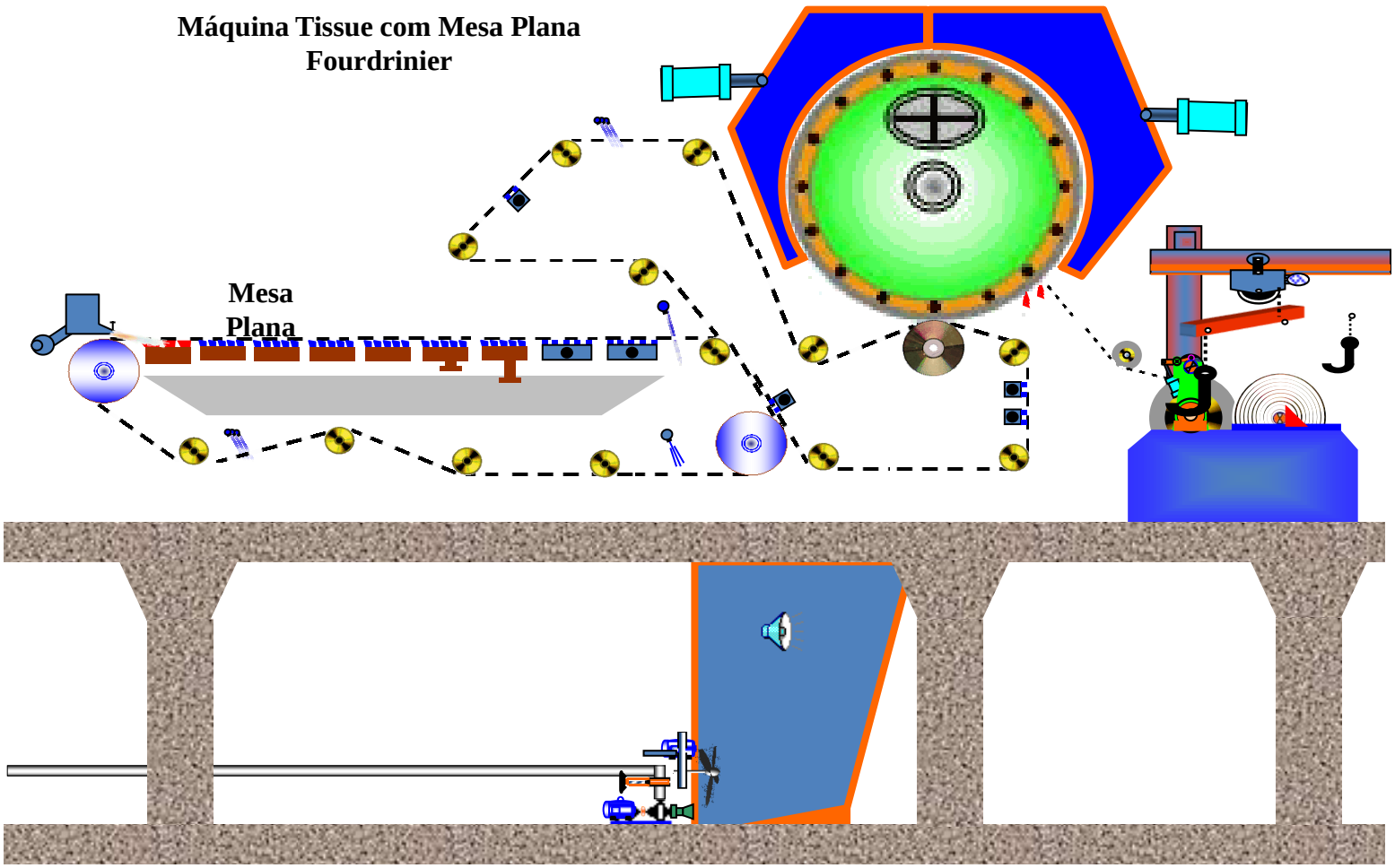
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Máquina "tissue" com mesa plana



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Máquinas para a fabricação de papéis "tissue": "fourdrinier", mesa inclinada, dupla tela, "crescent former", TAD, ATMOS, ADT



FONTE: Prof. Bruno Machado - UNC

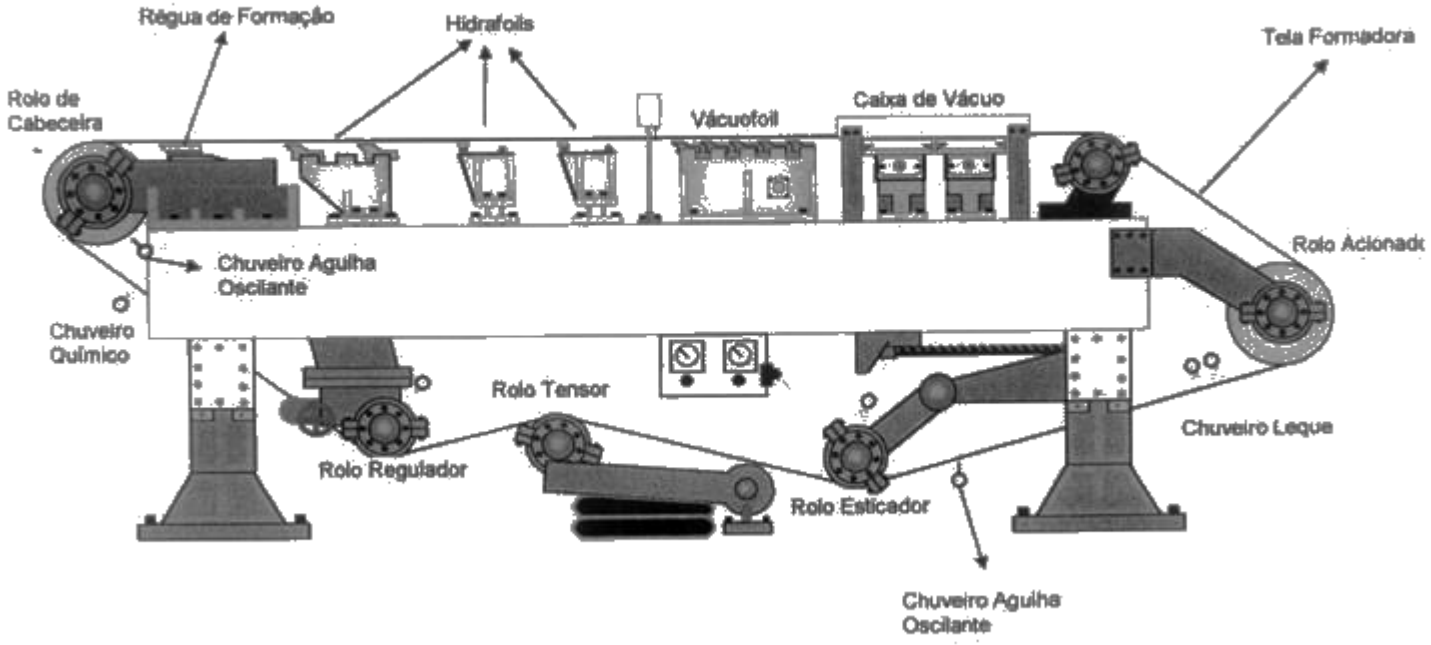
Máquina "tissue" com mesa plana

As principais características da mesa plana são:

Tipo de formação convencional;
Potencial de velocidade limitado (aproximadamente 1000 m/min);
Utilização de média consistência na caixa de entrada;
Dificuldade em se obter melhor formação;
Limitações na relação de tensões longitudinais e transversais;
Vários elementos desaguadores da mesa;
Caixas de Entrada: aberta, pressurizada ou hidráulica;
Rolo cabeceira: sólido, aberto ("egoteur") ou sucção;
Rolo cabeceira aberto: acima de 650 m/min, forte tendência de franjas ou estrias, má formação, remoção de água (ar nas furações).

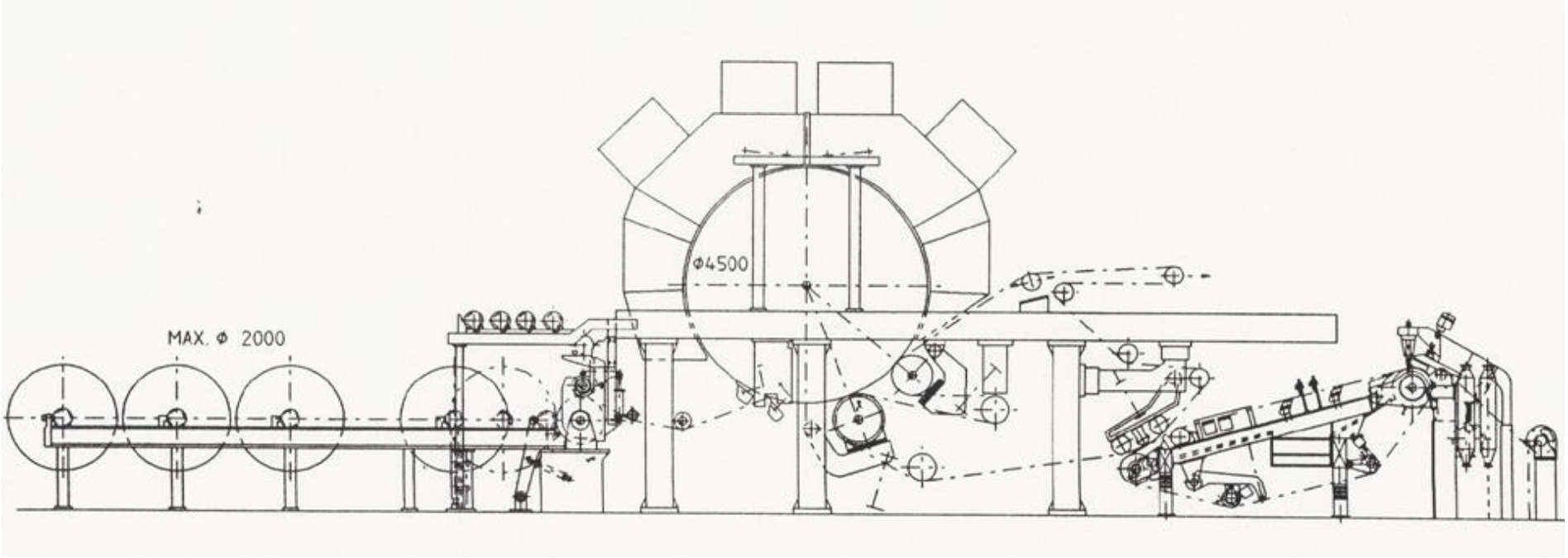
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Máquina "tissue" com mesa plana (cont.)



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Máquina "tissue" com mesa inclinada (SBR)



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

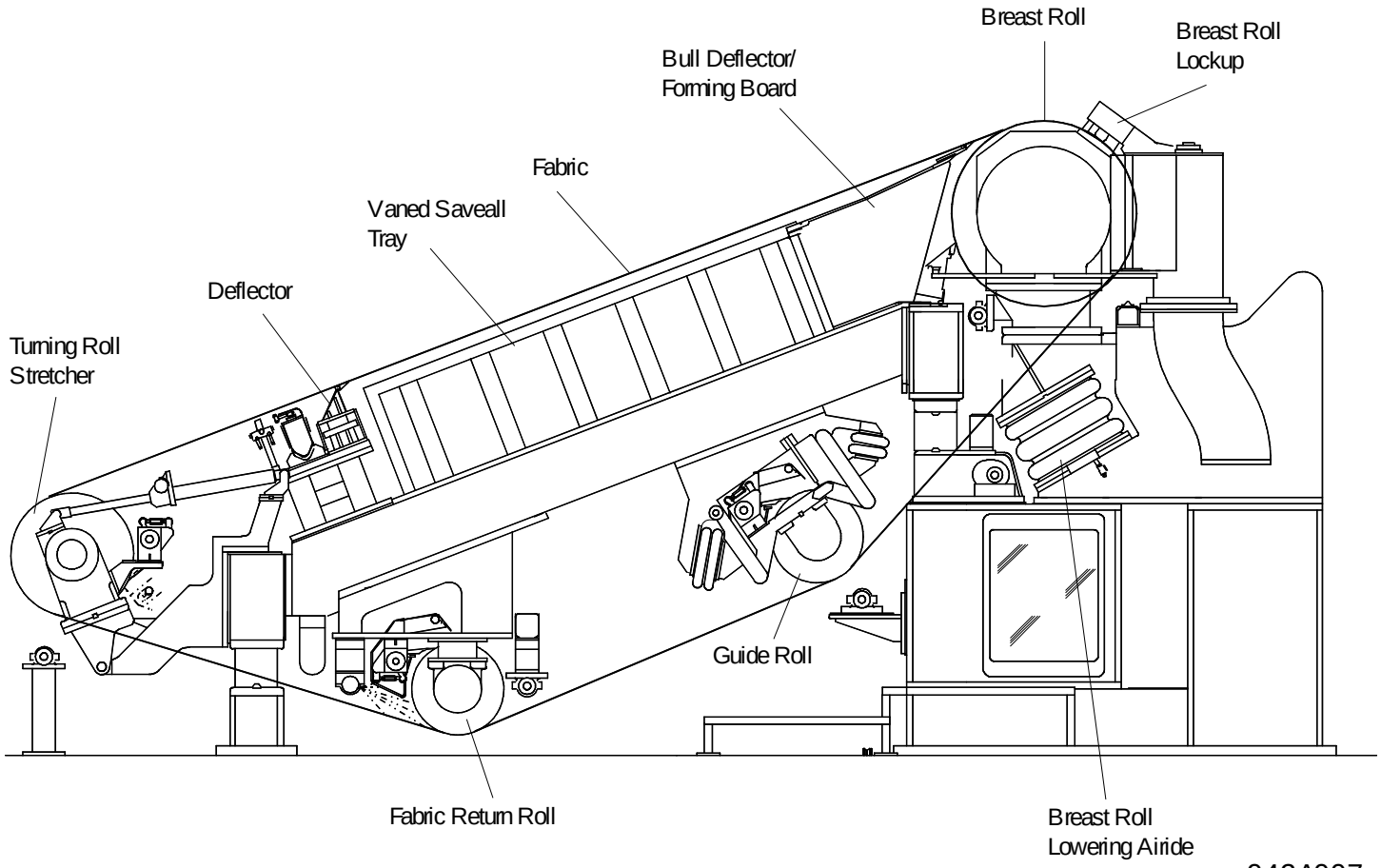
Máquina "tissue" com mesa inclinada (SBR)

As características deste tipo de formador são:

Alta capacidade de drenagem através do rolo formador de sucção (SBR);
Possibilidade de utilizar baixa consistência da massa na caixa de entrada;
Qualidade de formação muito boa;
Boa capacidade de ajuste nas relações longitudinais e transversais;
Range de Gramatura: 13 a 23 g/m²;
Potencial de velocidade: 1500 a 1600 mpm (21° e "roof" de 12 in);
Boa maciez na folha;
Tela inclinada a 6° e 21°;
Caixa de entrada especial com lábio curvo ("roof") a 3", 6" e 12"

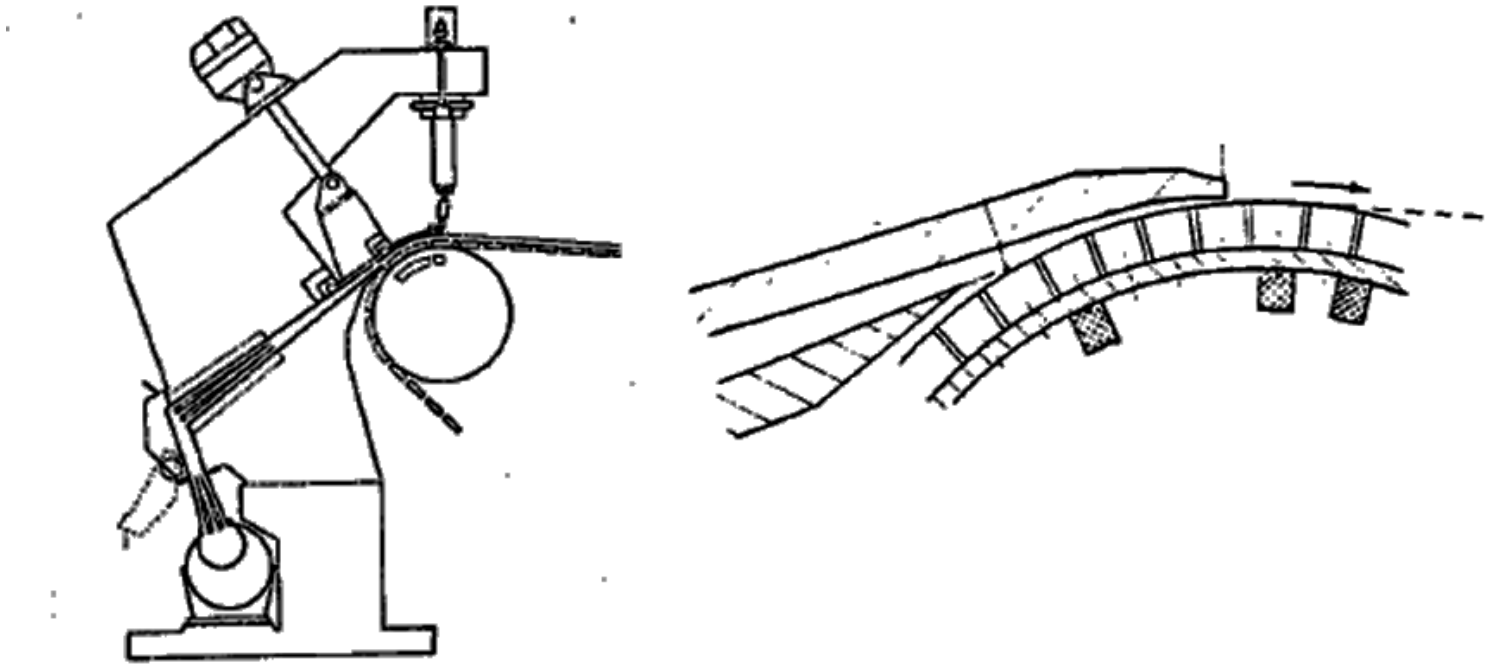
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Máquina "tissue" com mesa inclinada (SBR)



FONTE: Apresentação CONTECH

Caixa de entrada para mesas inclinadas (SBR)



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

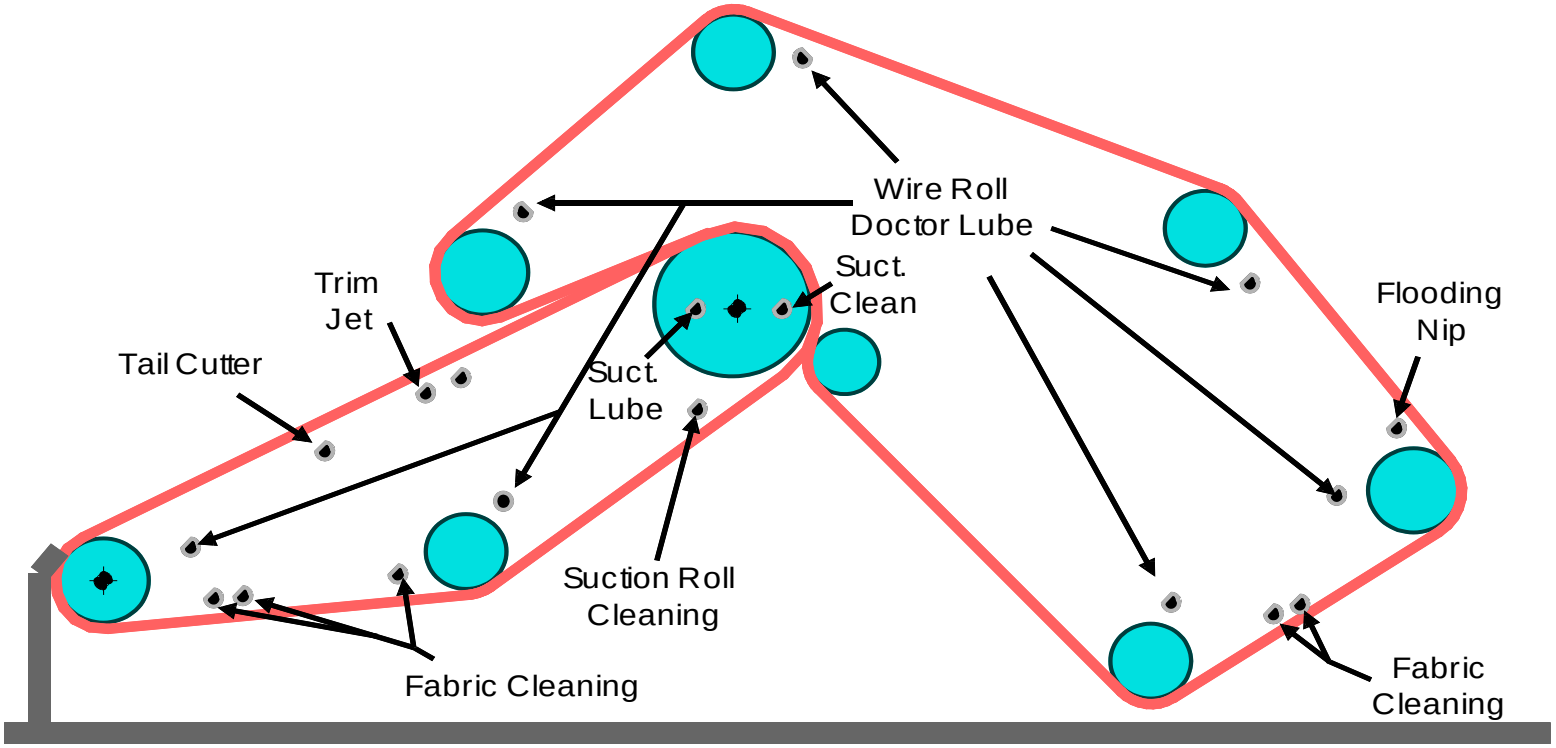
Formadores de tela dupla com rolo formador

As características deste formador são:

Alta capacidade de drenagem através das telas formadoras;
Alto potencial de velocidade (opera até aproximadamente 2.200 m/min);
Possibilidade de utilizar baixa consistência da massa na caixa de entrada;
Qualidade de formação muito boa;
Boa capacidade de ajuste nas relações longitudinais e transversais;
Rolo formador sólido ou de sucção;
Duas versões de geometria: C-Wrap e S-Wrap ;
Range de gramatura: 11 a 52,5 g/m²;
Apresenta dificuldades com "stickies" quando opera com fibra reciclada (contaminação da tela interna na C-Wrap).

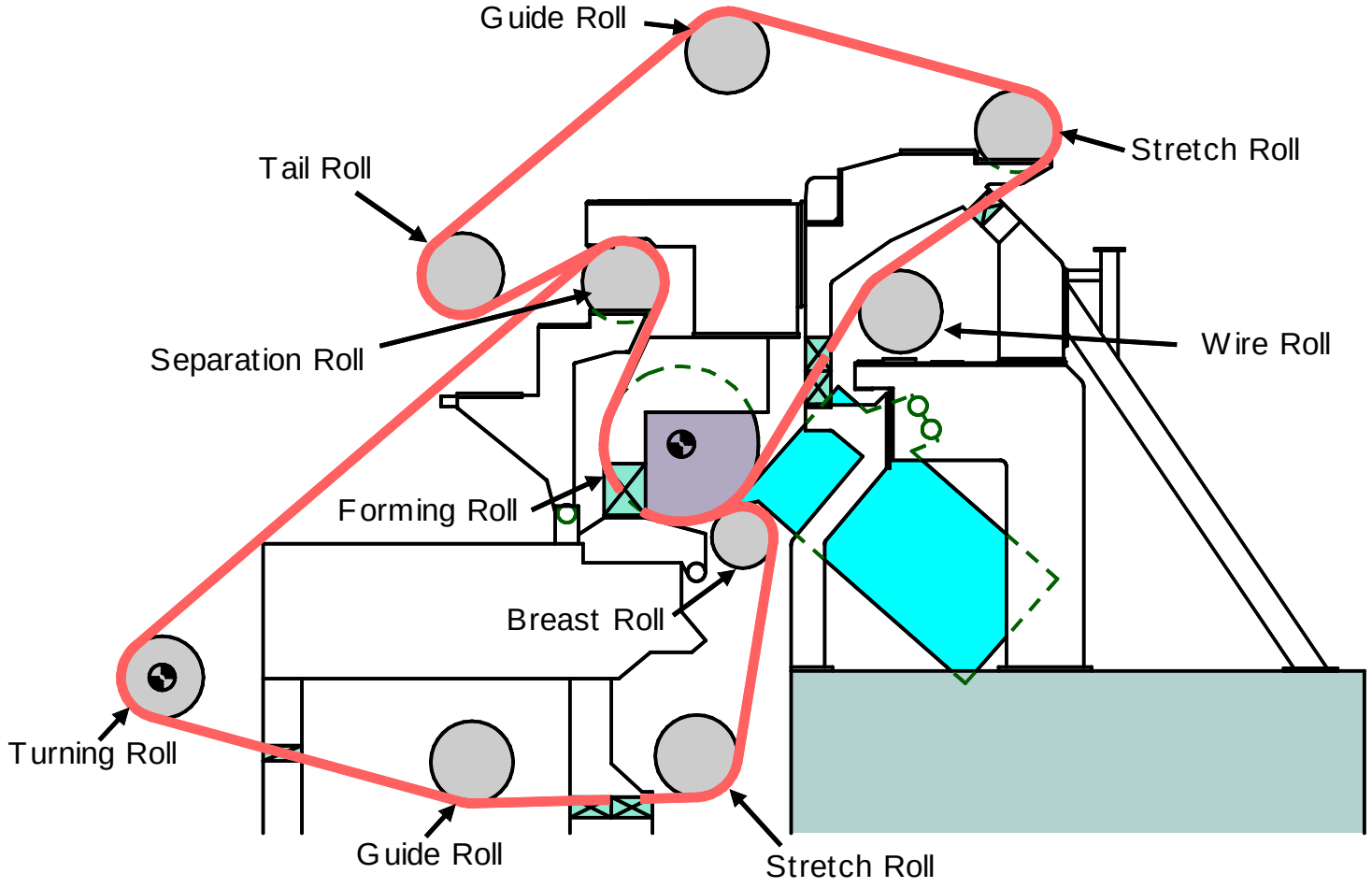
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

"Twin Wire" "C-Former" com prensa de sucção (80 kg/cm)



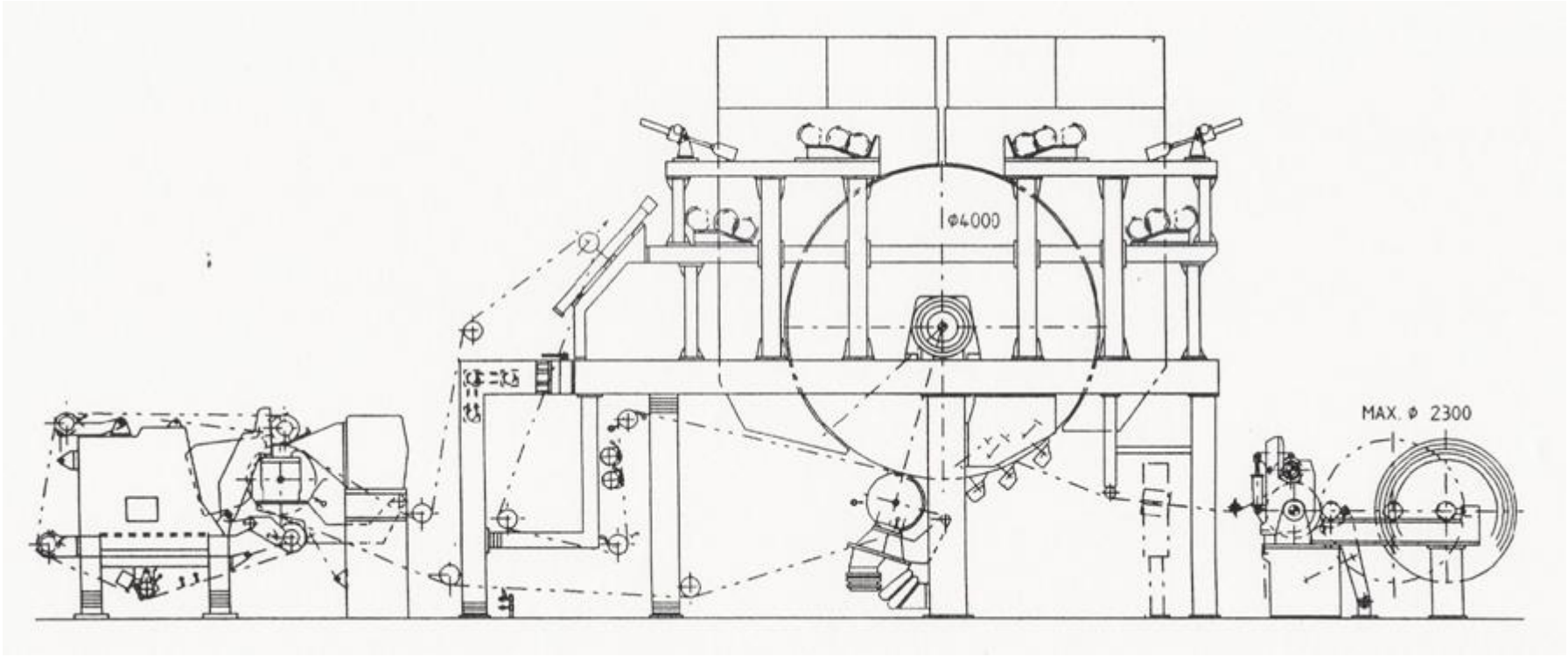
FONTE: Apresentação CONTECH

"Twin Wire" "S-Former" com prensa de sucção e "dry-press"



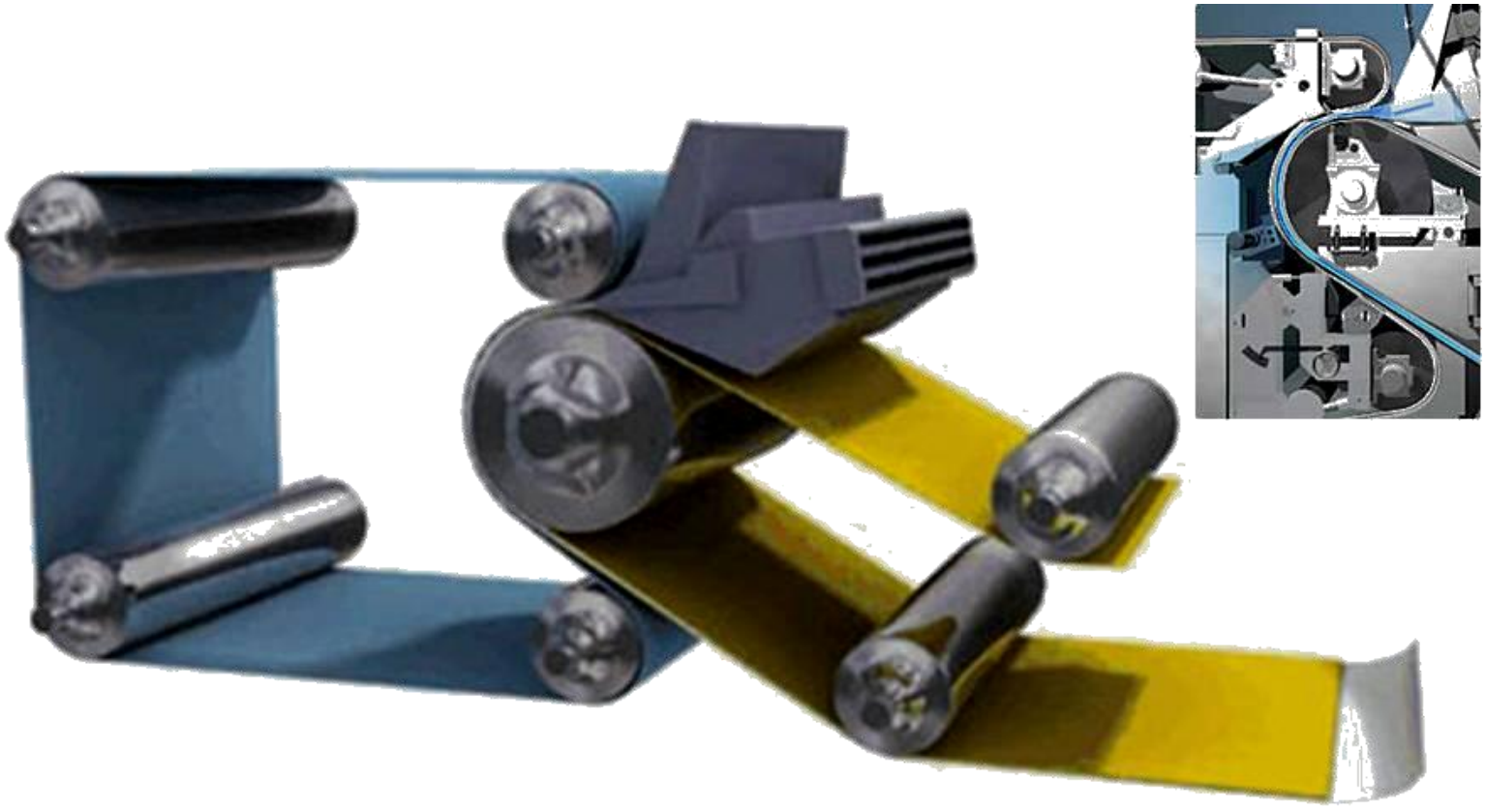
FONTE: Apresentação CONTECH

"Crescent Former"



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

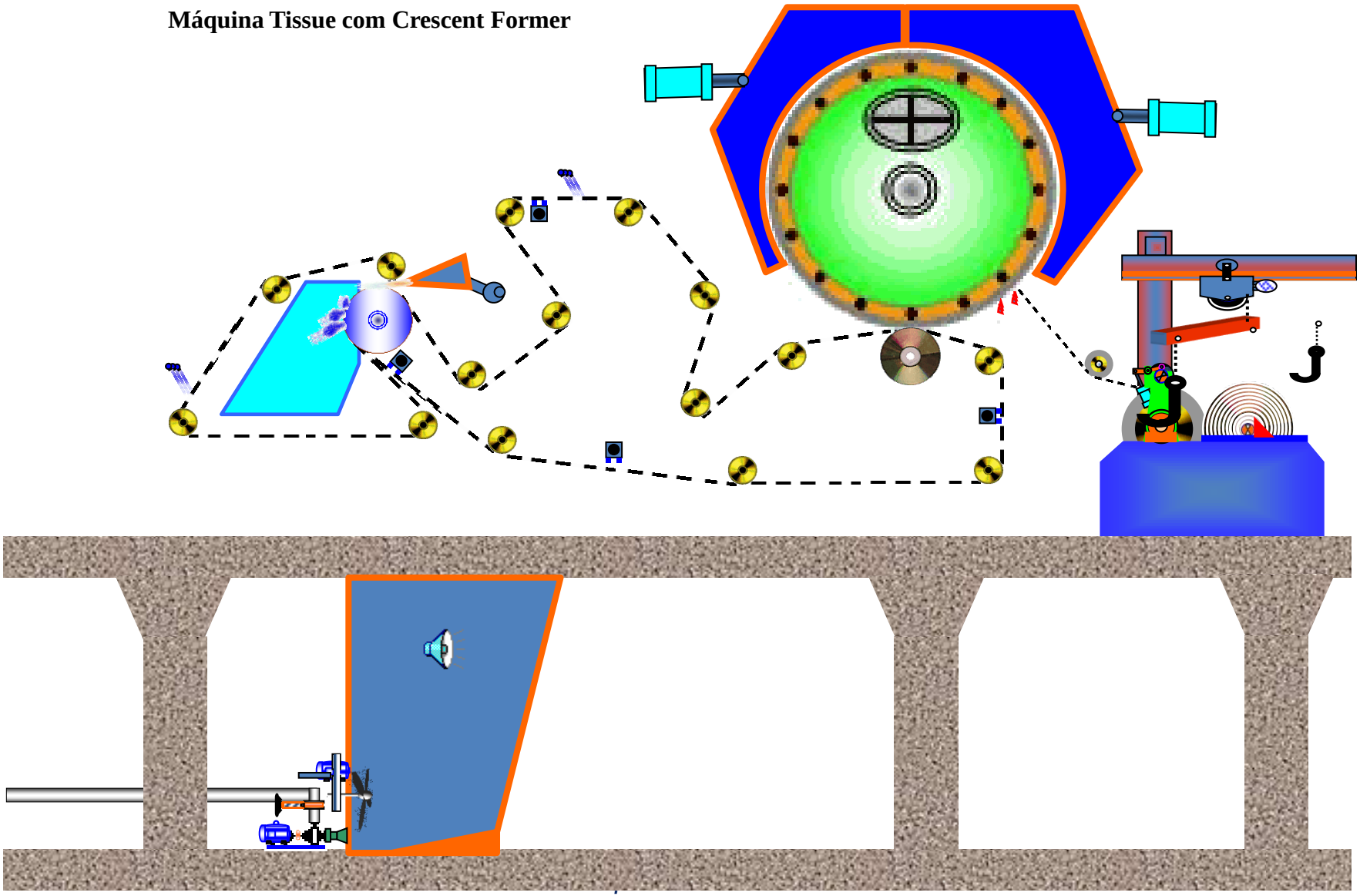
"Crescent Former"



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

Máquinas para a fabricação de papéis "tissue": "fourdrinier", mesa inclinada, dupla tela, "crescent former", TAD, ATMOS, ADT

Máquina Tissue com Crescent Former



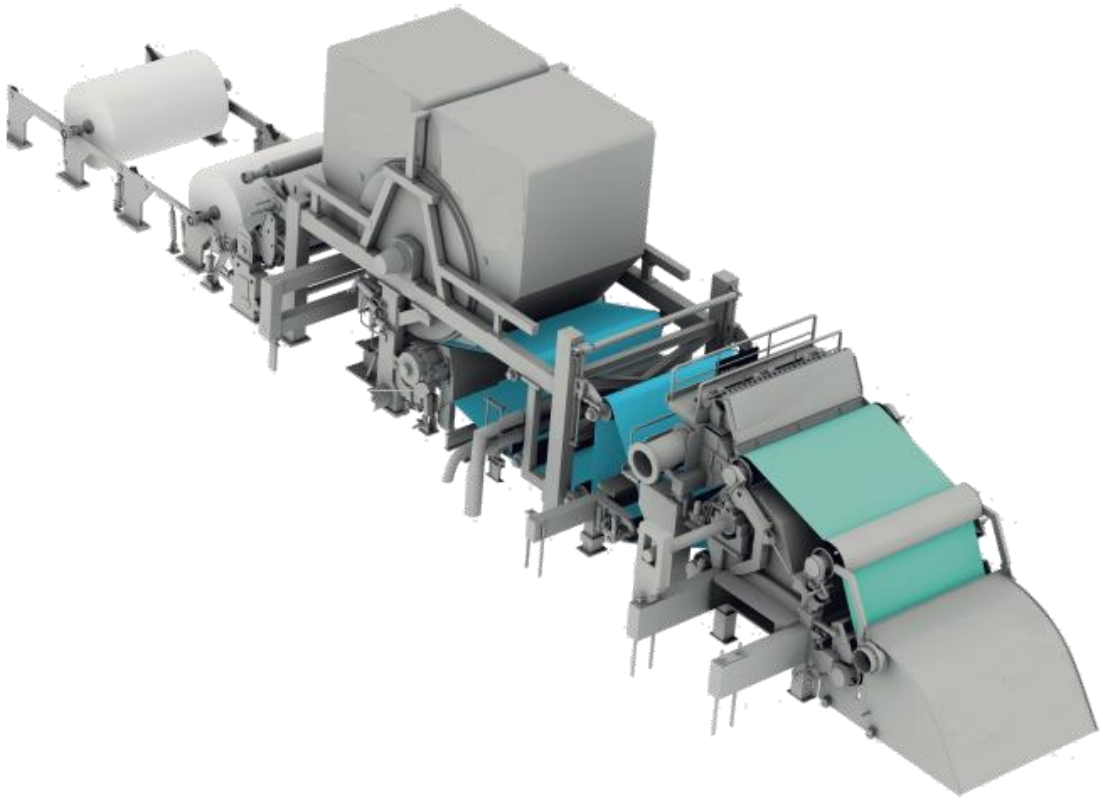
"Crescent Former"

São características do "Crescent Former":

Patente KC até 1985 àdomínio publico;
Alta capacidade de drenagem através da tela;
Alto potencial de velocidade; é atualmente o formador que possui possibilidades de operar nas maiores velocidades (opera até aproximadamente 2.200 m/min, estimando se atingir até 2.500 m/min);
Possibilidade de utilizar baixa consistência da massa na caixa de entrada;
Qualidade de formação muito boa;
Boa capacidade de ajuste nas relações longitudinais e transversais;
Excelente conceito para operar com fibras secundárias;
Range de gramatura: 11 a 40,5 g/m²;
Excelente qualidade de formação em papéis de baixa gramatura;
Excelente aparência da folha: sem pick-up;
Baixo custo de investimento e baixo custo operacional quando comparado com formadores de dupla tela.

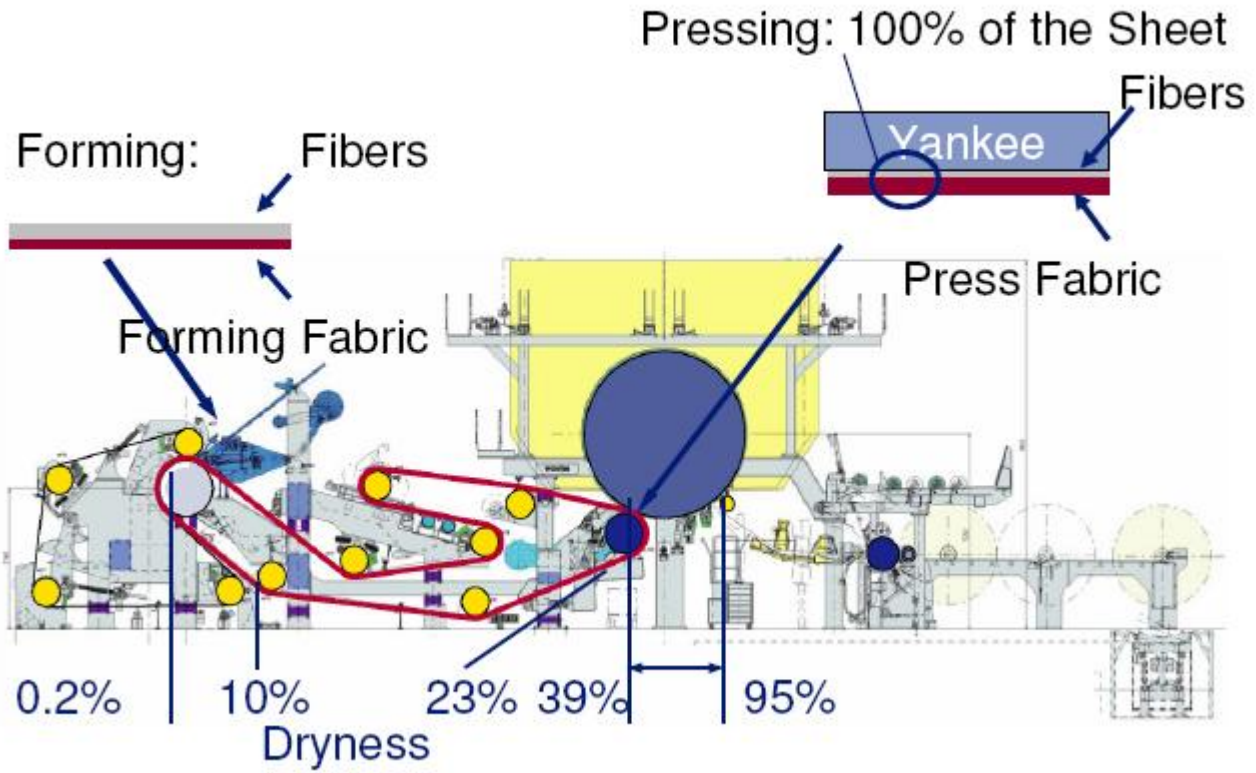
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

"Crescent Former"



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

"Crescent Former" - Teores de seco ("Dryness")



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Evolução dos processos de fabricação de papel "tissue"

1) Crepagem com alto teor de secagem e aplicação de suavizantes no papel;

2) Caixa de entrada tipo multicamadas ("multilayer");

3) Máquinas com secagem tipo TAD;

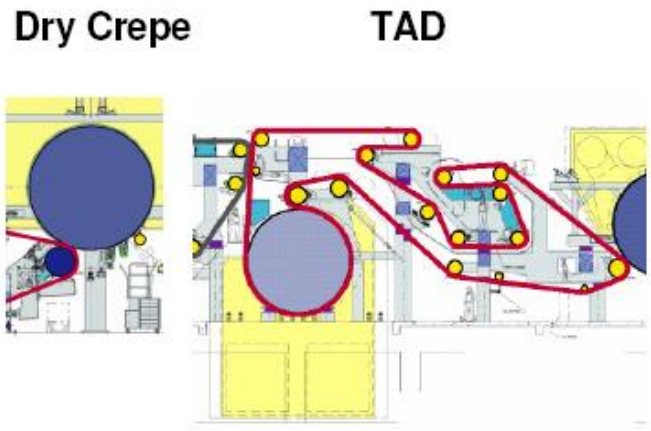
4) Sistema "Tissueflex®";

5) Sistema "Atmos";

5) Outros: utilização de telas com estrutura e textura especiais, feltros com estruturas especiais, fibras especiais, químicos, refinação, etc.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

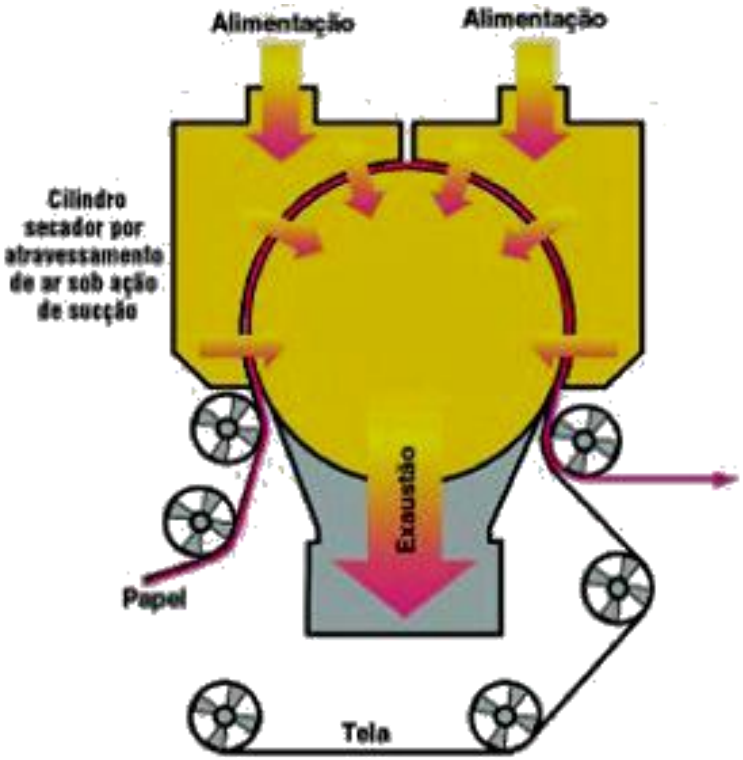
Diferença entre conceitos (crepagem a seco e TAD)

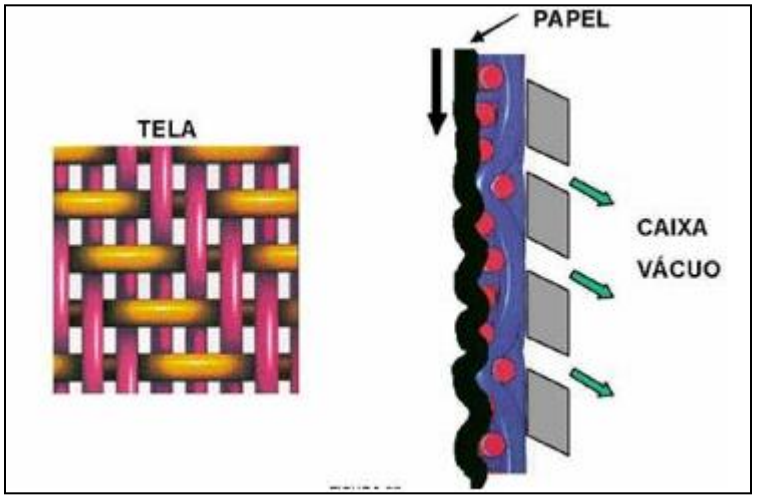


Bulk	100%	200%
Absorption capacity	100%	190%
Capital investment	100%	200-250%
Energy consumption	100%	

FONTE: Apresentação da Voith sobre o Atmos

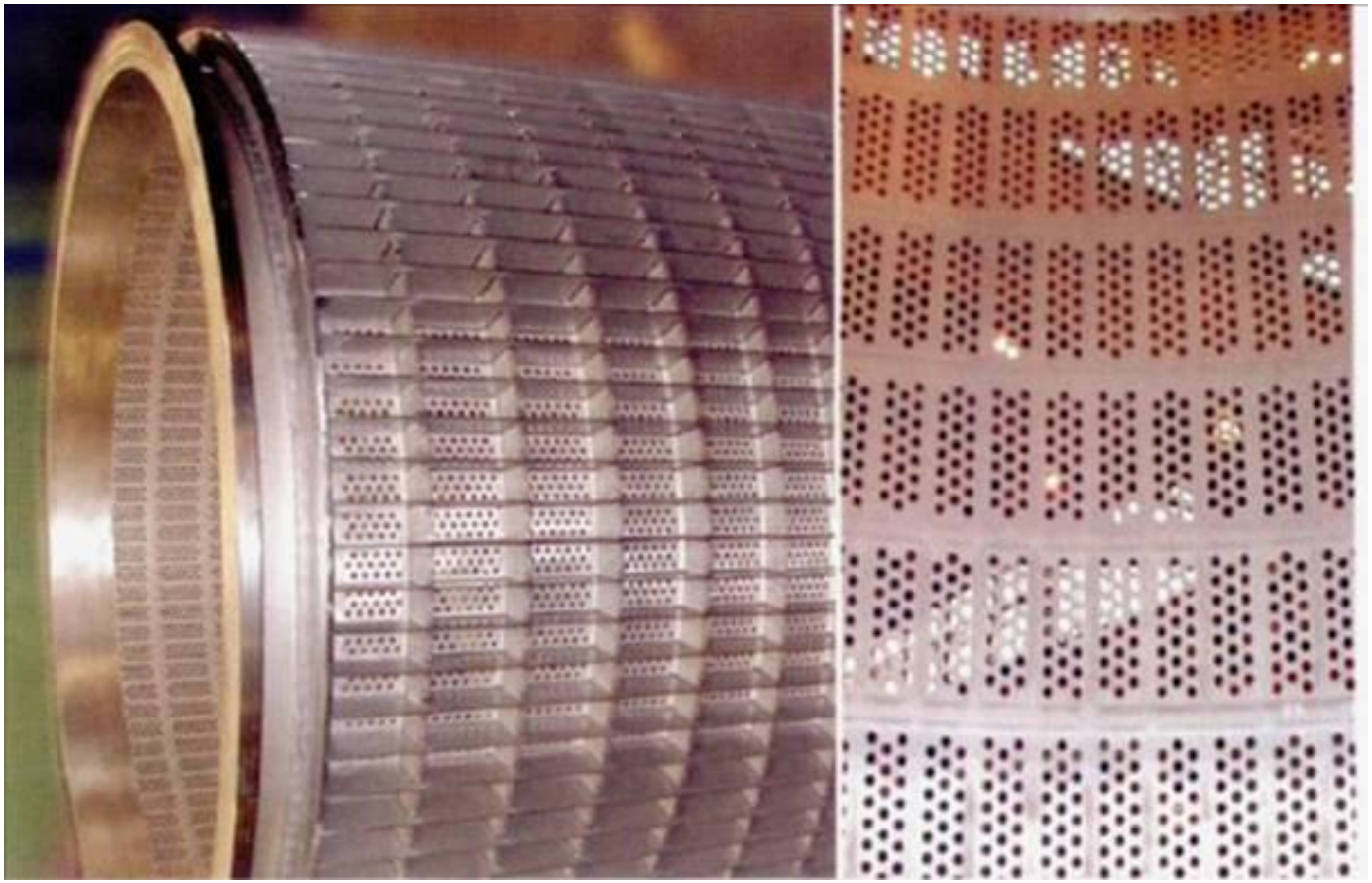
Sistema TAD ("Through Air Drying")





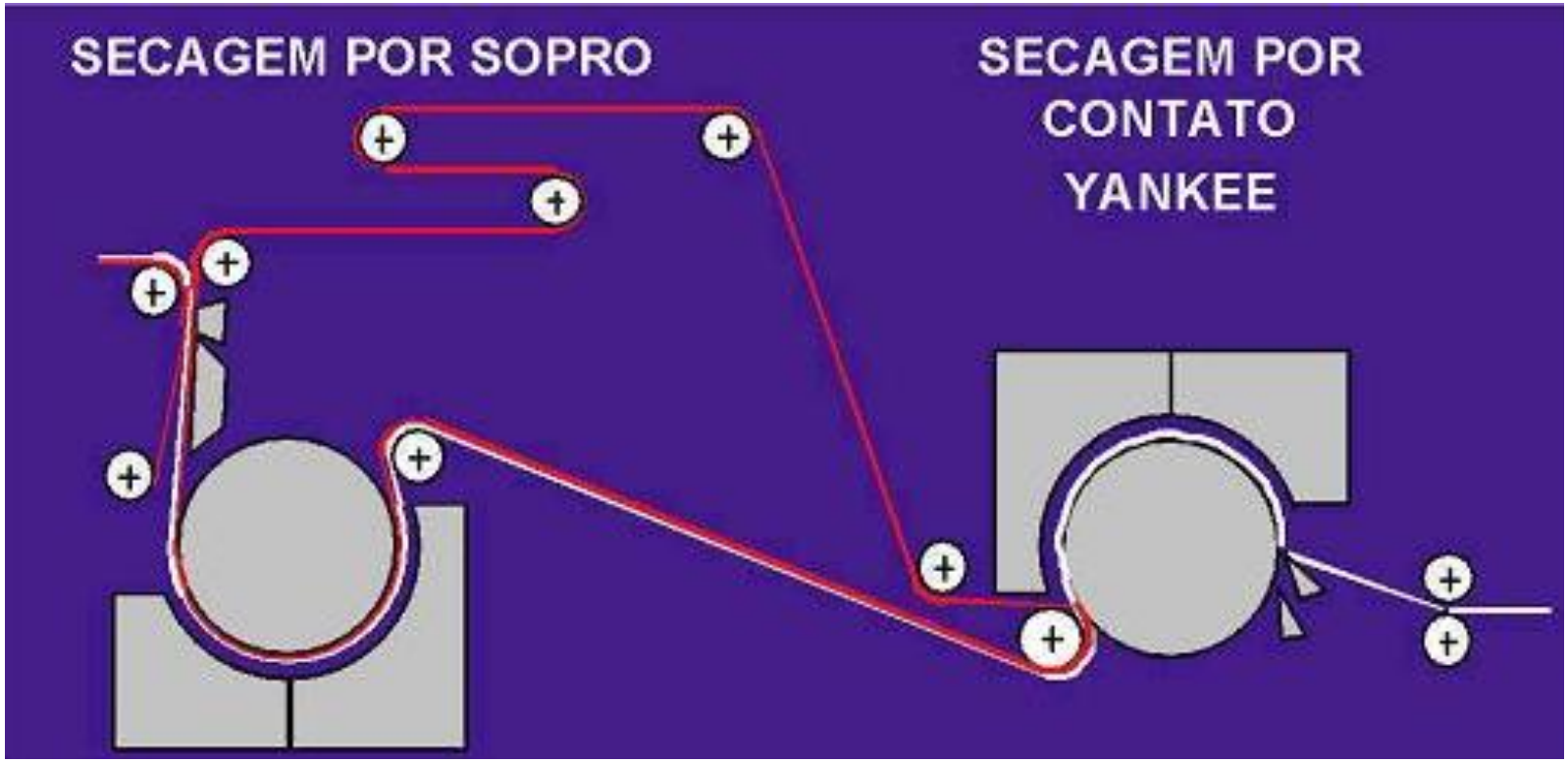
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

Sistema TAD ("Through Air Drying")



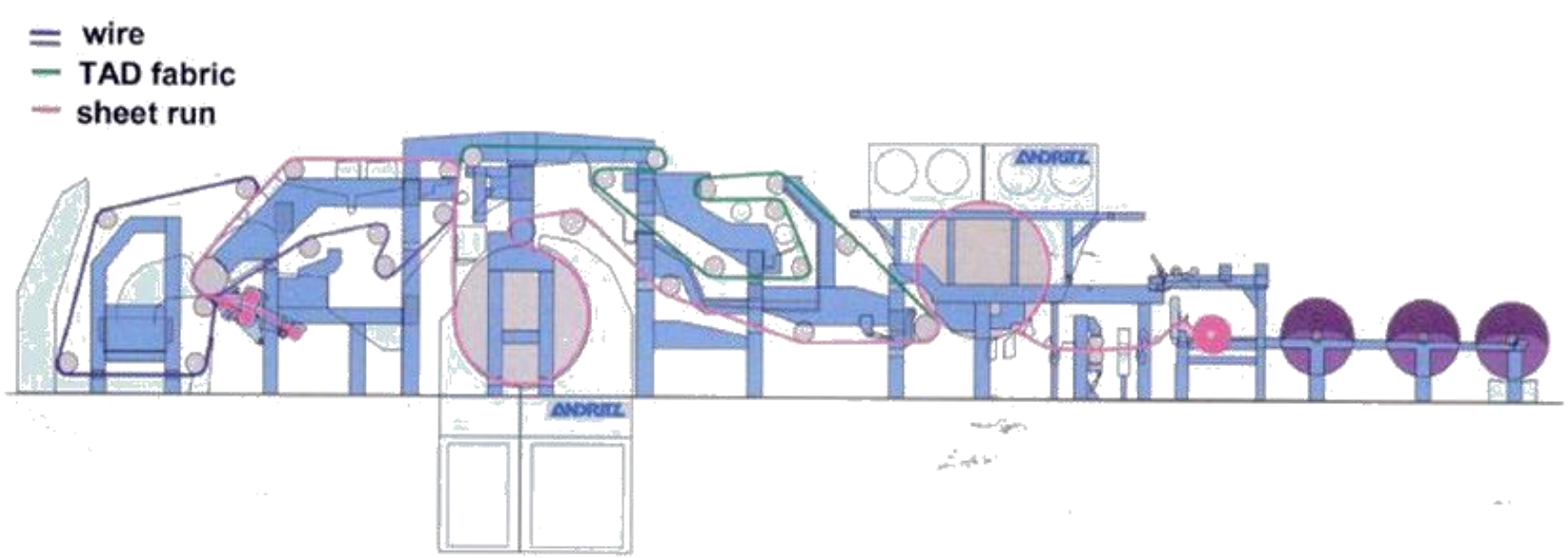
FONTE: Tissue World

Sistema TAD ("Through Air Drying")



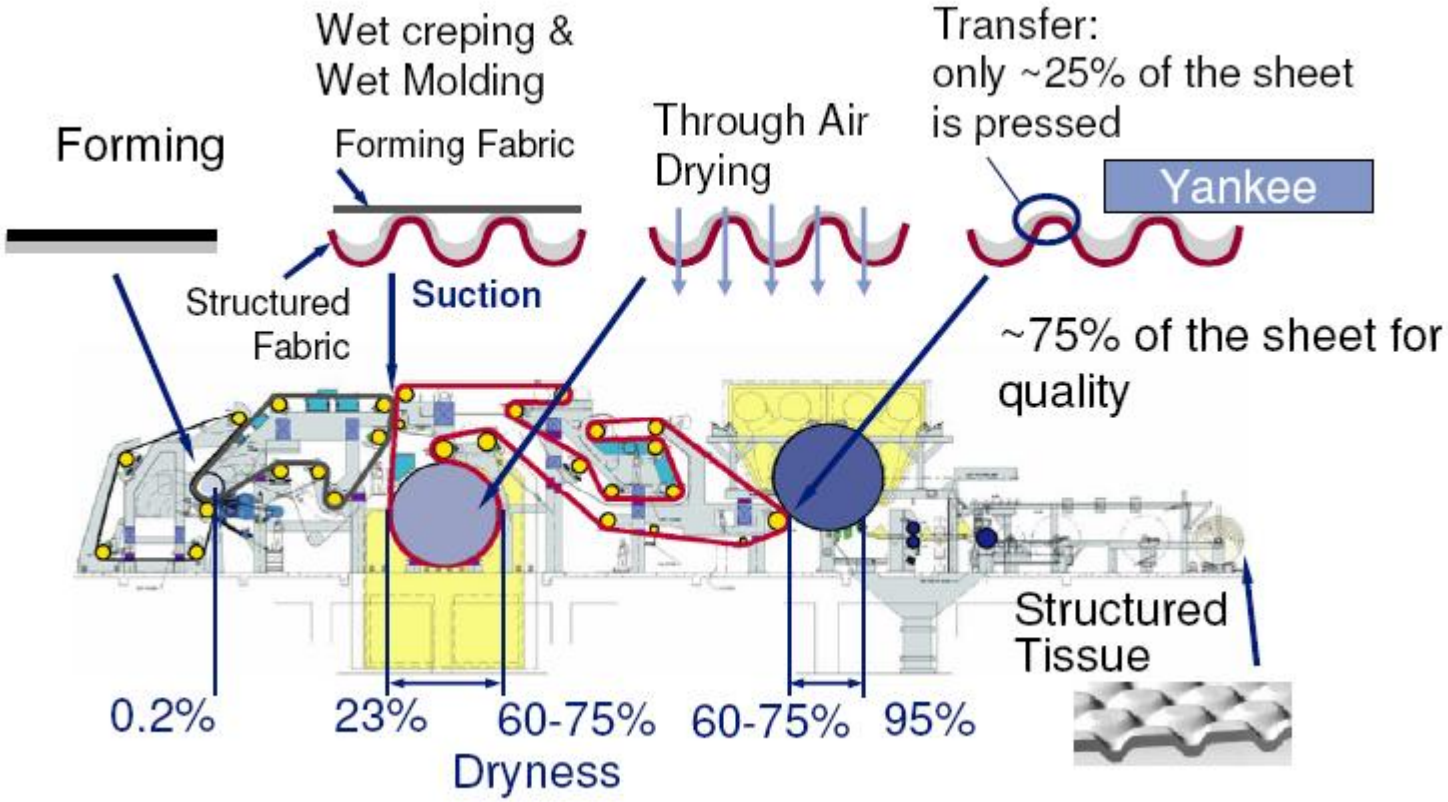
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

Sistema TAD ("Through Air Drying")



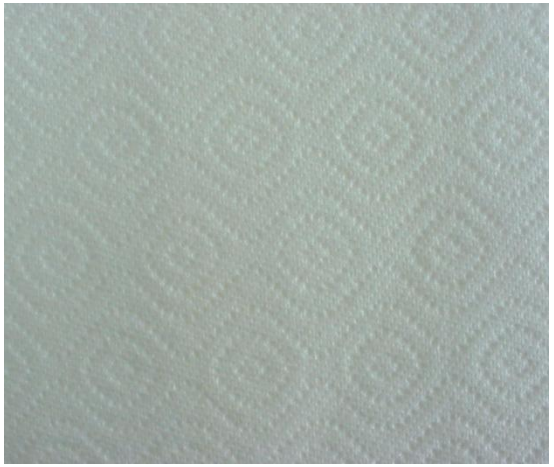
FONTE: Tissue World

Sistema TAD ("Through Air Drying")



FONTE: Apresentação da Voith sobre o Atmos

Produtos TAD ("Through Air Drying")

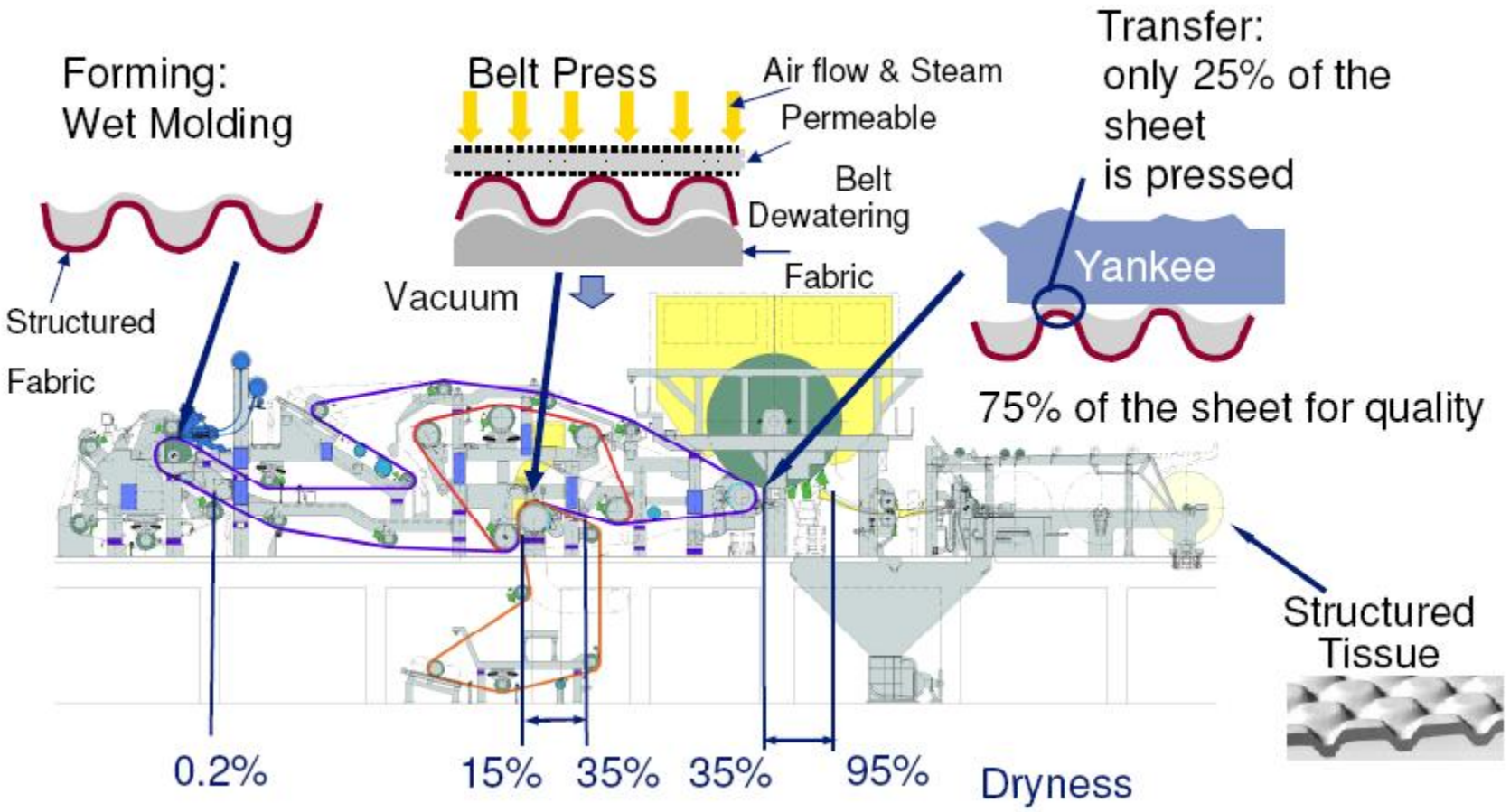


FONTE: apresentação CONTECH

Produtos TAD ("Through Air Drying")

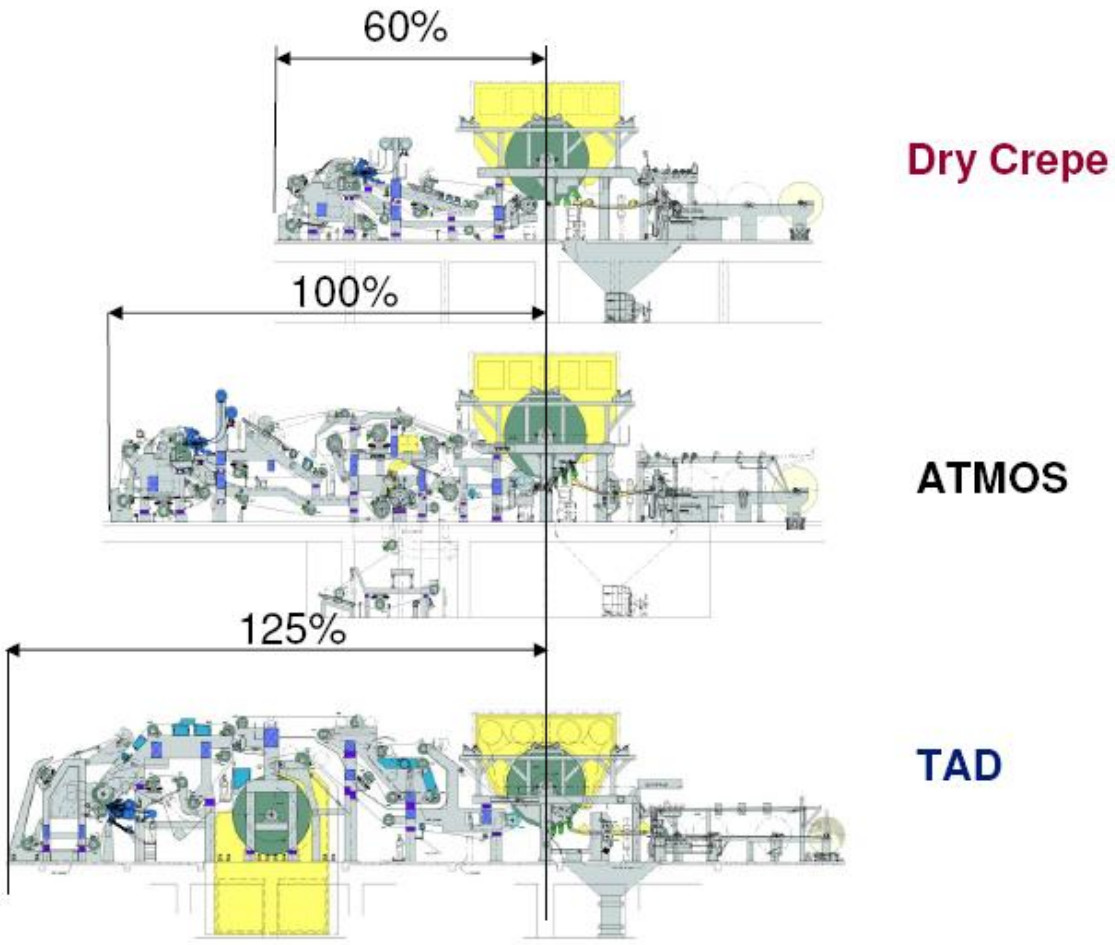
FONTE: Apresentação CONTECH

Sistema ATMOS (Voith)



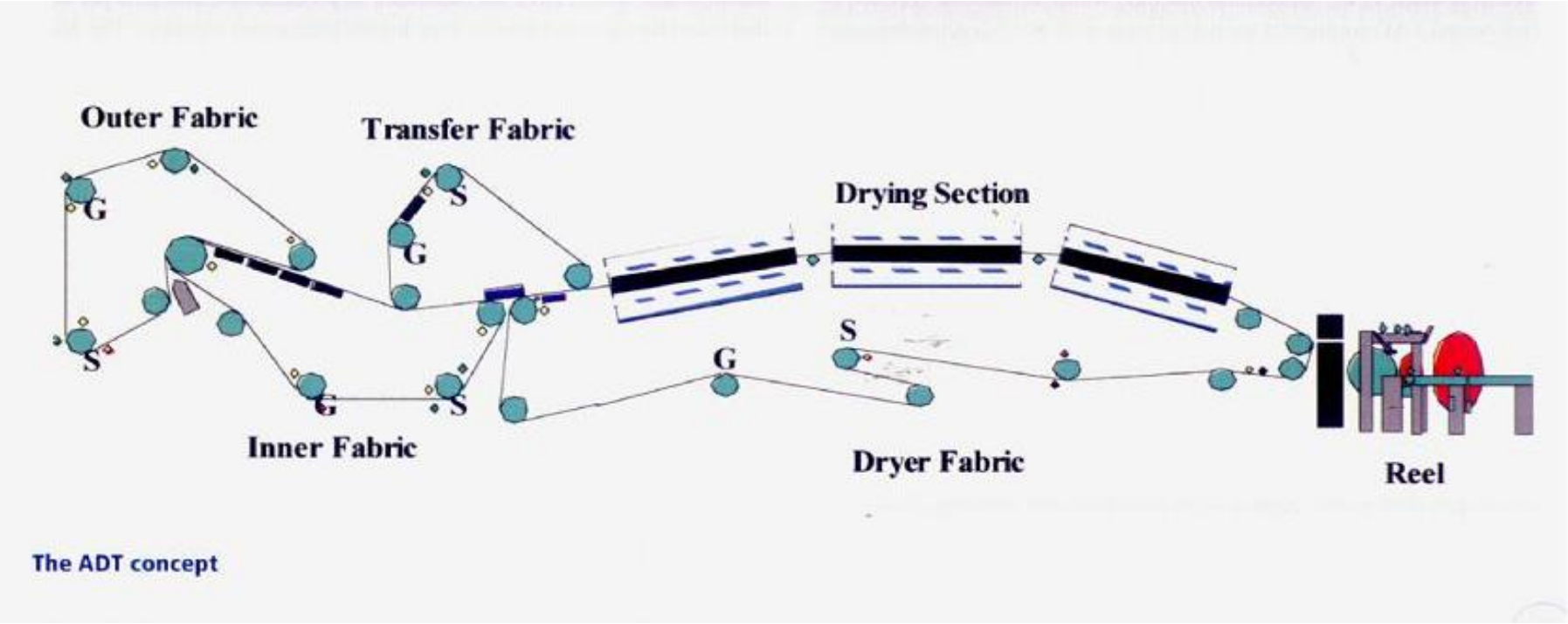
FONTE: Apresentação da Voith sobre o Atmos

Comparação de tamanhos entre máquinas



FONTE: Apresentação da Voith sobre o Atmos

Sistema ADT ("Air Dried Tissue")



FONTE: Tissue World

Sistema ADT ("Air Dried Tissue")

Energy Comparison Estimates

	Conventional TAD	ADT
Gas Consumption		
KWH/ Ton:	4000	Greater than 25% reduction
Steam Consumption		
KWH/Ton:	1000	
Drive Energy Consumption		
KWH/ Ton:	2000	Same as conventional
Total Energy (KWH/Ton) Use:	**7000**	**Greater than 14% reduction**

FONTE: Tissue World

7. Formação e retenção da folha de papel “tissue”; o que muda por tipo de formador (mais comuns)

Comparação entre os formadores (exceto mesa plana)

	Twin Wire	SBR	Crescent
Formação	9	7	9+
Aparência	9	7	9+
Tensão L/T:			
>2,5/1	6	8 – 9	7
<1,5/1	9	7	9
Limite Velocidade (m/min)	2200	1600	2500
Eficiência:			
Fibra Virgem	87%+	90%	90%
Aparas	84%	90%	90%
Vida Tela (Média)	125 dias	100 dias	125 dias
Troca de Tela	1,5 horas	1,0 hora	1,0 hora
Maciez	7 - 8	8 - 9	7 - 8
Bulk	9	7 - 8	9

FONTE: apresentação CONTECH

8. Sistemas de prensagem

CONCEITO ATUAL

CRESCENT FORMERS

O1 PRENSA DE SUCÇÃO → 1000 a 1100 mm de diâmetro

02 PRENSAS → 1a. de Sucção e 2a. de Furo Cego → Europa

01 PRENSA DE SUCÇÃO → 1400 mm de diâmetro (Toscotec)

01 PRENSA DE SAPATA → contra cilindro "Yankee"

TWIN WIRE e SBR

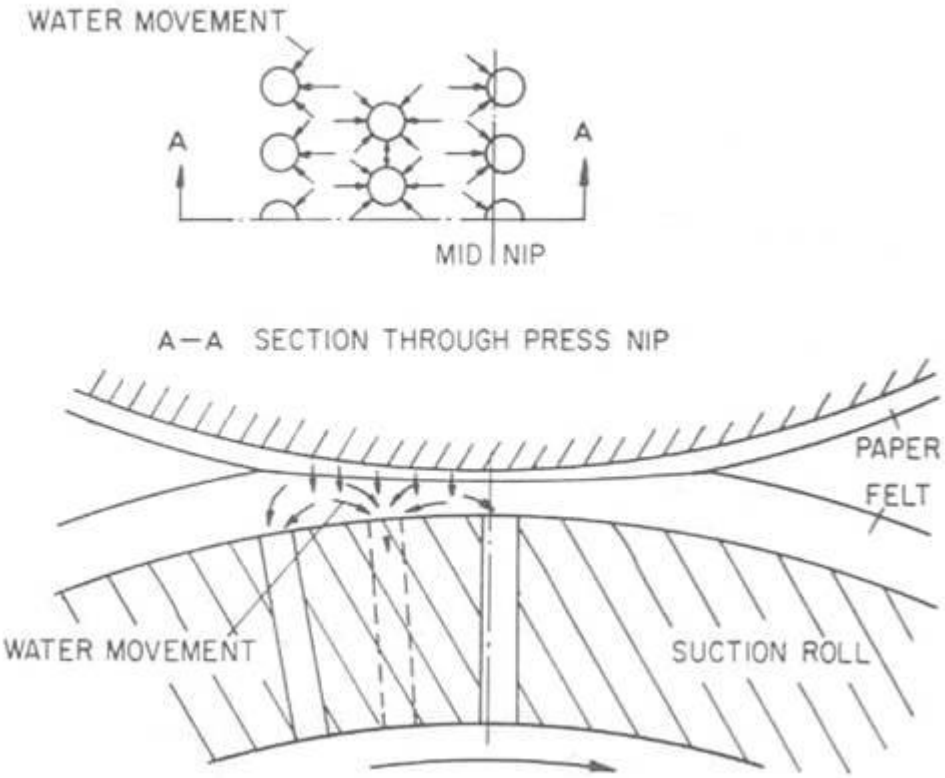
02 PRENSAS →1a. de Sucção e 2a. de furo cego ("Blind-drill")

MESA PLANA

Varias Arranjos

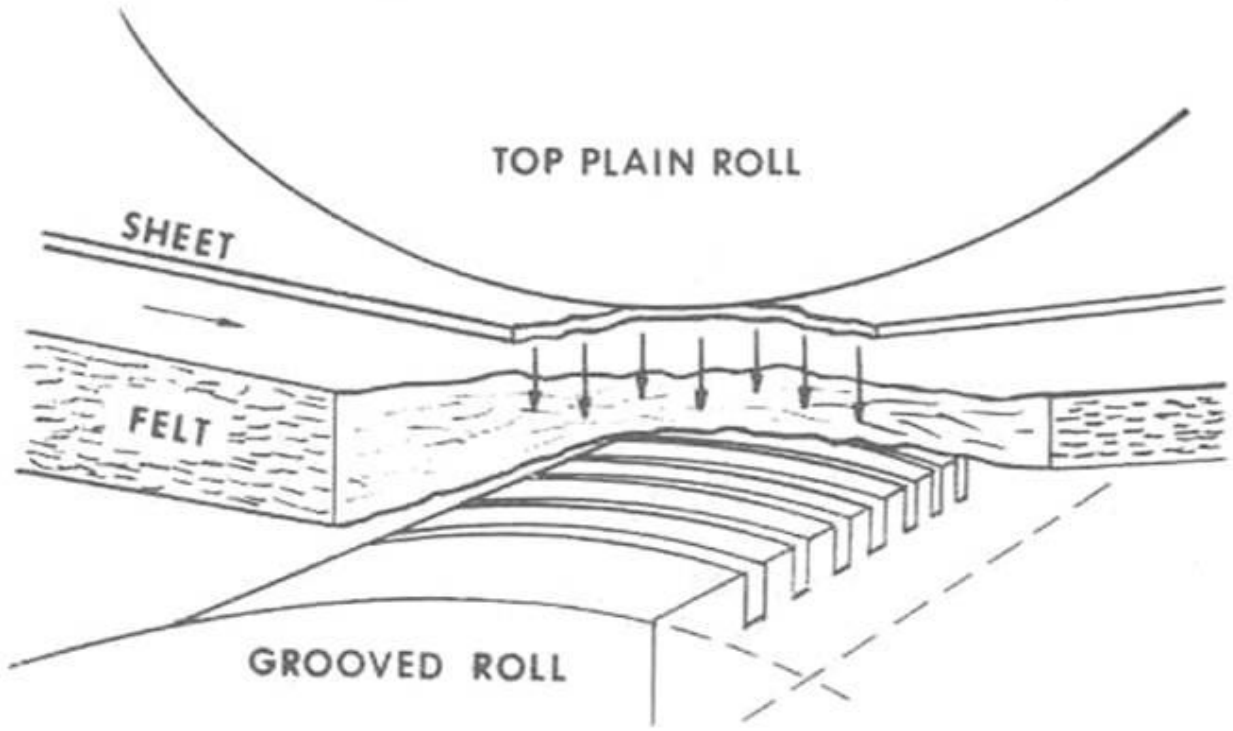
FONTE: apresentação CONTECH

Prensa de sucção



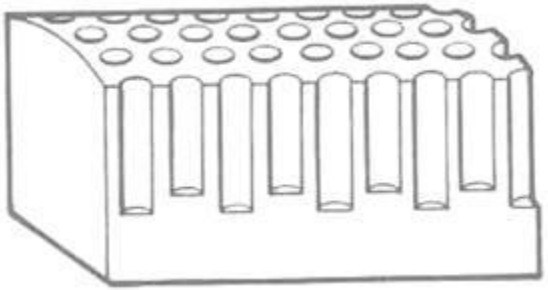
FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

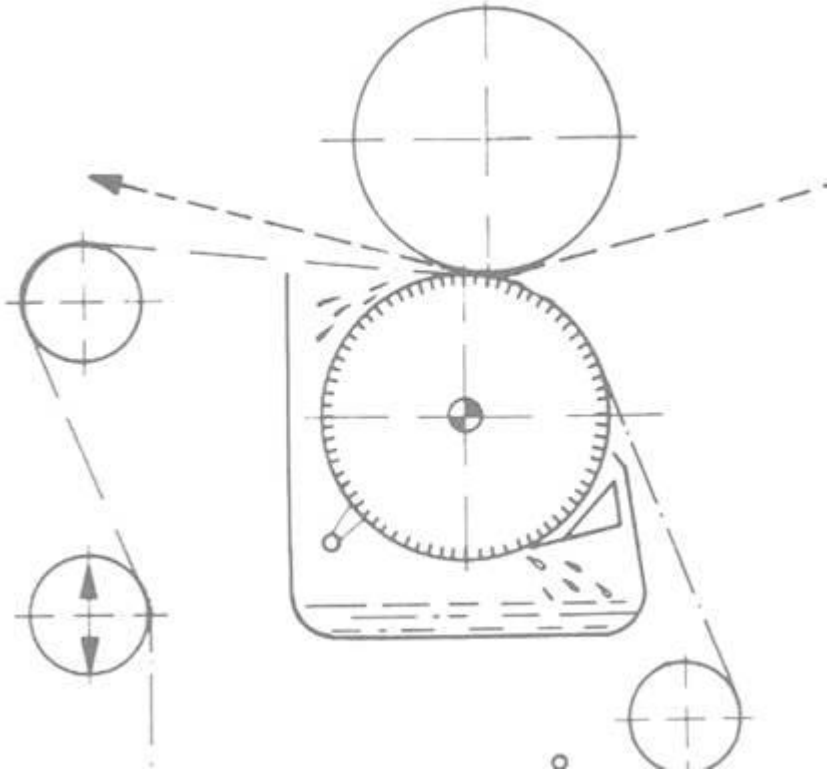
Prensa ranhurada ou “venta-nip”



FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

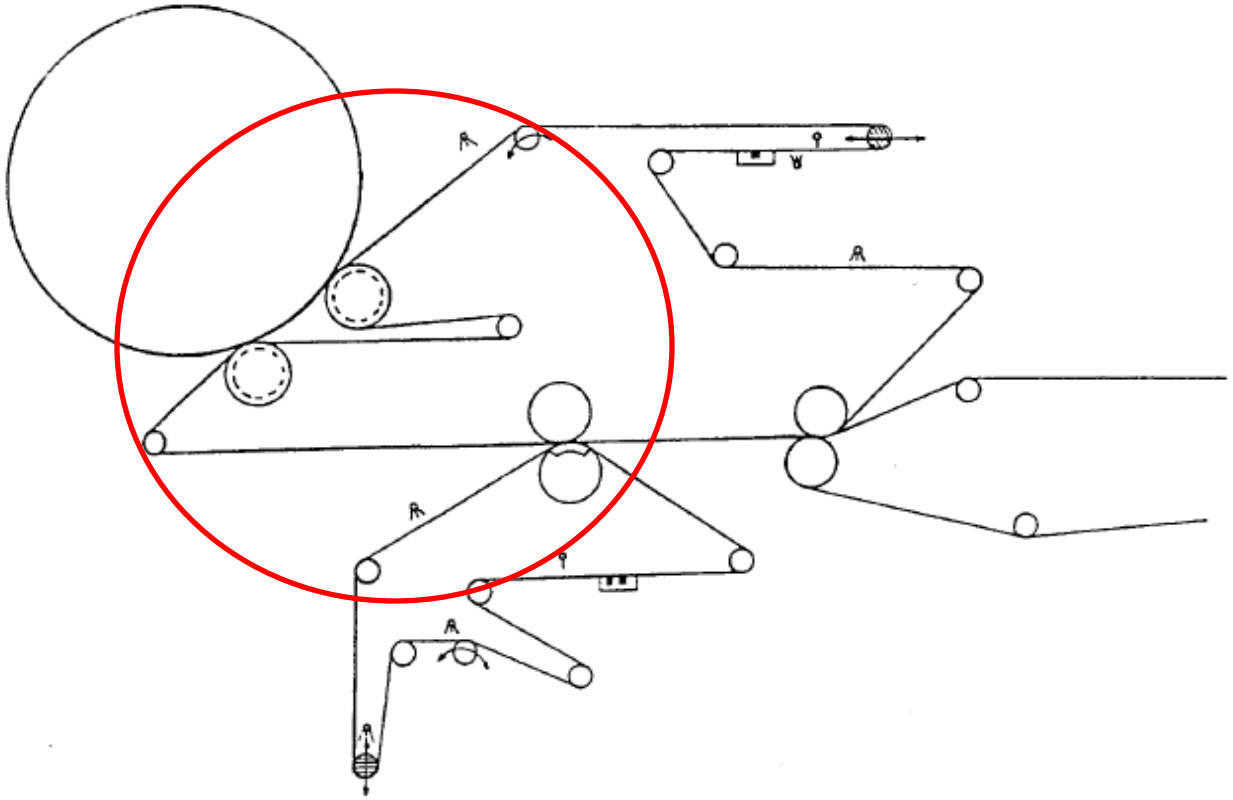
Prensa de furos cegos ou "dry press"





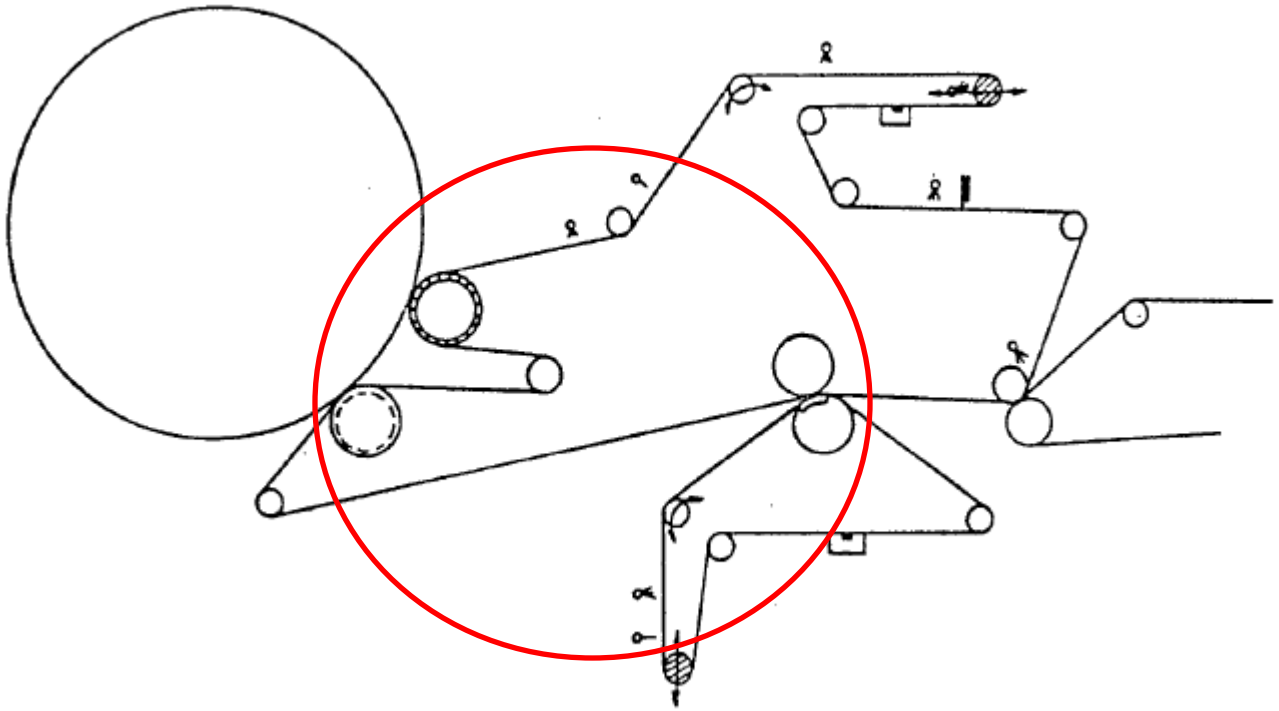
FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

Máquina "fourdrinier" de 2 feltros com prensa úmida de sucção e prensas "venta-nip" de compactação



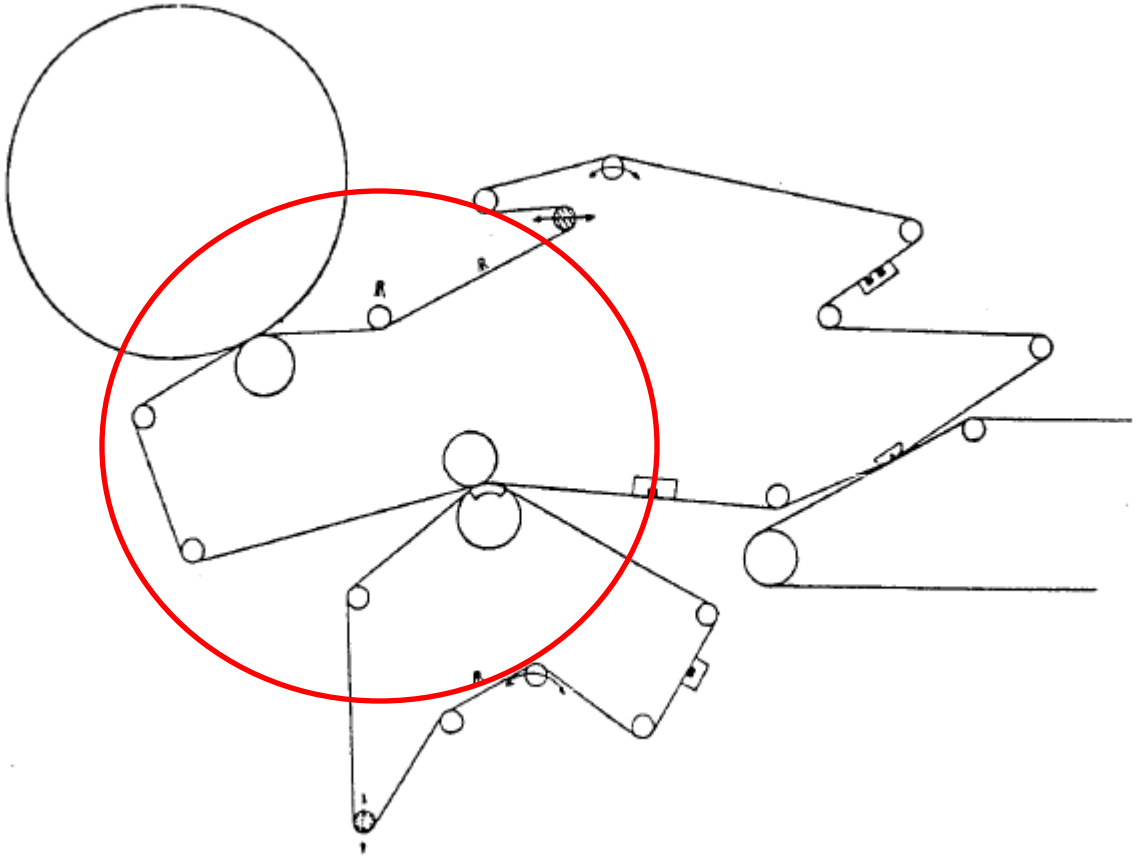
FONTE: Tipos de máquina por produto – International Paper

Máquina "fourdrinier" de 2 feltros com prensa úmida de sucção e prensas "venta-nip" e "dry-press" de compactação



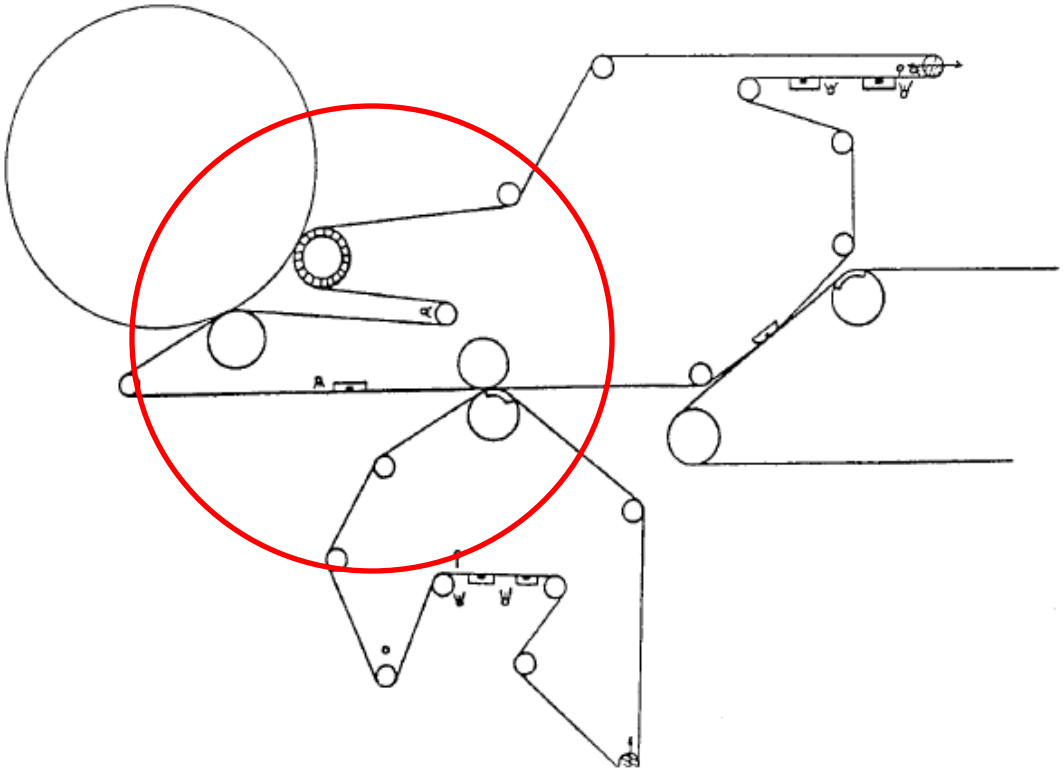
FONTE: Tipos de máquina por produto – International Paper

Máquina "fourdrinier" de 2 feltros com prensa úmida de sucção e prensas lisa de compactação



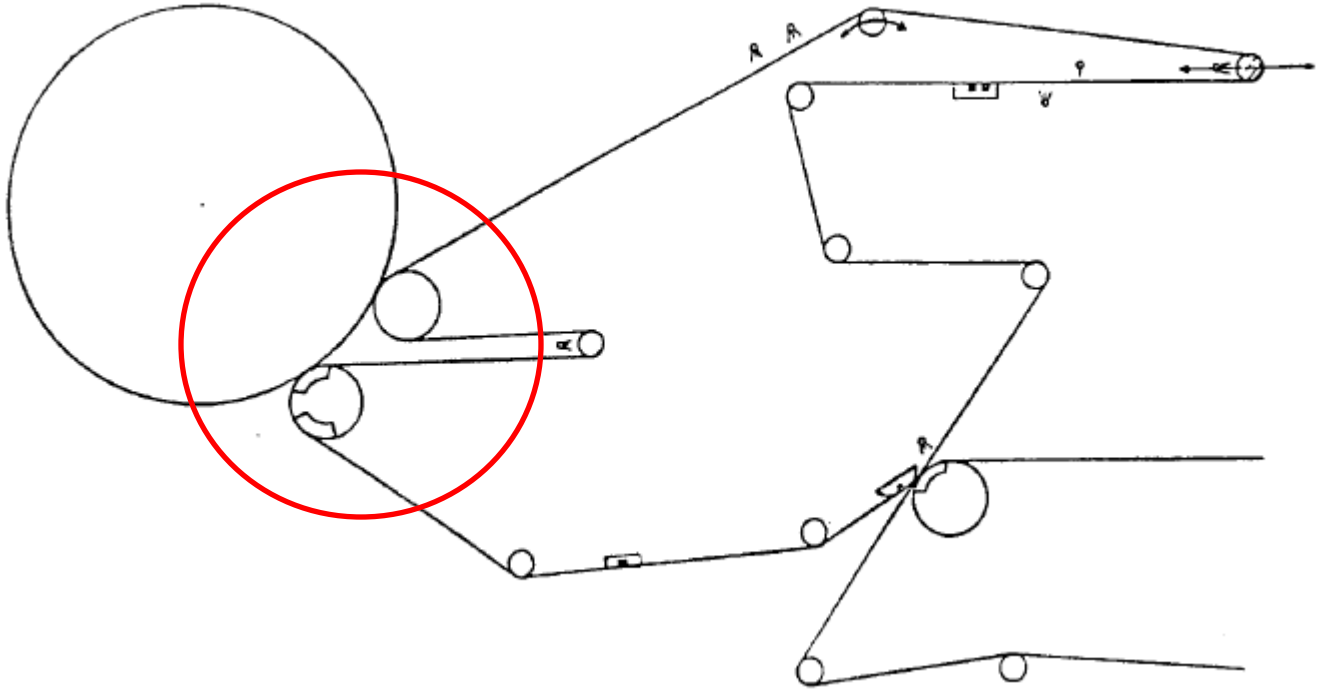
FONTE: Tipos de máquina por produto – International Paper

Máquina "fourdrinier" de 2 feltros com prensa úmida de sucção e prensas lisa e "dry press" de compactação



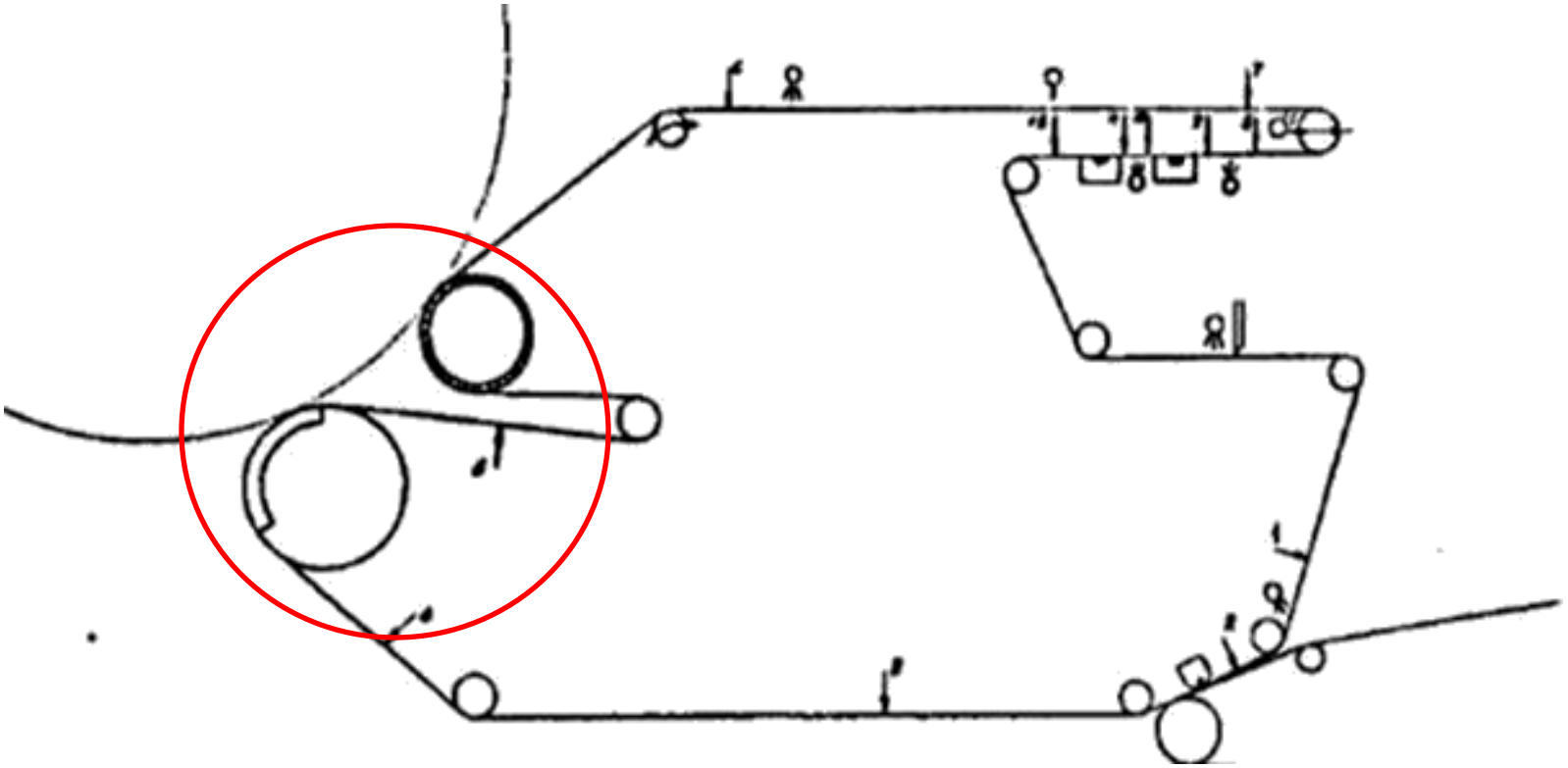
FONTE: Tipos de máquina por produto – International Paper

Máquina "fourdrinier" de um feltro com prensas de sucção e lisa de compactação



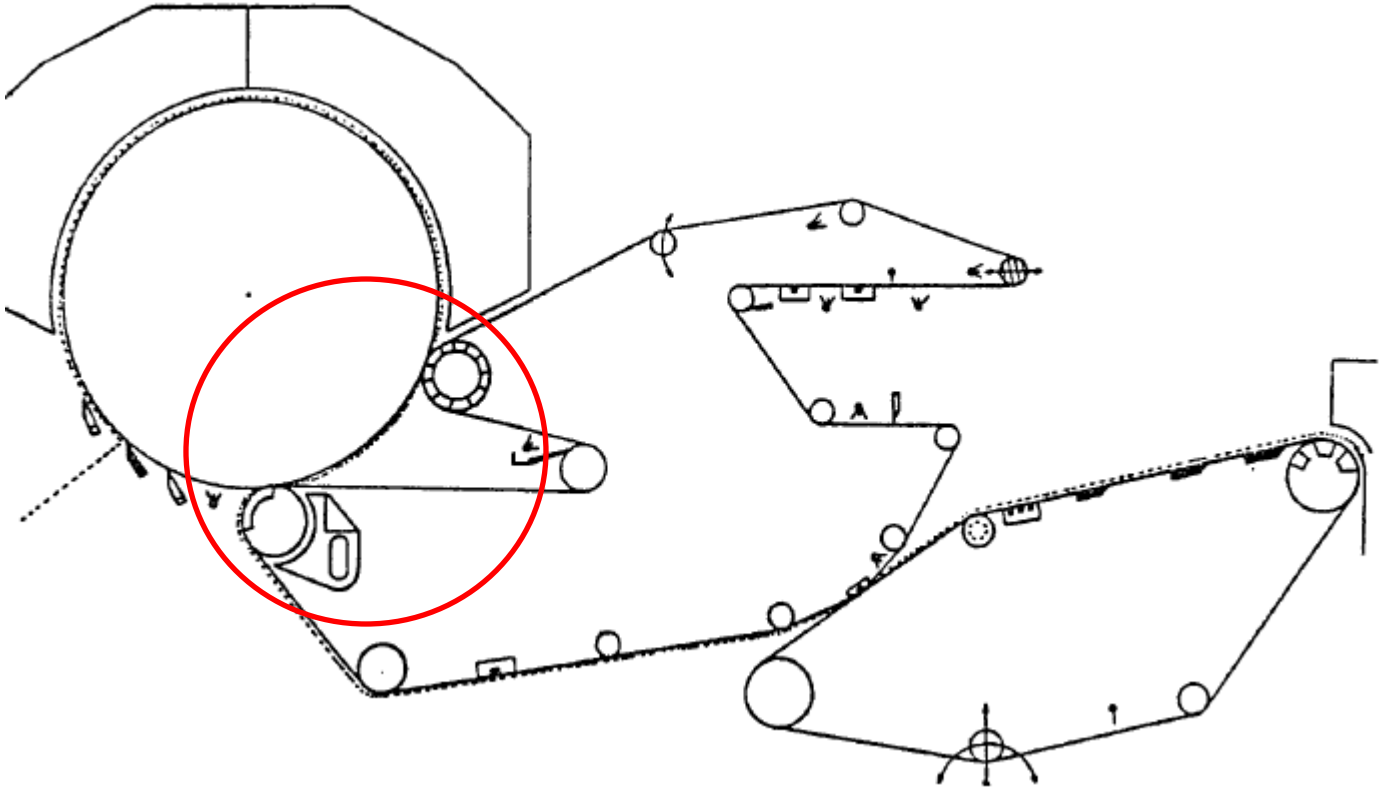
FONTE: Tipos de máquina por produto – International Paper

Máquina inclinada de um feltro com prensas de sucção e "dry press" de compactação



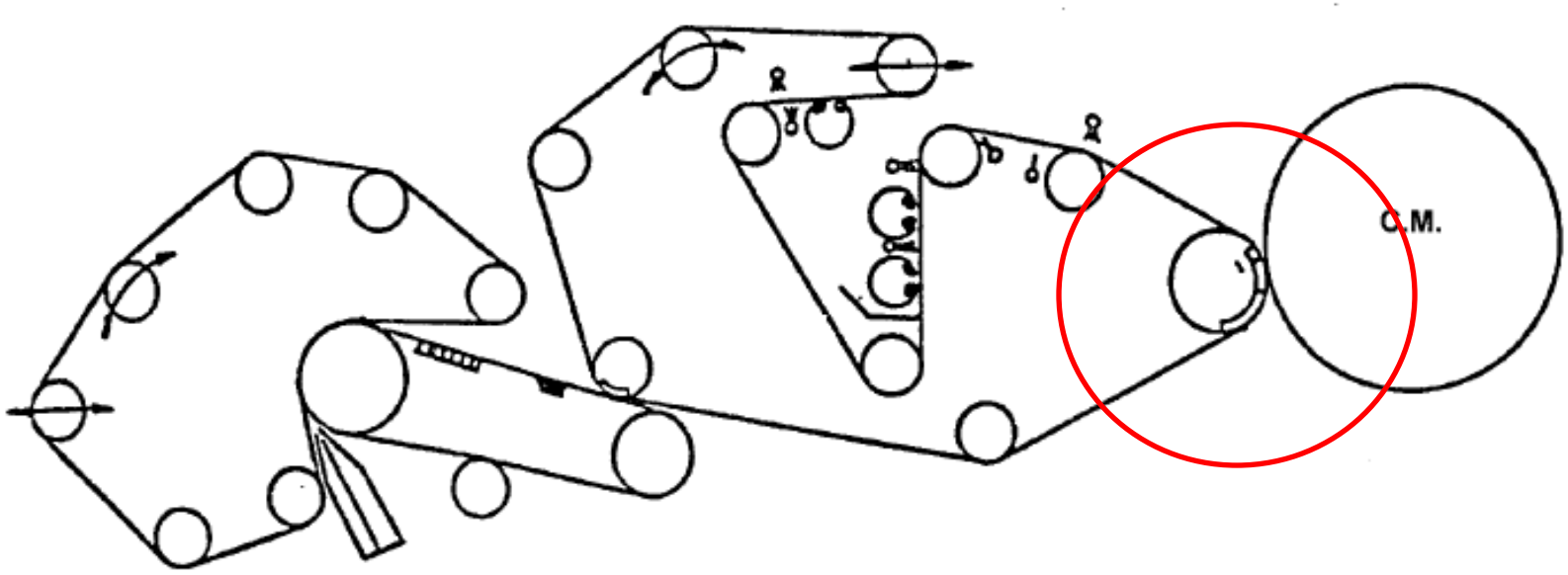
FONTE: Tipos de máquina por produto – International Paper

Máquina inclinada de um feltro com prensas de sucção e "dry press" de compactação



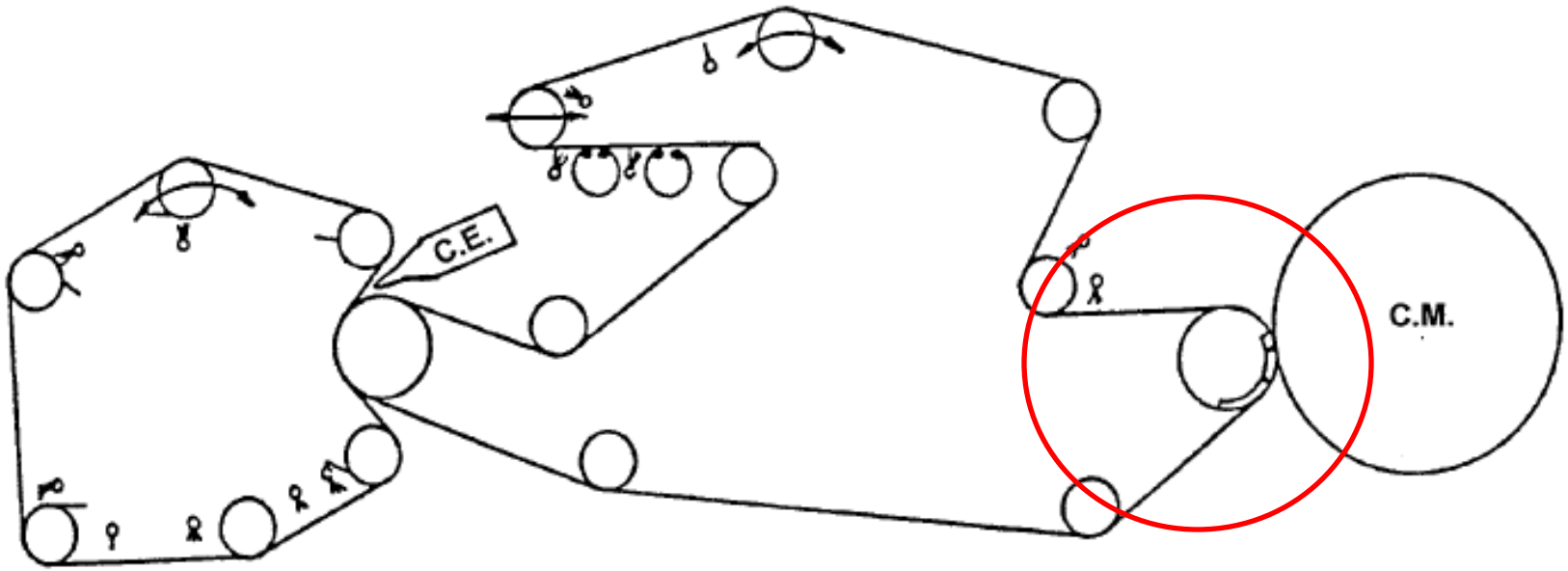
FONTE: Tipos de máquina por produto – International Paper

Máquina "twin wire" C-former de um feltro com uma prensa de sucção



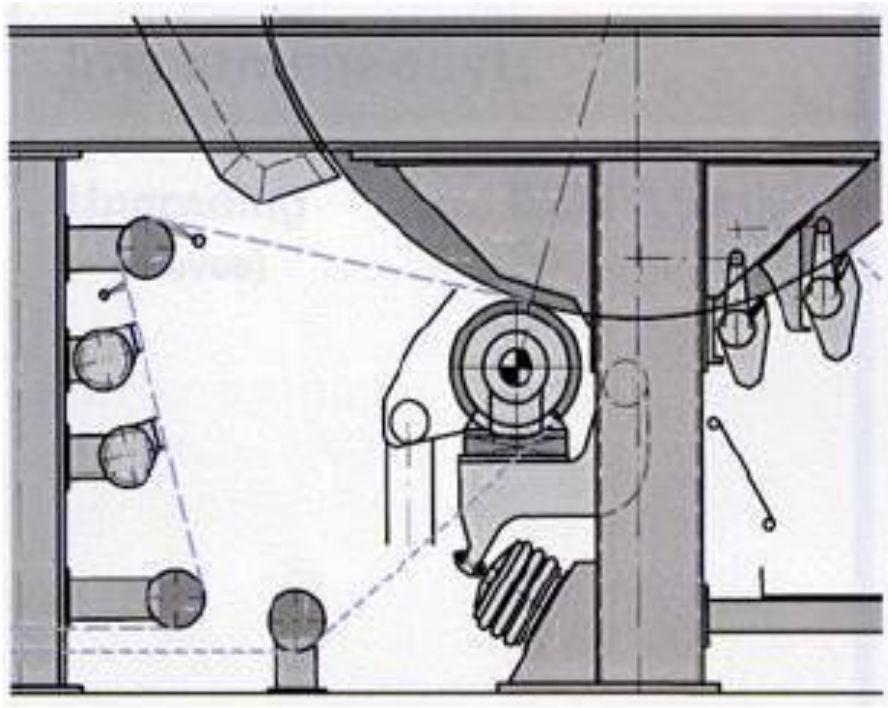
FONTE: Tipos de máquina por produto – International Paper

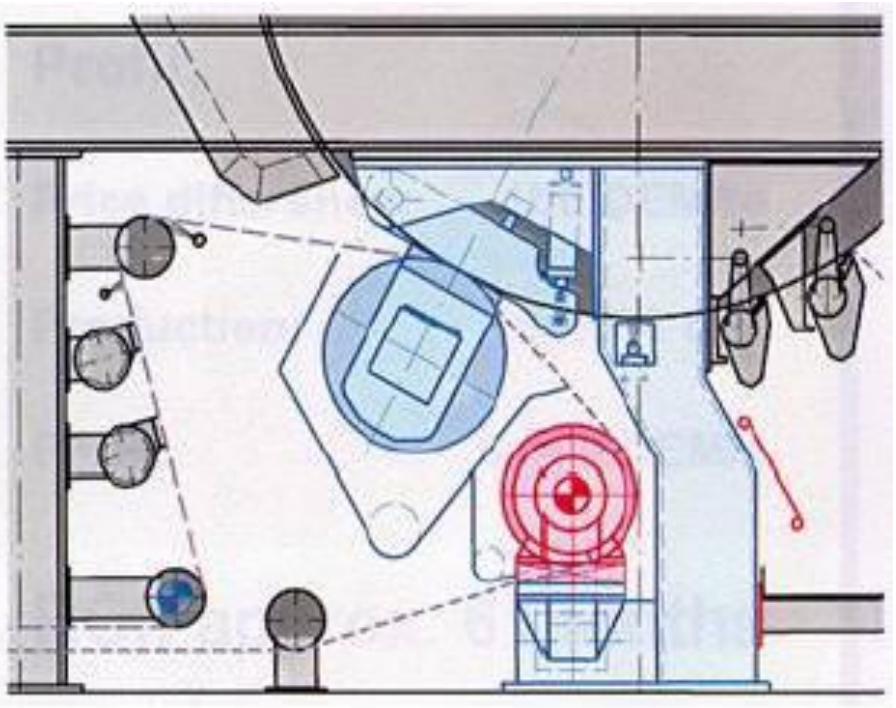
Máquina "crescent former" de um feltro com uma prensa de sucção



FONTE: Tipos de máquina por produto – International Paper

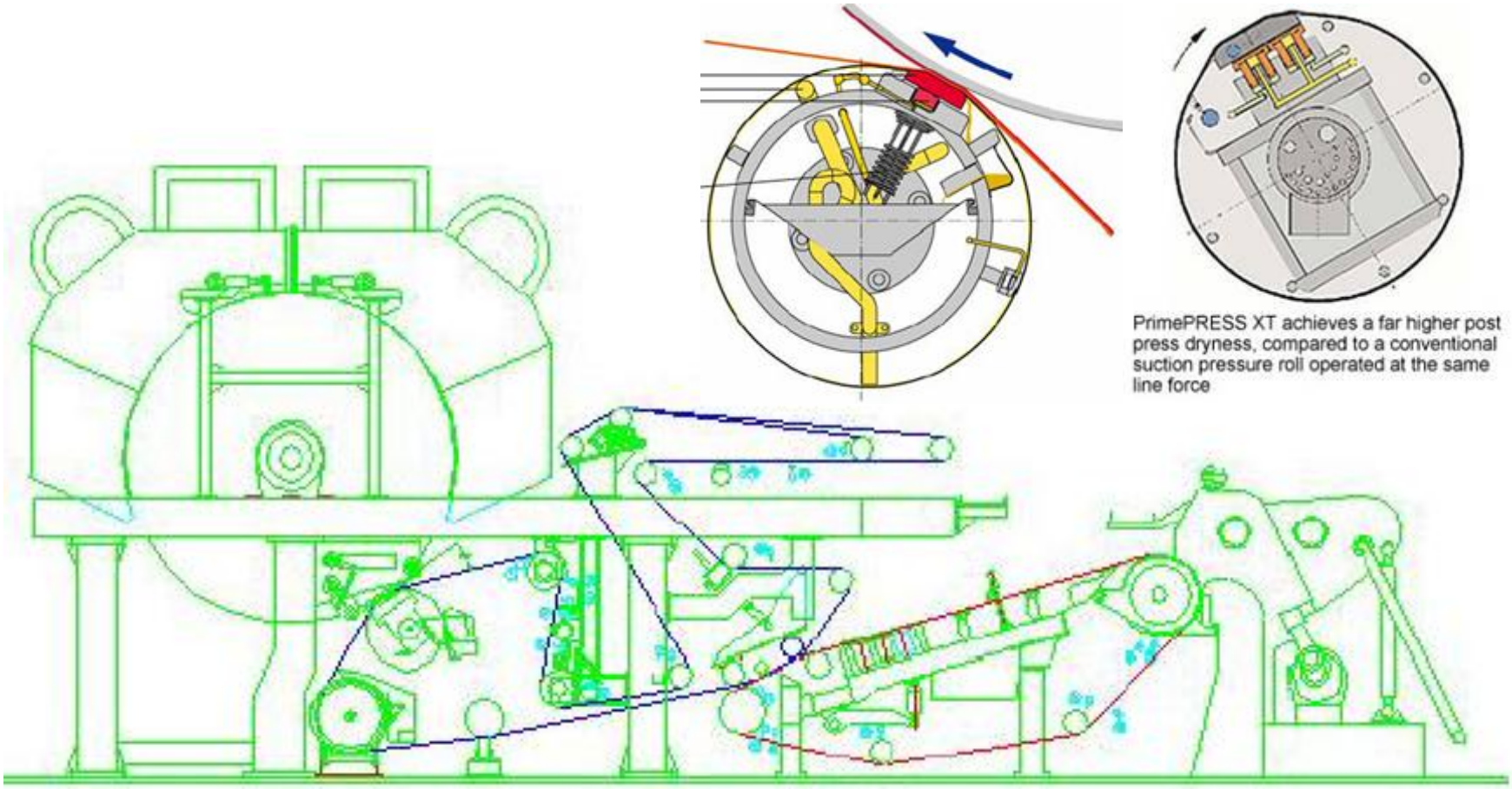
Prensa sapata para "tissue"





FONTE: apresentação CONTECH

Prensa sapata para "tissue"

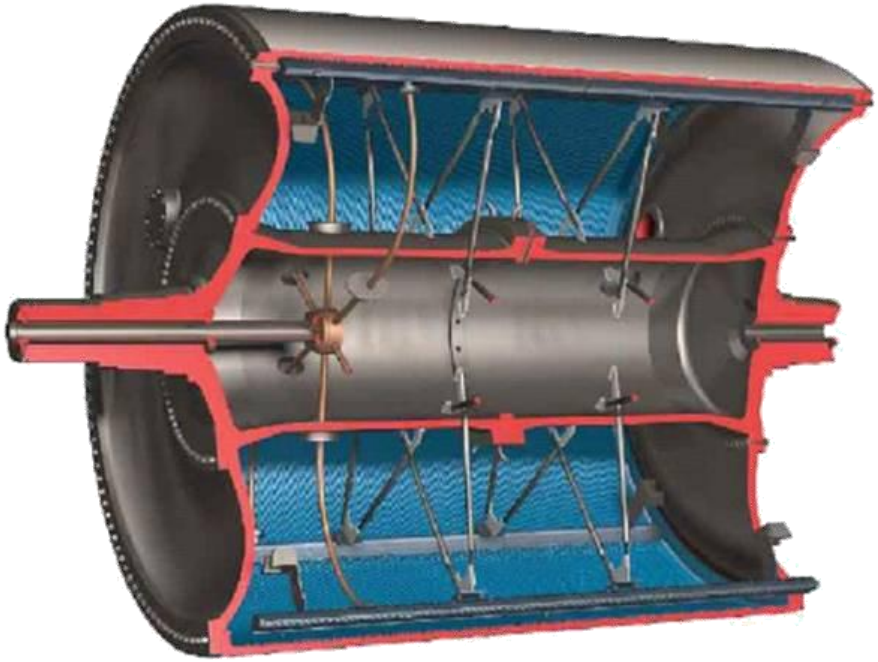


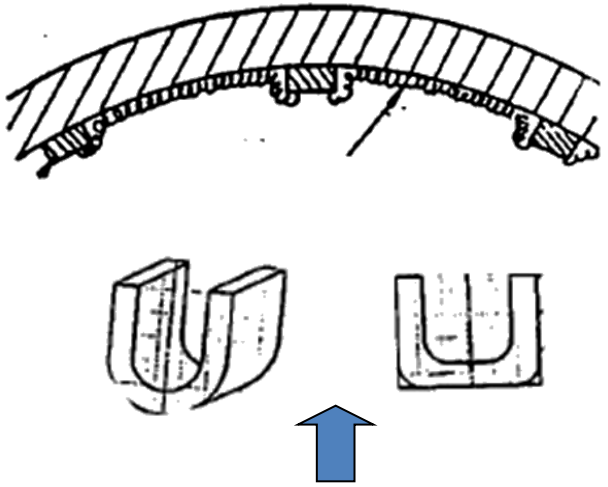
FONTE: apresentação CONTECH

9. Cilindro "Yankee" (particularidades, estrutura, transmissão de calor e aspectos de segurança, etc.)

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

Secagem com cilindro "Yankee"

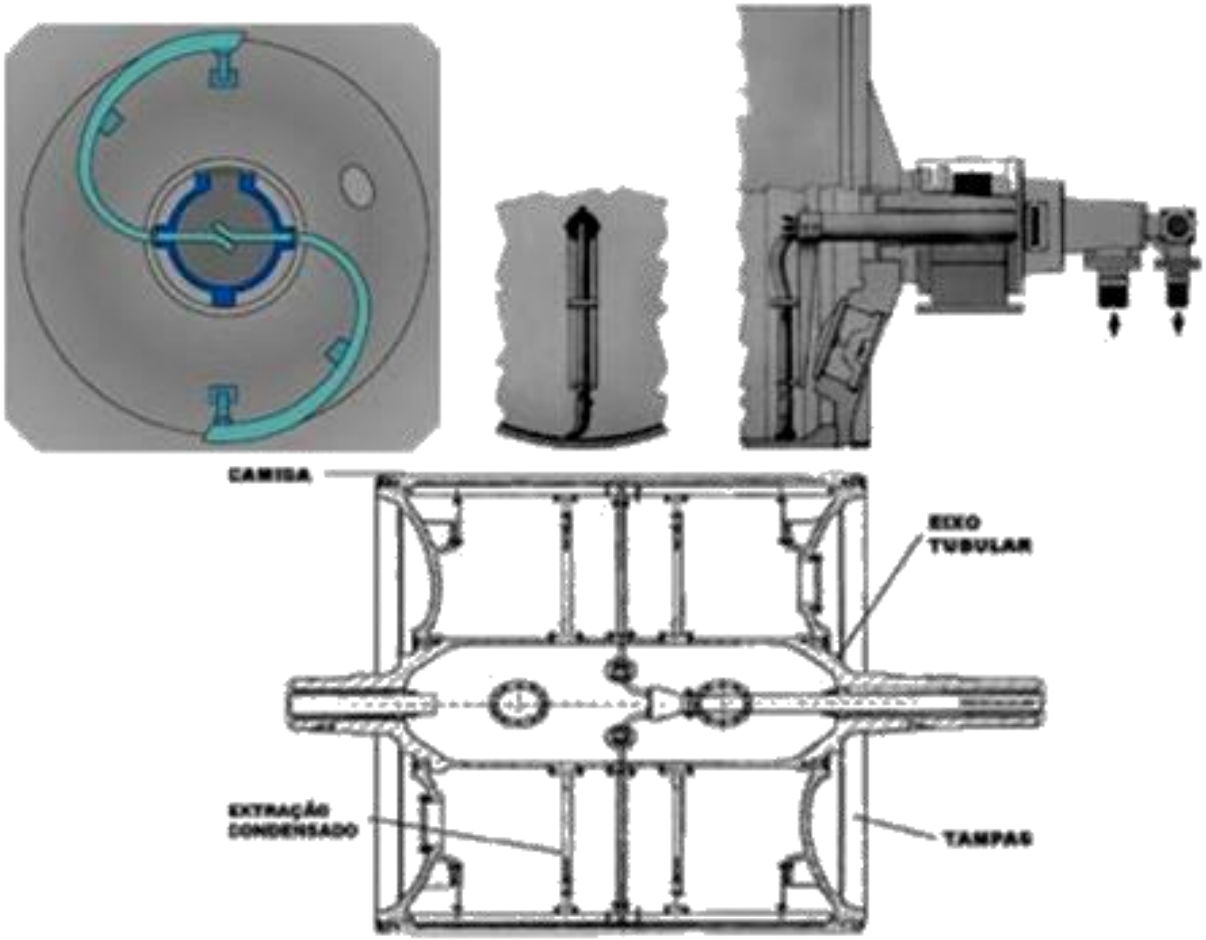




Barras de turbulência

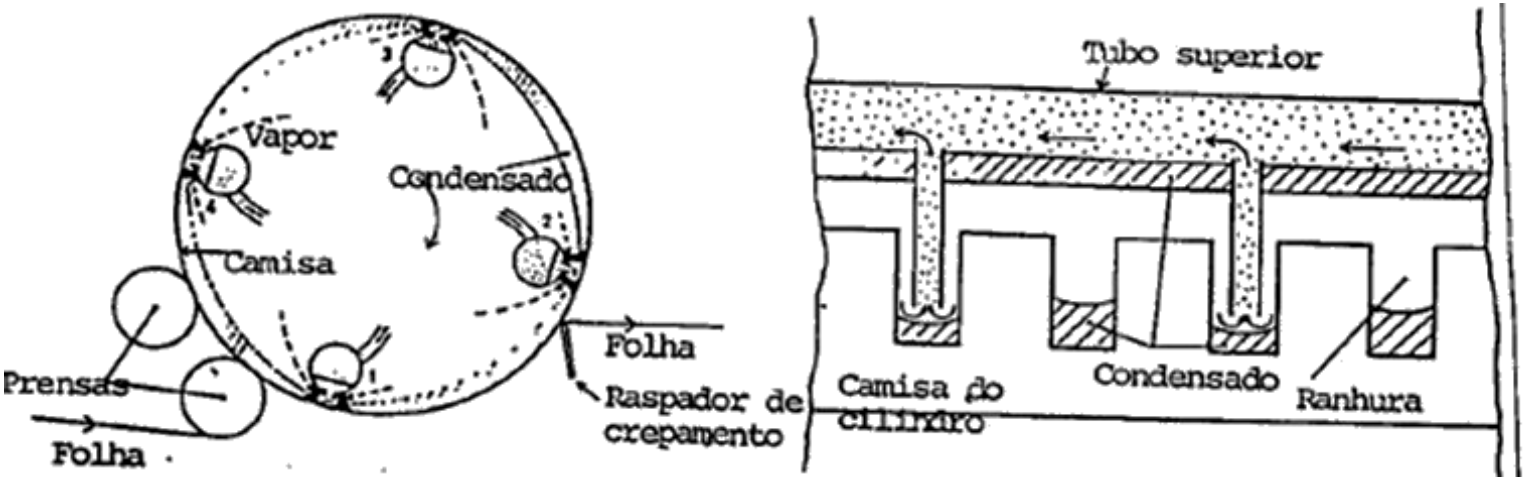
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Sifão para camisa lisa



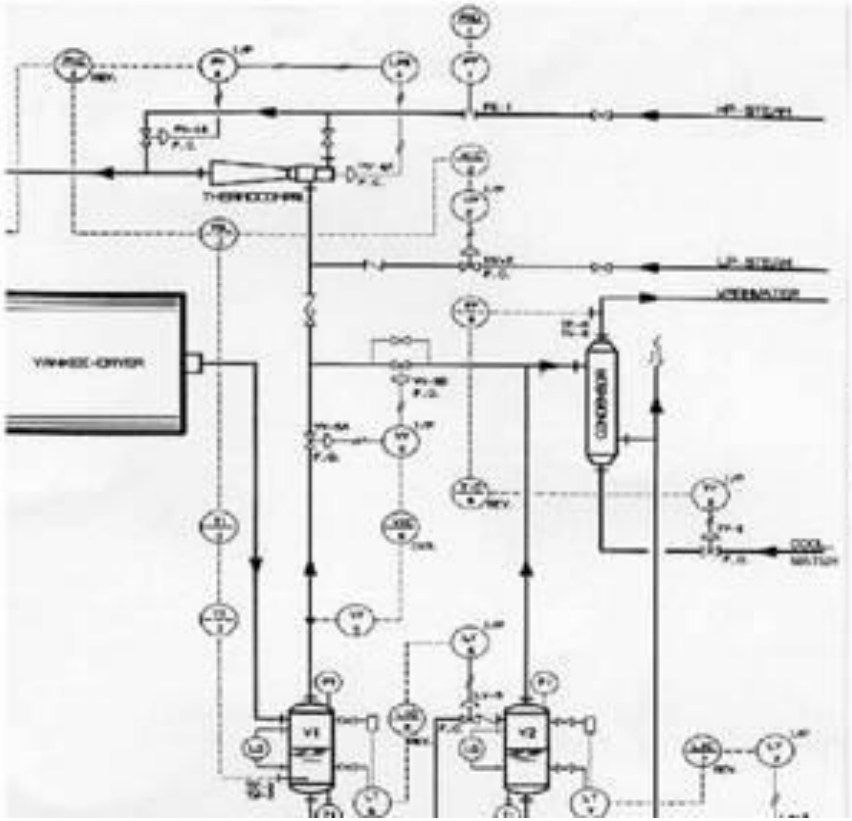
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

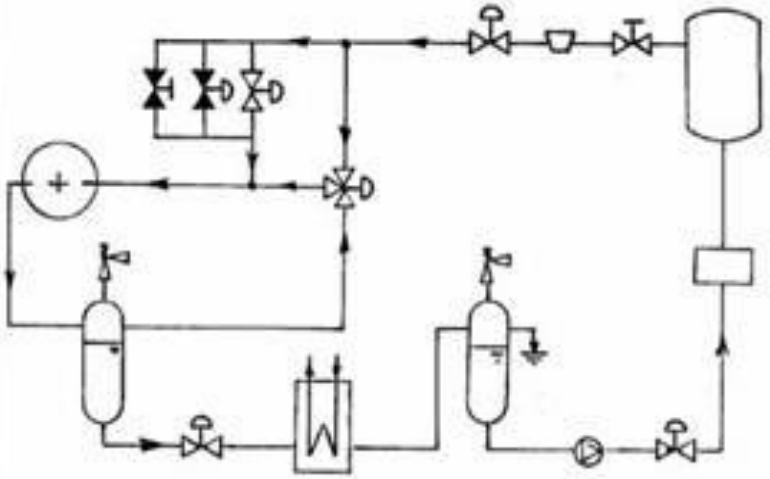
Sistema típico de vapor e extração de condensado para cilindro "Yankee"



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Sistema termocompressor para cilindro "Yankee"

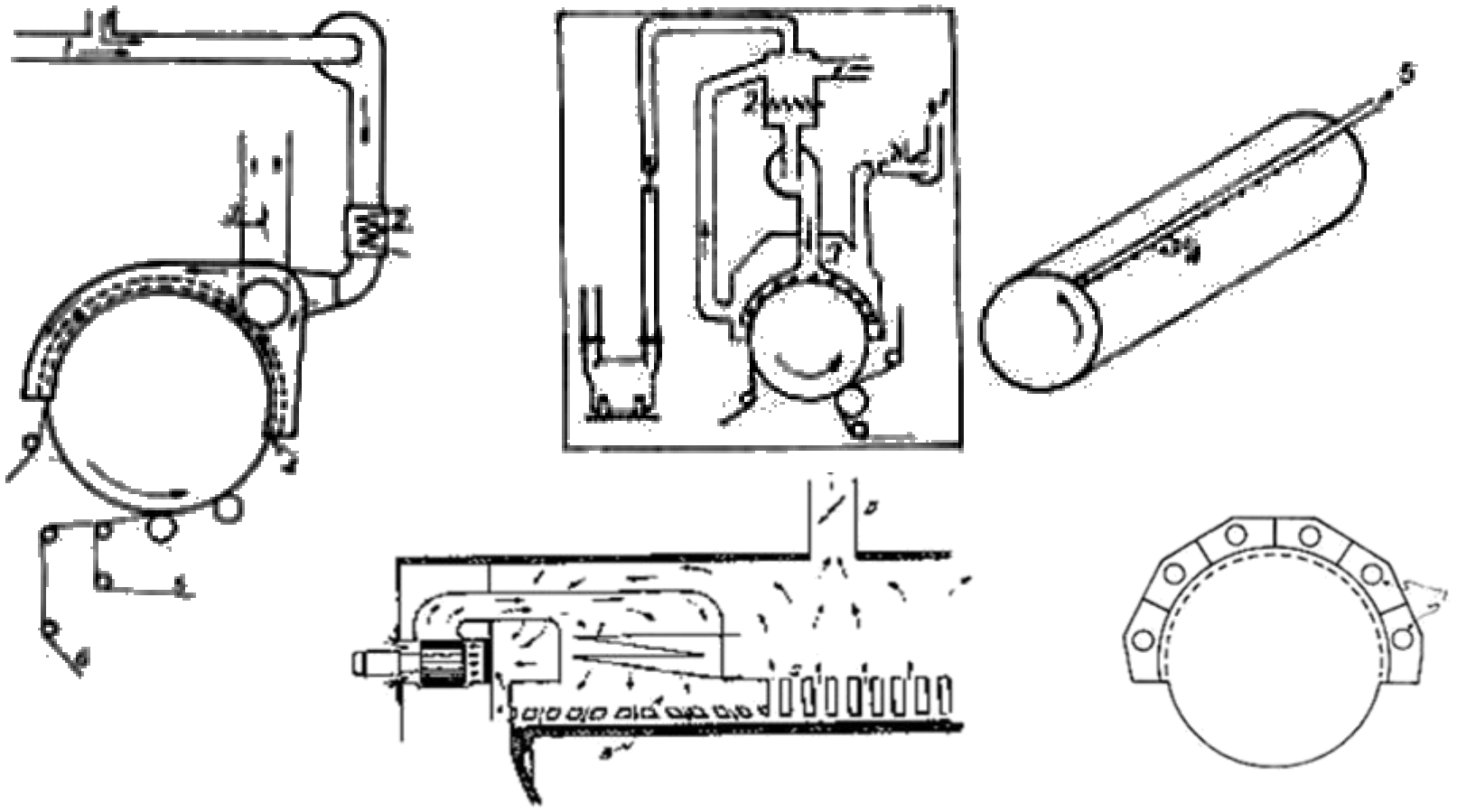




FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

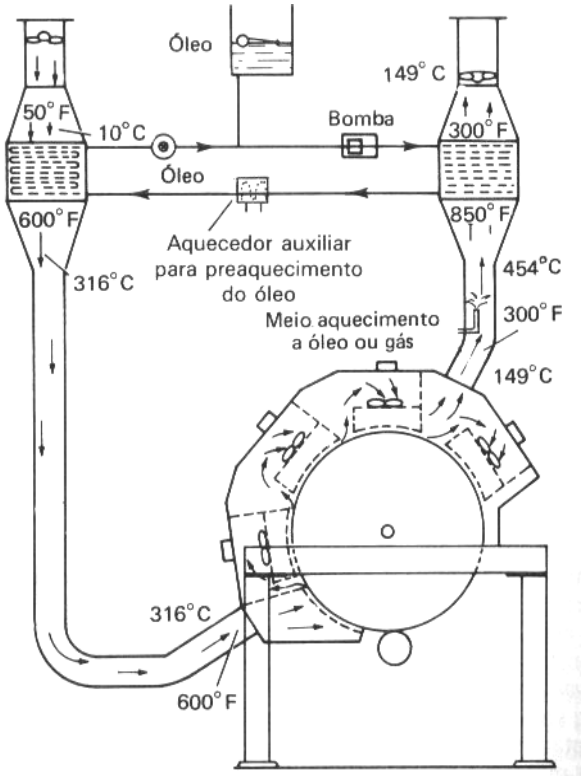
10. Capotas mais antigas e capotas de alto rendimento

Capotas mais antigas



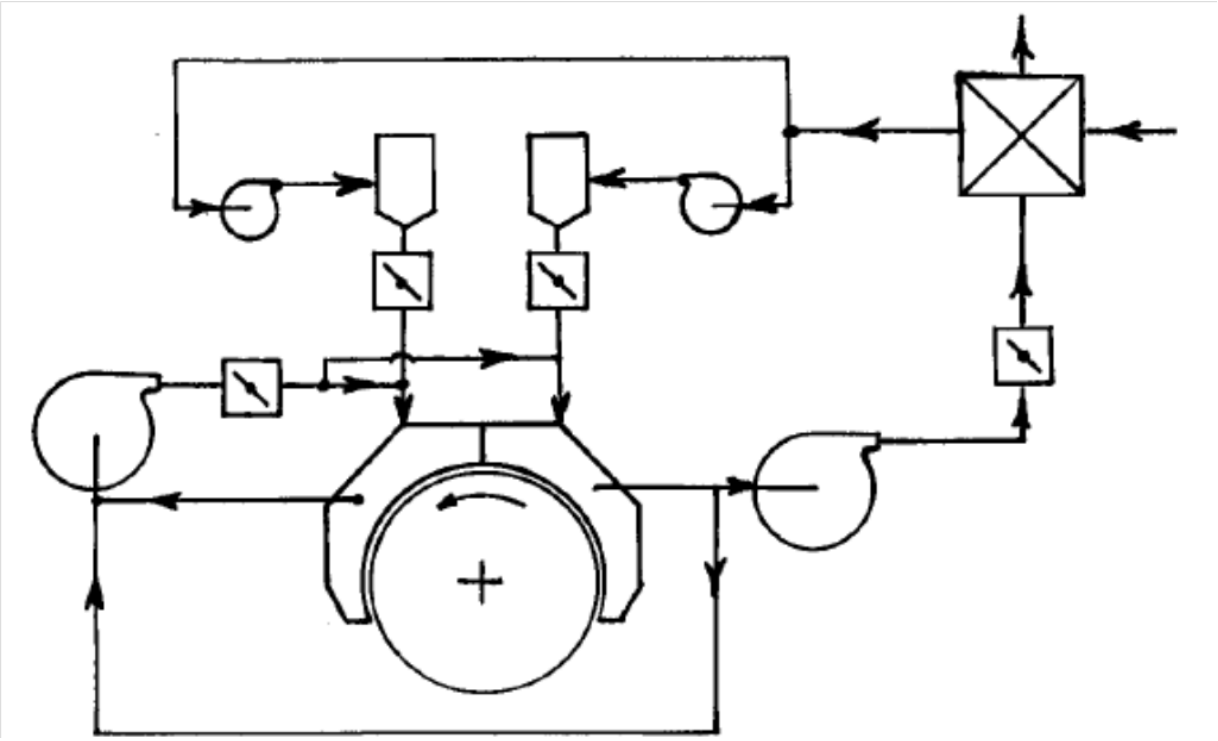
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

Capotas mais antigas



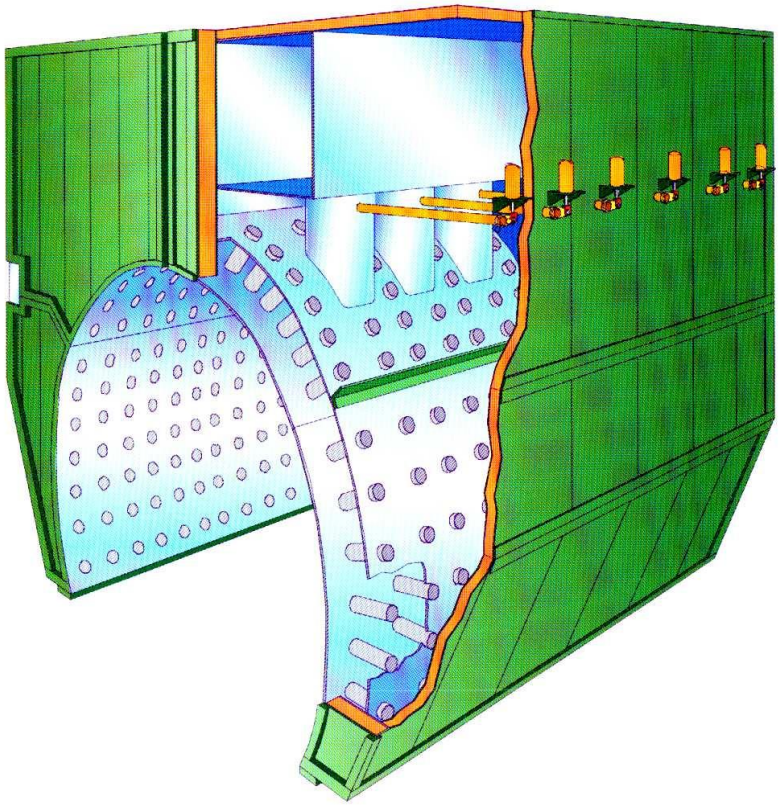
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

Capota de alto rendimento



FONTE: Fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"

Capota de alto rendimento



FONTE: Fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"

11. Sistemas de “coating” (produtos químicos usados e variáveis que interferem no sistema)

Controle de aderência no secador

O "Kymene" é uma resina catiônica de alta eficiência para a resistência a úmido; muito utilizado em toalhas e também aplicado na aplicação na superfície do secador para melhorar a adesão do papel, e com isto a crepagem a seco.

Temos alguns tipos de "Kymene" que atuam, também, como agentes de retenção das fibras. É aplicado à polpa em quantidades que variam de acordo com o nível de resistência a úmido desejado.

Utiliza-se em papéis de guardanapo, lenço e toalhas.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Anti-aderente ("Release")

Este produto é basicamente um óleo que atua juntamente com outro produto que, por sua vez, é usado para aumentar a adesão do papel.

Trata-se de uma mistura de óleo e polietileno glicol que com a água forma uma emulsão estável, ou são resinas de poliamida-epicloridrina, de poliacrilamida, entre inúmeros outros polímeros que podem conferir ao produto condições especiais.

Estes produtos em conjunto permitem um controle de crepagem correto permitindo, com isto, obter algumas vantagens tais como: evitar o desgaste prematuro do cilindro crepador, redução do desgaste das lâminas de crepagem, uniformidade na crepagem e, conseqüentemente, aumento da eficiência.

Normalmente, é usado sob a forma de emulsão a 0,4% v/v e aplicado no "spray" do secador. Veja na figura 140, um exemplo de aplicação destes chuveiros.

FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel Tissue – Edison da Silva Campos

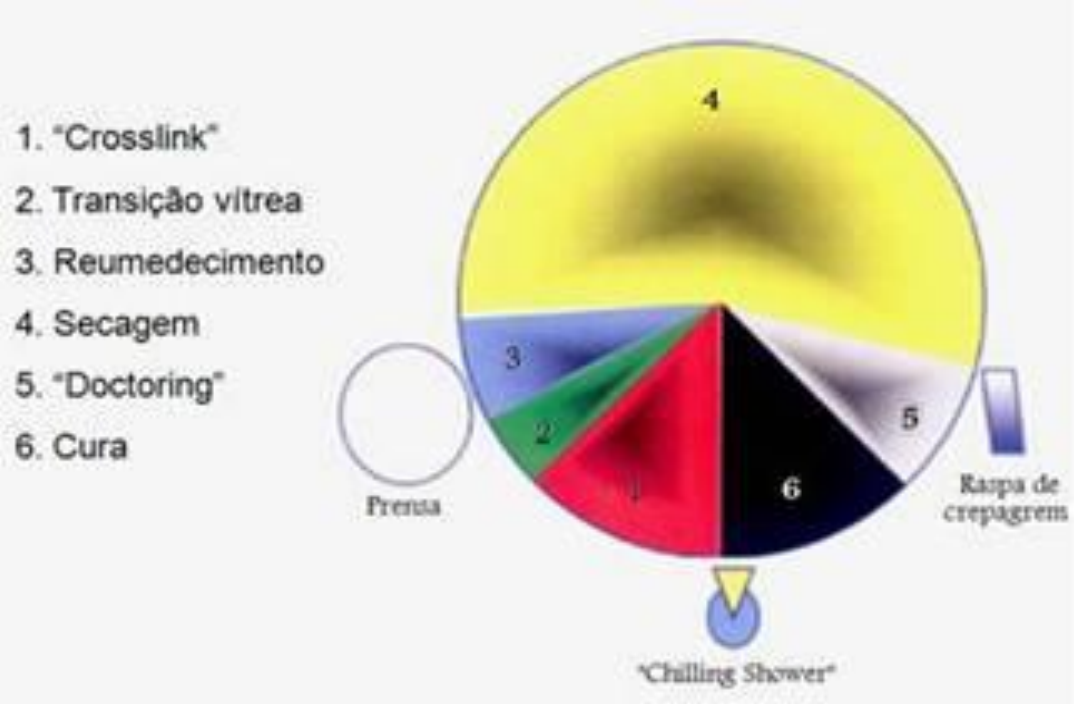
Fosfato de Amônio Monobásico ("MAP")

Trata-se de um produto inorgânico que é dosado sob a forma de solução do "spray" no feltro ou no secador de forma a proteger a superfície do secador contra o desgaste mecânico.

Sua forma estrutural é $NH_4H_2PO_4$.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

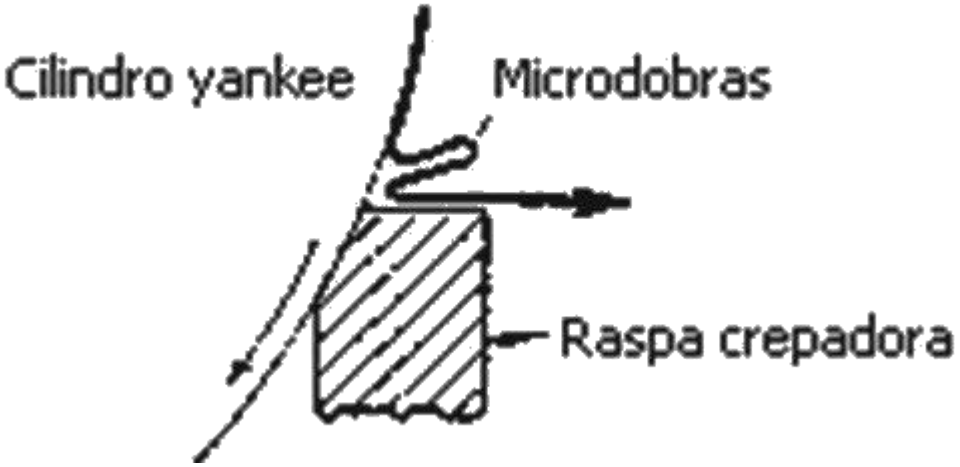
"Coating" em cilindro "Yankee" e formação do crepe



FONTE: Tissue World

12. Sistema de crepagem (variáveis da raspa, tipos de raspas, ângulos)

Teoria do crepe



A ação de crepagem ocorre quando a folha choca com a raspa crepadora. O papel incha e torce próximo ao ponto onde a lâmina contata com a superfície do secador. As pequenas dobras formadas quando a folha é destacada do secador são chamadas de ***microdobras****. Estas* ***microdobras*** *são criadas sucessivamente entre o secador e a superfície de crepagem.*

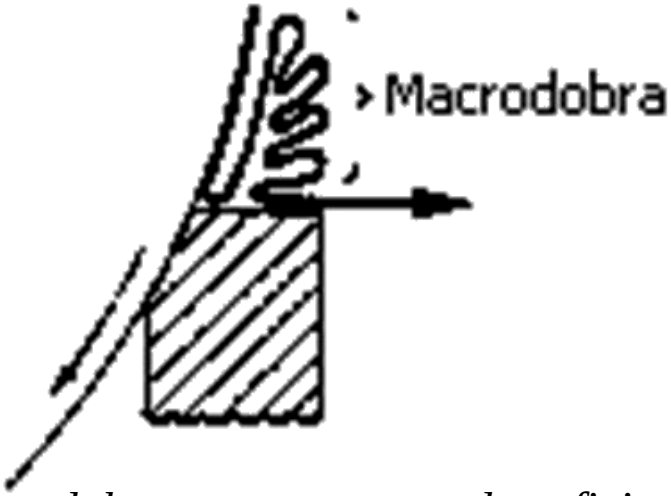
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Teoria do crepe

Quando o número de microdobras aumenta, o ponto no qual a folha destaca-se do secador, gradualmente se afasta a um ponto superior na superfície do secador.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Teoria do crepe



Quando o pacote de microdobras torna-se grande suficientemente, a folha aderida ao secador fica cunhada entre a superfície do secador e o pacote de microdobras. Isto causa um comprimento não crepado na folha de papel. Um grupo de microdobras junto com a porção não crepada da folha é chamado de ***macrodobra****.*

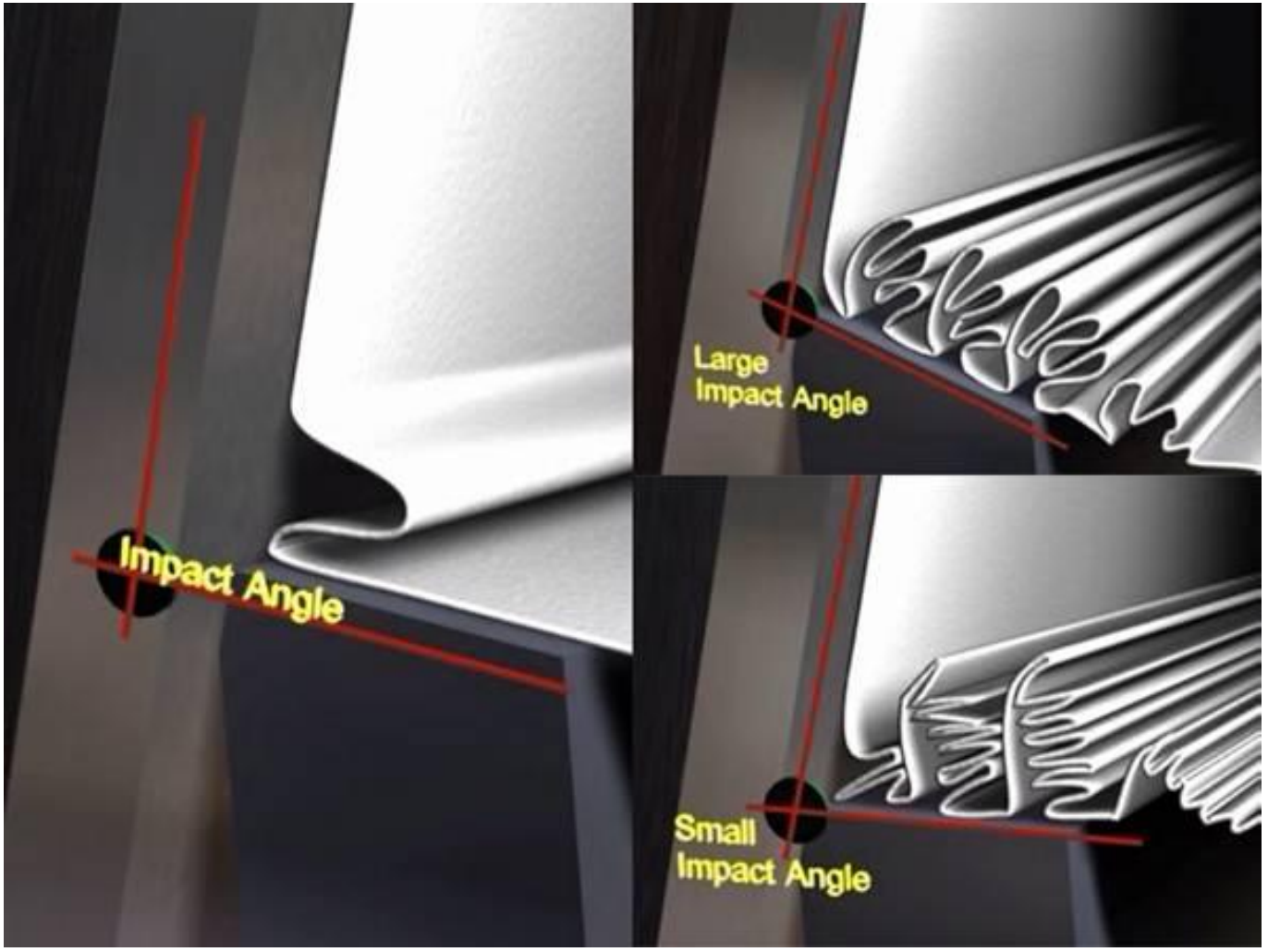
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Teoria do crepe

O pacote continuará produzindo pacote de macrodobras. Quando o pacote de macrodobras na bolsa do crepado torna-se grande o suficiente, o crepe fluirá livremente da bolsa e é enrolado no rolo de papel.

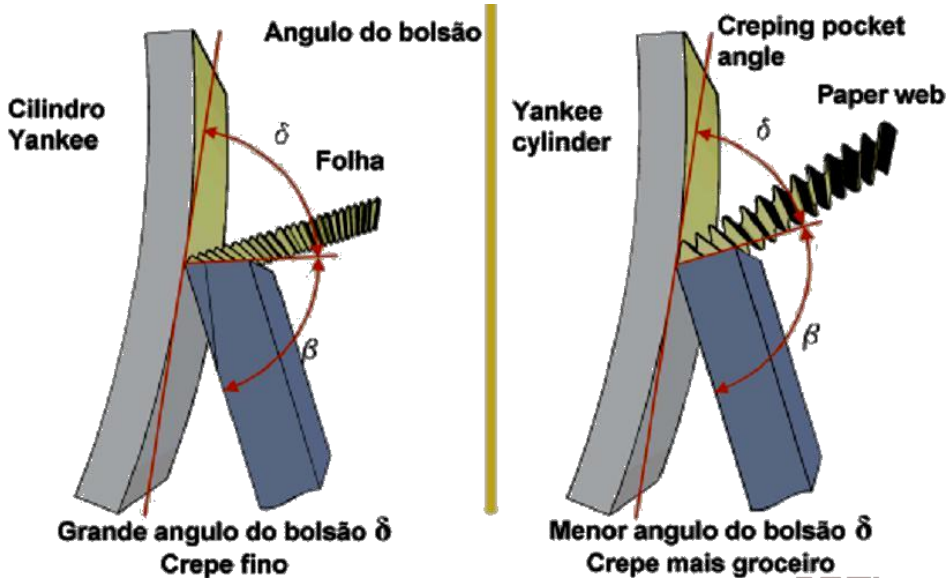
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Sistemas de crepagem (variáveis da raspa, tipo de raspas, ângulos)



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

Sistemas de crepagem (variáveis da raspa, tipo de raspas, ângulos)



O tamanho da macrodobra é dependente da bolsa do crepe. A bolsa do crepe é a área entre o secador e a lâmina crepadora. No geral, uma bolsa de crepe maior produzirá grandes macrodobras. Elas produzirão um crepe mais fino e desejável. O crepe fino é caracterizado pela diminuição da altura do crepe e um aumento das dobras (crepe). Se a bolsa de crepe é pequena, o número de microdobras por macrodobra diminuirá. A diminuição formará um crepe.

FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

Geometria

BA: 13° a 20°

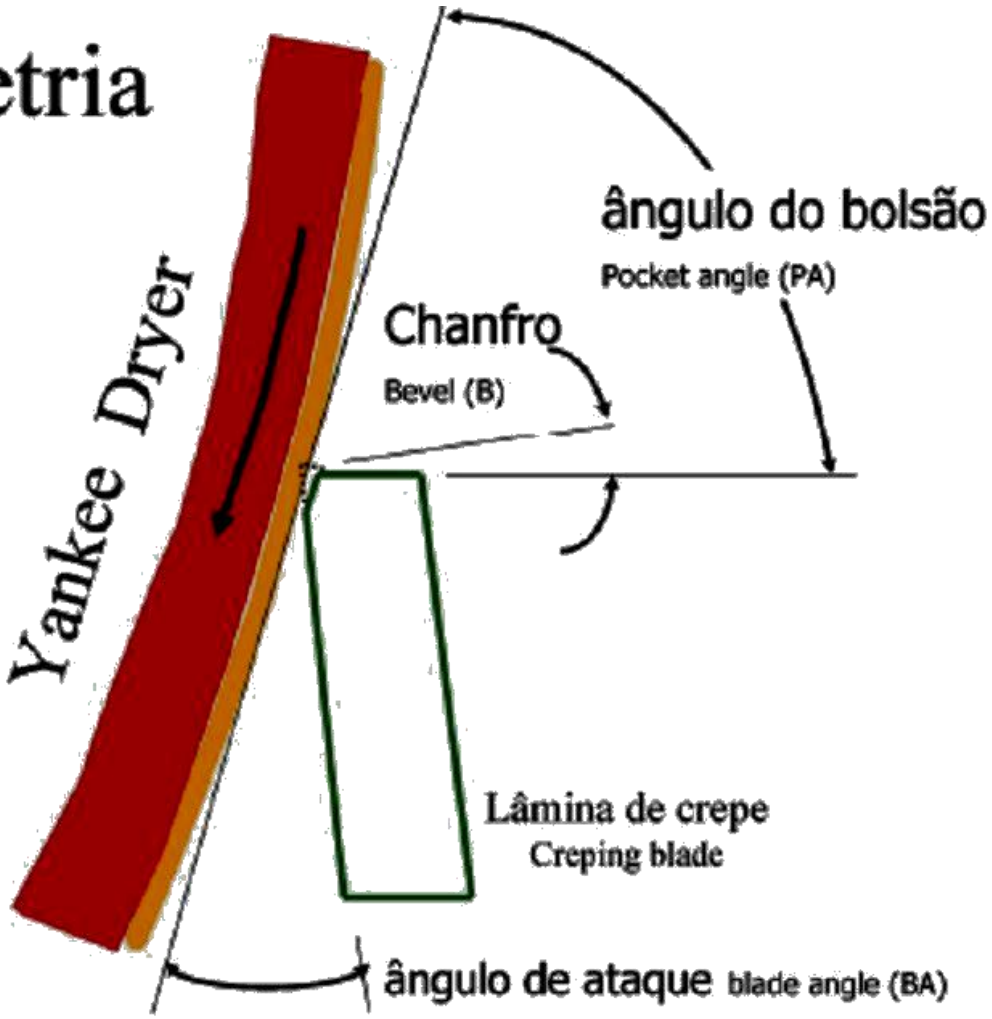
PA: 78° a 82°

Cálculo do chanfro (B):

$$B = PA + BA - 90°$$

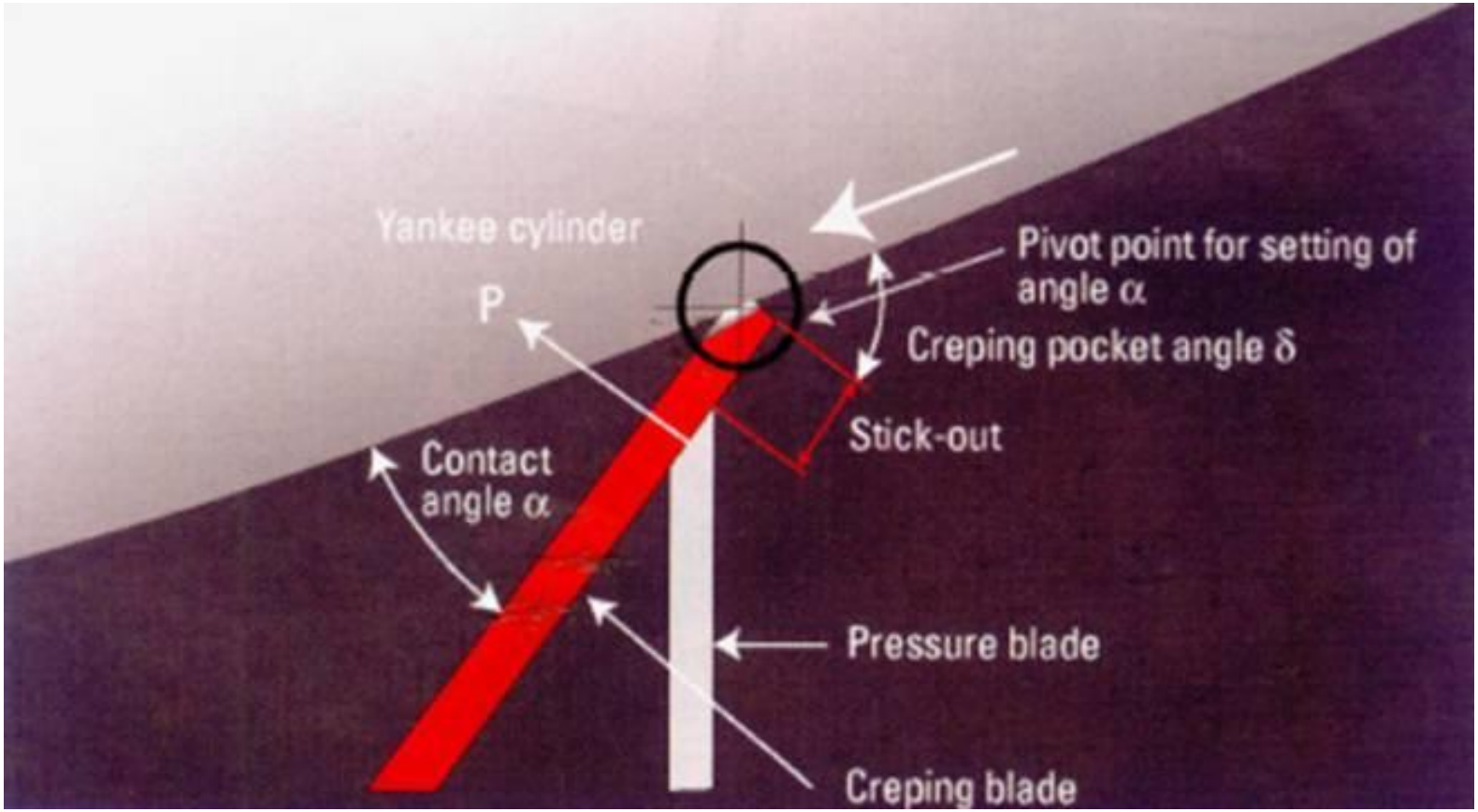
Exemplo:

Para uma ângulo de ataque BA=18° e ângulo do bolsão PA=80° , o chanfro retificado na lâmina é B=8°



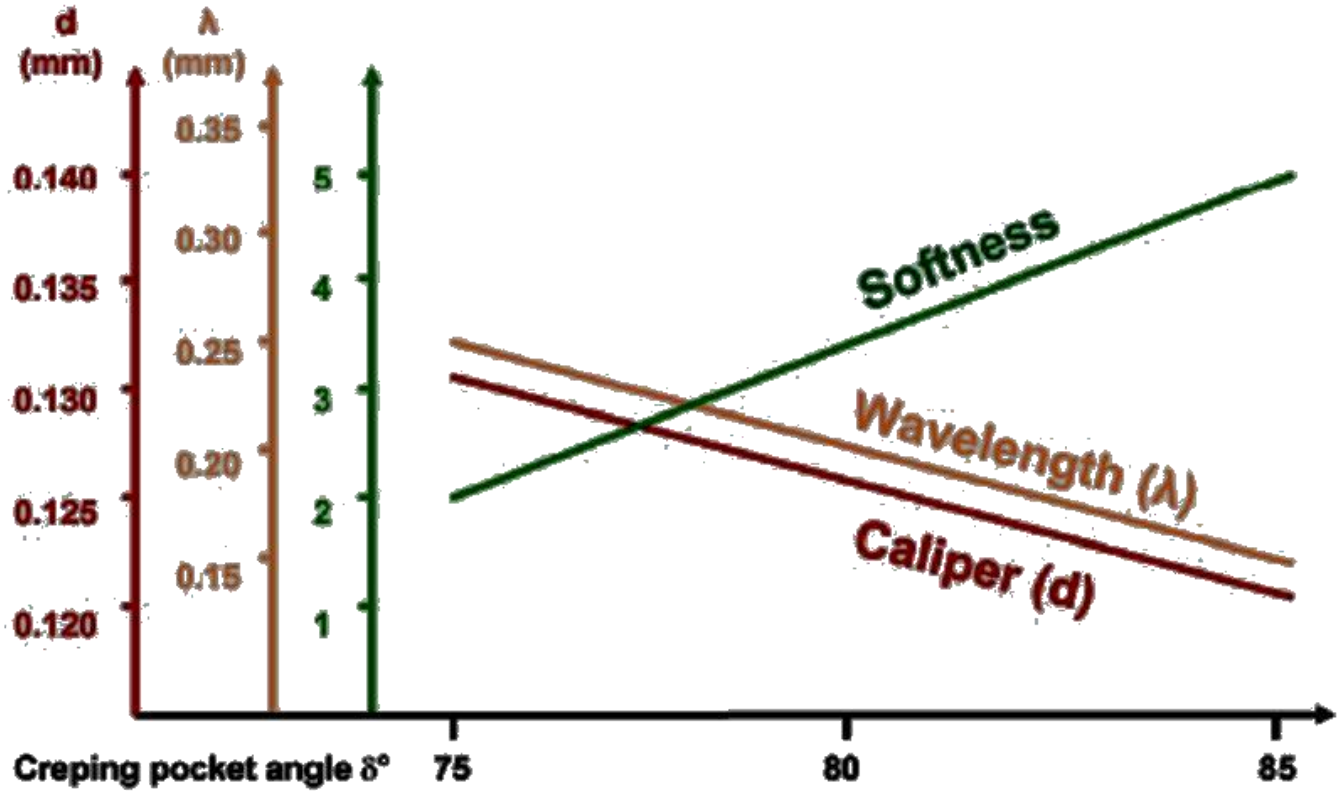
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue" – ABTCP

Variáveis que influenciam a geometria da raspa



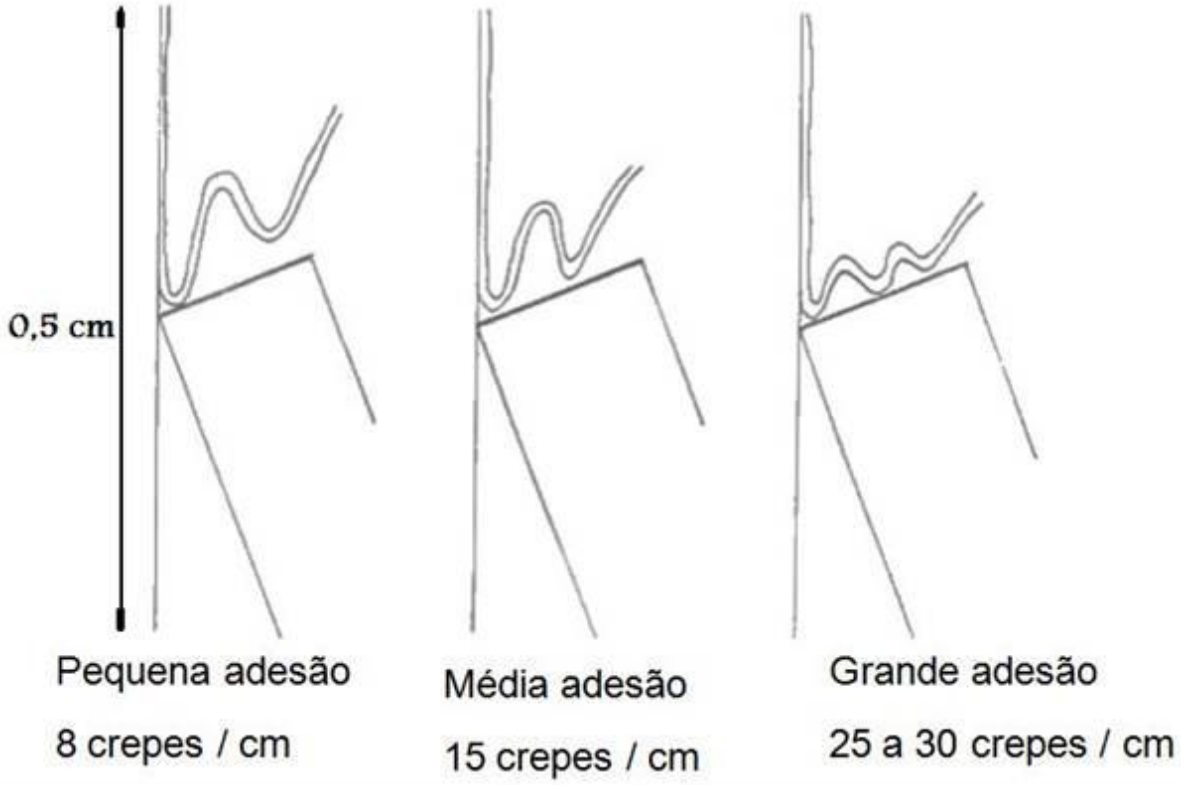
FONTE: Tissue World

As propriedades do papel em função do ângulo do bolsão



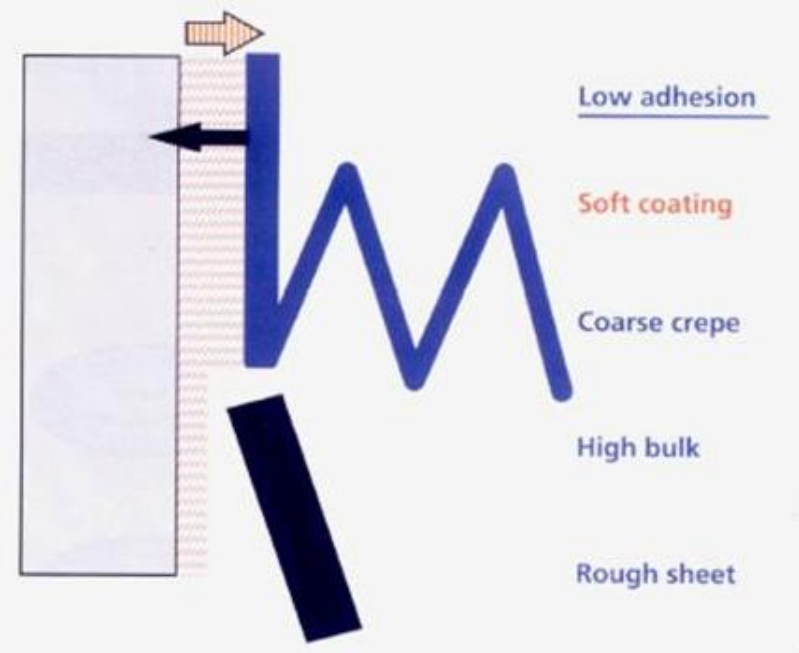
FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

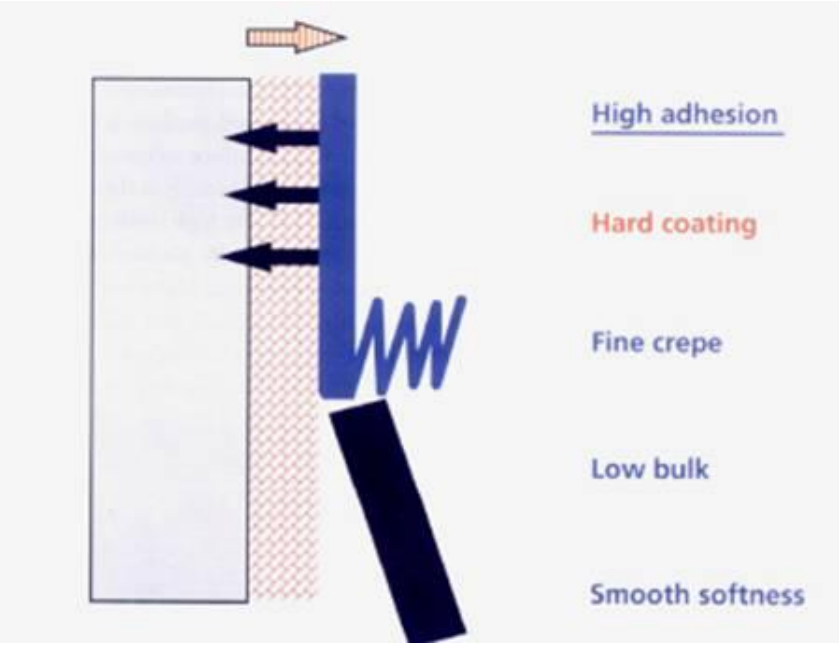
Influência da adesão da folha ao cilindro sobre o crepe



FONTE: Curso básico de fabricação de papel com ênfase em papéis "tissue"– ABTCP

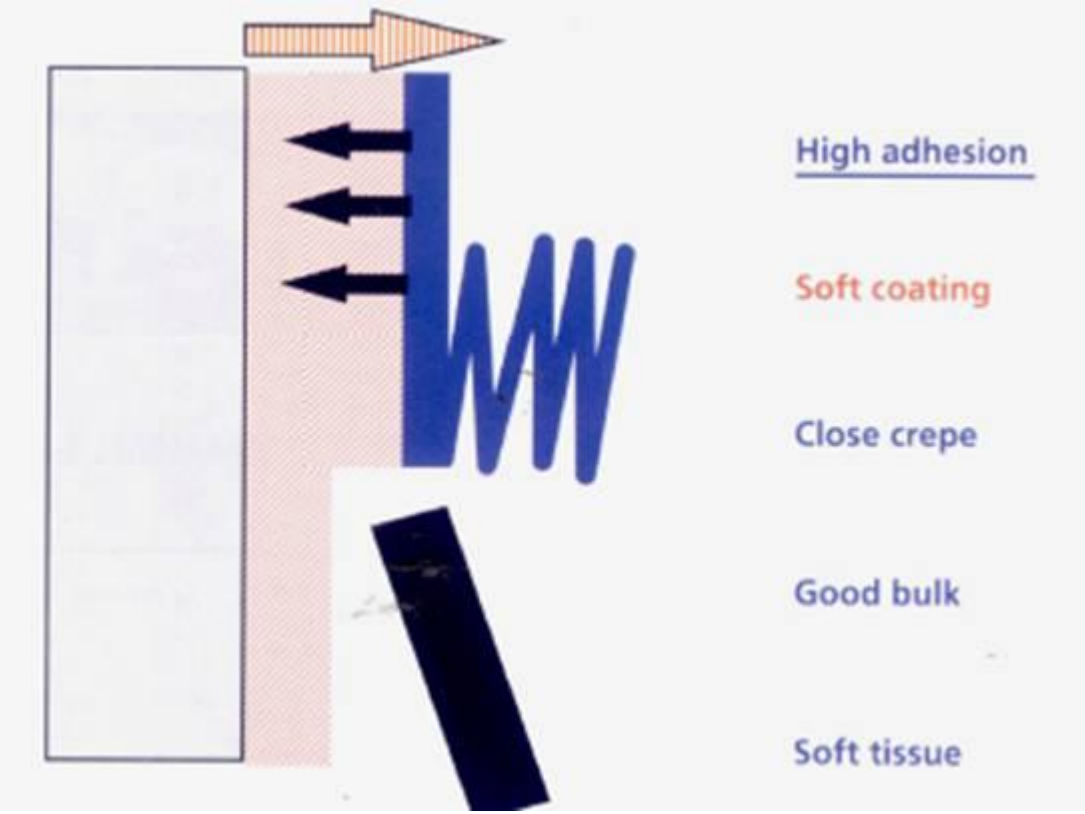
Influência da adesão da folha ao cilindro sobre o crepe





FONTE: Tissue World

Influência da adesão da folha ao cilindro sobre o crepe



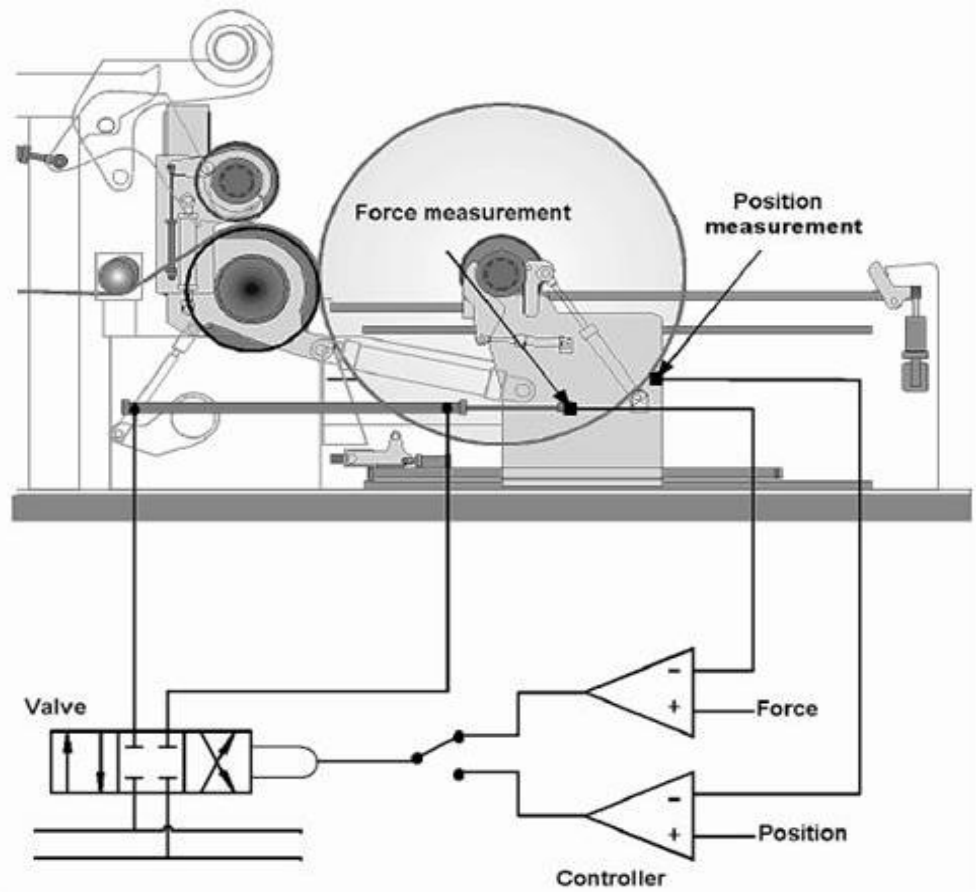
FONTE: Tissue World

Sistemas de crepagem (variáveis da raspa, tipo de raspas, ângulos)

FONTE: Apresentação CBTI

13. Enrolamento (índice de crepagem e outras variáveis)

"Pope"



FONTE: PAULAPURO, H., et alli

Elongação (alongamento) versus crepagem

Crepagem $= (V_S - V_E)*100\% / V_S$
Onde:

V_S *= velocidade do secador*
V_E *= velocidade da enroladeira*

Relação interessante:
Elongação / crepagem = 1,00 a 1,05

FONTE: Procedimentos e cuidados na fabricação do papel "tissue" – s/i

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Condicionamento de papel e papelão para ensaios. ABTCP - P4/94. São Paulo, 1994. 12p.

BARROTTI, S. L. B., BERGMAN, S. Propriedades do papel e ensaios para sua avaliação. In: SENAI, IPT Celulose e papel: Tecnologia de fabricação de papel. 2.ed. São Paulo, 1988. v.2. Cap. 7, p.818-842.

BRITT, K.W., Handbook of pulp and paper technology. 2ª ed. New York, USA, Van Nostrand Reinholf, 1970. 723 p.

CONTECH. Apresentação sobre "tissue"

D´ALMEIDA, M.L.O., et alli, TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE PAPEL. 2ª ed. São Paulo. Escola SENAI "Theobaldo De Nigris" e IPT, 1988, 968 p.

DOS SANTOS, C.H.G. Curso: papel "tissue" (técnicas de fabricação – parte 1). ABTCP, maio, 1994.

GALLO, C.R.M., Conceitos de máquinas para a fabricação de papéis tissue de alta qualidade. In: CONCRESSO E EXPOSIÇÃO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 34º, São Paulo, 2001. Anais ABTCP.
MACEDO, C.A.S., Teoria do crepe. Santher / ABCTP
PAULAPURO, H., et alli, Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End. 1º ed. Helsinki, Finland, Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI, 2000. 466 p.
PAULAPURO, H., et alli, Papermaking Part 2, Drying. 1º ed. Helsinki, Finland, Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI, 2000. 498 p.
POIRIER, N.A., PIKULIK, I.I., Novos desenvolvimentos no campo da secagem. O Papel. Fevereiro. 2003. p71-p79.
RODRIGUES, J.F. Curso de preparação de massa (aparas). ABTCP, 2005.
RODRIGUES, J.F. Papéis "tissue". ABTCP. Julho, 1998.
RODRIGUES, J.F. Preparação de massa. Curso ABTCP

ROVERI, M. Curso fabricação de papéis tissue. ABTCP. Outubro, 1997.
SCOTT, W.E., TROSSET, S. Properties of paper: an introduction. Atlanta, Tappi, 1989. 170 p.
TREZZANI, R. La seccheria e il monolucido. 9o Corso do Tecnici Cartari. Edizione 2001/2002.
TRUCCO, J.V. et alli, Mejoramiento de la calidad final del papel tisú mediante un proceso quimico moderno. Publicação BetzDearborn
UENO, P.Y., Curso sobre formação, prensagem e secagem do papel. Santa Luzia, MG. ABTCP. Dezembro, 2005.
VOITH PAPER. Atmos technology (apresentação).