

SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA REDUÇÃO DE CUSTOS EM UMA MÁQUINA DE PAPEL “TISSUE”

Lucas Bitar Moraes Barros

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Resumo. Com a crescente concorrência no setor de máquinas de papel, as dificuldades de se viabilizar uma venda aumenta cada vez mais. Por isso, é imprescindível realizar a redução de custos para tornar o produto mais barato, tornando o orçamento proposto ao cliente em potencial, mais convidativo. Este trabalho tem como referência a máquina de papel absorvente MP4 da empresa Milli. Em uma máquina de papel, diversos componentes são fabricados em aço inoxidável, acarretando em um elevado custo de matéria prima. Com isso em mente, se faz necessário um estudo de seleção de materiais, com o objetivo de, mantendo a resistência mecânica, resistência à corrosão, reduzir o custo global da máquina. Após a identificação da seção crítica da máquina de papel, estuda-se a seção de formação denominada “Crescent Former”. O primeiro passo na seleção de materiais é uma revisão do meio corrosivo e condições de operação dos equipamentos. Infelizmente, não se tem a composição exata do ambiente da máquina de papel em questão e por isso, faz-se necessário um extenso estudo na literatura sobre os ambientes de uma máquina de papel típica. O melhor material encontrado para revestimento da estrutura de aço carbono foi o polietileno de alta densidade.

Palavras chave: Corrosão, máquina de papel, material, polietileno.

1. Introdução

Esse trabalho consiste em selecionar o melhor material para a fabricação de uma máquina de papel “tissue” com o objetivo de redução de custos. Neste estudo, utilizou-se a planta da máquina Mili MP4, situada em Três Barras, SC. Esta máquina foi fornecida pela Voith Paper no ano de 2002 (início de operação em 2003) e ela pode produzir desde papel higiênico até papel toalha, sendo utilizados em todos os casos 100 % de fibras recicladas. Ela possui uma velocidade de projeto de 1.500 m/min, com um tamanho de tela de 2.880 mm.

Alguns itens que precisam ser levantados para a seleção do material são: os produtos químicos utilizados na preparação da massa, a temperatura das seções, o teor seco do papel nas diversas etapas e o custo das diversas seções da máquina. Com estas informações, determina-se a seção crítica a ser estudada.

Os papéis *tissue* são aqueles que possuem uma textura macia, flexível, com gramaturas típicas entre 10 g/m² e 50 g/m² e alta capacidade de absorção de líquidos, ou seja, são o papel higiênico, papel toalha, guardanapo, lenço facial, entre outros. A função da máquina de papel é remover a água da suspensão de fibras proveniente do circuito de preparação de massa (água branca) e formar a folha de papel. Basicamente, a máquina de papel é constituída, de forma geral, de quatro seções conforme mostrada na Figura 1:

- Formação (I)
- Prensagem (II);
- Secagem (III);
- Enroladeira/rebobinadeira (IV).

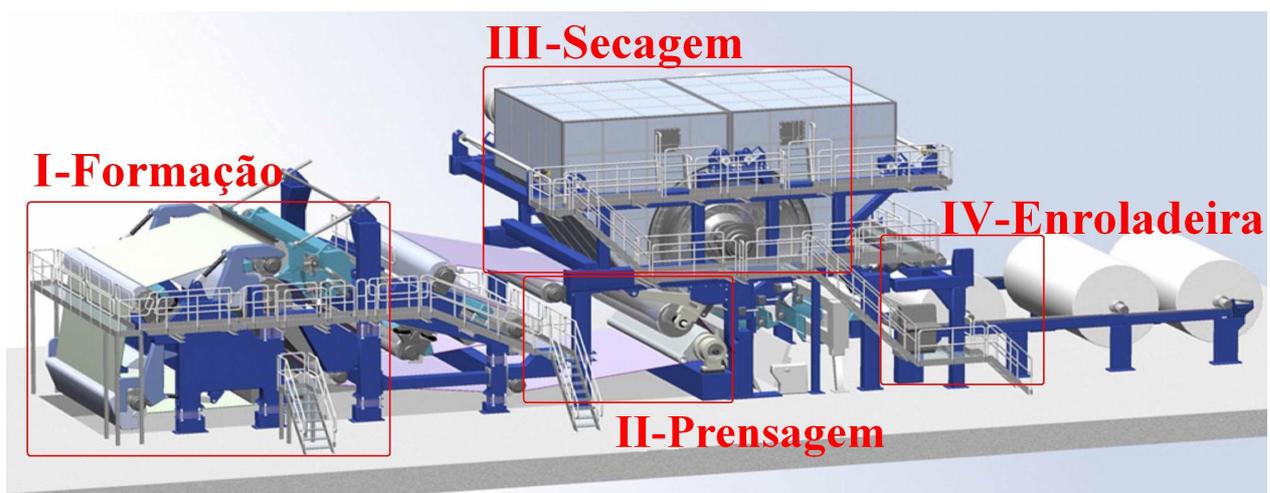


Figura 1: Seções de uma máquina de papel Tissue

Na seção de formação, o início do processo ocorre quando o jato de suspensão de fibras, proveniente da caixa de entrada, atinge a tela formadora, consolidando-as e formando uma folha. Neste momento, também tem-se o desaguamento inicial, por ação da força centrífuga gerada pelo movimento do rolo formador no *Crescent Former*.

Após a formação, o papel segue sobre o feltro para a seção de prensagem, onde ocorre o desaguamento por compressão mecânica e ação do vácuo. Outra função importante da prensa é transferir o papel do feltro ao cilindro secador *Yankee*. A seção de secagem consiste no cilindro *Yankee* e capota de insuflamento, onde o cilindro realiza a

secagem por condução de calor e a capota realiza a secagem por convecção. Após a secagem, o papel é destacado do cilindro e segue para a enroladeira, onde são formados os rolos jumbo.

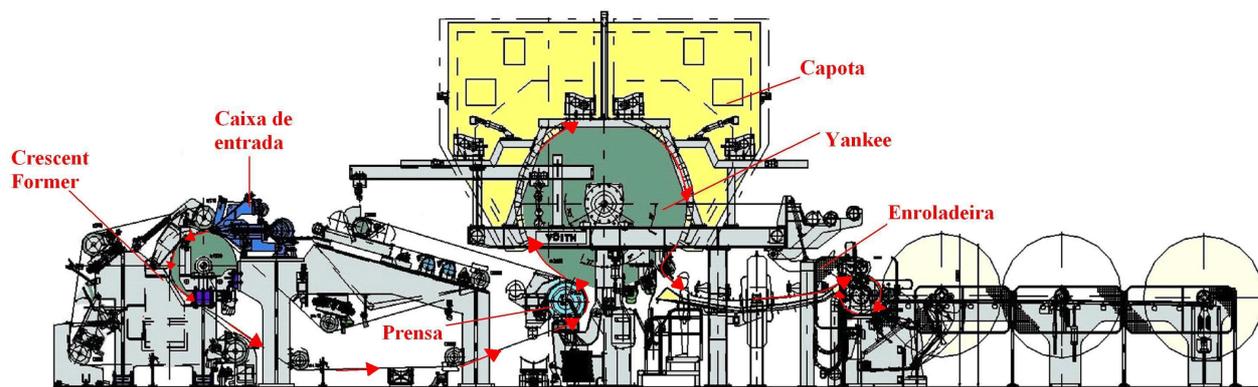


Figura 2: Caminho do papel

2. Desenvolvimento

Para a seleção da seção crítica da máquina, na qual concentra-se o esforço para selecionar o melhor material, utiliza-se: os produtos químicos utilizados na preparação da massa, a temperatura das seções, o teor seco do papel nas diversas etapas e o custo das diversas seções da máquina

2.1. Teor seco

O teor seco é uma medida para quantificar a suspensão de fibras no papel e é definido pela massa de fibras em 100 g de suspensão. Quanto maior for o teor seco do papel, menor será a quantidade de água no mesmo.

Levantado-se os teores secos na máquina de papel, obtém-se:

Tabela 1: Teor seco nas diversas seções da máquina de papel

Seção	Teor seco aproximado (%)
Formadora: depois da caixa de entrada	0,15
Formadora: depois do <i>Crescent Former</i>	22
Prensagem: depois da prensa	35-42
Secagem: depois do cilindro <i>Yankee</i>	95

2.2. Temperaturas

A temperatura do meio é um fator essencial quando estudamos corrosão, porquê tanto o material, quanto o meio, podem sofrer mudanças em seu comportamento. O levantamento das temperaturas segue abaixo:

Tabela 2: Temperatura das seções

Tabela 2: Temperaturas nas diversas seções da máquina de papel

Seção	Temperatura aproximada (°C)
Formadora	35
Secagem: cilindro <i>Yankee</i>	80
Secagem: capota de insuflamento	500
Enroladeira	Temperatura Ambiente (Tamb)

A capota de insuflamento não é de fabricação Voith e a saída anual do cilindro Yankee é muito baixa e sua concepção não é de responsabilidade da Voith Brasil, dificultando a possibilidade de se implementar o novo material selecionado num curto prazo de tempo. Por estes motivos, esses dois componentes serão desconsiderados.

2.3. Custo

O levantamento de custos de cada seção/componente é importante para se visualizar onde se encontra o custo de matéria-prima mais elevado da máquina de papel. Recolhendo as informações, obtém-se as porcentagens de cada seção/componente em relação ao custo total.

Tabela4: Porcentagem do custo de cada seção em relação ao total

Componente	% Custo da matéria-prima
Caixa de entrada	15,21 %
Crescent Former	16,68 %
Feltro e Pressas	15,97 %
Enroladeira TR-90	6,18 %
Outros	9,52 %

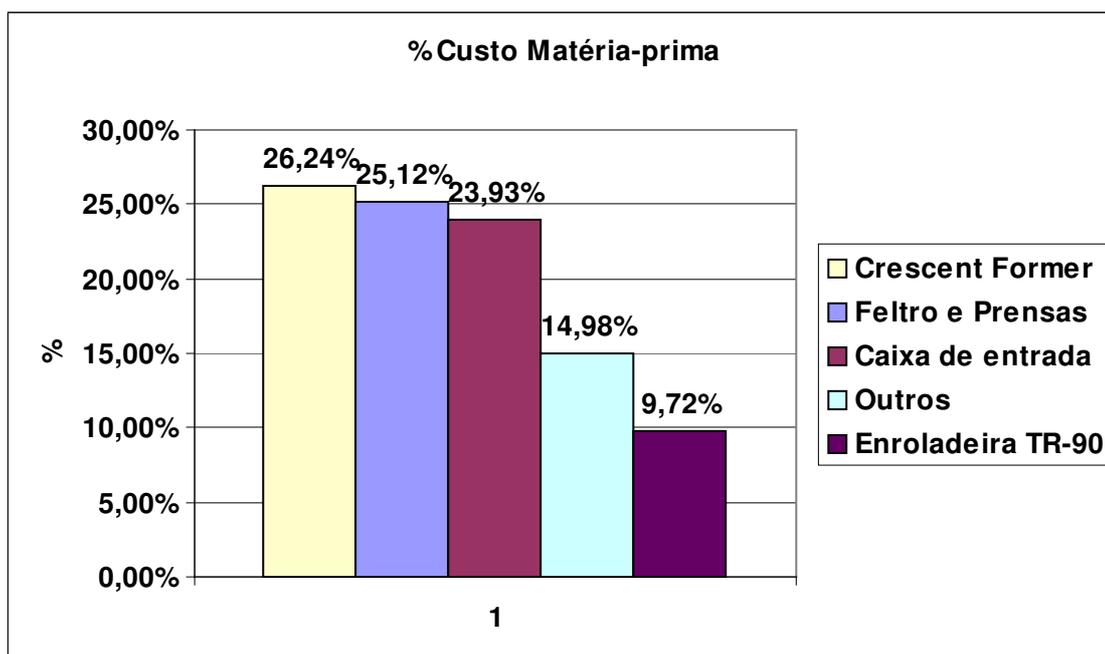


Figura 3: Porcentagem dos custos de matéria-prima

O custo de matéria-prima do *Crescent Former* corresponde a 26,24 % do total, seguido pelo feltro e pressas com 25,12 %.

4. Escolha da seção crítica

Para a seleção da seção crítica, monta-se uma matriz de decisão. As entradas são os dados de custo, temperatura e teor seco nas linhas e as várias alternativas desenvolvidas nas colunas. Atribuem-se pesos a cada atributo e assim tem-se a sua importância relativa. As notas atribuídas serão de 0 a 10 a cada alternativa proposta. A soma desses graus multiplicados pelos seus pesos fornece valores globais que permitem a classificação e seleção da melhor alternativa ou alternativa que passarão a próxima etapa deste trabalho. A matriz de decisão está ilustrada na Tabela 5.

Tabela 5: Matriz de decisão

ATRIBUTO	Peso	Caixa de entrada		Crescent Former		Feltro e Pressas		Enroladeira TR-90		Outros	
		nota	npx	nota	npx	nota	npx	nota	npx	nota	npx
% Custo matéria-prima	0,5	8	4	9,5	4,75	8,5	4,25	5	2,5	6	3
Teor Seco (TS)	0,25	9,5	4,75	8,5	4,25	6	3	1	2	2	1
Temperatura	0,25	8	4	8	4	6	3	5	2,5	5	2,5
Soma	1		12,75		13		10,25		7		6,5

Os pesos foram distribuídos desta maneira porque o atributo mais importante é o custo das seções, seguido pela temperatura e teor seco, já que são importantes sob o aspecto de corrosão.

Pela matriz de decisão, a seção crítica é o *Crescent Former*.

5. Seção crítica – Crescent Former

Esse sistema é constituído por um rolo formador sólido, em que o fluxo da caixa de entrada é direcionado entre a tela formadora e o feltro, forçando o desaguamento por centrifugação através da tela (Figura 4). Na separação da tela e feltro o papel acompanha naturalmente o feltro, não necessitando do sistema *pickup* para transferência da folha ao feltro, o que evita problemas de transferência. Atualmente esse sistema é o mais utilizado nas máquinas *tissue*, pois oferece vantagens como:

- Boa formação – o jato é rapidamente “congelado” entre o *gap* formado pelo rolo formador e a tela formadora;
- Economia de fibras devido à melhor formação;
- Melhor controle sobre a relação entre as resistências longitudinal e transversal devido ao pequeno espaço de formação e maior eficiência;
- Melhor desempenho da secagem devido à redução das variações do perfil de gramatura;
- Melhor qualidade: aumento do *bulk* (volume específico), resistência e suavidade do papel;
- O tempo de vida útil das telas formadoras é maior devido à ausência de elementos desaguadores na parte da tela que provocam atrito e desgaste prematuro. Com isso, os custos com manutenção e energia são menores;
- Redução da potência de acionamento devido à inexistência de elementos desaguadores bem como do alto atrito gerado pelas caixas de sucção;
- Redução das potências das bombas de vácuo pela eliminação das caixas de sucção e tubos de vácuo;



Figura 4: Crescent Former

O Crescent Former é constituído basicamente numa estrutura de aço carbono revestido de aço inoxidável 316L.

Seleção de materiais

O primeiro passo na seleção de materiais é uma revisão do meio corrosivo e condições de operação dos equipamentos. Para indústrias que utilizam processos químicos, outras informações são pertinentes como: temperaturas, pressão, vazões mássicas, operação contínua versus intermitente, ambiente externo versus ambiente interno e pureza do produto.

Infelizmente, não se tem uma caracterização completa do ambiente da máquina de papel em questão, logo, para contornar este problema, realizou-se uma pesquisa na literatura procurando experiências existentes no setor de papel com diversos materiais e uma caracterização mais completa do ambiente de uma máquina de papel de maneira geral.

O FDA (*Federal Drug Administration*) disponibiliza uma lista de produtos químicos que podem ser utilizados em papéis que entram em contato com o corpo humano.

6.1. Resumo do ambiente de uma máquina de papel

Após pesquisa na literatura, monta-se uma Tabela com os principais componentes químicos utilizados na indústria papelreira.

Tabela 6: Resumo do ambiente químico

Componente químico	Digestor	Brown Washers	Branqueamento	Kraft Mill	Máquina de papel
Ácido hexanurônico			X		
Ácidos alifáticos					X
Ácidos aromáticos					X
Alumínio					X
Amonia					X
Cálcio					X
Carbonato de cálcio (CaCO ₃)		X			
Carbonato					X
Soda cáustica			X		
Dióxido de Cloro(ClO ₂)			X		
Cloretos			X		X
Dímero de Alquil Ceteno (AKD)					X
Dimethyl disulfide (RSSR)	X				
Dimetil dissulfeto [(CH ₃) ₂ S ₂]				X	
Dimetil Sulfeto [(CH ₃) ₂ S]				X	
Peróxido de hidrogênio			X		
Hydrosulfite			X		
Lignina solúvel					X
Magnésio				X	X
Methyl mercaptan (RSH)				X	
Methyl sulfide (RSR)	X				
Metil mercaptana (CH ₃ SH)				X	
Oxygen					X
Carbonato de sódio (Na ₂ CO ₃)		X			X
Hidróxido de sódio (NaOH)	X		X		
Sulfato de sódio (Na ₂ SO ₄)		X			
Tiosulfato de sódio (Na ₂ S ₂ O ₃)	X				X
Sulfato					X
Sulfeto					X
Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S)				X	
Dióxido de enxofre	X				

6.2. Definição do melhor material

Procura-se em “*data sources*”, e bibliografias com base nos produtos químicos aprovados pelo FDA e no banco de dados gerado pela pesquisa, qual o melhor material para uma máquina de papel e obteve-se os seguintes materiais:

- Aço inoxidável 316L;
- Polietileno de alta densidade (PEAD);
- Polipropileno (PP);
- PTFE.

Como este trabalho tem como objetivo reduzir os custos de uma máquina de papel faz-se uma pesquisa no mercado dos preços dos materiais e obtem-se a Tab.(6).

Tabela 3: Preço dos materiais

Material	Preço
316 L	414 R\$/m ² – chapa de 1,5 mm
PEAD	18,16 R\$/m ² – chapa de 2 mm
PP	47,40 R\$/m ² – chapa de 3 mm
PTFE	285,00 R\$/m ² – chapa de 2 mm

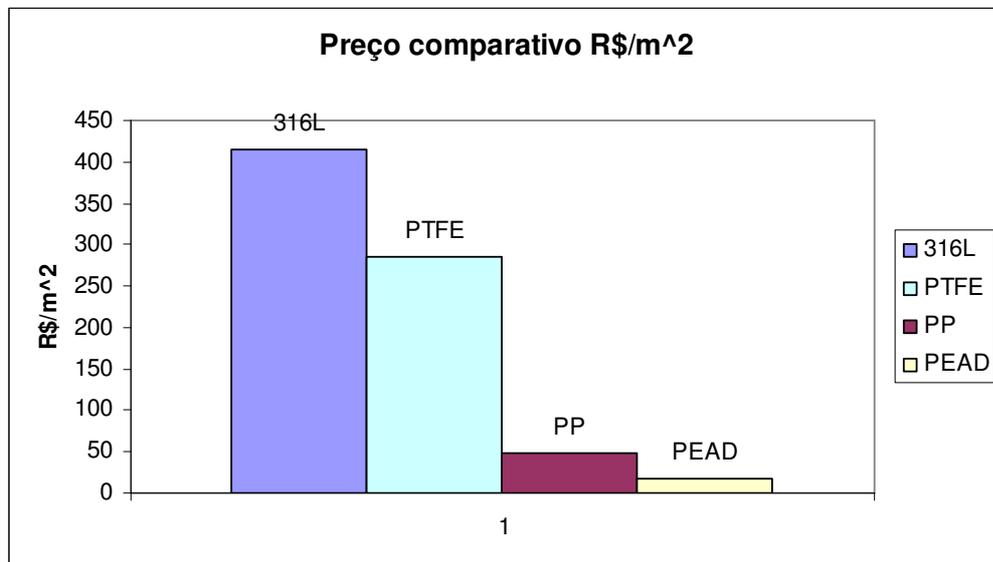


Figura 5: Comparação dos preços

O Polietileno de alta densidade é o material mais barato dentre os escolhidos e logo, será o material selecionado para a máquina de papel *tissue*. Vale ressaltar que este material pode substituir o revestimento de aço inoxidável mas não o aço carbono estrutural.



Figura 6: Placas de polietileno de alta densidade (PEAD)

7. Instalação

Para aplicar o revestimento de polietileno, pode-se utilizar dois produtos fabricados pela 3M: a Scotch-Weld DP-460 Adesivo Estrutural e a Fita VHB dupla-face de espuma acrílica e adesivo transferível. O adesivo estrutural é de Epóxi e teoricamente ele irá resistir ao ambiente da máquina de papel *tissue*.



Figura 7: Scotch-Weld DP 460



Figura 8: Fita VBH

Estes dois produtos mostraram-se satisfatórios, no aspecto estrutural, na instalação de revestimento de aço inoxidável em peças de aço carbono, sendo sua utilização extremamente simples, na qual apenas requer-se o lixamento do local para a aplicação da fita VBH, aplicação sob pressão da mesma, aplicação do revestimento e selamento com o conjunto adesivo DP 460.



Figura 9: Fitas aplicadas antes da aplicação do revestimento

8. Próximos passos

Depois de selecionado o material, se faz necessário realizar um ensaio de no mínimo de 1 ano, para validar a escolha. Este ensaio deverá ser numa máquina de papel *tissue*, para avaliar o real desempenho do material.

9. Conclusão

O polietileno de alta densidade é aproximadamente 22 vezes mais barato do que o aço inoxidável AISI 316L e isso acarretará numa redução de aproximadamente de 30 % no custo da matéria prima e numa redução de 5,25 % no custo total da seção crítica *Crescent Former*.

10. Referências

VALENÇA, A.C.; MATTOS, R. “O setor de celulose e papel no Brasil” Guia de compras celulose e papel 2003.

PAPERLOOP. Disponível em: <<http://www.paperloop.com>>

MILLI S.A.. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <Ronaldo.parucker@voith.com> em 10 março de 2006.

NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS. “Pulp & Paper Industry Corrosion Problems”, Volume 3, 1982.

TUTHILL A.H., Fabrication and post-fabrication cleanup of stainless steels, Nickel Development Institute (NiDI).

CLEANING AND DESCALING STAINLESS STEEL, Nickel Development Institute (NiDI).

REIS, L.G., Efeito do eletropolimento sobre a resistência à corrosão por pite de aços Inoxidáveis, 2005.

ANDREA G., Corrosion in the pulp and paper industry, Vol.13, ASM Handbook

ASHBY, Ashby Engineering Materials 1, an Introduction to their properties & applications, 2nd Edition.

METALS HANDBOOK, Vol.13, Corrosion

CHEREMISINOFF, N.P., Materials Selection Deskbook, 1996

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, CRC Press.

CANAHER C.E., Giant Molecules - Essential Materials for Everyday Living and Problem Solving

MATERIAL SELECTION IN ORDER TO REDUCE THE FINAL PRICE OF A MACHINE PAPER

Lucas Bitar Moraes Barros

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Abstract. The difficulty to place paper machine in the market is increasing due to the significant competition in the paper segment. As a consequence, the cost reduction is an essential issue to achieve competitive and attractive paper machine. The stainless steel is extensively used in a paper machine but it is the major causes of cost increase. Therefore, it is imperative to accomplish a material selection study, providing adequate mechanical and corrosion resistances with global cost reducing. This work is performed to MP4 tissue machine operated by Milli plant located in Tres Barras, SC. It was identified that the critical machine section is the Crescent Former. The first step of materials selection was a review of the corrosive environment and the equipments' operation conditions. The best solution found was the steel surface cladding with HDPE (High Density Polyethylene).

Keywords. Corrosion, paper machine, material, polyethylene.