



**FACULDADE DE PINDAMONHANGABA**

**CAROLINA ROCHA ALVES CABRAL**

**EDER DOUGLAS PIRES**

**PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS QUE  
INFLUENCIAM O CONSUMIDOR DO PAPEL TISSUE**

**Pindamonhangaba-SP**

**2011**



**FACULDADE DE PINDAMONHANGABA**

**CAROLINA ROCHA ALVES CABRAL**

**EDER DOUGLAS PIRES**

**PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS QUE  
INFLUENCIAM O CONSUMIDOR DO PAPEL TISSUE**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Tecnólogo pelo curso de Tecnologia em Processos Químicos da Faculdade de Pindamonhangaba

Orientador: Prof. Wlamir G. S. Braga

**Pindamonhangaba-SP**

**2011**



**FACULDADE DE PINDAMONHANGABA**

**CAROLINA ROCHA ALVES CABRAL**

**EDER DOUGLAS PIRES**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Tecnólogo pelo curso de Tecnologia em Processos Químicos da Faculdade de Pindamonhangaba

Orientador: Prof. Wlamir G. S. Braga

**Data:**

**Resultado:**

**BANCA EXAMINADORA**

Prof \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

“Dedicamos aos nossos pais que nos concederam ensinamentos, sempre com carinho e dedicação, apoiaram-nos e nunca deixaram de acreditar que um dia pudéssemos nos tornar grandes profissionais”.

Agradecemos, primeiramente,  
a Deus por ter nos dado a  
oportunidade de  
concluir mais esta etapa  
nas nossas vidas.

Agradecemos também a administração da  
FAPI – Faculdade de Pindamonhangaba  
que proporcionou a realização deste curso,  
bem como a todos os professores, que com  
paciência e dedicação compartilharam  
seus conhecimentos.

## RESUMO

Desde a sua criação o papel tem sido o artefato de grande utilização no mundo, quer seja na escrita, na embalagem ou mesmo na higiene pessoal, na quase totalidade do planeta existem pessoas que estão neste momento utilizando-se deste produto das mais diferentes maneiras. Em um mercado competitivo, a qualidade dos produtos "Tissue" é uma necessidade para obter uma posição mercadológica forte, por isso tem sido aperfeiçoado a cada dia numa busca incansável para agregar-lhe propriedades especiais ou aperfeiçoar as já existentes. Com os consumidores de papel tissue cada dia mais exigentes e criteriosos na aquisição de um produto, exige-se que os fabricantes de papel estejam constantemente se adaptando às melhorias do produto, quer em relação à redução de custos e aumento de qualidade atingindo as diversas camadas sociais. As diversas variáveis, tais como: a gramatura, espessura, volume específico aparente (*bulk*), porosidade, alongamento, formação, resistência à tração (seca e úmida), umidade e a maciez, podem ocasionar alterações nas características físicas e mecânicas do papel absorvente que estão relacionadas à sensibilidade humana onde o consumidor final sentirá. O papel tissue é o produto resultante de uma mistura homogênea de fibras celulósicas (fibras virgens) submetidas a um processo muito semelhante ao utilizado na fabricação de papel para escrita ou plano, diferindo nas características físicas. Portanto será realizada uma revisão bibliográfica dos fundamentos técnicos destas características e propriedades, para o conhecimento de seus conceitos. Contudo, percebemos que a literatura especializada relaciona que as características e propriedades do papel são o que mais influenciam o consumidor na hora da compra.

Palavras-chaves: Tissue, maciez, papel absorvente.

## **ABSTRACT**

*Since its inception the paper has been the artifact of great use in the world, whether in writing, packaging or even personal hygiene, in almost all the world there are people who are currently using this product in several ways. In a competitive market, the product quality "tissue" is a necessity for a strong market position, so it has been refined each day in relentless pursuit of special properties you add or improve existing ones. Consumer "tissue" paper ever more demanding and discerning in the acquisition of a product requires that the paper manufacturers are constantly adapting to product improvements, both in relation to reducing costs and increasing quality reaching the various layers social. The different variables such as weight, thickness, apparent specific volume (bulk), porosity, stretching, training, tensile strength (dry and wet), moisture and softness, can cause changes in physical and mechanical characteristics of the absorbent paper in which are related to human sensitivity where the consumer will feel. "Tissue" paper is the product of a homogeneous mixture of cellulose fibers (virgin fiber) subjected to a process very similar to that used in the manufacture of paper to write or plan, differing in physical characteristics. So there will be a literature review of the technical basis of these characteristics and properties, to the knowledge of their concepts. However, we realize that the literature relates to the characteristics and properties of paper are what most influence a consumer at the time of purchase.*

*Key-words: Tissue, softness, absorbent paper.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Primeiro processo de preparação de papel	12
Figura 2 - Invenção do Francês Louis Nicolas Robert	13
Figura 3- Máquina de ultima geração	16
Figura 4- Foto de diversos tipos de Papel Higiênico	18
Figura 5- Foto de diversos tipos de Papel Toalha	20
Figura 6- Foto de diversos tipos de Papel Crepado ou Guardanapo	21
Figura 7- Foto de diversos tipos de Lenços de Papel	23
Figura 8- Esquemática de “Handfeel” – Maciez Superficial	29
Figura 9- Esquemática de “Handfeel” – Maciez Estrutural	29
Figura 10- Esquema Secador e Capota da Máquina de Papel	33
Figura 11- Teoria da Crepagem	35
Figura 12- Aderência X Crepagem	36
Figura 13- Medidor de Tração Vertical EMIC	39
Figura 14- Medidor de Tração Horizontal DI 500	40
Figura 15- Mullen Tester (Aparelho para medir resistência ao arrebentamento)	40
Figura 16- Elmendorf Analógico e Digital	41
Figura 17- Aparelho Bending Stiffness	43
Figura 18- Aparelho “Handle – o – Meter”	44
Figura 19- Aparelho Gurley (verificador da permeância ao ar e lisura)	44

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Especificação do Papel Higiênico	<b>19</b>
Tabela 2 – Especificação do Papel Toalha	<b>20</b>
Tabela 3- Especificação do Papel Crepado	<b>22</b>
Tabela 4- Especificação do Lenço de Papel	<b>23</b>
Tabela 5- Maiores Produtores Mundiais de Celulose e Papel	<b>53</b>
Tabela 6- Produção Brasileira	<b>53</b>
Tabela 7- Evolução Histórica da Produção	<b>54</b>
Tabela 8- Evolução do Consumo Aparente dos Papéis Tissue	<b>54</b>
Tabela 9- Resultados do Setor	<b>55</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
3.1 O PAPEL E SUA INVENÇÃO.....	12
3.2 O PAPEL HOJE .....	14
3.3 ÊNFASE EM PAPEL TISSUE .....	16
<b>4 TIPOS DE PAPÉIS TISSUE .....</b>	<b>18</b>
4.1 PAPEL HIGIÊNICO ( <i>TOILET PAPER</i> ).....	18
AS PROPRIEDADES DESEJADAS DO PAPEL HIGIÊNICO CONFEREM-SE EM: GRAMATURA, ESPESSURA, FORMAÇÃO, RESISTÊNCIA SECA E MACIEZ. A SEGUIR A TABELA 1 DEMONSTRA ALGUNS PARÂMETROS DA ESPECIFICAÇÃO DO PAPEL HIGIÊNICO. ....	19
4.2 PAPEL TOALHA ( <i>TOWEL PAPER, KITCHEN TOWELS</i> ) .....	19
4.3 PAPEL CREPADO OU GUARDANAPO ( <i>NAPKIN PAPER</i> ).....	21
AS PROPRIEDADES DESEJADAS DO PAPEL CREPADO CONFEREM-SE EM: GRAMATURA, ESPESSURA, FORMAÇÃO, RESISTÊNCIA SECA E ÚMIDA. A SEGUIR A TABELA 3 DEMONSTRA ALGUNS PARÂMETROS DA ESPECIFICAÇÃO DO PAPEL CREPADO.....	21
4.4 LENÇO DE PAPEL ( <i>FACIAL TISSUE</i> ).....	22
<b>5 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO PAPEL .....</b>	<b>24</b>
5.1 GRAMATURA .....	24
5.2 ESPESSURA .....	24
5.3 VOLUME ESPECÍFICO APARENTE ( <i>BULK</i> ).....	25
5.4 POROSIDADE.....	25
5.5 ALONGAMENTO.....	26
5.6 FORMAÇÃO.....	26
5.7 RESISTÊNCIA .....	26
5.7.1 Resistência Seca e Úmida .....	27
5.8 UMIDADE .....	27
5.9 MACIEZ .....	28
<b>6 FATORES QUE INFLUENCIAM AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PAPÉIS TISSUE .....</b>	<b>30</b>
6.1 PROPRIEDADES DAS PASTAS CELULÓSICAS .....	30
6.2 FIBRAS E POLPAS: RELAÇÕES COM AS PROPRIEDADES DO PAPEL.....	30
6.3 EFEITOS DA REFINAÇÃO NA FIBRA .....	31
6.4 EFEITOS DA PARTE SECA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL.....	33

6.4.1 Efeitos de secagem.....	33
6.4.2 Efeitos da Crepagem.....	34
6.4.3 Outras variáveis que afetam a maciez do papel: peso básico e formação.....	36
<b>7 TIPOS DE MEDIÇÃO DAS PROPRIEDADES: MACIEZ, DENSIDADE APARENTE E RESISTÊNCIAS DO PAPEL .....</b>	<b>38</b>
7.1 MÉTODOS E INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA.....	39
7.1.1 Resistência à Tração.....	39
7.1.2 Resistência ao Arrebatamento (estouro).....	40
7.1.3 Resistência ao rasgo .....	41
7.2 MÉTODOS PARA MEDIÇÃO DE DENSIDADE APARENTE.....	42
7.2.1 Densidade Aparente.....	42
7.3 FORMAS CONHECIDAS DE MEDIÇÃO DA MACIEZ .....	42
7.3.1 Método “Bending Stiffness” (cantilever).....	42
7.3.2 Método “Handle-O-Meter” .....	43
7.3.3 Método “Gurley” .....	44
7.3.4 Método “Handfeel” .....	45
<b>8 ADITIVOS UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DE PROPRIEDADES NO PAPEL .....</b>	<b>47</b>
8.1 ADITIVOS QUÍMICOS PARA INCREMENTO DE PROPRIEDADES NO PAPEL TISSUE .....	47
8.2 Aditivos para Maciez .....	48
8.3 Aditivos para Resistência a seco do papel.....	48
<b>9 CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>53</b>
ÍNDICES ESTATÍSTICOS DO SETOR DE PAPEL TISSUE .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

Antes de se falar sobre propriedades e características do papel é necessário ter o entendimento do que em si é o papel, assunto destacado na revisão literária.

Os diversos fabricantes de papéis tissue presentes no mercado nacional oferecem produtos de alta qualidade, atuando com elevado padrão de conforto, segurança e economia; em vista disso as empresas buscam um diferencial em seu produto para despistar a concorrência, com isto faz-se importante conhecer a ótica dos consumidores para que se alcancem os principais parâmetros desejados por eles.

Segundo pesquisas já realizadas, as propriedades e as características esperadas para papéis tissue são o que interferem no momento da aquisição do produto. As características desejadas pelo consumidor são conforme a linha dos produtos: Toalha; Higiênico; Guardanapo ou Crepado.

Avaliando-se mais especificamente as propriedades por linha de produtos, conforme exposto acima, é possível detectar os fatores que coincidem entre estes como características determinantes.

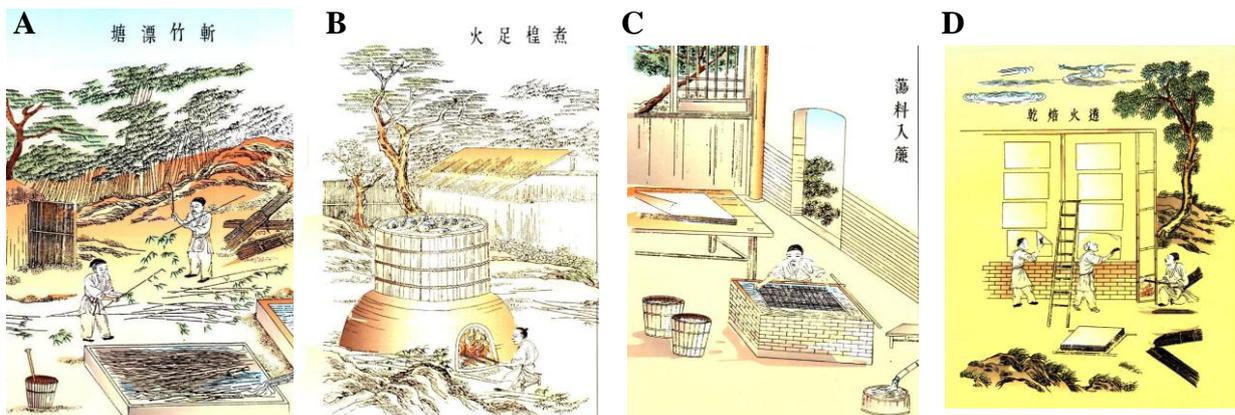
## **2 OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre as características e as propriedades específicas do papel tissue que estão diretamente relacionadas ao produto final atendendo as necessidades dos consumidores.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 O papel e sua invenção

De acordo com (SENAI, 2006, p. 09), no ano de 105 d.C., na China, conforme diz a história, Tsai-lun inventou o fabrico do papel. Conforme apresentado nas Figuras 1A, B, C e D, os chineses fabricavam o papel reduzindo a pedacinhos, trapos, fibras e até cascas de algumas árvores cãhamo, amoreiras, bambu, fazendo assim a polpa; esta polpa era derramada numa forma de tela de pano, estendida num quadro de madeira. A forma era agitada para espalhar a pasta e formar uma superfície uniforme. Nesta operação a água ia passando pelo pano, e punham a secar, utilizando uma prensa para eliminar mais rapidamente a água.



**Figura 1-** Primeiro processo de preparação de papel (Fonte: SENAI, Tecnologia de Fabricação de Papel).

Por muito tempo os chineses foram os únicos que conheciam a técnica para fabricação do papel. Em 751, os árabes apoderaram-se da cidade de Samarkand e os chineses foram obrigados a revelar os segredos do fabrico de papel. Os árabes levaram a indústria de fabricar papel para o Oriente Médio e depois para a Europa.

A partir daí deu-se difusão dos conhecimentos sobre a manufatura de papel, acompanhando a expansão muçulmana até a Península Ibérica, onde surgiram os primeiros moinhos de papel na Europa.

No fim do século XVI, os holandeses inventaram uma máquina que desagregava trapos em fibras e que, apesar de diversos aperfeiçoamentos, conservou sua idéia básica até os dias de hoje. Nessa época, a substituição de telas de varetas ou de fios por telas de arame aprimorou a produção manual de papel.

A modernização da indústria papelreira começou no século XVIII, com a Revolução Industrial e com a intensificação da indústria têxtil houve maior disponibilidade de matéria-prima proveniente de trapos. Por outro lado, a crescente necessidade de registros contábeis e a ampliação das comunicações motivaram um grande aumento da demanda de papel. Aquele século foi marcado por descobertas de novas fontes de fibras para a confecção de papel, a madeira foi sugerida em 1719 pelo francês Réamur.

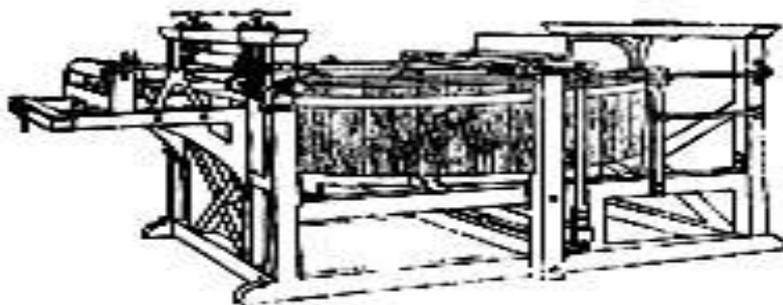
Em 1765, Schaffer, um alemão de Regensburg, publicou suas experiências papelreiras com matérias vegetais como pêlo de sementes de vegetais, serragem, madeiras, palhas, resíduos agrícolas e outros. No século XIX, após apresentar um papel feito de palha e madeira, Koops patenteava o processo de polpação da palha, de destintamento e reciclagem de papéis velhos.

Também no campo de alveamento, notou-se grande avanço com a descoberta do cloro, o que diversificou consideravelmente as matérias primas.

Desde os tempos mais remotos ate o final do século XVIII, a fabricação do papel era manual.

Em 1799, o francês Louis Nicolas Robert, inventou uma máquina (Figura 2) que possibilita a formação de uma folha de papel com comprimento infinito. Era construída de madeira e possuía uma tela de tecido suspensa por roletes, na qual era lançada uma suspensão de fibras. A patente dessa máquina foi vendida aos irmãos Fourdrinier, de onde se originou a denominação atual para esse tipo de máquina de papel.

Essas máquinas não mudaram muito em relação ao conceito básico de suas antecessoras. São constituídas por várias seções independentes, cada qual com sua função e características própria: formação da folha, prensagem, secagem e enrolamento ou corte.



**Figura 2-** Invenção do Francês Louis Nicolas Robert, Fonte: GONÇALVES, 2004.

Em 1821, a máquina já possuía seções de prensagem e secagem contra cilindros aquecidos a vapor, modalidade conservada até hoje. O alto custo de produção de pastas branqueadas levou a introdução, em 1844 de pastas mecânicas a partir de madeira. Porém, o produto obtido era de baixa resistência e de aparência ruim, e só podia ser efetivamente utilizado após o desenvolvimento de misturas balanceadas. Em meados do século passado, tiveram início os estudos de processos químicos de polpação.

A diversificação de processos e maquinarias levou a níveis cada vez mais elevados de concentração da produção, tendência que se mantém até hoje com a integração de florestas e fábricas.

Em 1852, no Rio de Janeiro, instalou-se a primeira fábrica de papel imprensa do país. Em 1899, a Klabin Irmãos e Cia, precursora das Indústrias Klabin de Papel e Celulose S.A., inicia suas atividades no setor, operando sua primeira máquina de papel em 1906.

Alguns anos depois surgiu a Leon Ferrer & Cia., que mais tarde transformou-se na Cia Suzano de Papel e Celulose S/A. Porém, após a segunda Guerra Mundial muitos países tiveram que rever seus modelos de desenvolvimento industrial buscando suprir internamente muitos produtos que eram importados de outros mercados.

No Brasil, essa fase do desenvolvimento econômico ficou na história como substituição de importação. Foi sem dúvida, um período de importância fundamental para a economia brasileira. Ocorre que as relações econômico-sociais na sociedade contemporânea tem se processado com uma velocidade cada vez maior, exigindo dos fabricantes de manufaturas um acompanhamento sistemático das mudanças. Leva-se em consideração o perfil do próprio consumidor, que hoje se preocupa também com aspectos ligados ao meio ambiente, por conseguinte este passou a ser considerado na produção como uma variável de processo.

Ao mesmo tempo em que esse cenário criou novas alternativas ao papel, exigiu de nossas indústrias investimentos em máquinas e equipamentos, treinamentos e mão-de-obra de especificada.

### **3.2 O papel hoje**

Segundo (SENAI, 2006, p10), no processo atual de fabricação usam-se diversas substâncias: especialmente a madeira de eucalipto, do pinheiro (araucária), do pinus (pinheiro americano), da palha de arroz e bagaço da cana. Utilizam-se, também, em quantidade menor:

algodão, trapos, palha, linho e fibras vegetais como amianto e asbesto. Em princípio, todos os vegetais fibrosos se prestam para a fabricação do papel. O que varia é o processo de industrialização. Exemplo: o pinheiro fornece a fibra longa e o eucalipto à fibra curta.

Essas substâncias são reduzidas a polpa por processos mecânicos e químicos. Inicia-se a preparação da polpa utilizando grandes moinhos onde todas as substâncias são reduzidas a uma massa fibrosa. Em seguida, essa massa entra em cozimento durante 4 e 6 horas, sob a ação de produtos químicos. Após várias operações de branqueamento e lavagem, a polpa passa por um batedor, onde são acrescentados vários ingredientes, como: cola para reduzir a absorvência; corantes e tintas para alterar a alvura ou dar cor; titânio para aumentar a opacidade.

A polpa é diluída em água e passa por peneiras que eliminam as sujeiras; essa pasta ou polpa, ao sair da peneira é recolhida por um feltro, nesse estágio, ainda não possui a consistência suficiente para formar a folha de papel, pois contém 80% de água. Para secar e afinar a massa agora convertida agora em papel, passe-a entre cilindros quentes e apertados.

Finalizando, o papel é enrolado em grandes bobinas; depois é cortado em tamanhos de acordo com as encomendas ou usado em bobinas para máquinas rotativas dos jornais e revistas, por exemplo.

Na fabricação do papel é gasta grande quantidade de água: na média, para fabricar 100 toneladas de papel, são gastas 200 toneladas de água, isto somente na parte final de fabricação; na secagem entre os cilindros ocorre eliminação de umidade, restando em média 7% de umidade no papel depois de pronto.

Para fabricar 1 tonelada de papel, são necessários 6 metros cúbicos de madeira. Na fábrica de papel há um controle rigoroso quanto à qualidade e à perfeição do seu acabamento.

Algumas variáveis de controle: medição da espessura, consistência, umidade, transparência, continuamente, no começo e no fim de cada bobina.

Algumas máquinas de fabricar papel têm na parte final um dispositivo especial para beneficiar o papel, que consiste em banho num líquido em ambos os lados, o que faz com que o papel não solte as partículas de pó durante a impressão, especialmente para as máquinas offset, que têm grandes tiragens. Esse pó sujaria a máquina, a tinta, a chapa, a blanqueta e os rolos do molha. O papel é processado através do moderno sistema de empacotamento de resmas, caixas e bobinas, o que permite a apresentação da produção nos padrões de qualidade e espécie exigidas pelo consumidor.

Há muitos tipos de papel: papel jornal, papel de cigarros, papel embrulho. Há papéis especiais, cuja composição constitui segredo, para evitar a falsificação, como por exemplo, o papel usado na fabricação das células monetárias ou papel moeda. A Figura 3, a seguir, ilustra uma máquina de papel.



**Figura 3-** A foto mostra uma máquina de última geração, fonte: VOITH, 2003.

### 3.3 Ênfase em Papel Tissue

Dentre tantas necessidades da constante mudança dos hábitos mundiais, frente à grande gama de tecnologias, vistas a cada dia, o papel higiênico não poderia de forma alguma ficar de fora. E assim o foi, ele surgiu para ficar, trouxe comodidade e, principalmente, como diz o próprio nome: higiene. Com certeza não deve ter sido fácil impô-lo como nova moda, pois falar no seu uso ou na sua forma de usar, seguramente não foi a coisa mais fácil feita pelos irmãos Edward e Clarence.

O primeiro papel foi empacotado nos EUA, mas a idéia acabou não pegando na época. Mas depois, com o avanço contínuo, em uma nova tentativa acabou chegando para ficar. A história do surgimento do papel Tissue, segundo Voith (2003), nos fala o seguinte:

O primeiro papel higiênico empacotado foi apresentado pelo comerciante americano Joseph Gavetty, em 1857. Mas o produto, disponível em pacotes com folhas separadas, era pouco vendido e logo foi retirado das prateleiras das mercearias. Naquela época, ninguém conseguia imaginar gastar dinheiro com aquilo, quando banheiros estavam bem guarnecidos com catálogos de lojas de departamento, jornais do dia anterior e vários outros papéis o que, também se constituía em material para leitura. Na Inglaterra, fez-se uma tentativa de vender papel higiênico, em 1879, pelo fabricante britânico Walter Alcock. Considerando que Gavetty produzia folhas avulsas de papel, Alcock concebeu a idéia de um rolo de “folhas rasgáveis”. A

invenção foi uma coisa, mas comercializar o produto era outra. Alcock gastou quase uma década se esforçando para levar seu invento a ser produzido em massa. No mesmo ano, os Irmãos Edward e Clarence Scotts iniciavam um negócio de produtos descartáveis e de um papel fácil de desintegrar. E o único item que parecia incorporar esses atributos da melhor forma era o papel higiênico. Deram sorte. Por volta de 1880, donas de casas, hotéis e restaurantes instalavam serviços internos completos de encanamentos, chuveiros e banheiros. As grandes cidades inauguravam sistemas de esgotos públicos. Os banheiros passavam por mudanças e o ambiente era propício para o papel higiênico. Cada rolo continha o slogan: "Macio como linho antigo!".

Em 1928, foi lançado o primeiro papel higiênico da América Latina, produzido pela Melhoramentos Papéis Ltda., antes disso era artigo de luxo importado dos Estados Unidos e Europa.

São papéis de baixa gramatura, variando normalmente, entre 12 a 25 g/m<sup>2</sup>, constituindo-se em uma das categorias do segmento produtor de papel onde a onda da reciclagem assume grande importância. Segundo Voith (2003), "Mundialmente estima-se que, na atualidade, mais de 60% das fibras componentes dos papéis sanitários são provenientes de aparas, ou seja, recicladas". Papeis *tissue* são macios, sendo esta uma das características mais apreciada e mais difícil de medir neste segmento de papel, sem cola ou alisamento, com crepagem e extremamente absorventes, o termo é aplicável não só ao papel higiênico, mas também aos papéis toalha, guardanapos e lenços faciais. Conforme nos relata Jin Liu e Jeffery Hsieh, em O Papel/Tappi Journal (nº 02 de dezembro de 2004, p. 22), sobre característica do papel *Tissue*:

Maciez é uma das características do papel tissue mais apreciada pelos usuários, no entanto a sua quantificação é tarefa desafiadora. Maciez é uma percepção multidimensional que abrange aspecto, ruído e toque. É opinião geral de que a sensação de maciez é influenciada pela superfície e pelo volume específico aparente (*bulk*) do papel.

## 4 TIPOS DE PAPÉIS TISSUE

### 4.1 Papel Higiênico (*Toilet Paper*)

De acordo com a (BRACELPA, 2011), papel higiênico na Europa Ocidental é responsável por 50% do consumo de papéis tissue. Na América do Norte, o consumo é acima de 80%. A gramatura dos papéis tissue de banheiro (papel higiênico) pode variar, podem ser fabricados com uma, duas, três, ou até quatro camadas.

A composição do papel higiênico varia de 100% fibra primária (polpa química) a 100% fibra reciclada (aparas). O papel pode ser liso ou gofrado com relevos, colorido ou branco, há muitas variações na composição de matéria-prima, cor e tipo de gofrado (desenho em relevo), dependendo do país e mercado em questão.

Papel para fim específico, nome dado aos papéis de finalidade específica para uso sanitário. Os tipos superiores são fabricados com celulose branqueada e nos inferiores usam-se aparas jornal e/ou polpa mecânica. O acabamento é sempre crepado, a gramatura do produto pronto oscila, os tipos melhores são apresentados com folhas duplex e quanto à qualidade, diferenciam-se vários subgrupos, conforme descrito, a seguir, e apresentado na Figura 4:

- Popular: papel fabricado com polpa química não-branqueada e/ou polpa mecânica, e/ou aparas de papéis recicláveis, em folha única, natural ou em cores.
- Especial: papel fabricado com polpa química branqueada e aparas de boa qualidade tratadas quimicamente, macio em folha única, branco ou em cores.
- Folha Dupla: papel fabricado com polpa química branqueada, incluindo ou não aparas de boa qualidade e tratadas quimicamente, macio para uso em folha dupla branca ou em cores.



**Figura 4-** Diversos tipos de papéis higiênicos. Fonte: <[www.novacanaanembalagens.blogspot.com](http://www.novacanaanembalagens.blogspot.com)>.

As propriedades desejadas do papel higiênico conferem-se em: gramatura, espessura, formação, resistência seca e maciez. A seguir, a Tabela 1 demonstra alguns parâmetros da especificação do papel higiênico.

**Tabela 1 – Especificação do Papel Higiênico – 2011 (Nobrecel, 2011)**

Características Físicas		Unidade	Higiênico		
			14,5 g/m <sup>2</sup>	17 g/m <sup>2</sup>	19 g/m <sup>2</sup>
Gramatura		g/m <sup>2</sup>	14,5 ± 5%	17,0 ± 5%	19,0 ± 5%
Espessura - 16 folhas		Mm	0,075 - 0,083	0,075 - 0,085	0,090 - 0,100
Umidade		%	5,5 - 7,0	5,5 - 7,0	5,5 - 7,0
Alvura		Tappi 452 br	≥ 93,0	≥ 93,0	≥ 93,0
Tração (Seco)	Longitudinal	gf	≥ 160	≥ 170	≥ 200
	Transversal	15 mm	≥ 80	≥ 100	≥ 120
Tração (Úmida)	Longitudinal	gf	-	-	-
	Transversal	15 mm	-	-	-
Alongamento longitudinal		%	17 - 21	14 - 18	19 - 23
Furos		mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	≤ 10	≤ 10	≤ 10

#### 4.2 Papel Toalha (*Towel Paper, Kitchen Towels*)

De acordo com a (BRACELPA, 2011), as toalhas de cozinha são o segundo maior produto para o setor consumidor. O consumo varia muito de um país a outro, mas está bem abaixo do consumo dos papéis higiênicos. A maioria das toalhas de cozinha são de folha dupla. A composição dos papéis toalha pode variar de 100% fibra de polpa química a 100% fibra reciclada.

Devido às exigências de resistência, a polpa da qual são feitas as toalhas de cozinha normalmente contém alguma fibra primária, pelo menos, polpa química. Resina de resistência a úmido é somada para adicional melhoria da resistência mecânica do papel. É importante para os papéis toalha terem alta absorvência e por isto eles possuem desenhos em relevo.

São papéis fabricados para fim específico, natural ou em cores, em diversas gramaturas. Usado em folha única ou dupla, são os produtos fabricados especificamente para uso em *toilette*, crepados, os de melhor qualidade são feitos com celulose branqueada, e

apresentados em caixas adequadas em folhas. Os de qualidade inferior são feitos com celulose não branqueada e polpa mecânica, apresentados em bobinas ou folhas dobradas. São comercializados para distribuidores especializados: os primeiros atingindo perfumarias, farmácias e supermercados; já os segundos são colocados pelos distribuidores para os consumidores.

O papel toalha, conforme apresentado na Figura 5, é feito de celulose e serve para o mesmo propósito das toalhas convencionais, tais como: secagem das mãos, limpeza de vidros e, até mesmo, para absorver líquidos. Os papéis toalhas são descartáveis.



Figura 5- Fotos de diversos tipos de papéis toalhas. Fonte: <www.novacanaanembalagens.blogspot.com>.

As propriedades desejadas do papel toalha conferem-se em: gramatura, espessura, porosidade, formação, resistência seca e úmida. A seguir, a Tabela 2 demonstra alguns parâmetros da especificação do papel toalha.

Tabela 2 – Especificação do Papel Toalha – 2011 (Nobrecel, 2011)

Características Físicas		Unidade	Toalha		
			24 g/m <sup>2</sup>	30 g/m <sup>2</sup>	35 g/m <sup>2</sup>
Gramatura		g/m <sup>2</sup>	24,0 ± 5%	30,0 ±5%	35,0±5%
Espessura - 16 folhas		mm	0,093 - 0,103	0,100 - 0,115	0,110 - 0,130
Umidade		%	5,5 - 7,0	5,5 - 7,0	5,5 - 7,0
Alvura		Tappi 452 br	≥ 90,0	≥ 90,0	≥ 90,0
Tração (Seco)	Longitudinal	gf	≥ 340	≥ 380	≥ 490
	Tranversal	15 mm	≥ 250	≥ 280	≥ 380
Tração (Úmida)	Longitudinal	gf	≥ 120	≥ 140	≥ 190
	Tranversal	15 mm	≥ 70	≥ 90	≥ 120
Alongamento longitudinal		%	19 - 23	14 - 18	14 - 18
Furos		mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	≤ 10	≤ 10	≤ 10

### 4.3 Papel crepado ou guardanapo (Napkin Paper)

De acordo com Bracelpa (2011), papel crepado ou não, conforme ilustrado na Figura 6, é fabricado com polpa química branqueada, incluindo ou não aparas de boa qualidade tratadas quimicamente para fim específico, nas diversas gramaturas para uso em folha única ou dupla, branco ou em cores.

São produzidos guardanapos de mesa com um, dois, três, ou quatro camadas. O tamanho e tipo de dobra variam muito: de guardanapos de xícara de café pequenos para guardanapos de mesa grandes para festas e jantares.

Podem ser escolhidos guardanapos de mesa para decoração, que possuem muitas cores e padrões, os papéis tissue para guardanapos de mesa podem ser tingidos em cores. Como em outros produtos tissue, podem variar a composição da matéria-prima tremendamente os guardanapos de alta qualidade têm um conteúdo alto de polpa química juntamente com fibra reciclada selecionada ou tratada.



**Figura 6-** Diversos tipos de papéis guardanapos. Fonte: <[www.novacanaanembalagens.blogspot.com](http://www.novacanaanembalagens.blogspot.com)>.

As propriedades desejadas do papel crepado conferem-se em: gramatura, espessura, formação, resistência seca e úmida. A seguir, a Tabela 3 demonstra alguns parâmetros da especificação do papel crepado.

Tabela 3 – Especificação do Papel Crepado – 2011 (Nobrecel, 2011)

Características Físicas		Unidade	Crepado	
			14,5 g/m <sup>2</sup>	19 g/m <sup>2</sup>
Gramatura		g/m <sup>2</sup>	14,5 ± 5%	19,0 ±5%
Espessura - 16 folhas		Mm	0,065 - 0,075	0,075 - 0,085
Umidade		%	5,5 - 7,0	5,5 - 7,0
Alvura		Tappi 452 br	≥ 90,0	≥ 90,0
Tração (Seco)	Longitudinal	gf	≥ 200	≥ 300
	Transversal	15 mm	≥ 100	≥ 200
Tração (Úmida)	Longitudinal	gf	≥ 50	≥ 70
	Transversal	15 mm	≥ 30	≥ 50
Alongamento longitudinal		%	16 - 20	14 - 18
Furos		mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	≤ 10	≤ 10

#### 4.4 Lenço de papel (*Facial Tissue*)

De acordo com Bracelpa (2011), papel com polpa química branqueada, incluindo ou não aparas de boa qualidade tratadas quimicamente, nas gramaturas de 14 a 18 g/m<sup>2</sup>, para uso em folhas múltiplas na confecção de lenços faciais e de bolso, branco ou em cores.

Os lenços de papel são fabricados com a mais baixa gramatura (14-18 g/m<sup>2</sup>). A superfície é freqüentemente mais calandrada. O lenço de papel é, normalmente, de folha dupla possuindo até três folhas. Por causa das exigências de alta qualidade, a matéria-prima aplicada é polpa química branqueada e fibra reciclada selecionada.

Os lenços de papel, conforme apresentado na Figura 7, são dobrados no formato quadrado (o modo tradicional) no tamanho de bolso. Para lenços quadrados, os ranges de tamanho da folha são de 25 cm x 25 cm e 29 cm x 29 cm.



Figura 7- Diversos tipos de lenços de papéis. Fonte: <www.novacanaanembalagens.blogspot.com>.

As propriedades desejadas do lenço de papel conferem-se em: gramatura, espessura, formação e maciez. A seguir, a Tabela 4 demonstra alguns parâmetros da especificação do lenço de papel.

**Tabela 4 – Especificação do lenço de papel – 2011 (Nobrecel, 2011)**

Características Físicas		Unidade	Lenço de Papel	
			14,5 g/m <sup>2</sup>	18 g/m <sup>2</sup>
Gramatura		g/m <sup>2</sup>	14,5 ± 5%	18,0 ±5%
Espessura - 16 folhas		Mm	0,065 - 0,075	0,073 - 0,080
Umidade		%	5,5 - 7,0	5,5 - 7,0
Alvura		Tappi 452 br	≥ 90,0	≥ 90,0
Tração (Seco)	Longitudinal	gf	≥ 200	≥ 300
	Transversal	15 mm	≥ 100	≥ 200
Tração (Úmida)	Longitudinal	gf	≥ 50	≥ 70
	Transversal	15 mm	≥ 30	≥ 50
Alongamento longitudinal		%	16 - 20	14 - 18
Furos		mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	≤ 10	≤ 10

## **5 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO PAPEL**

### **5.1 Gramatura**

Segundo (TAKAHASHI, R.; D' ALMEIDA, M.; KOGA, M., 2004, p. 06), a gramatura é a massa por unidade de área do papel, determinada sob condições específicas. Consiste em uma propriedade muito importante, pois a produção e conversão do papel são registradas em toneladas, assim como sua compra e venda. Tendo-se a quantidade do papel em toneladas e a gramatura é possível saber a metragem ou o número de folhas de papel. A gramatura afeta principalmente a opacidade e as propriedades de resistência do papel.

### **5.2 Espessura**

De acordo com (TAKAHASHI, R.; D' ALMEIDA, M.; KOGA, M., 2004, p. 08), espessura é uma propriedade importante no uso e conversão do papel. Ainda, papéis que alimentam máquinas automáticas devem ter sua espessura uniforme e dentro de faixas predefinidas.

Os tipos usualmente determinados de espessura são:

- a aparente, que é a espessura de uma folha, sendo esta a distância entre as duas faces do papel;
- a de uma pilha, que é a espessura de um conjunto de folhas de papel sobrepostas.

A determinação da espessura de uma pilha pode também ser útil para se calcular a espessura média de uma folha, quando se tem folhas muito finas e o equipamento de medição apresentar incerteza alta na faixa de medição.

Muitos fatores afetam a espessura do papel, entre eles pode-se citar: a gramatura do papel e a quantidade de pressão a qual foi submetido durante sua fabricação. A umidade exerce influência significativa na espessura do papel, em relação às suas direções longitudinais e transversais.

### 5.3 Volume específico aparente (*Bulk*)

(TAKAHASHI, R.; D´ALMEIDA, M.; KOGA, M., 2004, p. 10), dizem que o volume específico aparente é a propriedade inversa à densidade das folhas. Relaciona-se à capacidade de uma determinada folha de papel mostrar maior ou menor volume (ou espessura) a uma determinada gramatura. Folhas muito volumosas podem ser obtidas com as fibras curtas e rígidas dos eucaliptos, especialmente nos níveis iniciais de refinação da massa.

Essa propriedade associa-se à porosidade das folhas de papel, ela interfere em inúmeras características de uso dos papéis. Um maior volume específico possibilita:

- Economizar fibras de celulose para se fabricar papéis de mesma espessura, diminuindo-se com isso a gramatura;
- Produzir papéis tissue para fins faciais ou higiênicos que mostrem elevado volume para um mesmo peso ou área de papel. Isso dá ao usuário uma notável sensação de maciez do material ("*fluffness*").

Entretanto, volume específico elevado também tem suas desvantagens, folhas volumosas têm menos ligação entre fibras e podem originar folhas com estruturas mais frouxas e mais fracas. Essas estruturas possuem baixas resistências superficiais, com isso fibras, finos e elementos de vaso podem escapar da rede do papel no manuseio e uso do mesmo. Uma forma de se contornar esse problema é buscar celuloses que oferecem altos volumes específicos, mas com mais alto teor de hemiceluloses.

### 5.4 Porosidade

A porosidade é a razão entre o volume dos poros do papel e seu volume total. Inclui os poros da parede das fibras e os espaços dos lumens não colapsados. Para papéis sem carga a porosidade pode ser determinada de modo indireto. Assumido que a densidade da parede da fibra é 1,5 g/cm<sup>3</sup> pode-se a partir da densidade do papel inferir o valor da porosidade.

Pastas mecânicas com suas fibras rígidas e volumosas formam papéis com porosidade maior do que aqueles formados com pastas químicas. Em pastas químicas a porosidade diminui com a refinação, pois a flexibilidade e o colapso das fibras aumentam (TAKAHASHI, R.; D´ALMEIDA, M.; KOGA, M., 2004, p. 12).

## 5.5 Alongamento

O alongamento é o aumento do comprimento da tira de papel, até seu ponto de ruptura, expresso em porcentagem em relação ao comprimento original. Papéis crepados possuem ligações mais fracas em relação a papéis não crepados, conseqüentemente, uma resistência menor. Porém, a crepagem leva a um alongamento maior e, conseqüentemente, a um trabalho maior para romper o papel (TAKAHASHI, R.; D' ALMEIDA, M.; KOGA, M., 2004, p. 13).

## 5.6 Formação

A formação contribui como uma das principais variáveis que tem efeito na produção de produtos com alta maciez. Porém o mecanismo não é entendido perfeitamente, pois quando a formação é ruim, as fibras não estão unidas perfeitamente e isto implica em uma necessidade de maior refinação ou de utilização de aditivos químicos para união e alcance das resistências desejáveis. Com isso, acaba-se por produzir um papel cuja folha apresenta densidade muito alta, prejudicando a sua maciez. Quando há uma formação boa do papel a aditivização química e maior refinação não são requeridas, com isso a maciez melhora (TAKAHASHI, R.; D' ALMEIDA, M.; KOGA, M. 2004, p. 18).

## 5.7 Resistência

Os papéis para fins sanitários devem apresentar valores de resistência à tração suficientes, apenas, para proporcionar a resistência úmida da folha durante o processo de fabricação. A maneira de o papel resistir à ação de forças externas, da umidade e do calor, depende de sua composição fibrosa e de sua formação.

A resistência do papel é muito importante nos casos onde o papel deve resistir a um esforço aplicado. Esta resistência, sendo um termo vago, precisa ser identificada quanto à sua natureza e ter a combinação de vários fatores, como: flexibilidade, ligações de fibras, resistência da fibra, gramatura do papel e umidade (TAKAHASHI, R.; D' ALMEIDA, M.; KOGA, M., 2004, p. 15).

### 5.7.1 Resistência Seca e Úmida

Na resistência a tração os papéis devem resistir, pelo menos, aos diferentes tipos de força que encontram ao longo do processo de produção e utilização. É importante evitar quebras da folha durante o processo de produção do papel tissue. Entretanto, diminui a maciez e o volume específico aparente.

O índice de tração do papel é largamente influenciado pelo número de ligações interfibrilares estabelecidas no papel durante a sua formação. A propriedade de resistência à tração está relacionada principalmente com a capacidade do papel se sustentar sob condições de tensão.

Uma tira de papel, tendo suas extremidades fixadas por garras ligadas a um dispositivo tracionador e a um dispositivo de medida de carga, quando tracionada é deformada (alongada) até ocorrer sua ruptura. Esta ruptura pode ocorrer após uma grande deformação, diz-se então que o material é dúctil ou após uma pequena deformação, diz-se então que o material é frágil. A resistência à tração de um papel é a força máxima, por unidade de largura, que ele suporta, sob condições específicas antes de se romper. A unidade da resistência à tração é kN/m. A resistência à tração para a maioria dos papéis é maior na direção longitudinal à fabricação do papel do que na direção transversal, pois na primeira as fibras estão alinhadas e exercem uma resistência maior.

Alguns papéis devem reter sua resistência à tração quando molhados, como toalhas de papel. A resistência da tração a úmido é a força máxima de tração por unidade de largura que o papel suporta, após saturação com água, antes de se romper, sob condições específicas. Retenção da resistência a úmido é a relação entre o valor da resistência à tração do papel em estado úmido e o valor da resistência à tração do mesmo papel em estado seco (TAKAHASHI, R.; D'ALMEIDA, M.; KOGA, M. 2004, p. 20).

### 5.8 Umidade

As fibras celulósicas são naturalmente higroscópicas e o meio ambiente tem vapor d'água, conseqüentemente o papel absorve água do meio ambiente ou perde para ele, dependendo do equilíbrio de umidade entre o papel e o meio ambiente.

As propriedades do papel que são afetadas pela umidade devem ser determinadas sob condições específicas de atmosfera e após seu condicionamento nela. O conteúdo exato da

umidade de um papel em uma dada condição relativa do ar depende do seu histórico de umidade, ou seja, por que condições ambientais estiveram e da sua composição. A umidade influi na flexibilidade das fibras e nas suas ligações, conseqüentemente, em várias propriedades do papel. Varia de acordo com o tipo de papel e, também, em amostras diferentes do mesmo tipo de papel; as propriedades de certos papéis podem ser modificadas permanentemente quando submetidos a altas umidades.

A absorção de umidade tem efeito também na estabilidade dimensional do papel, podendo causar: expansão e contração do comprimento e largura do papel, sendo as mudanças na direção transversal maior do que na direção longitudinal de fabricação do papel, uma vez que as fibras tendem a se alinhar nesta última direção, afetando a espessura e encurvamento do papel.

O conteúdo de umidade no papel é a quantidade de água absorvida sob condições específicas e se refere apenas a uma fração da massa seca do papel em estufa. Por outro lado, o conteúdo de água no papel molhado pode ser maior do que sua massa seca.

O teor de umidade de um papel é a relação da perda de massa de um corpo de prova quando seco em estufa e a sua massa no momento da amostragem, sendo expresso em porcentagem (TAKAHASHI, R.; D' ALMEIDA, M.; KOGA, M., 2004, p. 23).

## 5.9 Maciez

A maciez é, basicamente, a propriedade mais desejada no seguimento do papel tissue. Segundo (STITT, 2004), ainda que seja quase impossível ser quantificada, a maciez é perceptível emocionalmente pelos consumidores. Atingir a maciez desejada significa controlar todo e qualquer parâmetro, desde o início do processo de produção.

De acordo com artigo técnico referido na revista (O Papel, 2010), maciez é uma característica complexa, subjetiva, psicofísica; determinada mediante percepção multidimensional, envolvendo visão, som e contato com o próprio tissue.

A maciez do papel tissue depende da espessura, volume específico aparente e flexibilidade do papel. A sensação de maciez é influenciada pela superfície e pelo corpo, ou volume específico (“*bulk*”) do papel. Normalmente, uma folha mais encorpada aparenta maior maciez, enquanto as demais propriedades permanecem inalteradas.

Conforme apresentado na Figura 8, a propriedade correspondente a passar a mão sobre a superfície do papel (“maciez superficial”) está relacionada principalmente com a superfície

das fibras (aspereza ou lisura) e de acordo com a Figura 9, aquela que se sente ao se comprimir/amassar o papel com as mãos (“maciez estrutural”) está relacionado, principalmente, com a estrutura das fibras (rigidez / “bulk”).



**Figura 8-**Esquemática de "handfeel" - maciez superficial. Fonte: AMARAL (2005).



**Figura 9-** Esquemática de "handfeel" - maciez estrutural. Fonte: AMARAL (2005).

A maciez do papel tissue depende da espessura, volume específico aparente e flexibilidade do papel. Segundo (LIU e HSIEH, 2004), é crença comum que a sensação de maciez seja influenciada pela superfície e pelo corpo, ou volume específico (“*bulk*”), do papel. Em pesquisas precedentes, propriedades do tissue como corpo ou espessura, compressibilidade, módulo de elasticidade, e textura da superfície, têm sido correlacionadas com a sensação de maciez. Normalmente, uma folha mais encorpada aparenta maior maciez, enquanto as demais propriedades permanecem inalteradas.

## **6 FATORES QUE INFLUENCIAM AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PAPÉIS TISSUE**

### **6.1 Propriedades das pastas celulósicas**

(NOE E DEMUNER, 2004), dizem que o estudo das propriedades de pastas celulósicas preocupa-se com as propriedades individuais das fibras e as propriedades das pastas. Quando as fibras celulósicas de uma suspensão em água são depositadas sobre uma tela, resulta em uma camada que é consolidada subsequente em uma folha e como as fibras estão retendo água, estas se apresentam inchadas, flexíveis e capazes de deformação plástica.

A medida que a camada das fibras seca, sofrem uma retração ao mesmo tempo em que se ligam entre si espontaneamente, é a plasticidade a úmido que possibilita ocorrerem às ligações, sendo o grau de ligação dependente do estado das superfícies das fibras. Esta ligação espontânea é formada por ponte de hidrogênio e constitui a essência da fabricação de papel, sem estas ligações naturais, a folha não teria suficiente resistência.

As propriedades das fibras (ou da tela de fibras) podem ser influenciadas durante o processo de refinação e por diversos materiais não-fibrosos, incorporados durante a preparação da massa e fabricação de papel. Estes tratamentos e aditivos modificam as propriedades do produto final.

As propriedades das fibras classificam-se em morfológicas, na qual os parâmetros usualmente considerados nos estudos de fibras compreendem: comprimento da fibra; largura da fibra e espessura da parede.

### **6.2 Fibras e polpas: relações com as propriedades do papel**

(NOE E DEMUNER, 2004), afirmam que as propriedades das folhas dependem muito da morfologia das fibras e do tipo e extensão de transformação pela qual passam durante a elaboração da pasta de celulose, especialmente durante o refino e antes de sua moldagem em folhas propriamente ditas. Cada espécie de árvore possui fibras com diferentes características morfológicas.

Conforme (AMARAL, 2005), a obtenção do sucesso na fabricação do papel vem através do estudo da combinação das propriedades morfológicas gerais das fibras relacionadas às propriedades que se almeja ao papel a ser produzido.

O comprimento das fibras é um dos itens mais relevantes na fabricação de papel, parte das características que estas podem gerar ao papel, as fibras longas estão diretamente relacionadas às propriedades de resistência e formação, em contrapartida as fibras curtas possuem relação com a superfície do papel, propriedades óticas, formação e maciez.

A fibra curta mais utilizada no Brasil para produção de papel tissue é a de “*eucalyptus*” e isso se deve às suas inúmeras qualidades. As principais propriedades das polpas de eucalipto para fabricação de papéis volumosos e do tipo “*tissue*”, são: baixa população fibrosa; baixo teor de finos e de elementos de vasos; baixa capacidade de ligação entre fibras; baixa flexibilidade da fibra úmida; baixo teor de hemiceluloses; fibras de paredes espessas com altos valores de fração parede e fibras rígidas e cilíndricas.

A espessura de parede pode ser considerada a segunda característica mais relevante, esta é classificada em dois tipos: finas e espessas, em função das propriedades as quais esta diretamente relacionada, quanto ao resultado final quando da produção do papel.

As fibras de espessura de parede mais espessa possuem maior aplicação na fabricação de papel tissue, em função das características que propiciam ao papel, em especial *bulk* e maciez. Quando há utilização desta fibra em proporções ideais na receita adquire: tração baixa; alto *bulk*; maior maciez; folha porosa; fraca resistência a úmido; baixa opacidade; alta velocidade de absorção; rugosidade superficial; população fibrosa baixa.

As fibras de espessura de parede menor propiciam ao papel as características seguintes: tração alta; baixo *bulk*, folha densa com boa ligação interfibras, maior resistência a úmida, alta opacidade, boa formação, superfície lisa, população fibrosa alta e alta capacidade em reter água.

Na fabricação do papel devemos considerar o efeito de fibras utilizando um bom percentual entre as fibras, podemos atender a várias propriedades exigidas por cada linha de produto, que é esperada pelo consumidor final.

### **6.3 Efeitos da refinação na fibra**

De acordo com (SANTANA, 2005), a refinação de polpas é o tratamento mecânico de modificação de fibras para que formem um papel de propriedades desejadas. Esta é uma das

mais importantes operações unitárias quando se preparam as fibras para a fabricação de papel de alta qualidade.

A fibra é considerada um tipo de cilindro oco, podendo variar em suas dimensões dependendo do tipo de madeira, essa variação ocorre também nas propriedades físicas da fibra, tais como: largura, diâmetro, resistência e flexibilidade.

Segundo (AMARAL, 2005), muitos são os efeitos da refinação nas fibras e na polpa e os mesmos estão divididos em:

**Efeitos primários:** basicamente diferenciam uma fibra refinada de outra que não passou por esse processo. Isto somente poderá ser observado através de microscópio.

**Efeitos secundários:** Ocasionalmente mudam na fibra e é consequência dos efeitos primários. Estão relacionados diretamente com as propriedades físicas do papel.

Sente-se um papel como macio quando se toca pelo tato um papel feito com fibras curtas quase sem refinação. As folhas feitas com fibras refinadas desenvolvem resistência, mas a folha se fecha e a sensação de maciez se perde, por isso, diz-se que o papel para ser macio deve ser feito com o mínimo ou nenhuma refinação. As fibras longas dão mais sensação de aspereza, enquanto as fibras curtas do eucalipto sem refino ou com mínimo refino oferecem excelente sensação tátil de suavidade e maciez.

Segundo (FOELKEL, 2006), existem conflitos sérios entre a resistência da folha (seca ou úmida, que dependem de ligações entre fibras) e as expressões de maciez. As fibras curtas dos eucaliptos demandam refino para ganharem resistência da folha tanto da folha seca como da folha úmida. Entretanto, o excesso de refinação prejudica praticamente todas as propriedades do papel que são favorecidas pelas fibras curtas e rígidas dos eucaliptos.

Além disso, o refino prejudica a drenagem da água na mesa plana e o desaguamento por prensagem da folha úmida. Com isso, a folha tenderá a sair da parte úmida da máquina de papel com menor valor de consistência, pois tem relação direta com a resistência da folha úmida.

A resistência da folha úmida pode ser adquirida pela refinação da massa ou pela incorporação de fibras longas na receita, considerando que a refinação da massa eleva o índice de retenção de água e traz desvantagens à porosidade, volume específico aparente, estabilidade dimensional, dentre outros.

A refinação maior pode não ser a solução ideal, além disso, a massa mais refinada vai desaguar pior e a consistência da folha úmida pode diminuir com isso a resistência da folha úmida.

A resistência à tração se relaciona muito bem com a ligação entre fibras. Por essa razão, acredita-se que a melhor forma de se avaliá-la é ao nível inicial de refino, a um baixo grau de desfibrilamento, mínimos corte e colapsamento.

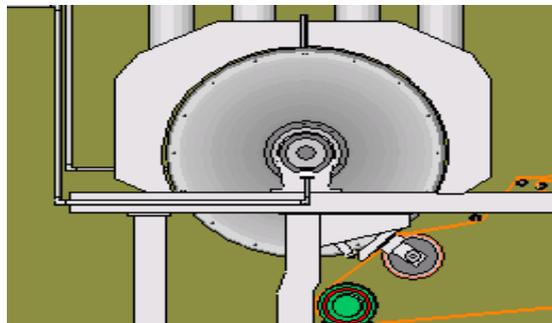
#### 6.4 Efeitos da parte seca no processo de fabricação de papel

Segundo (FOELKEL, 2006), algumas das propriedades mais importantes do tissue são produzidas na parte seca da máquina. As três operações que afetam o produto final são a crepagem, a calandragem e o bobinamento.

O processo de crepagem produz o volume específico, o alongamento e a maciez superficial e diminui o volume específico uniformizando-o, isto é devido ao rompimento de ligações interfibras durante a compressão e fricção, com afrouxamento da rede fibrosa. O resultado é também diretamente correlacionado com a perda de resistência à tração a seco, já o bobinamento deve preservar as propriedades e produzir rolos uniformes.

##### 6.4.1 Efeitos de secagem

De acordo com (AMARAL, 2005), no processo de secagem convencional, a folha de papel é aquecida pelo contato com a superfície do cilindro secador. A energia necessária para a secagem do papel é fornecida pelo vapor que circula no interior do cilindro secador, no caso do papel tissue o cilindro *Yankee* é o mais utilizado conforme apresentado na Figura 10, esquema secador e capota.



**Figura 10-** Esquema Secador e Capota da Máquina de Papel, fonte ABTCP, 2003.

A secagem tem o objetivo de obter um produto final que tenha um teor de umidade o mais próximo possível de equilíbrio com o ambiente, ou seja, 10% de umidade. O teor de umidade é fator que age na maciez do papel, com umidade alta a propriedade fica prejudicada

As fibras de polpas químicas tendem a “hornificação” durante a etapa de secagem. Hornificação é um termo para descrever as mudanças físicas e químicas que ocorrem nas fibras, principalmente: encolhimento e formação interna nas ligações de hidrogênio sendo alguns desses efeitos irreversíveis.

#### **6.4.2 Efeitos da Crepagem**

A crepagem possui dois parâmetros que interagem a geometria de crepe e a pega sobre o cilindro *yankee*. A geometria da lâmina de crepe afeta as propriedades e a estrutura da folha, em pequenos ângulos de lâmina o crepe é fino, tornando-se mais grosso com o aumento. Isto resulta em espessura de folha maior enquanto a resistência a tração decresce na direção longitudinal da máquina de papel. A lâmina de crepagem ajustável é uma ferramenta excelente para ajustar a qualidade de produto: maciez superficial *versus* maciez devida ao volume específico (FOELKEL, 2006).

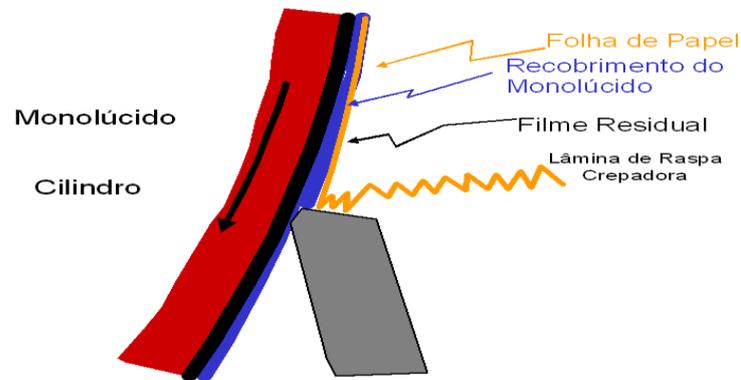
A adesão da folha sobre o “*yankee*” afeta as propriedades do papel. A adesão forte resulta em um produto com crepe fino, já a baixa adesão resulta em um produto com crepe mais grosso e maior volume específico, também resultará em melhor resistência a tração e alongamento enquanto a adesão forte gera o resultado oposto.

Um papel macio com baixa resistência e alto volume específico deve ser bobinado cuidadosamente de modo a preservar as propriedades conseguidas na crepagem e calandragem. Outro objetivo é manter o volume específico médio tão elevado quanto possível.

Na produção de papel deve-se visar à otimização da maciez e encontrar a melhor relação entre as diferentes propriedades do papel, deve-se também considerar a eficiência de máquina. Uma mudança de processo que melhora a qualidade de produto quanto a sua maciez pode tornar a máquina mais difícil de manter em produção elevada.

De acordo com (FOELKEL, 2006), a formação de crepe uniforme é fundamental. Senão ocorrem variações incontrolláveis no produto final, expressos pela absorção de água, espessura, resistência à tração e alongamento. A adesão elevada pode causar crepe intermitente, arrancamento de fibras, geração de pó e inclusive quebras de folha. A adesão

excessiva pode causar a passagem da folha por baixo da lâmina crepadora e a baixa adesão determina baixa frequência de crepe, ou mesmo a separação da folha antes de chegar à lâmina (NISKANEN, 1998).



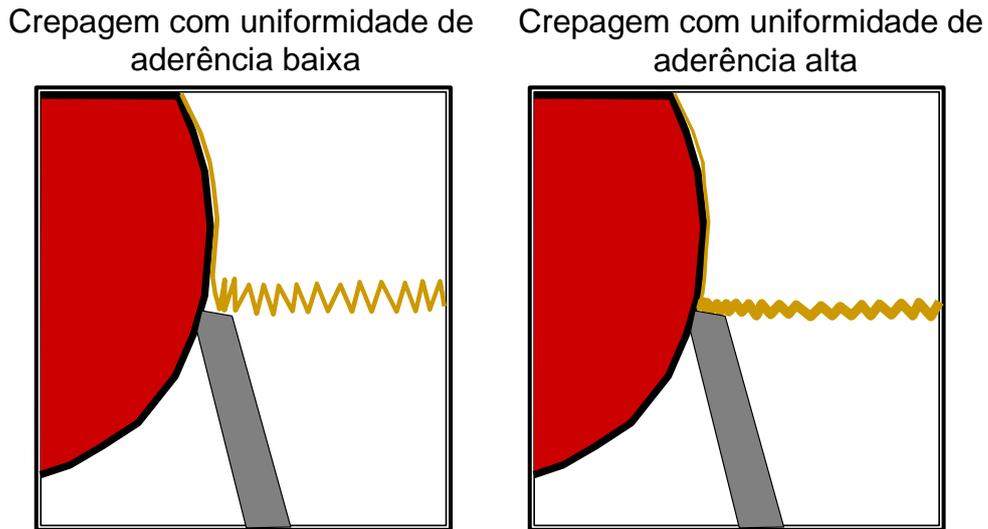
**Figura 11-** Teoria da Crepagem, fonte: STITT, 1999.

Conforme (GONÇALVES, 2000), o sistema de crepagem possui um enorme impacto na qualidade final do papel acabado, podemos considerar que a variação do tipo de crepe está ligada às propriedades finais do papel como as necessidades de maciez, diferentes tensões, calibre do papel. Nesta parte temos que considerar uma unidade da folha que está sendo crepada, sua gramatura e, a matéria prima que compõe a folha.

A adesão do papel contra o cilindro crepador ocorre por conta do pH do papel, na qual ocorre a formação do "coating" natural do papel sobre o secador, porém se esta adesão não for uniforme, a qualidade do papel poderá ser afetada. A adesão além de manter o papel no secador até a crepagem aumenta de maneira uniforme a transmissão de calor, outro ponto que afeta a adesão da folha ao secador é a gramatura do papel, pois com gramaturas mais baixas a adesão ao secador é maior (GONÇALVES, 2004).

Para auxiliar neste controle de adesão do papel contra o secador são utilizados processos tais como chuveiros químicos contra a superfície do secador antes da transferência da folha, controle do pH e outros. Temos, também, que controlar os fatores que afetam o processo de adesão como a presença do cloro na massa, corantes, antiespumantes, água com cargas minerais altas e no tipo de matéria prima (GONÇALVES, 2004).

Um dos mais importantes requisitos para que a crepagem produza o efeito de maciez desejado é a perfeita aderência da folha à superfície do cilindro monolúcido. A seguir, pode-se observar o efeito da aderência na qualidade da crepagem conforme Figura 12.



**Figura 12-** Aderência X Crepagem, fonte: (Buckman Laboratories International, Inc. 1999).

Por outro lado, uma folha firme e uniformemente aderida ao cilindro, não salta a frente da lâmina produzindo um crepe de magnitude menor e frequência de dobra maior. A quebra de ligação dá menos firmeza e as fibras são puxadas para fora da estrutura da folha e arrepiam dando à folha aparência e sensação aveludada (STITT, 1999).

#### **6.4.3 Outras variáveis que afetam a maciez do papel: peso básico e formação**

Segundo (HOFFMAN, 2002) peso básico exerce uma influência que ainda não foi possível exatamente determiná-la. Quando existe um nível constante de união de fibras e grau de refino, fixos, o leve aumento do peso básico pode trazer benefícios à maciez, porém se há a elevação do peso básico após certo nível, fará com que a característica de maciez seja prejudicada. Recomenda que um modo seguro de aumentar a maciez, através de uma ação de mudança de peso básico é produzir o papel com uma resistência constante, cuja estratégia produz um produto com baixo nível de ligação interfibrilar, conseqüentemente menor densidade aumentando a maciez.

Conforme (HOFFMAN, 2002), a formação contribui como uma das principais variáveis que tem efeito na produção de produtos com alta maciez, porém o mecanismo não é entendido perfeitamente, pois quando a formação é ruim, as fibras não estão unidas perfeitamente e isto implicará em uma necessidade de maior refinação ou de utilização de aditivos químicos para união e alcance de resistências desejáveis. Com isso é produzido um

papel cuja folha resultante apresenta densidade muito alta prejudicando a maciez. Quando há uma formação boa do papel a aditivção química e maior refinação não é requerida e com isso a maciez melhora.

## 7 TIPOS DE MEDIÇÃO DAS PROPRIEDADES: MACIEZ, DENSIDADE APARENTE E RESISTÊNCIAS DO PAPEL

Para conseguir adquirir as características de maciez, densidade aparente e resistência na produção do papel é importante que os fabricantes além de controlá-las durante o processo, estabeleçam o monitoramento destas características, para que possam de alguma maneira estabelecer critérios para que a relação entre elas sejam efetuadas de tal forma que se obtenham ganhos de resistências, uma boa densidade aparente e a maciez desejada, dentre outras características.

Contudo, no que tange no controle e medição das resistências e densidade aparente, podemos observar que são variáveis passivas de serem medidas, cujos métodos e instrumentos de medições são cientificamente ou empiricamente comprovados. Porém não é o caso da maciez, pois ainda não há nenhum instrumento que seja capaz de medir e valorizar esta propriedade.

(AMARAL, 2005), cita a definição de Hoffman: maciez é uma propriedade composta e integrada por vários componentes: a) maciez de superfície; b) maciez de flexibilidade; c) maciez de compressibilidade, este é o motivo de ser uma propriedade tão difícil de mensurar e comparar. Em se tratando de maciez, apenas o consumidor consegue integrar através das sensações hápticas todos os componentes que dão sensação de maciez, que é específica para cada indivíduo.

Entretanto, estudiosos como (HOFFMAN, 2002) e (LUI E HSIEH, 2004), construíram e estabeleceram métodos para avaliação desta propriedade tão importante, afim de que aplicando os conceitos de maciez (de superfície, flexibilidade, compressibilidade) e sua relação com outras propriedades tais como resistência e *bulk*, com o objetivo de transformar as informações em dados quantitativos para estabelecer estas relações e conhecer as interações entre si, propondo uma solução para indústrias de fabricação no atingimento destas propriedades requeridas.

Abaixo, segue uma breve explanação sobre os métodos e instrumentos de medição mais utilizados, atualmente, para avaliação das propriedades de maciez, densidade aparente e resistências.

## 7.1 Métodos e Instrumentos para medição da Resistência

Resistência à tração é definida como força por área linear. Logo, com essa definição torna-se possível medir num instrumento se um produto é mais ou menos resistente que outro, através de leitura numérica (g/m). Pode se também estipular o quanto um produto é duas ou três vezes mais resistente que outro, pois quanto mais resistente maior será a força necessária para a ruptura do papel (HOFFMAN, 2002).

Existem vários ensaios de resistência que podem ser feitos no papel; os mais comuns são: resistência à tração, resistência ao arrebentamento ou estouro, resistência ao rasgo e resistência a dobras duplas. Nenhum destes ensaios é uma medida fundamental, mas uma combinação de vários fatores, como flexibilidade, ligações de fibras e resistência da fibra.

### 7.1.1 Resistência à Tração

Para a determinação da resistência à tração, submete-se um corpo de prova de largura e comprimento especificados a um esforço de tração uniformemente crescente até a sua ruptura. Como as características diferem pela direção na folha de papel, os corpos de prova para o ensaio devem ser cortados nas direções longitudinais e transversais.

O aparelho usado para determinar a resistência à tração é o dinamômetro, e os valores obtidos são reportados em  $\text{kN.m}^{-1}$ , isto é, divide a carga de ruptura pela largura do corpo de prova. A resistência à tração também pode ser expressa pelo chamado comprimento de auto-ruptura (CAR), definido como o comprimento de uma tira de papel que, quando suspensa, se rompe sob seu próprio peso. As Figuras 13 e 14 apresentam, respectivamente, fotos de medidores de tração vertical e horizontal.



**Figura 13-** Medidor de tração vertical EMIC, fonte: SENAI, Tecnologia de Fabricação de Papel, vol. II, 2º edição.



**Figura 14-** Medidor de tração horizontal DI 500 (Regmed), fonte: SENAI, Tecnologia de Fabricação de Papel, vol. II, 2º edição.

### 7.1.2 Resistência ao Arrebatamento (estouro)

O ensaio de resistência ao arrebatamento ou estouro é um dos mais antigos; por ser simples, ainda é usado nas fábricas, no controle de rotina e para caracterização do papel.

A resistência ao estouro é definida como a pressão necessária para produzir o arrebatamento do material, ao se aplicar uma pressão uniformemente crescente, transmitida por um diafragma elástico, de área circular. O corpo de prova, submetido ao ensaio, é preso rigidamente entre dois anéis concêntricos.

A pressão limite no momento da ruptura, chamada de resistência ao arrebatamento, é expressa em kPa e para sua determinação utiliza-se o aparelho Mullen Tester conforme Figura 15.



**Figura 15-** Mullen Tester (Aparelho para medir resistência ao arrebatamento), fonte: SENAI, de Fabricação de Papel, vol. II, 2º edição.

A resistência ao arrebentamento é controlada por diversos fatores:

a) A resistência ao arrebentamento aumenta com crescente refinação, para decrescer com excesso desta. A baixa resistência ao arrebentamento pode ser atribuída, em parte, ao corte das fibras;

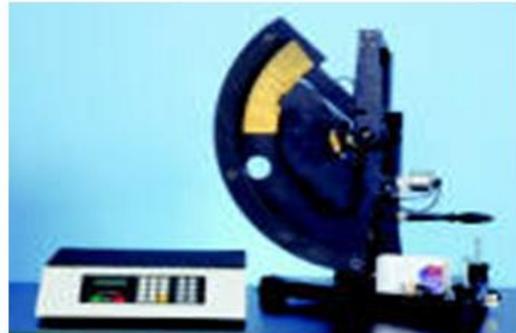
b) As variações na gramatura e na espessura causam comumente variação na resistência ao arrebentamento;

c) O uso de aditivos e colas afetam consideravelmente o comportamento do papel e o resultado do ensaio.

### 7.1.3 Resistência ao rasgo

A resistência ao rasgo mede o trabalho necessário para rasgar o papel, a uma distância determinada, depois de o rasgo ter sido iniciado por meio de uma faca adaptada ao aparelho.

A resistência é medida em um aparelho tipo pêndulo Elmendorf conforme Figura 16.



**Figura 16-** Elmendorf Analógico e Digital, fonte: SENAI, Tecnologia de Fabricação de Papel, vol. II, 2º edição.

No qual os corpos de prova de dimensões especificadas são presos entre duas garras. O pêndulo é solto de forma a completar o rasgo iniciado, sendo o trabalho despendido nesta operação marcado em uma escala graduada de 0 a 100 gf, fixada no próprio aparelho.

Estes fatores dependem, entre outros, do tipo de fibras, do comprimento e espessura das fibras, da flexibilidade das fibras individuais, do número de ligações entre fibras, da resistência das ligações individuais, da gramatura do papel, da densidade aparente e da umidade.

## **7.2 Métodos para medição de densidade aparente**

### **7.2.1 Densidade Aparente**

É a massa de um  $\text{cm}^3$  de papel expresso em gramas por  $\text{cm}^3$ .

O valor da densidade é obtido dividindo-se a gramatura em gramas por metro quadrado pela espessura em micrômetros. A densidade é denominada aparente por incluir os espaços do papel preenchidos pelo ar.

A densidade aparente é uma medida do grau de compactação do papel, portanto o papel com densidade baixa é mais fofo e com densidade alta é mais compacto.

## **7.3 Formas conhecidas de medição da maciez**

### **7.3.1 Método “Bending Stiffness” (cantilever)**

É um componente crítico para determinar a rigidez ou a elasticidade material. É incorporado no verificador da rigidez um pêndulo que pesa o sistema, fornecendo um método para medir incrementos pequenos da carga. Nove escalas distintas permitem testar materiais que são extremamente de pouco peso e flexíveis.

As amostras do teste são montadas no verificador da rigidez usando a braçadeira de amostra. Localizado no pêndulo as frentes mais baixas das maxilas da braçadeira da amostra estão exatamente no centro da rotação.

Isto assegura um ângulo constante do comprimento e da deflexão do teste para resultados exatos e repetíveis. Ambas as maxilas da braçadeira da amostra são ajustáveis, assim que a amostra do teste for posicionada precisamente no centro não obstante a espessura material.

A força é aplicada à extremidade mais baixa da amostra por um par de rolos. Os rolos, que são unidos a um disco dirigido, localizam-se diretamente atrás do pêndulo, impulsionando-o de encontro à amostra do teste e deflexionam-no de sua posição vertical. O pêndulo aplica o torque crescente à amostra enquanto deflexiona mais e mais de sua posição original.

A leitura do ponto de teste ocorre quando a marca do pêndulo alinha com a marca na direção apropriada do disco, que aponta à leitura da rigidez no ponto do seletor. A leitura final dependerá da escala em que o teste está sendo conduzido, conforme apresentado na Figura 17.

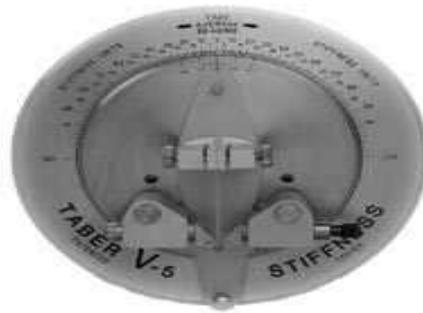
Rigidez em flexão é medida através da fórmula:

$$R = G - L^3$$

Onde: G = gramatura

L = largura

Quanto maior a rigidez (R), menor será a maciez estrutural do papel.



**Figura 17-** Aparelho Bending Stiffness, fonte: AMARAL, 2005.

### 7.3.2 Método “Handle-O-Meter”

Este método é utilizado para medição dos efeitos combinados da fricção de materiais. Um método da flexibilidade e da superfície do teste que prove e correlacione bem com o desempenho real do material em processos de produção. Originalmente usado por Johnson & Johnson, o método transformou-se rapidamente num padrão universal de teste para objetiva avaliação da aspereza de materiais. É aceito extensamente para uma variedade de outras aplicações incluindo o papel tissue.

A resistência encontrada pela lâmina do penetrador enquanto se move no entalhe é medida e digitada para a análise, conforme apresentado na Figura 18.



**Figura 18-** Aparelho “handle-o-meter”, fonte: AMARAL, 2005.

### 7.3.3 Método “Gurley”

O aparelho Gurley é utilizado na indústria para medir características físicas do papel tais como a rigidez, flexibilidade, absorção de água, maciez, porosidade, permeabilidade ao ar e a lisura.

O método de medição utiliza uma placa perfurada para a passagem do ar, medindo assim a resistência à passagem do ar. Se o papel for muito liso, o ar tem dificuldade para atravessar. Quanto maior o tempo de passagem do ar, mais liso será o papel, pois isso indica que o mesmo é mais fechado, conforme apresentado na Figura 19.



**Figura 19-** Aparelho Gurley Verificador da permeância ao ar e lisura, fonte: AMARAL, 2005.

### 7.3.4 Método “Handfeel”

O método de medição de maciez mais comum e utilizado por várias empresas é o de “*handfeel*”. De todos os métodos de medição apresentados neste trabalho é opinião quase unânime dos estudiosos, de acordo com o levantamento bibliográfico, que ainda não existe método eficaz para se medir maciez do papel e, principalmente, desenvolver uma unidade que correlacione todas as variáveis que conferem a esta propriedade (AMARAL, 2005).

De acordo com AMARAL (2005), o método subjetivo do “*handfeel*” basicamente exige a percepção de um grupo de avaliadores, especialistas ou não, para análise da maciez superficial e estrutural de produtos de papel tissue com características distintas ou não, em termos de processo de fabricação tais como: tipos de máquinas de papel, peso básico, espessura, matéria-prima utilizada, resistências etc.

**Amostras:** envolve confecção de amostras (escolha e formatação). Cortam-se as amostras (folhas simples ou duplas) em tamanho A4, identificando o sentido de fibras (MD e CD).

**Grupo:** são escolhidas 10 pessoas para formar o grupo de análise. As pessoas então são orientadas com relação aos procedimentos.

**Análises:**

- maciez superficial: as amostras são analisadas através da fricção dos dedos na folha objetivando sentir deformidades e/ou pontos de aspereza no papel;
- maciez estrutural: as amostras são analisadas através da pressão exercida pelas mãos na folha de papel, objetivando sentir a rigidez do papel. Pode se utilizar também do ruído emitido pela “quebra” do papel entre as mãos.

*\*Nota: a análise de maciez superficial é realizada no sentido MD (machine direction), pois é o sentido de orientação das fibras (direção de máquina), salvo necessidades de realizar-se a análise também no sentido CD (cross direction), sentido transversal.<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> *\*Nota: a análise de maciez superficial é realizada no sentido MD (machine direction), pois é o sentido de orientação das fibras (direção de máquina), salvo necessidades de realizar-se a análise também no sentido CD (cross direction), sentido transversal.*

**Comparação e pontuação:** pode-se estabelecer um range de nota, por exemplo: de 1 a 10, onde os analistas analisarão por comparação das amostras (umas com as outras) as notas que cada produto/amostra deverá receber.

**Painel de pontuação:** é estabelecido um painel onde estão listados os produtos/amostras. Os analistas após a análise e comparação darão suas notas para cada produto, comparando-os entre si.

**Tabulação dos dados:** depois de estabelecidas as notas, as mesmas são anotadas no painel. O desvio padrão das notas por analista é calculado, para verificar se houveram discrepâncias e se os analistas necessitam de reorientação sobre o procedimento de análise.

*\*Nota: as análises também podem ser realizadas mediante padrões previamente selecionadas onde já constem as notas para cada uma delas.<sup>2</sup>*

---

<sup>2</sup> *\*Nota: as análises também podem ser realizadas mediante padrões previamente selecionadas onde já constem as notas para cada uma delas.*

## **8 ADITIVOS UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DE PROPRIEDADES NO PAPEL**

### **8.1 Aditivos químicos para incremento de propriedades no papel tissue**

Para conseguir a versatilidade que caracteriza os papeis existentes no mercado a indústria papelreira tornou se uma grande consumidora de produtos químicos e minerais. Estes são adicionados ao processo de fabricação do papel para dar ou melhorar certas propriedades e ainda para eliminar ou controlar certos problemas durante esta operação. Estes produtos são:

- Agentes de colagem interna;
- Adesivos para melhorar as propriedades secas do papel;
- Adesivos para melhorar as propriedades úmidas do papel;
- Flocculantes;
- Cargas materiais minerais;
- Corantes e agentes branqueadores;
- Auxiliares de retenção;
- Auxiliares de drenagem;
- Agentes tensoativos;
- Microbiocidas;
- Controladores de pitch;
- Controladores de espuma;
- Inibidores de corrosão;
- Controladores de pH ácidos e alcalinos etc.

Na fabricação dos papéis higiênicos tissue, os aditivos mais utilizados são os adesivos (seco e úmido) e os controladores de pH. Nos papéis toalha e nas fraldas descartáveis além destes últimos, também são adicionados aditivos para aumentar a absorção.

Explorar sobre a influência dos aditivos, bem como evidenciar como eles alteraram as características das fibras, conseqüentemente auxiliando no processo de produção nas máquinas de papel, incrementando e/ou modificando as propriedades do papel é um trabalho à parte, pois a discussão sobre estas relevâncias é muito profunda e exige que muitos outros parâmetros sejam obrigatoriamente objeto de estudo. Para tanto, a seguir, somente abordaremos sobre aditivos para maciez e resistência a seco que são relevantes para este trabalho.

## 8.2 Aditivos para Maciez

(BUCKMAN, 2011) A superfície da fibra é extremamente reativa, formando pontes de hidrogênio que une uma fibra à outra. Esta reação é totalmente dependente da água que está “combinada” com a fibra. O mecanismo utilizado pela “química de *debonding*” é a substituição da água na fibra bloqueando uma fibra de unir-se a outra. Dessa forma a “química de *debonding*” acaba interferindo no “*bulk*”, diminuindo a resistência do papel devido à baixa rigidez da fibra e aumentando a presença de fibras soltas na superfície da folha de papel (maciez superficial). Em contrapartida, a fibras soltas darão um sentido de tato parecido com o de um veludo. Ligações interfibras são em grande parte responsáveis pela característica de resistência à tração. Agentes químicos de “*debonder*” podem reduzir a resistência à tração, pois eles fazem uma barreira que não permite a união entre as fibras através das pontes de hidrogênio. Um produto específico, a quantidade de “*debonder*” aplicada e o tempo de contato do produto com a fibra e ainda o método de aplicação influenciam, significativamente, no balanço entre resistência e aumento da maciez do papel. Uma das vantagens do uso de “*debonders*” é a possibilidade de economia no mix fibroso utilizado, possibilitando utilização de matéria-prima menos nobre e por consequência com custo mais barato.

## 8.3 Aditivos para Resistência a seco do papel

Uns dos aditivos mais usados para incremento de propriedade do papel é o amido.

Sabe-se que a adição de amido no processo traz diversos benefícios para o sistema de fabricação de papel, em especial a melhora da resistência interna, superficial e a úmido.

De acordo com (CASTRO, 2004), a resistência dos papéis atribuída à utilização de amidos está, em geral, diretamente relacionada com sua quantidade aplicada em relação à fibra. Os amidos iônica e carregados, devido às suas características, desenvolvem ligações interfibras muito fortes, comparadas com sistemas sem amido, o que demonstra que, geralmente, sua auto-retenção é elevada, resultando em uma melhora nas propriedades relacionadas com resistência.

Esta melhora de qualidade compensa à utilização de fibras menos nobres (pastas e aparas) e reduz a necessidade de refino contribuindo para a redução no consumo de energia e melhora na drenagem.

- Refinamento aumenta a tração, índice de arrebatamento, mas diminui rasgo.
- Adesivos melhoram a tração e arrebatamento sem prejudicar rasgo.
- Forte refinamento diminui drenagem.
- Adesivos permitem melhor drenagem e maior facilidade de secagem, maior produção e ao mesmo tempo aumento da resistência.
- Forte refinamento causa redução de porosidade.
- Adesivos podem proporcionar combinações de propriedades, como porosidade e resistência que normalmente não podem ser obtidas juntas.

Dependendo do País, a fonte de amido comum pode ser: milho, mandioca, batata, arroz etc., é sempre uma questão de disponibilidade local.

O Brasil, basicamente, utiliza o amido de milho e em menor escala o amido de mandioca.

## 9 CONCLUSÃO

A maciez é, basicamente, a propriedade mais desejada no seguimento do papel tissue e a mais perseguida por todos os fabricantes de papel e inclusive por seus fornecedores de químicos e equipamentos que estão sempre em busca de atualizações tecnológicas para a criação de soluções para serem aplicadas à produção do papel para atendimento deste tão especial requisito.

Não só esta propriedade, mas também o volume específico aparente (*bulk*) e as resistências do papel sofrem influências em todo o processo produtivo, desde a obtenção da fibra, que se inicia na verdade na sua própria origem: a qualidade da madeira, a qual está sendo extraída. Esta mesma fibra sofre alterações no processo de produção da polpa, cuja estrutura é alterada para adquirir propriedades para o fim a qual de destina, e depois, sofre mais alterações em sua estrutura nos processos posteriores na fabricação de papel.

Em conseqüência disto, constatamos que as principais características do papel, possuem relações entre si, ou seja, quando se prioriza a obtenção de pelo menos uma destas características, é bem possível que outra seja alterada em detrimento desta.

Tendo conhecimento destas relações e da importância de atingir o tipo de papel desejado, as indústrias de fabricação de papel têm buscado alternativas de agregar estas características ao papel, sem afetar ou reduzir os efeitos nas demais.

Outro fator importante que devemos levar em consideração é o monitoramento dos processos para verificação do atingimento destas características. Utilizar as metodologias propostas, as aplicações dos procedimentos criados podem demonstrar seus comportamentos e efeitos ao longo de cada etapa de produção, gerando assim, uma boa gestão de seus processos, conhecendo efetivamente os atributos de seus produtos, podendo oferecer aos seus consumidores um produto bastante próximo ao que almejam.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTCP. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. **Seminário sobre Papel Tissue**. Nov. 2003. Disponível em: <[www.abtcp.org.br](http://www.abtcp.org.br)>. Acesso em 15 nov. 2011.

AMARAL, S. R. **Fundamentos Técnicos da Crepagem**. Instituto Paulista de Tecnologia, São Paulo, v.2, n.2, p.35-48, jul/dez. 2002.

AMARAL, S. R. **Fundamentos Técnicos da Maciez Superficial e Estrutural do Papel Tissue**, Instituto Paulista de Tecnologia, São Paulo, v.4, n.8, p.10-26, jan/jun. 2005.

BRACELPA. Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Informação do Mercado Tissue**. Dez. 2011. Disponível em: <[www.bracelpa.org.br](http://www.bracelpa.org.br)>. Acesso em: 07 set. 2011.

BUCKMAN, Poor Softness – **Products for Tissue softening and debonding**. Memphis, Out. 2011. Disponível em: <[www.buckman.com](http://www.buckman.com)>. Acesso em 07 set. 2011.

BUCKMAN. **Softer Tissue**. Memphis, Set. 2011. Disponível em: <[www.buckman.com](http://www.buckman.com)>. Acesso em 07 set. 2011.

CASTRO, J, L **Tecnologias de Fabricação de Papéis Tissue**. In: Congresso Anual de Celulose e Papel, 30. 2004, São Paulo. Anais...São Paulo: ABTCP, 2004. p.124-136.

FOELKEL, C. **Uma Discussão Teórica Prática sobre Papel Tissue**, In: Semana de Celulose e Papel, 5, Curitiba, 2006. Anais... Curitiba. SENAI-CETCEP, 2006. p. 18-36.

GONÇALVES, C. **Matérias Primas para a Fabricação de Papéis Tissue e suas Influências nas Propriedades do Produto Final**. Curso sobre Fabricação de Papéis Tissue. 33º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP-TAPPI. Outubro de 2004.

HOFFMAN P. **Paper Physics and Tissue Home**. Los Angeles, Nov. 2002. Disponível em: <[www.paulhoffman.com](http://www.paulhoffman.com)>. Acesso em: 07 set. 2011.

LIU, J. e HSIEH, J. **Caracterização da maciez em papel tissue facial**, O Papel/Tappi Journal, IV, Memphis, p.3, dez.2004.

NISKANEN, K. **Finish Paper Engineers Association and TAPPI**, 1998.324p (Papermarking Science and Technology Series, Book 16).

NOE, P. e DEMUNER, B. **Fibra de Eucalipto**. Jun. 2004. Disponível em: <www.aracruz.com.br>. Acesso em: 02 out. 2011.

NOBRECEL. **Especificações Internas da Linha de Produtos Tissue**. Pindamonhangaba, 2011. p. 1- 4.

OLIVEIRA, R. C. **Propriedades do Papel: Características**. 2. ed. Curitiba: SENAI, 2007.

REVISTA O PAPEL. São Paulo: ABTCP, 2010-. Trimestral. Artigo Técnico – **Maciez uma característica complexa**, p. 80-88, 2010.

SANTANA, L, C. **As Variáveis de Refino**. In: MOSTRA DE PÓS-GRADUAÇÃO, 1., 2005, Viçosa. **Programa e resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. P. 75-82.

SENAI. **Tecnologia de Fabricação do Papel**. In: Semana de Celulose e Papel, 4, Curitiba, 2006. Anais... Curitiba. SENAI- CETCEP, 2006. p. 171-190.

STITT, J. B. **Tissue Training, Creping Unit 3**, Buckman laboratories International Inc., Memphis, TN, USA – 2004, p. 1-15.

STITT, J. B. **The Influence of Charge Control on Creping**. Buckman Laboratories International Inc., Memphis, TN, USA – 1999b, p. 1-5.

STITT, J. B. **Application Technology and Products for Creping**. Buckman Laboratories International Inc., Memphis, TN, USA – 1999a, p. 1-9.

TAKAHASHI, R, D´ ALMEIDA, M, KOGA, M. **Propriedades do Papel e Controle de Qualidade** – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, v.2, n.5, p. 41-51, 2004.

## ANEXO

## Índices Estatísticos do Setor de Papel Tissue

De acordo com a BRACELPA, os dados demonstram as estatísticas do mercado tissue:

**Tabela 5- Maiores Produtores Mundiais de Celulose e Papel – 2009  
(Bracelpa, 2009)**

CELULOSE		PAPEL	
País	mil toneladas	País	mil toneladas
1. EUA	48.329	1. China	86.391
2. China	20.813	2. EUA	71.613
3. Canadá	17.079	3. Japão	26.279
<b>4. Brasil *</b>	<b>13.315</b>	4. Alemanha	20.902
5. Suécia	11.463	5. Canadá	12.857
6. Finlândia	9.003	6. Suécia	10.933
7. Japão	8.506	7. Finlândia	10.602
8. Rússia	7.235	8. Coreia do Sul	10.481
9. Indonésia	5.971	<b>9. Brasil *</b>	<b>9.428</b>
10. Chile	5.000	10. Indonésia	9.363
11. Índia	3.803	11. Índia	8.683
12. Alemanha	2.542	12. Itália	8.449
Demais	24.898	Demais	84.696
<b>TOTAL MUNDO</b>	<b>177.957</b>	<b>TOTAL MUNDO</b>	<b>370.687</b>

**Tabela 6- Produção Brasileira - Toneladas – (Bracelpa, 2009)**

Papéis Tissue	2008	2009
Higiênico Popular	58.340	44.363
Folha Simples de Boa Qualidade	137.490	147.179
Folha Simples de Alta Qualidade	335.450	316.128
Folha Dupla de Alta Qualidade	102.890	132.265
Toalha de Cozinha	49.860	59.215
Toalha de Mão	131.590	133.452
Guardanapo	30.730	32.058
Lenço	3.160	2.950
Lençol Hospitalar	229	302
<b>TOTAL</b>	<b>849.739</b>	<b>867.912</b>

**Tabela 7- Evolução Histórica da Produção – mil toneladas (Bracelpa, 2009)**

Ano	Papéis Tissue
1999	571.331
2000	596.732
2001	619.012
2002	673.117
2003	684.160
2004	735.049
2005	777.933
2006	787.417
2007	812.305
2008	849.739
2009	867.912
<b>TOTAL</b>	<b>7.974.707</b>

**Tabela 8- Evolução do Consumo Aparente dos Papéis Tissue- mil toneladas (Bracelpa, 2009)**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>PAPÉIS TISSUE</b>										
<b>Produção</b>	597	619	673	684	735	778	787	812	850	868
<b>Importação</b>	4	2	4	7	8	11	15	18	12	11
<b>Exportação</b>	24	32	48	57	58	59	38	14	12	10
<b>Consumo Aparente</b>	577	589	629	634	685	730	764	816	850	869
<b>Consumo Per Capita (Kg/hab.)</b>	3,4	3,4	3,6	3,6	3,7	3,9	4,1	4,4	4,5	4,5

**Tabela 9: Resultados do Setor - mil toneladas  
(Bracelpa, 2010)**

<b>Papel</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Var. %</b>
<b>Produção</b>	<b>9.428</b>	<b>9.844</b>	<b>4,4</b>
Embalagem	4.649	4.862	4,6
Imprimir e Escrever	2.575	2.704	5,0
Imprensa	127	124	-2,4
<b>*Fins Sanitários / Tissue</b>	<b>868</b>	<b>905</b>	<b>4,3</b>
Papel Cartão	748	786	5,1
Outros	461	463	0,4