

Potencial de maciez da celulose: uma metodologia para avaliar e comparar celuloses

Pulp softness potential: a methodology to assess and compare pulps

Autores/Authors*: J. Ruiz¹
V.M. Sacon²
F.P. Silva²
S. Eichhorn³
L. Bley⁴
H. Sabel⁵
W. Janssen⁶
G. Eymin-Petot-Tourtollet¹
M. Petit-Conil^{1,7}

Palavras-chave: celuloses branqueadas de coníferas, eucaliptos e folhosas; celulose destintada branqueada; maciez; modelagem; refinação a discos

Keywords: bleached softwood, eucalyptus and hardwood pulps; bleached deinked pulp; disc refining; modelling; softness

RESUMO

Foi desenvolvido um método de preparação de folhas manuais de laboratório específicas para a avaliação do potencial de maciez de celuloses para fabricação de papéis tissue. Foi composto e treinado um grupo de pessoas para avaliar a maciez de produtos tissue e a maciez dessas folhas de laboratório. Foi desenvolvido um procedimento-padrão (protocolo) para a avaliação da maciez. Foram estudadas 13 celuloses branqueadas de mercado – 7 de eucaliptos, 3 de coníferas, 2 de folhosas e 1 celulose destintada -, quanto a seu potencial antes e depois do refino, segundo o procedi-

ABSTRACT

A method for producing specific handsheets to assess the pulp potential softness for tissue manufacture was developed. A panel of people was formed and trained to evaluate the softness of tissue products and the softness of these handsheets. A protocol was designed for pulp softness assessment. 13 market bleached pulps - 7 eucalyptus, 3 softwoods, 2 hardwoods and 1 deinked pulp -, were studied for their softness potential before and after refining, according to the developed pro-

*Referências dos Autores / Authors' references:

- 1 - Centro Técnico do Papel – In TechFibres – Grenoble - França
Centre Technique du Papier – InTechFibres – Grenoble – France
- 2 - Votorantim Celulose e Papel – Jacarei – Brazil
Votorantim Celulose e Papel – Jacarei – Brazil
- 3 - SCA Hygiene Products GmbH – Mannheim - Alemanha
SCA Hygiene Products GmbH – Mannheim – Germany
- 4 - Grupo BTG, Divisão Instrumentos – Eclepens - Suíça
BTG Group, Division Instruments – Eclepens – Switzerland
- 5 - Oy Metsä-Botnia Ab – Kaskinen - Finlândia
Oy Metsä-Botnia Ab – Kaskinen – Finland
- 6 - Kruger Products – Laval - PQ - Canadá
Kruger Products- Laval – PQ – Canada
- 7 - Instituto Tecnológico FCBA – In TechFibres, Divisão de Novos Materiais – Grenoble - França
Institut Technologique FCBA - InTechFibres, New Materials Division – Grenoble – France

Autor correspondente/Corresponding author:

M. Petit-Conil - E-mail: michel.petit-conil@webctp.com

mento estabelecido. Foi possível estabelecer a classificação dessas celuloses e a avaliação de sua maciez revelou diferenças importantes entre os tipos de celulose e conforme o refino. Celuloses de folhosas – e mais particularmente celuloses de eucalipto –, produziram os papéis mais macios, enquanto as celuloses de coníferas apresentaram o menor potencial de maciez. E mais, durante a refinação convencional as celuloses de folhosas perderam menos potencial de maciez do que as celuloses de coníferas. Seu grau de maciez manteve-se positivo, enquanto o das celuloses de coníferas apresentou sempre valor negativo. Foi desenvolvido um modelo estatístico para predição da maciez da celulose a partir de características das fibras. Esse modelo demonstrou-se suficientemente confiável e foi usado para a definição do potencial de maciez e acompanhou a maciez ao longo do processo de fabricação de tissue, especialmente durante a preparação da massa e a refinação da celulose. Por fim, foi feita uma comparação entre os resultados do grupo do CTP – Centre Technique du Papier, França – e aqueles de outros quatro grupos, resultando evidente que os cinco grupos poderiam avaliar a maciez de modo uniforme e que o novo procedimento para avaliação da maciez de folhas manuais especificamente preparadas era relevante para uma tal aplicação.

INTRODUÇÃO

A maciez do papel tissue é uma propriedade importante para os consumidores, que deve ser respeitada pelos fabricantes. Se a resistência ou a capacidade de absorção de água do tissue são bastante simples de se medir, a maciez é avaliada por grupos de pessoas bem treinadas. Como publicado em numerosos textos técnicos, maciez é uma característica complexa, subjetiva, psicofísica; determinada mediante percepção multidimensional, envolvendo visão, som e contato com o próprio tissue (1-3). A maciez é basicamente tida como uma combinação de volume (*bulk*), percebido ao amarrutar o tissue com as mãos, e percepções de maciez da superfície, notadas com o roçar dos dedos sobre a superfície do tissue. A comparação de pares permite classificar e ordenar produtos tissue, mas a gradação continua um problema, pois não existe escala padronizada e não podem ser produzidas amostras de referência que correspondam a um bem controlado nível de maciez (4).

Muitos estudos têm procurado estabelecer correlação entre maciez, estimada por avaliadores, e as medições físicas feitas em amostras de tissue. A maciez por volume tem sido correlacionada à compressibilidade (5), ao amortecimento do tissue (6) ou à rigidez, aqui considerando o módulo de Young e a resistência à tração (7, 8). A maciez da superfície tem sido correlacionada com irregularidades na superfície mediante uso de

tocol. Ranking these pulps was possible and their softness assessment revealed important differences between the pulp grades, and according to refining. Hardwood pulps - and more particularly eucalyptus pulps -, produced the softest papers, whereas softwood pulps presented the lowest softness potential. Furthermore, the hardwood pulps lost less in softness potential during conventional refining than the softwood pulps. Their softness rating remained positive, whereas that of the softwood pulps always presented a negative value. A statistical model was developed for predicting pulp softness from the fibre characteristics. This model was proven sufficiently reliable and used to determine pulp softness potential, and then follow the softness through tissue manufacture, especially during the stock preparation and pulp refining. Finally, a comparison between the CTP - Centre Technique du Papier, France - panel results and those of four other panels was made, demonstrating that the five panels could evaluate softness in the same manner, and that the new protocol for assessing softness on specific handsheets was relevant for such an application.

INTRODUCTION

Tissue softness is an important parameter for consumers, which must be respected by tissue producers. If tissue strengths or water absorption capacity are quite simple to measure, softness is evaluated by a panel of well-trained persons. As has been published in many papers, softness is a complex, subjective and psycho-physical property; determined by using multidimensional perception, involving sight, sound and the touch of the tissue itself (1-3). Softness is widely considered to be a combination of bulk, perceived by crumpling the tissue into the hands, and surface softness perceptions, perceived by brushing the tissue surface with the fingers. Pair-comparison permits classifying and ranking tissue products. But scaling remains a problem since no absolute scale exists and no reference samples corresponding to well controlled softness levels can be produced (4).

Many studies have attempted to establish a correlation between the softness, assessed by panellists, and the physical measurements taken on tissue samples. Bulk softness has been correlated to compressibility (5), to tissue cushion (6) or to stiffness, taking into account Young's modulus and tensile strength (7, 8). Surface softness has been correlated to surface irregularities by using

perfilômetro (9) ou análise de imagem (10). Tem sido elaborados modelos para maciez de volume ou maciez da superfície. Atenção a considerações sobre ambas - maciez de volume e da superfície -, tem melhorado os modelos (6, 8). Um modelo preciso de maciez por volume (correlação de 97%) tem sido obtido com utilização de dispositivo ultrassônico perpendicular (11). Recentemente, têm sido propostos modelos preditivos on-line baseados em redes neurais, mas com precisão de predição que deve ser melhorada (12). Hollmark e Ampulski (13) têm desenvolvido um instrumento com estilete para caracterização da maciez da superfície. Com base em medições feitas em materiais variados, a maciez da superfície corresponde ao número de picos contados em 10 segundos dividido pela intensidade média do sinal em questão. Mais recentemente, esses autores (14) têm também proposto uma interessante revisão da literatura sobre medição da maciez do tissue, incluindo testes por grupos avaliadores e tentativas de se relacionar a maciez percebida a medições físicas. Medições da característica volume (*bulk*) incluem compressão, rigidez à tração, alongação, rigidez à flexão e módulo sônico. Medições da característica da superfície incluem textura e atrito. Têm sido desenvolvidos instrumentos para realizar medições simultâneas, tais como flexão e atrito. Todavia, até o presente não foram identificados nem instrumentos individuais nem métodos físicos que, utilizados como tais, tenham se demonstrado tão aptos para a classificação de uma ampla série de amostras quanto a mão e o cérebro humanos. É forçosa a utilização de medições e testes físicos múltiplos. Está em andamento o projeto de um atuador que será dotado do mesmo estímulo tátil que aquele obtido pelas pontas dos dedos ao manipular um produto tissue. Polímeros eletroativos podem prover o melhor contato possível com pontas dos dedos em um sistema exibidor de realidade tátil virtual (13). Contudo, na fabricação de tissue os produtores têm constatado que a maciez do produto é influenciada pela origem da celulose. As celulosas de eucalipto são agora referência na produção de papéis tissue macios. Isso indica que as características e a natureza das fibras têm função importante no desenvolvimento da maciez do tissue.

O objetivo deste trabalho foi o de expandir o conhecimento da maciez do tissue, de modo a compreender melhor o impacto das características das fibras e desenvolver uma metodologia para avaliação do potencial de maciez das celulosas. Foram consideradas várias classes de celulosas de mercado, analisadas quanto à qualidade das fibras e, então, utilizadas. Foi elaborado um método de preparação de folhas manuais específicas para avaliação da maciez por um grupo de pessoas, de modo a estabelecer uma relação entre características das fibras e medições da maciez.

a profilometer (9) or image analysis (10). Models for bulk softness or surface softness have been built. Attention to both bulk and surface softness considerations has improved the models (6, 8). An accurate bulk softness model has been obtained (97% correlation) when using an out-of-plane ultrasonic device (11). Recently, on-line predictive models based on neural networks have been proposed, with prediction accuracy to be improved (12). Hollmark and Ampulski (13) have developed a stylus instrument for characterising surface softness. Based on measurements taken on different materials, the surface softness corresponds to the number of peaks counted in 10 seconds divided by the mean intensity of the signal treated. More recently, these authors (14) have also proposed an interesting literature survey on the tissue softness measurement, including panel tests and attempts to relate the softness perceived to physical measurements. Bulk property measurements include compression, tensile stiffness, elongation, bending stiffness, and sonic modulus. Surface property measurements include texture and friction. Instruments have been developed to take measurements simultaneously, such as bending and friction. To date, neither single instrument nor physical method, used on its own, has been found adequate for classifying a broad range of samples in the same fashion as the human hand and brain. Multiple measures and physical tests must be used. Work is underway to design an actuator which will be provided with the same tactile stimulus as that obtained by the fingertips in handling a tissue product. Electroactive polymers could provide the best contact with the fingertips in a virtual reality haptic display system (13). However, in the manufacture of tissue, producers have observed that tissue softness is influenced by pulp origins. Eucalyptus pulps are now the reference for producing soft tissue papers. This indicates that the characteristics and nature of fibres have an important role in tissue softness development.

The objective of this work was to improve the knowledge of tissue softness, in order to better understand the impact of fibre characteristics on it and to develop a methodology for evaluating the softness potential of pulps. Different market pulp grades were considered, analysed in terms of fibre quality and used. A method for producing specific handsheets was designed for softness evaluation by a human panel in order to establish a relationship between fibre characteristics and softness measurements.

MATERIAIS E MÉTODOS

Matérias-primas

Para este estudo foram utilizadas 13 celuloses branqueadas de mercado: 7 celuloses de eucaliptos, 3 celuloses de coníferas, 2 celuloses de folhosas e 1 celulose destintada (**Tabela 1**).

Para a avaliação do grupo e para estabelecer o maior e o menor valor de referência de maciez, foram incluídas três outras celuloses comerciais: uma celulose de eucalipto sul-americano (ref. 1), uma celulose de conífera do leste europeu (ref. 2) e uma celulose de coníferas mistas europeias (ref. 5).

Sistema piloto de refinador de disco e testes de refinação

As celuloses de mercado estudadas foram dispersas em água conforme padrão ISO. Foram depois refinadas com refinador de disco simples de 12 pol., em baixa consistência (3%-4%) (**Figura 1**). Foram utilizados discos de modelo convencional (-5/+5, 24°) para celuloses de coníferas (8,5 km/s) e de folhosas (12,7 km/s). A carga específica das lâminas foi fixada em 2 J/m e 0,8 J/m para celuloses de coníferas e folhosas, respectivamente.

MATERIALS AND METHODS

Raw materials

13 market bleached pulps were used for this study: 7 eucalyptus pulps, 3 softwood pulps, 2 hardwood pulps and 1 deinked pulp (**Table 1**).

For the panel assessment, three other commercial pulps: one South American eucalyptus pulp (ref. 1), one Eastern European softwood pulp (ref. 2) and one European mixed softwood pulp (ref. 5) were added to establish the highest and lowest softness reference values.

Disc refiner pilot system and refining trials

The market pulps studied were suspended in water according to the ISO standard. The pulps were then beaten with a 12" single disc refiner, at low consistency (3%-4%) (**Figure 1**). The conventional disc patterns (-5/+5, 24°) for softwood (8.5 km/s) and for hardwood (12.7 km/s) pulps were used. Specific edge load was fixed at 2 J/m and 0.8 J/m for softwood and hardwood pulps, respectively.

Tabela 1. Referências das 13 celuloses comerciais utilizadas neste projeto / **Table 1.** References of the 13 commercial pulps used in the project

Referência da celulose Pulp reference	Espécie da madeira Wood species	Referência da celulose Pulp reference	Espécie da madeira Wood species
1	Eucalipto sul-americano South American eucalyptus	13	Eucalipto europeu European eucalyptus
3	Eucalipto sul-americano South American eucalyptus	14	Conífera norte-americana North American softwood
4	Conífera europeia European softwood	17	Eucalipto sul-americano South American eucalyptus
9	Eucalipto sul-americano South American eucalyptus	21	Folhosa europeia European hardwood
10	Eucalipto sul-americano South American eucalyptus	22	Folhosa sulasiática South Asian hardwood
11	Eucalipto europeu European eucalyptus	6	Celulose destintada norte-americana North American deinked pulp
12	Conífera europeia European softwood		

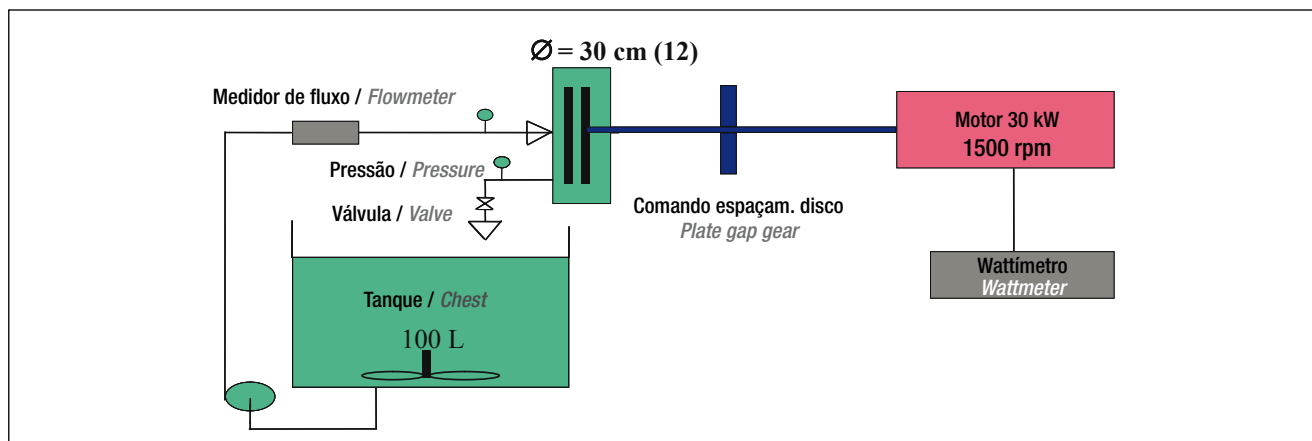


Figura 1. Sistema de refino utilizado na refinação/fibrilação das celuloses / **Figure 1.** The refiner system used for the refining/beating of the pulps

Foi traçada uma curva de refino para cada tipo de celulose. A energia necessária para a refinação da celulose foi medida para cada índice de drenagem.

Preparação de folhas “macias” manuais

Para simular a produção de papel tissue e avaliar o impacto das características das fibras na maciez, foram preparadas folhas de laboratório manuais de 20 g/m² com formador de folha TAPPI convencional, com uso de água deionizada. Depois da formação, a folha foi levemente prensada, uma só vez, entre folhas absorventes de algodão e o rolo prensa do formador de folhas. Foram feitas folhas manuais com cada tipo de celulose antes da refinação e para cada etapa da refinação. As folhas foram transferidas para placas de aço inox. e secadas em sala condicionada (25°C, 50% umidade) durante uma noite. A quantidade produzida foi o bastante para a avaliação do grupo e a determinação da qualidade.

Avaliação da qualidade da celulose

O grau de drenagem foi medido segundo padrão NF ISO 5267-1 e a resistência à tração das folhas manuais “macias” medida conforme NF EN ISO 1924-2, 1995. As características das fibras foram determinadas com o analisador MorFi (15).

Avaliação da maciez e comparação entre grupos

A avaliação da maciez foi desenvolvida mediante a formação de um grupo específico. Avaliações de amostras, baseadas na utilização de “folhas macias”, foram comparadas entre diferentes grupos: um da CTP e os restantes quatro de associados no projeto. As diferenças foram examinadas de modo a que convergissem para uma mesma escala de avaliação.

O grupo CTP era composto por 15 voluntários, dos quais 7 mulheres e 8 homens. Para treinamento, folhas “macias” preparadas com 5 celuloses (ref. 1, ref. 2, refs. 5, 4, 14) sem refinação e a 2 níveis de refinação (baixo e alto) foram classificadas pelo grupo para determinação dos níveis mais alto e mais baixo de maciez. As avaliações foram feitas em sala condicionada (23°C +/- 2°C, 30% a 75% umidade) com atmosfera calma, sob luz verde para limitar o impacto na condição da superfície do papel. Cada pessoa segurou a folha entre o polegar e os demais dedos com ambas as mãos. A avaliação da maciez foi feita beijando a folha entre os dedos.

Após o treinamento, foram comparadas as avaliações das folhas macias pelos diferentes grupos, da CTP e dos outros 4 associados no projeto. As diferenças foram examinadas objetivando haver convergência para uma mesma escala de avaliação. Mediante a combinação dos resultados dos 5 grupos foi então elaborado o procedimento para avaliação da maciez.

For each pulp grade, a refining curve was obtained. Energy needed for the refining of the pulp was measured for each drainage index.

Manufacture of “softness” handsheets

In order to simulate the tissue paper production and to evaluate the impact of fibre characteristics on softness, 20 g/m² handsheets were made with conventional TAPPI handsheet former, using deionised water. After formation, the sheet was slightly pressed, only once, between absorbent cotton sheets and the pressing roll of the handsheet former. Handsheets were done for each pulp grade before refining and at each refining point. They were transferred to stainless steel plates and dried in a conditioned room (25°C, 50% humidity) for one night. The number produced was produced for the panels’ assessments and quality evaluations.

Pulp quality evaluation

The drainage index was measured according to NF ISO 5267-1 standard, and tensile strength was measured on the “softness” handsheets according to NF EN ISO 1924-2, 1995. Fibre characteristics were measured with the MorFi analyser (15).

Softness assessment and panels comparison

The softness assessment was developed by the constitution of a specific panel. Assessments of samples, based on the use of “softness handsheets”, were compared from different panels: one from CTP and the four others from project partners. The differences were analysed in order to converge towards the same scale of evaluation.

The CTP panel was composed of 15 volunteers, of which 7 were women and 8 men. For training, “softness” handsheets produced from 5 pulps (ref. 1, ref. 2, refs. 5, 4, 14) unrefined and at 2 refining levels (low and high) were ranked by the panel in order to determine the highest and lowest softness levels. The assessment were carried out in conditioned room (23°C +/- 2°C, 30% to 75% humidity) in a quiet atmosphere, under green light to limit the impact on the paper surface status. Each person took the hand-sheet between its thumb and its other fingers with both hands. The softness assessment was done by kissing the sheet between the fingers.

Following the training, the assessments of the softness handsheets by different panels, from CTP and 4 other project partners, were compared. Differences were analysed in order to converge toward the same scale of evaluation. By combining the results from the 5 panels, a protocol was designed for softness assessment.

Tabela 2. Resistência à tração das folhas manuais «macias» fabricadas com 5 celuloses comerciais não-refinadas e refinadas a dois níveis de refino para treinamento do grupo CTP e avaliação / **Table 2.** Tensile strength of the “softness” handsheets manufactured from 5 commercial pulps unrefined and refined at two refining levels for CTP panel training and assessment

Referência da celulose Pulp reference	Tipo Grade	Comprimento de ruptura, km / Breaking length, km		
		Não-refinada Unrefined	Baixo nível de refino Low level refining	Alto nível de refino High level refining
1	Eucalipto sul-americano South American Eucalyptus	1,9	3,1 (22°SR)	4,1 (28°SR)
2	Conífera europeia European softwood	1,8	3,8 (28°SR)	4,8 (37°SR)
4	Conífera europeia European softwood	2,6	3,9 (22°SR)	4,8 (38°SR)
5	Coníferas mistas europeias European mixed softwoods	1,9	3,3 (19°SR)	4,5 (29°SR)
14	Conífera europeia European softwood	3,8	5,4 (21°SR)	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Procedimento para avaliação da maciez e ordem de classificação

Para treinamento do grupo do CTP foram utilizadas 5 celuloses comerciais, para então desenvolver o procedimento de avaliação: uma celulose de eucalipto sul-americano (ref. 1) e 4 celuloses de coníferas (refs. 2, 4, 5 e 14). Essas celuloses foram avaliadas como não-refinadas e refinadas a dois níveis: ~20°SR e 35°SR, de modo a possibilitar comparação a comprimento de ruptura de 4 km, o valor requerido na fabricação de tissue (Tabela 2). Foi elaborado um procedimento para a preparação de folhas manuais “macias”, de modo a dispor de material capaz de simular o produto tissue (ver Materiais e Métodos). Essas folhas manuais foram utilizadas para a avaliação da maciez e para as medições da resistência à tração (Tabela 2).

A avaliação da maciez foi feita amarrotando as folhas manuais “macias” entre o polegar e os dedos de ambas as mãos. As celuloses foram classificadas de menos macia a mais macia em 5 classes (Figura 2). Considerando somente

RESULTS AND DISCUSSION

Protocol of softness assessment and ranking range

Five commercial pulps were employed for training CTP panel, then developing an assessment protocol: one South American eucalyptus pulp (ref. 1) and 4 softwood pulps (refs. 2, 4, 5 and 14). These pulps were evaluated as unrefined and refined at two levels: ~20°SR and 35°SR in order to be able to compare them at a given breaking length of 4 km, the required level for tissue manufacture (Table 2). Protocol for manufacturing “softness” handsheets was developed, in order to have a material simulating the tissue product (cf Materials and Methods). These handsheets were used for softness assessment and for tensile strength measurements (Table 2).

The softness assessment was done by crumpling the “softness” handsheets between the thumb and fingers of both hands. The pulps were classified from least soft to softest in 5 classes (Figure 2). Considering only unrefined pulp, three pulps were

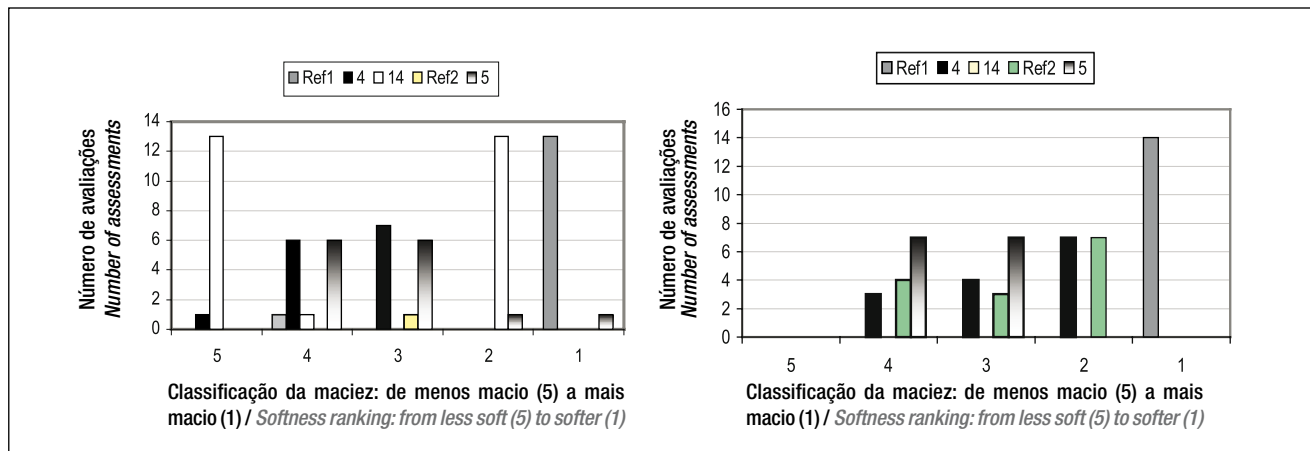


Figura 2. Classificação da maciez pelo grupo CTP das 5 celuloses comerciais testadas: não-refinada (esquerda) e altamente refinada (direita) / **Figure 2.** CTP panel softness ranking of the 5 commercial pulps tested: unrefined (left) and highly refined (right)

as celuloses não-refinadas, três delas foram classificadas como idênticas por 90% dos componentes do grupo de avaliação. As celuloses identificadas refs. 2 e 4 foram difíceis de diferenciar. A nível de refinação mais alto, as celuloses identificadas refs. 2, 4 e 5 foram muito difíceis de diferenciar, indicando que a refinação, e consequentemente a modificação das fibras, alterou a maciez. A qualquer nível de refinação, a celulose ref. 1 (eucalipto sul-americano) foi a que desenvolveu a melhor maciez. Em oposição, a celulose ref. 14 foi sempre a de pior índice de avaliação.

Foi também interessante observar que o comprimento de ruptura variou muito entre essas 5 celuloses não-refinadas: de 1,8 a 3,8 km, dependendo da espécie da madeira, características das fibras e processo de polpação. Se fosse considerado o comprimento de ruptura de 4 km, a celulose 14 poderia ser utilizada como tal, sem refinação e mantendo o potencial de maciez.

Foi também interessante analisar a evolução das principais características das fibras dessas celuloses. Durante o refino, ou seja, com o aumento do comprimento de ruptura, as características das fibras evoluíram conforme esperado: menor comprimento da fibra, menor arqueamento e maior conteúdo de fibras quebradas (Figuras 3 e 4). As celuloses refs. 1 e 14 demonstraram-se muito diferentes das demais;

identically ranked by 90% of the panellists. Pulps labelled refs. 2 and 4 were difficult to differentiate. At a higher refining level, pulps labelled refs. 2, 4 and 5 were very difficult to differentiate, indicating that refining, and consequently fibre modifications, affected the softness. At any refining level, the ref. 1 pulp (South American eucalyptus) developed the highest softness. On the contrary, the pulp ref. 14 was always the worst in softness assessment.

It was also interesting to note that the breaking length varied a lot between these 5 unrefined pulps: from 1.8 to 3.8 km, depending on the wood species, fibre characteristics and pulping process. If a breaking length of 4 km was considered, pulp 14 could be used as such, without refining while conserving the softness potential.

It was also interesting to analyse the evolution of the main fibre characteristics of these pulps. During refining, i.e. when the breaking length increased, the fibre characteristics progressed as expected: decrease in fibre length, in fibre curl and increase in broken fibre contents (Figures 3 and 4). Pulps refs. 1 and 14 were very different from the other pulps;

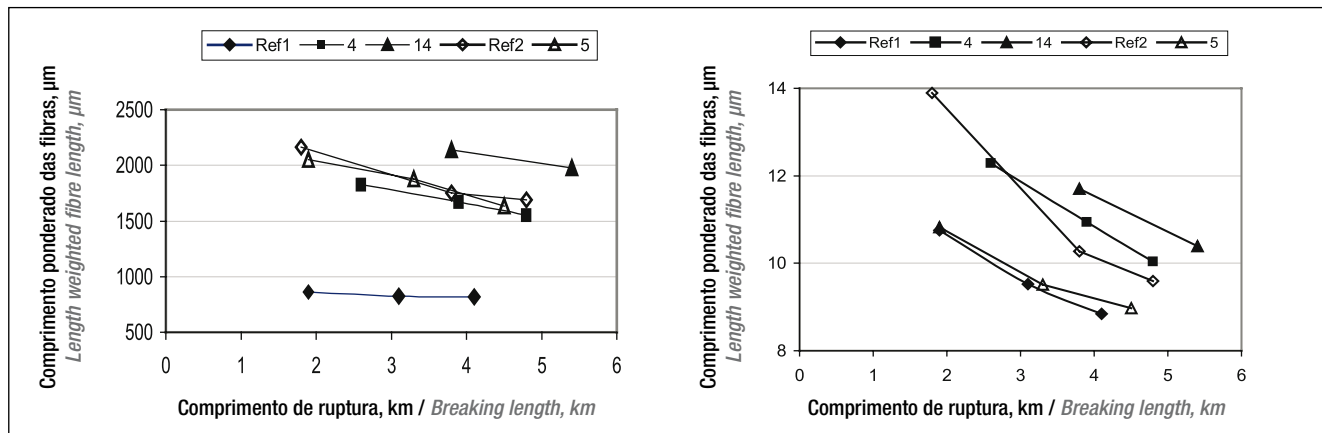


Figura 3. Evolução das características das fibras com o comprimento de ruptura para as 5 celuloses comerciais testadas, refinadas ou não: comprimento da fibra (esquerda), índice de arqueamento (direita) / **Figure 3.** Evolution of fibre characteristics with breaking length for the 5 commercial pulps tested, refined or not: fibre length (left), curl index (right)

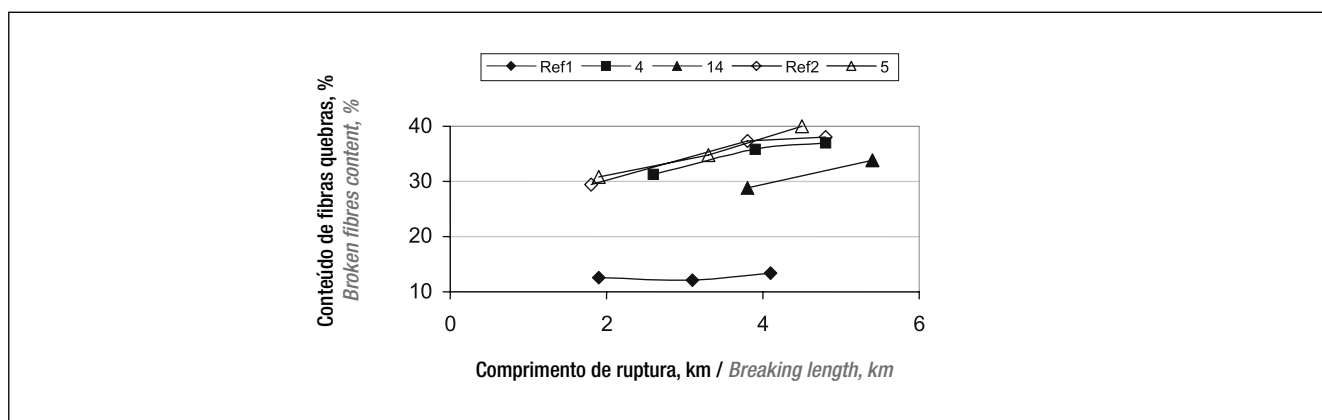


Figura 4. Evolução do conteúdo de fibras quebradas com o comprimento de ruptura para as 5 celuloses comerciais testadas, refinadas ou não / **Figure 4.** Evolution of broken fibres content with breaking length for the 5 commercial pulps tested, refined or not

uma porque era celulose de eucalipto.

A celulose de eucalipto (ref. 1) apresentou as fibras mais curtas e flexíveis, contrariamente à celulose ref. 14. Além disso, durante a refinação foi também menos cortada do que as celuloses de coníferas.

As restantes três celuloses de eucalipto foram difíceis de diferenciar, pois as características de suas fibras se demonstravam semelhantes.

Foi feita tentativa de comparar maciez com comprimento de ruptura (**Figura 5**). A avaliação do grupo indicou claramente que a celulose de eucalipto (ref. 1) produziu o papel mais macio, enquanto a ref. 14, celulose de conífera, apresentou o menor valor de maciez. Para todas as celuloses, e mais particularmente para aquelas de coníferas, o processo de refino teve impacto negativo na maciez. Portanto, as características da fibra e suas modificações influíram grandemente no potencial de maciez.

Depois da análise desses resultados com os parceiros no projeto, ficou estipulado considerar, como referências para avaliação da maciez, a celulose não-refinada ref. 1 como a celulose mais macia com nota +5, e a celulose ref. 2 refinada a 37°SR como a celulose mais áspera com nota -5. O procedimento escolhido para avaliação da maciez pelo grupo CTP foi o seguinte:

- Produção de folhas manuais “macias”.
- Condicionamento de 20 a 24 horas a 23°C +/- 2°C com 30% a 75% de umidade relativa.
- 15 avaliadores.
- Avaliação em condições tranquilas, sob luz verde, amarrando a folha entre polegar e dedos, com base nas duas referências na escala -5 a +5.

Comparação entre as 13 celuloses comerciais

As 13 celuloses comerciais testadas (7 de eucaliptos, 3 de coníferas, 2 de folhosas e uma celulose destintada) foram refinadas a três níveis de drenagem para possibilitar a obtenção de comprimento de ruptura semelhante. Foram preparadas folhas manuais “macias” com as celuloses não-refinadas e refinadas para a avaliação do grupo e para a determinação da qualidade da celulose.

one because it was a eucalyptus pulp.

The eucalyptus pulp (ref. 1) presented the shortest and most flexible fibres, contrarily to the pulp referenced 14. Besides, it had also been less cut during refining than the softwood pulps.

The three other softwood pulps were difficult to differentiate because the fibre characteristics presented were similar.

An attempt was made to compare the softness with the breaking length (**Figure 5**). The panel assessment clearly indicated that the eucalyptus pulp (ref. 1) developed the softer paper, whereas ref. 14, softwood pulp, presented the lowest softness value. For all the pulps, and more particularly for the softwood pulps, the refining step had a negative impact on the softness. So, the fibre characteristics and their modification during refining greatly affected the softness potential.

After discussing these results with the project partners, it was decided to consider, as references for softness assessment, the unrefined ref. 1 pulp as the softest pulp with a note of +5, and the ref. 2 pulp refined at 37°SR as the roughest pulp with a note of -5. The protocol selected for softness assessment by the CTP panel was as follow:

- Production of “softness” handsheets.
- Conditioning for 20 to 24 hours at 23°C +/- 2°C at 30% to 75% of relative humidity.
- 15 assessors.
- Assessment in quiet conditions, under green light, by crumbling the handsheet between thumb and fingers, based on the 2 references on the scale -5 to +5.

Comparison between the 13 commercial pulps

The 13 commercial pulps tested (7 eucalyptus, 3 softwoods, 2 hardwoods and one deinked pulp) were refined at 3 different drainage indexes in order to be able to obtain a similar breaking length. “Softness” handsheets were prepared from the unrefined and refined pulps for panel assessment and for pulp quality evaluation.

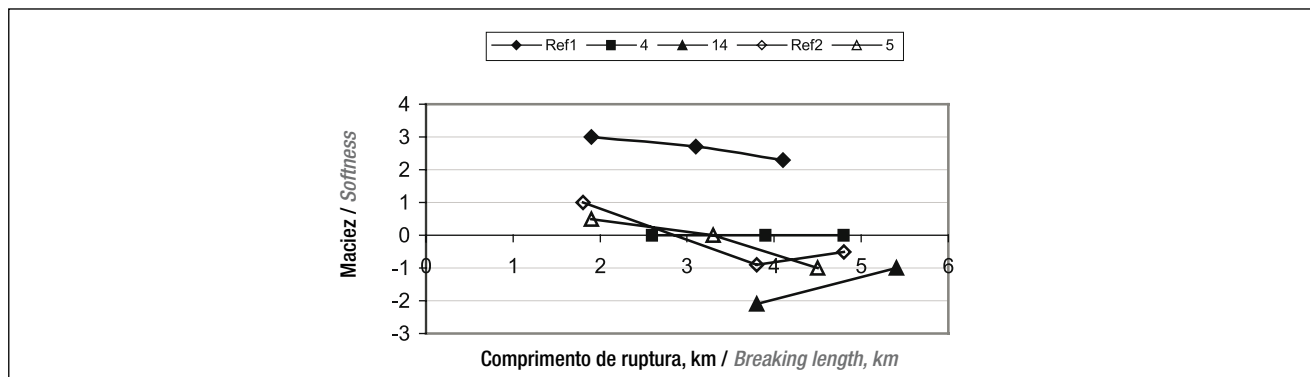


Figura 5. Evolução da maciez com o comprimento de ruptura para as 5 celuloses comerciais testadas, refinadas ou não (celulose ref. 4)
Figure 5. Evolution of softness with breaking length for the 5 commercial pulps tested, refined or not (pulp ref. 4)

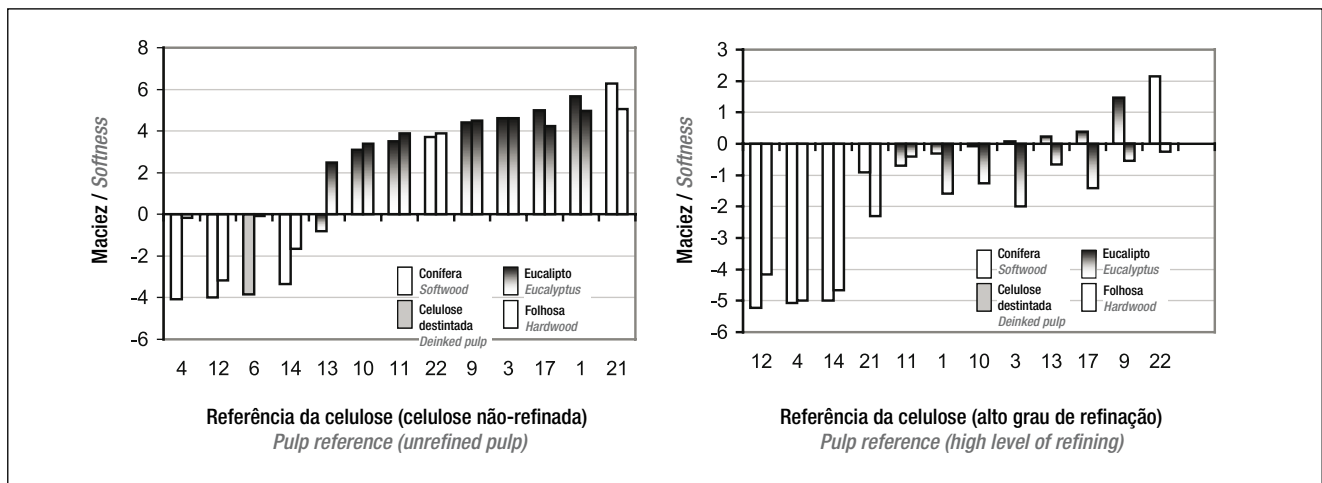


Figura 6. Comparação da maciez (valor médio) das 13 celuloses comerciais testadas, refinadas ou não, para as avaliações em duplicata do grupo CTP
Figure 6. Comparison of softness (average value) of the 13 commercial pulps tested, refined or not, for CTP panel's duplicate assessments

O grupo CTP avaliou as celuloses não-refinadas e refinadas em duplicata (**Figura 6**). De modo geral, foi constatada boa repetibilidade para todas as celuloses, consideradas as diferentes classificações das polpas segundo o potencial de maciez. Esses resultados evidenciaram que as celuloses de coníferas e a polpa destintada eram as de pior potencial de maciez, e que esse potencial diminuía com a refinação. As celuloses mais macias eram as de folhosas, inclusas todas as celuloses de eucalipto. Dependendo da madeira de eucalipto e do processo de polpação, o potencial de maciez variou de 2 a 5, mas em todas elas poderia ser desenvolvida valiosa maciez na fabricação do tissue. Durante a avaliação, as três celuloses de coníferas tiveram comportamento semelhante. A celulose destintada mostrou desempenho análogo àquele das celuloses de coníferas. Foi importante observar que as celuloses de folhosas - identificadas refs. 21 e 22 - também exibiram interessante potencial de maciez. A celulose fabricada com folhosa europeia (ref. 21) teve classificação de maciez positiva se utilizada sem refino, mas refino destruiu seu potencial de maciez. Em oposição, a classificação da maciez da celulose de folhosa sulasiática (ref. 22) melhorou durante a refinação. Esse tipo de celulose foi fabricado especialmente para produção de tissue. A diferença poderia ser explicada pela diferença nas propriedades das fibras e do comportamento no refino. Todavia, para todas as celuloses estudadas o refino - e a ação mecânica em particular -, diminuiu o potencial de maciez. Para conservar o potencial de maciez das celuloses de mercado para tissue, a refinação precisa ser reduzida ou, então, desenvolvidas novas tecnologias de refino. E mais, esses resultados vieram demonstrar que as características das fibras, modificadas durante a refinação, se constituíam em alguns dos parâmetros mais decisivos no desenvolvimento da maciez para aplicações em tissue.

Visto que na fabricação de tissue o comprimento de ruptura é uma das resistências mais representativas, foi de interesse analisar a evolução da maciez com o comprimento

The CTP panel assessed the unrefined and refined pulps in duplicate (Figure 6). In general, good repeatability was obtained for all the pulps, giving the different pulps ranks according to their softness potential. From these results, it was clear that softwood and deinked pulps presented the worse softness potential and that this potential decreased with refining. The softer pulps were hardwood pulps, including all the eucalyptus pulps. Depending on the eucalyptus wood and the pulping process, the softness potential varied from 2 to 5, but valuable softness in tissue manufacture could be developed in all. The three softwood pulps behaved similarly during the softness assessment. The deinked pulp behaved the same as the softwood pulps. It was important to note that hardwood pulp - labelled refs. 21 and 22 - also presented an interesting softness potential. The pulp produced from European hardwood (ref. 21) had a positive softness rank if used unrefined, but refining destroyed its softness potential. On the contrary, the softness rank of the South Asian hardwood pulp (ref. 22) improved during refining. This pulp grade was produced especially for tissue production. The difference could be explained by the different fibre characteristics and refining behaviour. Nevertheless, for all the pulp grades studied, refining - and more particularly the mechanical action -, reduced softness potential. To conserve the softness potential of market pulps for tissue production, refining had to be limited or new refining technologies developed. Besides, these results showed that the fibre characteristics, which were modified during refining, were some of the most influential parameters in developing softness for tissue applications.

As the breaking length is one of the most important strengths in tissue manufacture, it was interesting to analyse the evolution of softness and breaking length

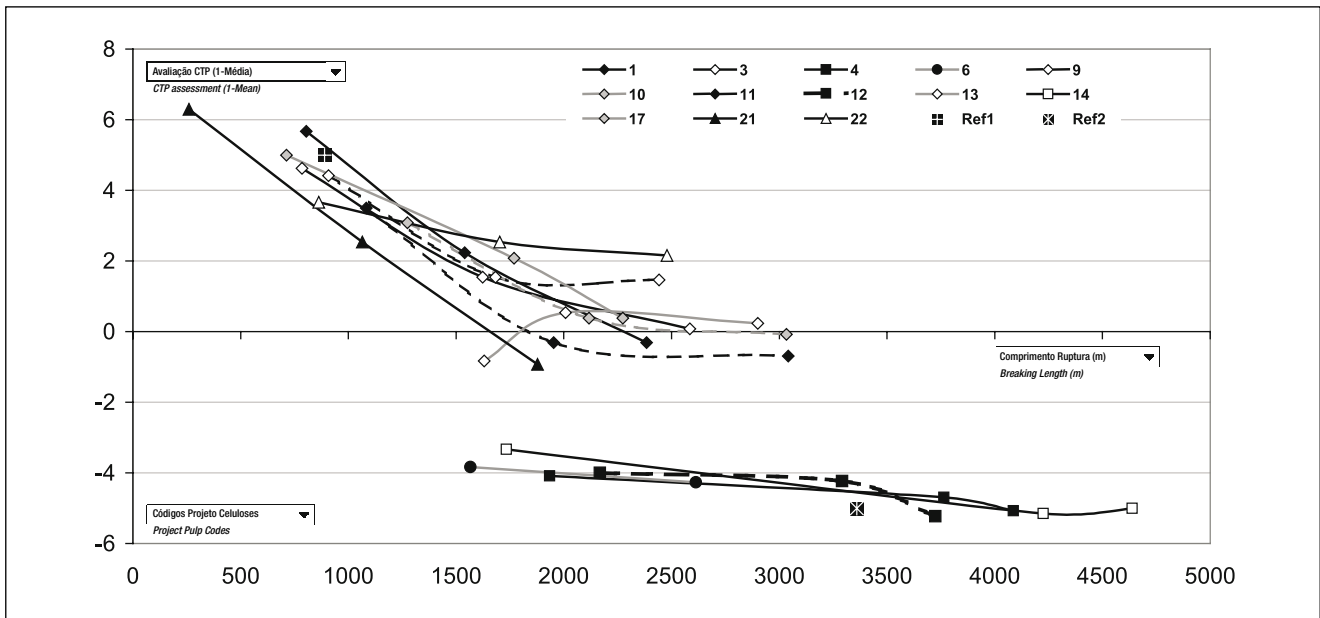


Figura 7. Evolução da maciez (valor médio) versus comprimento de ruptura das 13 celulosas comerciais testadas, refinadas ou não
Figure 7. Evolution of softness (average value) versus breaking length of the 13 commercial pulps tested, refined or not

de ruptura (**Figura 7**). O aumento da resistência à tração devido à modificação das fibras na refinação diminuiu a maciez em todas as celulosas estudadas. De modo geral, a maciez das celulosas de folhosas foi menos afetada que aquela das coníferas. Na Figura 7 foi muito fácil diferenciar celulosas de folhosas das de coníferas e da destintada. Foi ilustrativo observar que a celulose de folhosa sulasiática (ref. 22) apresentou redução da maciez durante a refinação, mas a maciez entre celulosas altamente refinadas foi a mais alta, ao passo que depois da refinação a maioria das celulosas de eucalipto chegou a um valor zero de maciez.

Foi portanto interessante analisar a evolução das principais características das fibras em função do refino (**Figuras 8, 9, 10**). As características principais, medidas com o analisador MorFi, variaram conforme o esperado durante de refinação a

(**Figure 7**). The increase in tensile strength due to the fibre modification during refining decreased pulp softness for all the pulp grades studied. In general, the hardwood pulp softness was less affected than softwood. On Figure 7 it was very easy to distinguish hardwood pulps from softwood and deinked pulps. It was interesting to note that the South Asian hardwood pulp (ref. 22) presented a decrease in softness during refining, but the softness of the highly refined pulps was the highest, whereas the majority of the eucalyptus pulps arrived at a value of zero for the softness after refining.

Therefore, it was interesting to analyse the evolution of the main fibre characteristics with refining (**Figures 8, 9, 10**). The main fibre characteristics measured by the MorFi analyser varied as expected

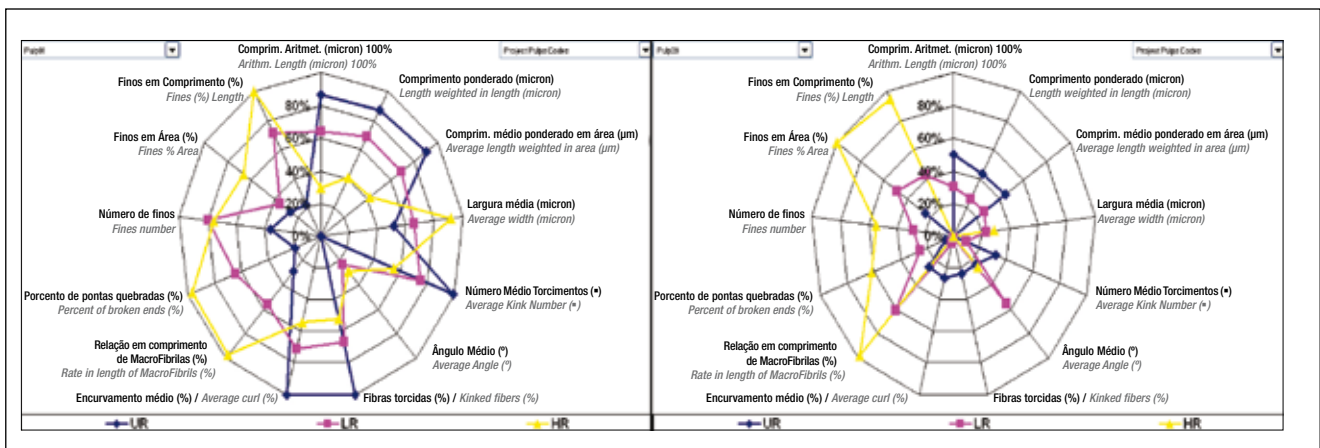


Figura 8. Evolução das principais características da fibra das celulosas de eucalipto identificadas ref. 1 (esquerda) e referência 9 (direita), durante a refinação / **Figure 8.** Evolution of the main fibre characteristics of the eucalyptus pulps labelled ref. 1 (left) and ref. 9 (right) during refining

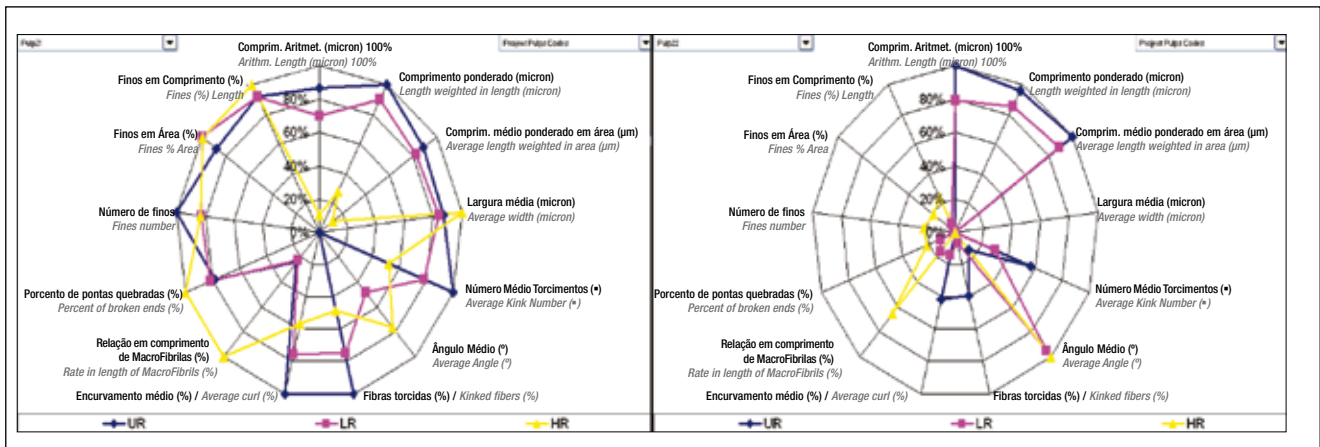


Figura 9. Evolução das principais características da fibra das celuloses de folhosa identificadas ref. 21 (esquerda) e ref. 22 (direita) durante a refinação / **Figure 9.** Evolution of the main fibre characteristics of the hardwood pulps labelled ref. 21 (left) and ref. 22 (right) during refining

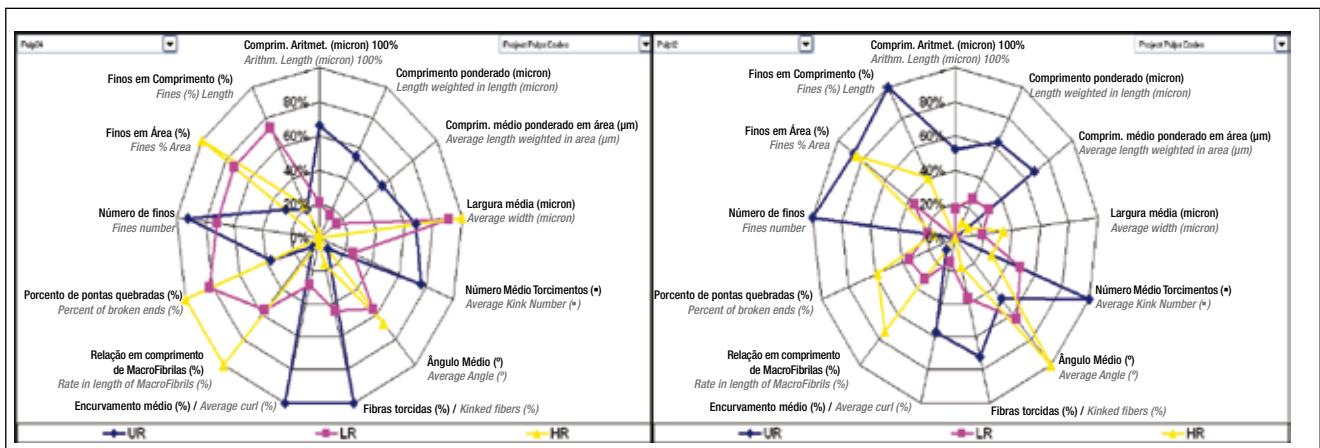


Figura 10. Evolução das principais características da fibra das celuloses de conífera identificadas ref. 4 (esquerda) e ref. 12 (direita) durante a refinação / **Figure 10.** Evolution of the main fibre characteristics of the softwood pulps labelled ref. 4 (left) and ref. 12 (right) during refining

disco. Mas as variações dependeram do tipo de celulose e da espécie de madeira utilizada para sua produção, pois cada qual era composta de fibras diferentes, que se comportaram de forma distinta durante o refino. Não foi tentada nenhuma otimização das condições de refinação por tipo de celulose. As comparações foram feitas a idênticas condições de refino. Isso poderia deixar em aberto possibilidades para a evolução das características dessas fibras e, com isso, a avaliação de seu potencial de maciez.

Por exemplo, biorrefinação é conhecida por desenvolver propriedades do papel com limitada degradação das fibras. Poder-se-ia esperar viável conservar o potencial de maciez da celulose mediante aplicação da biorrefinação para alguns tipos selecionados de celuloses.

Modelação da maciez

De todas as avaliações de maciez do grupo CTP e das características medidas das fibras, foi possível desenhar um modelo matemático para análise estatística. Os valores de maciez previstos estavam em muito boa conformidade com

during disc refining. But the variations depended on the pulp grade and on the wood species used to produce the pulp, because each was composed of different fibres, which behaved differently during refining. No optimisation of the refining conditions per pulp grade was attempted. The comparisons were made at identical refining conditions. This could leave way for the evolution of these fibre characteristics and, therefore, on their softness potential assessment.

For example, bio-refining is known to develop paper properties with limited fibre degradation. We could expect to conserve pulp softness potential by using bio-refining for certain selected pulp grades.

Softness modelling

From all the CTP panel softness assessments and the fibre characteristics measured, it was possible to design a mathematical model for statistical analysis. The softness values predicted were in very good

aqueles medidos para todas as celuloses estudadas (**Figura 11**).

Esse modelo de maciez potencial foi realizado com as seguintes características das fibras, selecionadas por sua influência significativa nessa propriedade do tissue:

- Ângulo médio de torcimento (impacto negativo)
- Índice médio de encurvamento (impacto positivo)
- Conteúdo de fibras quebradas (impacto negativo)
- Conteúdo de finos em área (impacto positivo)
- Conteúdo de finos em comprimento (impacto negativo)

Esse modelo resultou válido para aplicação (**Tabela 3**) e também suficientemente robusto, pois se demonstrou adequado inclusive para outras celuloses de mercado. Todavia, ainda que uma única celulose destintada tenha sido considerada neste estudo, foi necessário desenvolver um modelo para essa classe de polpas. Atualmente, muitos papéis tissue

agreement with those measured for all the pulps studied (**Figure 11**).

This softness potential model was established with the following fibre characteristics, chosen for their significant influence on this property:

- Mean kink angle (negative impact)
- Mean curl index (positive impact)
- Broken fibres content (negative impact)
- Fines content in area (positive impact)
- Fines content in length (negative impact)

This model was valid for application (**Table 3**) and attested to be sufficiently robust since it also proved valid for other market pulps. Nonetheless, if even one deinked pulp was considered in this work, a specific model had to be developed for that pulp grade. Today,

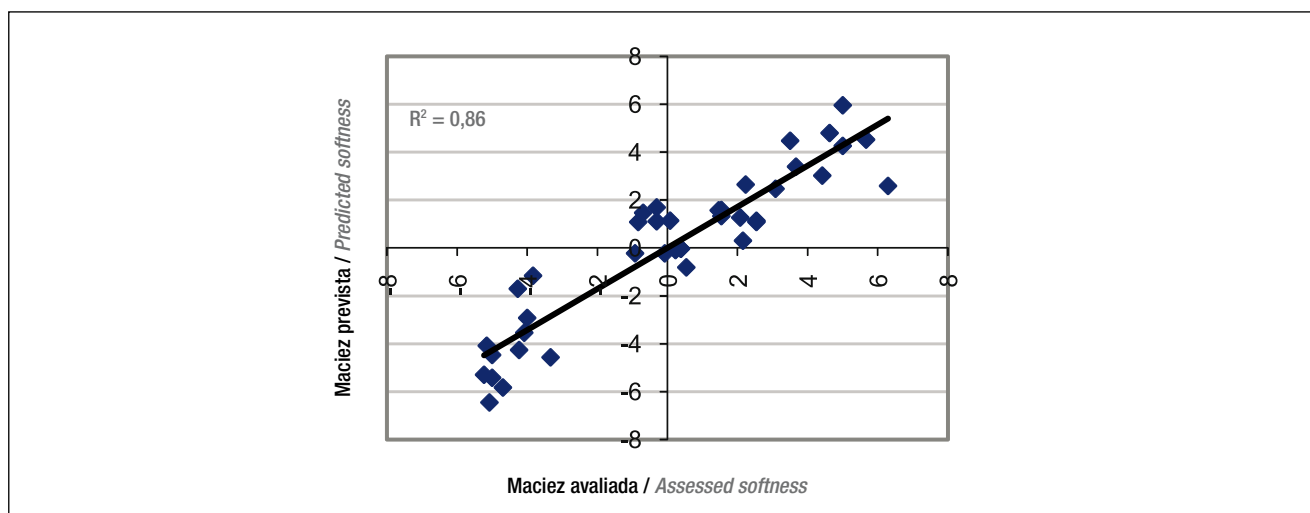


Figura 11. Correlação entre a maciez prevista e a maciez avaliada para as 13 celuloses comerciais testadas, refinadas ou não, baseada no modelo preparado / **Figure 11.** Correlation between predicted softness and assessed softness for the 13 commercial pulps tested, refined or not, based on the model obtained

Tabela 3. Aplicação de características da fibra para utilização do modelo de previsão do potencial de maciez / **Table 3.** Application of fibre characteristics for using the softness potential prediction model

Características das fibras / Fibre characteristics	Mínimo / Minimum	Máximo / Maximum
Comprimento aritmético da fibra, μm / Arithmetic fibre length, μm	593,0	1435,5
Comprimento ponderado da fibra, μm / Length weighted fibre length, μm	694,5	2172,5
Comprimento ponderado área fibra, μm / Area weighted fibre length, μm	696,0	2256,0
Largura média da fibra, μm / Average fibre width, μm	16,6	31,3
Coarseness, mg/mL / Coarseness, mg/mL	0,05	0,15
Número médio de torcimentos / Average kink number	1,15	1,64
Conteúdo de fibras torcidas, % / Kinked fibres content, %	129,7	134,4
Índice médio de encurvamento, % / Average curl index, %	7,12	11,46
Índice de macrofibrilação, % / Macrofibrillation index, %	0,33	0,79
Conteúdo de fibras quebradas, % / Broken fibres content, %	10,1	38,1
Conteúdo de finos, % em área / Fines content, % in area	3,42	19,25
Conteúdo de finos, % em comprimento / Fines content, % in length	23,89	45,29

são produzidos a partir de polpas destintadas e a qualidade dessas polpas dependia grandemente da matéria-prima utilizada para sua fabricação, de suas fibras e composições das cargas de enchimento. Por isso, é necessária atenção especial a essa classe de polpas.

Com base nas características da fibra das diversas celuloses e de sua evolução durante o refino (Figuras 8, 9, 10), é possível determinar o potencial de maciez e sua correspondente evolução durante a refinação. Com base nos parâmetros do modelo, tem sido possível antecipar o impacto sobre o potencial de maciez da celulose analisando as variações das características da fibra.

O potencial de maciez da celulose de mercado poderia ser avaliado pela análise das fibras. Os produtores de celulose poderiam usar esse modelo para informar o potencial de maciez de seu produto, enquanto os fabricantes de tissue teriam como determinar previamente a maciez de seu papel mediante a mescla de celuloses com diferentes potenciais de maciez e pela antecipação do impacto da refinação nesses potenciais por via da medição das características da fibra.

A instalação de um analisador MorFi na preparação de massa de uma máquina de tissue possibilitaria aos operadores avaliar a maciez potencial dos papéis tissue que irão fabricar.

Foi feita alguma caracterização do estado da superfície de folhas manuais “macias” com base em modelos ópticos ou técnicas tribométricas (medições do atrito), mas que não melhoraram o modelo (resultados não mostrados).

Comparação do grupo CTP com os demais 4 grupos

Com as 13 celuloses não-refinadas e refinadas e com as duas de referência foi produzida quantidade suficiente de folhas manuais “macias” para distribuição aos quatro grupos associados no projeto. Os grupos avaliaram a maciez conforme seus próprios procedimentos. Os resultados obtidos pelo CTP e pelos quatro grupos associados foram analisados estatisticamente (**Tabela 4**). O grupo CTP e o grupo 2 ava-

many tissue papers are produced from deinked pulps and the qualities of these pulps greatly depended upon the raw materials selected to produce them and on their fibres and fillers compositions. Therefore, a specific attention must be paid to these pulp grades.

Based on the fibre characteristics of the different pulps and their evolution during refining (Figures 8, 9, 10), it is possible to determine the pulp softness potential and their evolution during refining. Based on the model parameters, it was possible to anticipate the impact on the pulp softness potential by analyzing the fibre characteristic variations.

The softness potential of market pulp could be evaluated from fibres analysis. Pulp producers could use this model to indicate a softness potential for their pulp, while tissue manufacturers could anticipate the softness of their tissue by mixing pulps with different softness potentials and by anticipating the impact of refining on these potentials by measuring the fibre characteristics.

The installation of a MorFi analyser in the stock preparation of a tissue machine would let operators evaluate the softness potential of the tissue papers they would produce.

Some surface state characterisation of the “softness” handsheets based on optical methods or tribometric techniques (friction measurements), was done but they did not improve the model (results not shown).

Comparison of the CTP panel with the 4 other panels

Sufficient “softness” handsheets were made from the 13 unrefined and refined pulps and from the two references to be distributed to the four project partner panels. These panels assessed softness according to their own protocols. The results obtained from CTP and the four other panels were statistically analysed (Table 4). The CTP panel and panel 2 as-

Tabela 4. Correlação entre grupos na avaliação da maciez das 13 celuloses comerciais testadas, refinadas ou não / **Table 4.** Correlation between panels for the softness assessment of the 13 commercial pulps tested, refined or not

	CTP1 (Média) CTP1 (Mean)	CTP1 (Mediana) CTP1 (Median)	CTP2 (Média) CTP2 (Mean)	CTP2 (Mediana) CTP2 (Median)	Grupo 2 Panel 2	Grupo 3 Panel 3	Grupo 4 Panel 4	Grupo 5 Panel 5
CTP1 (Média) / CTP1 (Mean)	1							
CTP1 (Mediana) / CTP1 (Median)	0,99	1						
CTP2 (Média) / CTP2 (Mean)	0,95	0,95	1					
CTP2 (Mediana) / CTP2 (Median)	0,95	0,95	0,99	1				
Grupo 2 / Panel 2	0,95	0,94	0,90	0,91	1			
Grupo 3 / Panel 3	0,95	0,93	0,86	0,86	0,93	1		
Grupo 4 / Panel 4	0,52	0,52	0,51	0,52	0,44	0,42	1	
Grupo 5 / Panel 5	0,93	0,94	0,93	0,93	0,93	0,89	0,50	1

liaram 38 amostras, enquanto os grupos 3 e 5 somente 28 amostras e o grupo 4, 27 amostras. Com exceção do grupo 4, as avaliações da maciez dos grupos mostraram correlação de 86%. Esses resultados indicaram que o procedimento desenvolvido pelo CTP poderia ser utilizado para estimar a maciez de folhas manuais “macias” ou de papéis tissue, e que os integrantes do grupo CTP haviam sido treinados corretamente e fornecido a mesma avaliação dos bem-treinados integrantes dos grupos dos fabricantes de tissue. O grupo 4 avaliou as folhas manuais utilizando procedimentos diferentes, o que levou a valores diferentes.

As comparações do grupo também mostraram que o modelo desenhado pelo CTP foi válido para outros grupos e que a maciez prevista poderia ser usada para estabelecer o potencial de maciez da celulose e para acompanhamento da evolução da maciez do tissue ao longo do processo de fabricação.

CONCLUSÕES

Treze celuloses de mercado produzidas com eucaliptos, folhosas e coníferas de diferentes regiões do mundo foram comparadas antes e depois da refinação quanto a seu potencial de maciez para produtos tissue. Foi elaborado um procedimento para a preparação de folhas manuais (laboratório “macias”, para possibilitar a simulação da estrutura do tissue necessária à avaliação da maciez da celulose com um grupo treinado e um procedimento de avaliação.

Foi elaborado um modelo para a predição do potencial de maciez da polpa a partir de características das fibras medidas com o analisador MorFi, o que possibilita comparação entre tipos de celulose. Os fabricantes de celulose poderiam informar seus clientes acerca do potencial de maciez de seus tipos de celulose. Os produtores de tissue, por sua vez, poderiam estimar a variação da maciez do tissue e com isso efetuar seu controle mediante análise das fibras e da composição da celulose.

Durante este estudo resultou evidente que as celuloses de folhosas, e particularmente as de eucalipto, eram as de potencial de maciez mais alto. Celuloses de coníferas não se recomendaram para a produção de papéis tissue mais macios, mas como se fazem necessárias para a indispensável resistência à tração durante a fabricação, seu conteúdo teve de ser limitado para não prejudicar a maciez final. Ficou demonstrado que a refinação de disco - necessária para desenvolver a resistência à tração - tinha efeito prejudicial no potencial de maciez: quanto maior o refino, menor a maciez. Se o potencial de maciez das celuloses de eucalipto diminuiu ligeiramente durante o refino, as avaliações da maciez das celuloses de coníferas foram as piores. Uma celulose sul-siática de folhosa não perdeu maciez durante a refinação, e alcançou resistência à tração desejada com um potencial particularmente positivo de maciez.

Para completar este estudo, foi utilizada a mesma aborda-

essed 38 samples, whereas panel 3 and 5 only 28 samples and panel 4, 27 samples. Except for panel 4, the softness assessments of the panels correlated at 86%. These results indicated that the protocol developed by CTP could be used to assess the softness of “softness” handsheets or tissue papers and that the CTP panellists had been correctly trained and had furnished the same assessments as the well-trained tissue manufacturers’ panellists. Panel 4 assessed the handsheets using different protocols, which led to different values.

The panel comparisons also indicated that the model designed by CTP was valid for other panels and that the softness predicted could be used for establishing pulp softness potential and following the evolution of tissue softness during the course of tissue production.

CONCLUSIONS

Thirteen market pulps produced from eucalyptus, hardwoods and softwoods from different regions of the world were compared before and after refining in terms of tissue softness potential. A method for manufacturing “softness” handsheets was designed, making it possible to simulate the tissue structure needed for assessing the pulp softness with a trained panel and an evaluation protocol.

A model was constructed for predicting the pulp softness potential from fibre characteristics measured with the MorFi analyser, allowing the comparison of pulp grades. Pulp producers may inform their customers on the softness potential of their different pulp grades. Tissue manufacturers may also estimate the variation of tissue softness and then control it through fibre analysis and pulp composition.

During this study, it was demonstrated that hardwood pulps, and more particularly eucalyptus pulps, had the highest softness potential. Softwood pulps were not recommended for producing softer tissue papers, but as they were necessary for the tensile strength required for manufacturing, their content had to be limited so as not to hinder the final softness. It was demonstrated that disc refining - necessary for developing tensile strength - had a detrimental impact on softness potential: the higher the refining, the lower the softness. If the eucalyptus pulps’ softness potential decreased slightly during refining, the softwood pulps’ softness assessments were the worst. One South Asian hardwood pulp did not lose softness during refining, and reached the desired breaking length with a particularly positive softness potential.

In order to complete this study, the same approach

gem em produtos tissue, testando combinações de celuloses, características de fibras e parâmetros de processo. Para melhorar a predição da maciez do tissue diretamente na máquina foi também desenvolvido um sensor de maciez baseado na medição do estado da superfície. Foi ainda desenvolvido um modelo para permitir previsão da maciez a 95%. Além disso, deveriam ser estudadas algumas tecnologias de refino novas, como a biorrefinação ou discos de refinação especiais para eucalipto. Por fim, deverá ser iniciado um estudo específico para polpas destinadas, pois que avaliações dessa matéria-prima têm produzido resultados muito diferentes daqueles das celuloses de mercado.

Agradecimentos

Os autores manifestam gratidão aos membros da InTechFibres CTPi por seu apoio financeiro a este projeto e aos integrantes dos grupos da CTP e dos associados no projeto por suas contínuas avaliações. ▲

was used on tissue products, testing pulp mixtures, fibre characteristics and process parameters. A softness sensor based on surface state measurement was also designed to improve the prediction of tissue softness directly on tissue machines. A model was also developed allowing a prediction of tissue softness at 95%. Moreover, certain new refining technologies, such as bio-refining or appropriate eucalyptus refining plates, will have to be studied. Finally, a specific study will be initiated for deinked pulps since assessments of this raw material produced results very different from those of the market pulps.

Acknowledgements

The authors gratefully thank the InTechFibres CTPi members for their financial support of this project and the different panellists from CTP and project partners for their assiduous assessments. ▲

REFERÊNCIAS / REFERENCES

1. Lyne M.B., Whiteman A., Donderi D.C. (1984), *Pulp and Paper Canada* 85 (10): 43.
2. Bates J.D., Stevens S.S. (1960), *Journal Exper. Psych*, 60 (3): 183.
3. Stevens J.C. (1965), *Tappi Journal*, 48 (4): 63.
4. www.paulhoffman.com
5. Eperen V., Winck W.A. (1995), *IPC Project 2220, Report 5, Institute of Paper Chemistry*, Appleton, WI, USA.
6. Liu J., Hsieh J. (1999), *A novel method of understanding the softness of tissue paper*, TAPPI "Preparing the next Millenium" Conference, Proceedings vol 1, pp77-88, Atlanta, GA, USA, 1-4 March.
7. Hollmark H. (1983), *Evaluation of tissue softness*, Tappi Journal, 66 (2): 97-99.
8. Ampulski R.S., Spindel W.U., Sawdai A.H., Weinstein B. (1991), *Methods for the measurement of the mechanical properties of tissue paper*, TAPPI International Paper Physics Conference, Proceedings Book 1, pp 19-30, Kona, Hawaii, 22-26 September.
9. Rust J.P., Shalev I., Keadle T.L., Barker R.L. (1994), *Evaluation of surface softness of tissue papers products using mechanical stylus scanning, optical image analysis and fuzzy sets*, TAPPI Nonwovens Conference, Proceedings pp139-142, Orlando, FL, USA, 14-16 February.
10. *Paprican Crepe Sensor*
11. Pan Y., Habeger C., Biasca J. (1989), *Empirical relationship between tissue and out-of-place ultrasonic measurement*, Institute of Paper Chemistry, Appleton, WI, USA.
12. Sarimweis F., Retsina T. (2000), *Tissue softness prediction using neural network methodologies*, 86th Annual meeting, Preprints A, pp A27-A30, Montreal, Que, Canada, 1-3 February.
13. Hollmark H., Ampulski R.S. (2004), *Measurement of tissue paper softness: a literature review*, Nordic Pulp and Paper Research Journal, 10 (3): 345-353.
14. Ampulski R.S., Hollmark H. (2007), *Softness moving towards the virtual test*, Tissue World, p40, December-January.
15. Eymin-Petot-Tourtollet G., Cottin F., Cochaux A., Petit-Conil M. (2003), *The use of MorFi analyser to characterise mechanical pulps*, International Mechanical Pulping Conference, Proceedings Poster Presentations, pp225-232, Quebec city, Quebec, Canada.