

PROPRIEDADES PAPELEIRAS DE MISTURAS DE POLPAS

- fibras de eucalipto, aparas destintadas e fibras longas -

Edvins Ratnieks

Ervin Mora

Marco Aurélio Luiz Martins

RIOCELL S.A.

Guaíba, RS - Brasil

1. Introdução

A prática de misturas de fibras papeleiras tem sido largamente utilizada para prover propriedades características no produto final, que nem sempre são possíveis através do uso de fibras de origem única. A generosa diversidade de fibras papeleiras existentes no mercado determina que se possam produzir papéis com elevada diversidade de propriedades e aplicações finais. Neste contexto, fibras de folhosas, com características dimensionais reduzidas, elevado grau de liberdade rotacional, rigidez e espessura de parede celular, tem contribuído para melhorar a formação de folha, permeação de fluidos e propriedades óticas em geral. As fibras de coníferas, longas e conformáveis, tem intrinsecamente o papel de desenvolver propriedades de resistência físico-mecânica tais como a rigidez, resistência ao dobramento e rasgo. A mistura de fibras curtas e longas de diversas origens tem beneficiado a produção de papéis planos, especialmente em gramaturas extremas, onde algumas das propriedades citadas tornam-se críticas. Nestes casos, além dos recursos de seleção de fibras adequadas, o uso de equipamentos auxiliares e controle da fabricação tornam-se fatores-chave de produção.

A incessante busca da otimização de recursos que atendam melhor as necessidades na fabricação de papel tem feito ao longo dos anos que o uso de fibras curtas cresça. Isto deve-se pela evidente vantagem tecnológica que o seu uso determina nas propriedades finais dos papéis para imprimir e escrever entre outros. Desta forma, o mercado passou a ter opções de matérias-primas.

Mais recentemente, a valorização mercadológica das fibras recicladas, traz novo ciclo de alterações no consumo de fibras no mercado mundial. Um novo desafio tecnológico descortina-se na utilização de papéis reciclados de escritório, destintando-os para produzir papéis sanitários ou mesmo para impressão. No segmento de impressão, já existe quantidade substancial de aparas destintadas sendo utilizadas, mas a pré-seleção de material é ainda fundamental.

Num mercado competitivo e intensivo de capital, a avaliação técnica dos potenciais concorrentes é uma constante.

Trabalho apresentado no 27º. Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 07 a 11 de novembro de 1994.

2. Objetivos

Este trabalho técnico visa comparar o potencial papelheiro de misturas de fibras curtas de eucalipto contra fibras de aparas destintadas obtidas de rejeito de escritório, ambas misturadas com fibras longas. Afirma-se genericamente que as fibras recicladas devem ser refinadas o mais suavemente possível, com o objetivo de restaurar suas propriedades. Para esclarecer esta questão no reuso de aparas de escritório brasileiras, realizou-se uma investigação de laboratório com o uso de um refinador industrial para refino em baixa consistência.

São realizadas misturas binárias entre fibras curtas e longas, bem como aparas e fibras longas em níveis comparáveis. Os ensaios são realizados após o refino adequado das misturas em planta piloto de refino, portanto ao nível de preparação de massa.

A ampla faixa de estudo permite a previsão de potencial mínimo e máximo de propriedades que interessam ao nível de máquina e ao nível de produto final.

3. Revisão bibliográfica

A refinação industrial de fibras apresenta uma série de controvérsias na literatura no tocante ao modo ideal de refinação. Enquanto os resultados industriais diretos obtidos são questionáveis por serem influenciados por variáveis externas à operação de refino, os resultados de laboratório indicam que cada mistura de polpa, ou grupo de polpas pode ter um comportamento distinto frente a uma dada configuração de refino (Levlin 1980), (Defoe, 1984), (Manfredi, 1986). A investigação dos fatores que causam tais desvios indicam que mesmo as formas de controle do refino empregadas no estado da arte são insuficientes para predizer o resultado final (Kerekes, 1991). A insuficiência de dados sobre a probabilidade de tratamento das fibras dentro dos refinadores, o comportamento hidrodinâmico da suspensão, a efetividade energética, determinam que as propriedades da suspensão fibrosa devam ser testadas empiricamente.

De uma maneira genérica as polpas químicas de fibras longas necessitam carga específica de lâminas mais alta, utilizando-se mínima quantidade de energia para manter o comprimento de fibra e o balanço ótimo de resistência ao rasgo e tração. As polpas de fibra curta necessitam de refino com baixa carga específica de lâminas e normalmente são refinadas mais intensivamente para desenvolver resistência físico-mecânica, em especial a resistência ao rasgo. As fibras de diferentes espécies tem distintas estruturas de parede, composição química, densidade, tendência ao colapso e rotação. Estas diferenças indicam o tratamento caso a caso.

O estudo de misturas de fibras tanto refinadas em conjunto como em separado de uma forma geral não obedece a uma interrelação linear. Enquanto algumas propriedades como a resistência à tração, o coeficiente de espalhamento de luz tem linearidade entre o refino em conjunto e separado (Arlov, 1963), esta afirmação só pode ser validada para refino de fibras com características dimensionais similares (Brecht, 1966), (Thalen &

Wharen, 1968). Uma outra explicação para as discrepâncias encontradas em sistemas multicomponentes refinados em conjunto é o efeito protetor das fibras longas sobre as fibras curtas (**Balac, 1967**), (**Panda, 1964**). Os estudos práticos possibilitam algumas generalizações (**Pira Conference, 1986**):

- * no refino em separado das polpas componentes; as propriedades são mais precisamente previsíveis do que nas misturas;
- * As propriedades de resistência das misturas no pós-refino são quase sempre lineares;
- * As propriedades tais como a densidade, a porosidade são dominadas pela polpa com o valor mais elevado;
- * Para polpas refinadas em mistura, as propriedades finais devidas à fibra longa são superiores e as devidas à fibra curta estão abaixo do que o refino equivalente das polpas em separado com mistura posterior.

Existem hoje duas tendências mundiais definidas na preparação de massa com a finalidade de atingir melhor qualidade de produto ou atender demandas ambientais:

- * consumo crescente de fibras curtas;
- * crescimento no uso de fibras recicladas.

A fibra reciclada já foi refinada pelo menos uma vez, de modo a prover características de um produto. Portanto, o propósito do refino da fibra reciclada é reativar o seu potencial de ligação. É possível reativar parcialmente o potencial de fibras recicladas (**Levlin, 1976**). Parece ser possível restaurar as propriedades por meio do refino, mas mesmo sob condições suaves geram-se quantidades apreciáveis de finos, que obviamente aumentam com o número de vezes de reuso.

4. Materiais e métodos

Os testes de refino foram realizados em uma planta piloto localizada na Riocell S.A. Esta planta está equipada com um refinador de duplos discos com 610 mm de diâmetro, equipado com discos de 500 mm de diâmetro. O acionamento do refinador é de 400 kW, com capacidade de trabalhar em velocidade variável, se necessário. Um sensor de torque está instalado no eixo principal do refinador para assegurar a medição correta do consumo de potência mecânica. Um sensor magnético de fluxo mede a produção refinada. O refinador foi equipado com diferentes conjuntos de discos para prover as cargas específicas de lâminas necessárias para realizar os trabalhos. O refinador está instalado em um sistema provido com tanques apropriados, bombas, válvulas e tubulações para prover a operação adequada da máquina. A capacidade de fluxo do sistema está na faixa de 200-2000 L/min e a energia específica aplicada pode ser variada entre 10-200 kW.h/t.

Os testes foram conduzidos utilizando três amostras comerciais de polpas. A polpa-referência de eucalipto constituiu-se de fardos secos de celulose branqueada, como produzidos em nossa Empresa. A polpa-referência de fibras longas constituiu-se de fardos secos de celulose bran-

queada do Canadá. A amostra-referência de aparas destintadas brasileiras constituiu-se de folhas úmidas preparadas pela Klabin Fabricadora, fábrica de Cruzeiro, São Paulo.

Foi elaborada uma matriz de testes visando comparar diferentes níveis de mistura de polpa de eucalipto e aparas destintadas com a polpa-base de fibras longas. Todas as misturas foram refinadas em conjunto. Foram utilizadas distintas cargas específicas de lâminas (CEL), conforme o nível de mistura testado. Estes valores foram determinados por experimentos prévios e espelham condições idealizadas de refino de misturas. As cargas específicas de lâminas foram variadas pela reconfiguração do conjunto de discos do refinador. Algumas informações estão na Tabela I.

TABELA I- Grau de mistura de polpas, notação de misturas utilizada neste trabalho e carga específica de lâminas (CEL) dos refinos.

Percentual gravimétrico de mistura				
Eucalipto	Aparas	Fibras longas	Notação	CEL, W.s/m
		100	100FL	2,5
100			100E	0,5
30		70	30E:70FL	2,5
50		50	50E:50FL	1,0
90		10	90E:10FL	0,5
	30	70	30A:70FL	2,5
	50	50	50A:50FL	1,0
	90	10	90A:10FL	0,5

Cada refino envolveu a preparação de 200-300 kg de polpa seca. As polpas eram colocadas em um desintegrador industrial e transferidas para um tanque de alimentação do refinador. Todas as polpas tiveram seus pHs de suspensão ajustados para 7 e a consistência de trabalho foi 4%. Durante a operação de refino, a potência mecânica do refinador foi mantida constante (potência em vazio + potência líquida constantes), de modo a obter as cargas específicas de lâminas desejadas. O fluxo hidráulico foi variado para produzir os níveis desejados de aplicação de energia específica. Foram tomadas amostras em diversos níveis de refino. A qualidade da polpa obtida foi analisada através da formação de folhas manuais e análises físico-mecânicas e óticas conforme normas-padrão da TAPPI. O teor de finos foi analisado conforme procedimento do aparelho Dynamic Paper Chemistry Jar (DPCJ) usando tela de 200 mesh. As características dimensionais das fibras foram determinadas pelo aparelho Kajaani FS-100.

5. Discussão dos resultados

A Tabela II sumariza as características dimensionais comparadas das diversas matérias primas usadas para preparar as misturas. Apesar do comprimento médio das fibras de eucalipto e aparas ser semelhante, as demais propriedades não o são. Uma análise microscópica preliminar das fibras de aparas destintadas de escritório indicou predominância de fibras curtas dimensionalmente semelhantes às do eucalipto. Isto deve-se ao fato de que papéis para imprimir e escrever no Brasil predominantemente

utilizam fibras curtas. O teor de finos de aparas é elevado em relação ao teor de finos de polpa de fibras longas e mesmo para a polpa virgem de eucalipto. Tal nível de teor de finos na prática torna muito difícil a utilização da polpa de aparas sem mistura com outra matéria-prima.

TABELA II - Comprimento médio das fibras e teor de finos das polpas.

Polpa	Comprimento médio ponderado		Finos DPCJ	
	mm		%	
Eucalipto	0,69		11,1	
Aparas	0,68		19,8	
Fibras longas	2,40		7,8	

As propriedades físico-químicas das matérias-primas estão na Tabela III. Assim como o teor de finos, o teor de cinzas e insolúveis em ácido clorídrico da polpa de aparas são distintos das outras polpas. Este fato é bem conhecido para aparas, sendo que a prática corrente determina que polpas com tais características não são aptas para fabricação de papéis planos, mas são adequadas para papéis da linha higiênica. O mesmo ocorre com a alvura e teor de pontos pretos, não adequados para produção de papéis para imprimir e escrever. Devido a estes fatores, neste trabalho avaliaremos o potencial da fibra reciclada contra o da fibra virgem de eucalipto, ambas misturadas com fibras longas, somente quanto às propriedades físico-mecânicas.

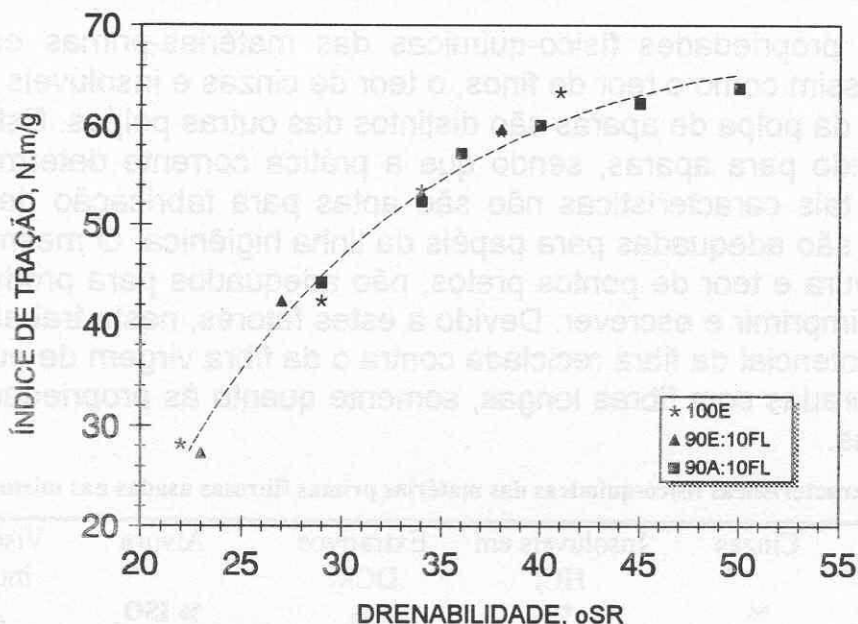
TABELA III- Características físico-químicas das matérias primas fibrosas usadas nas misturas.

Polpas	Cinzas %	Insolúveis em HCl %	Extrativos DCM %	Alvura % ISO	Viscosidade intrínseca cm ³ /g
Aparas	7,4	4,2	0,3	77,0	550
Fibras longas	0,2	0,007	0,2	83,4	850

Na Figura 1 descrevemos o comportamento de fibras de eucalipto ou de aparas em elevadas proporções, refinados em condições semelhantes, a 0,5 W.s/m. A polpa de aparas possui elevado teor de finos, que determina uma elevada resistência à drenabilidade inicial. A sobreposição das curvas é clara indicação que o refino cuidadoso em carga específica de lâminas ultra-baixa regenera as propriedades papeleiras da polpa de aparas satisfatoriamente. Dependendo do nível de resistência desejado, a simples re-hidratação ou suave refino são capazes de restabelecer a polpa. Pode-se entender também que pequenas proporções de mistura entre fibras longas e curtas ou aparas não causam efeito sensível na resistência à tração, como mostrado na Figura 1, ou em outras propriedades físico-mecânicas, exceto a resistência ao rasgo que é muito sensível à adição de fibras longas. A prática papeleira (Hillman, 1989), (Kibblewhite, 1993), considera que proporções de mistura entre fibras longas e curtas inferiores a 20% base gravimétrica não resultam em alterações importantes de propriedades do papel. Em nosso trabalho confirmamos que variações sensíveis somente passam a ocorrer em intervalos de mistura iguais ou superiores a 20%, tanto

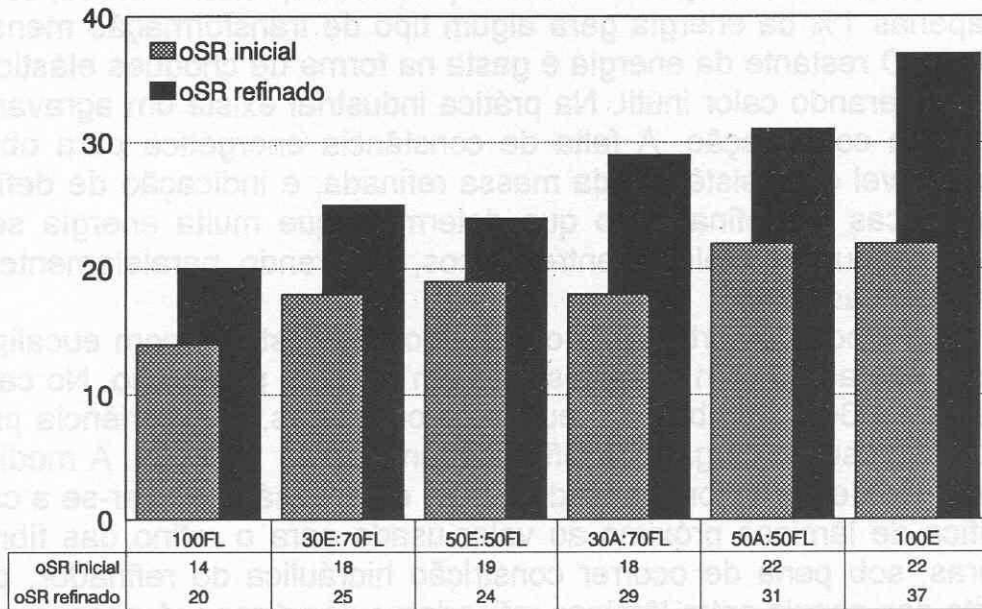
para misturas de fibras longas com aparas, como com fibras de eucalipto. Se considerarmos que uma polpa de eucalipto tem tipicamente 24×10^6 fibras por grama, enquanto uma polpa de fibras longas tem 4×10^6 fibras por grama, a proporção gravimétrica de mistura de 10% de fibras longas equivale à existência aproximada de 2 fibras longas por 100 fibras de polpa. Intuitivamente, tal comparação explica o baixo nível de contribuição das fibras longas para a estrutura de reforço do papel quando presentes em tão baixa proporção.

FIGURA 1 - Relações entre a resistência à tração e a resistência à drenabilidade de polpas de eucalipto e aparas misturadas com pequena proporção de fibras longas.



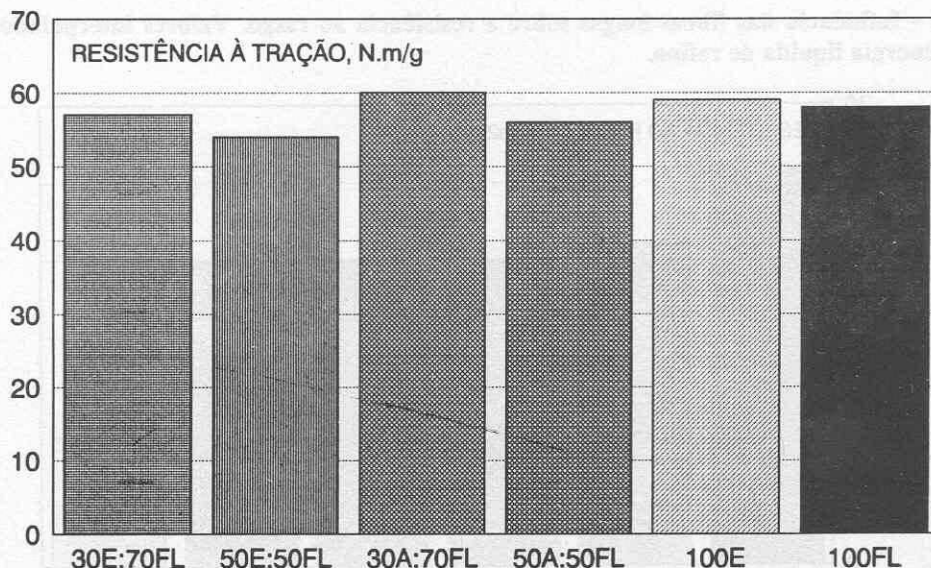
Na Figura 2 estão demonstradas as variações da resistência à drenagem inicial e a um nível constante de energia de refino de 50 kW.h/t. A escolha do nível de energia constante pressupõe que cada amostra seja testada em condições otimizadas (Baker, 1991). Em experimentos preliminares determinamos que as condições ótimas para cada nível de mistura são muito próximas. Tomando a teoria da carga específica de lâminas como referência, os níveis de mistura equivalentes puderam ser agrupados e refinados com mesma carga específica de lâminas e que melhor satisfazia o conjunto testado. A resistência à drenagem de fibras longas não refinadas em suspensão é naturalmente distinta do comportamento de fibras curtas, devido às diferenças físicas das fibras em suspensão. A mistura de fibras longas com curtas situa a resistência à drenagem das mesmas em níveis intermediários, como esperado para esta propriedade. Devido ao maior teor de finos da polpa de aparas, maiores são os valores de drenabilidade nas misturas nos dois níveis de refino mostrados. Mas pode-se entender que misturas refinadas de aparas com fibras longas em proporções de 50% ou maiores (o intervalo entre 51-89% não foi testado) possuem níveis de drenabilidade menores ou iguais que a fibra curta de eucalipto sem mistura. Tais comparações tem importância, pois mesmo em diferentes níveis de drenabilidade, todas as polpas refinadas a 50 kW.h/t tem níveis de resistência comparáveis, como mostrado na Figura 3.

FIGURA 2 - Comparação entre a resistência à drenagem de misturas de fibras não refinadas e refinadas até 50 kW.h/t de energia líquida.



A Figura 3 mostra as polpas comparadas a 50 kW.h/t quanto a resistência à tração. Em nível otimizado de refino, polpas tão distintas quanto eucalipto e fibras longas podem ter níveis de resistência à tração equivalentes com o mesmo consumo energético. Conseguimos níveis equivalentes para esta propriedade refinando a 0,5 Ws/m as polpas contendo somente eucalipto ou misturas com elevada presença de eucalipto. Refinamos fibras longas a 2,5 W.s/m, pois neste valor ainda encontramos o ponto de máxima manutenção de resistência ao rasgo da polpa, utilizando um disco de refino convencional.

FIGURA 3 - Resistência à tração de polpas e misturas a um nível constante de energia líquida de refino de 50 kW.h/t. As cargas específicas de lâminas foram selecionadas para cada grau de mistura de modo a obter condições próximas do máximo rendimento energético do refinador.



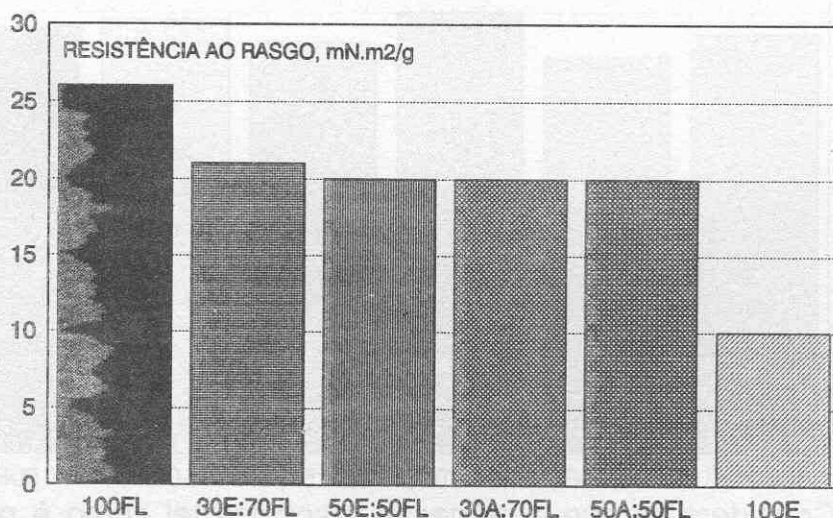
Considera-se que a refinação mecânica tal como é praticada no estado da arte, é uma operação onde a eficiência de utilização da energia

para obtenção de trabalho sobre as fibras é extremamente baixa. Do total de energia líquida de refinação transferida para a suspensão fibrosa, efetivamente apenas 1% da energia gera algum tipo de transformação mensurável na fibra. O restante da energia é gasta na forma de choques elásticos entre fibras, liberando calor inútil. Na prática industrial existe um agravante sério para esta constatação. A falta de constância energética para obter determinado nível de resistência da massa refinada, é indicação de deficiências mecânicas do refinador, o que determina que muita energia seja perdida por choques metálicos entre discos, ocorrendo paralelamente o corte excessivo das fibras.

O mesmo comportamento observado nas misturas com eucalipto ocorreu com aparas ou com suas misturas em elevada proporção. No caso de misturas com 30% de fibras de eucalipto ou aparas, a experiência pregressa indicava uso de carga específica de lâminas de 1 W.s/m. A medida que a proporção de fibras longas tende a 50% é necessário elevar-se a carga específica de lâminas próximo ao valor usado para o refino das fibras longas puras, sob pena de ocorrer constrição hidráulica do refinador, por entupimento dos canais entre lâminas refinadoras dos discos. A observação dos dados em conjunto permite verificar que há uma variação de cerca de $\pm 5\%$ ao redor de um valor médio de 57 N.m/g e que os dados para as misturas mostram, tanto com aparas como com eucalipto, uma tendência de decréscimo com o aumento da proporção. Este decréscimo deve-se muito mais à arbitração de cargas específicas de lâminas para cada nível de mistura, não se objetivando explicitamente este nivelamento. A observação prática de que em níveis equivalentes de otimização energética obtém-se a equivalência de algumas propriedades físico-mecânicas confirma outra pesquisa (Baker, 1991), e vale para outras propriedades de resistência associadas predominantemente ao grau de ligação interfibras.

A resistência ao rasgo é uma propriedade que intrinsecamente tem mais associação com as dimensões das fibras, sendo que neste caso a presença de fibras longas na mistura faz com que o valor maior predomine.

FIGURA 4 - Influência das fibras longas sobre a resistência ao rasgo. Valores interpolados para 50 kW.h/t de energia líquida de refino.



Na Figura 4 demonstramos a predominância da propriedade de rasgo pelas fibras longas, tanto para misturas com eucalipto como com apa-

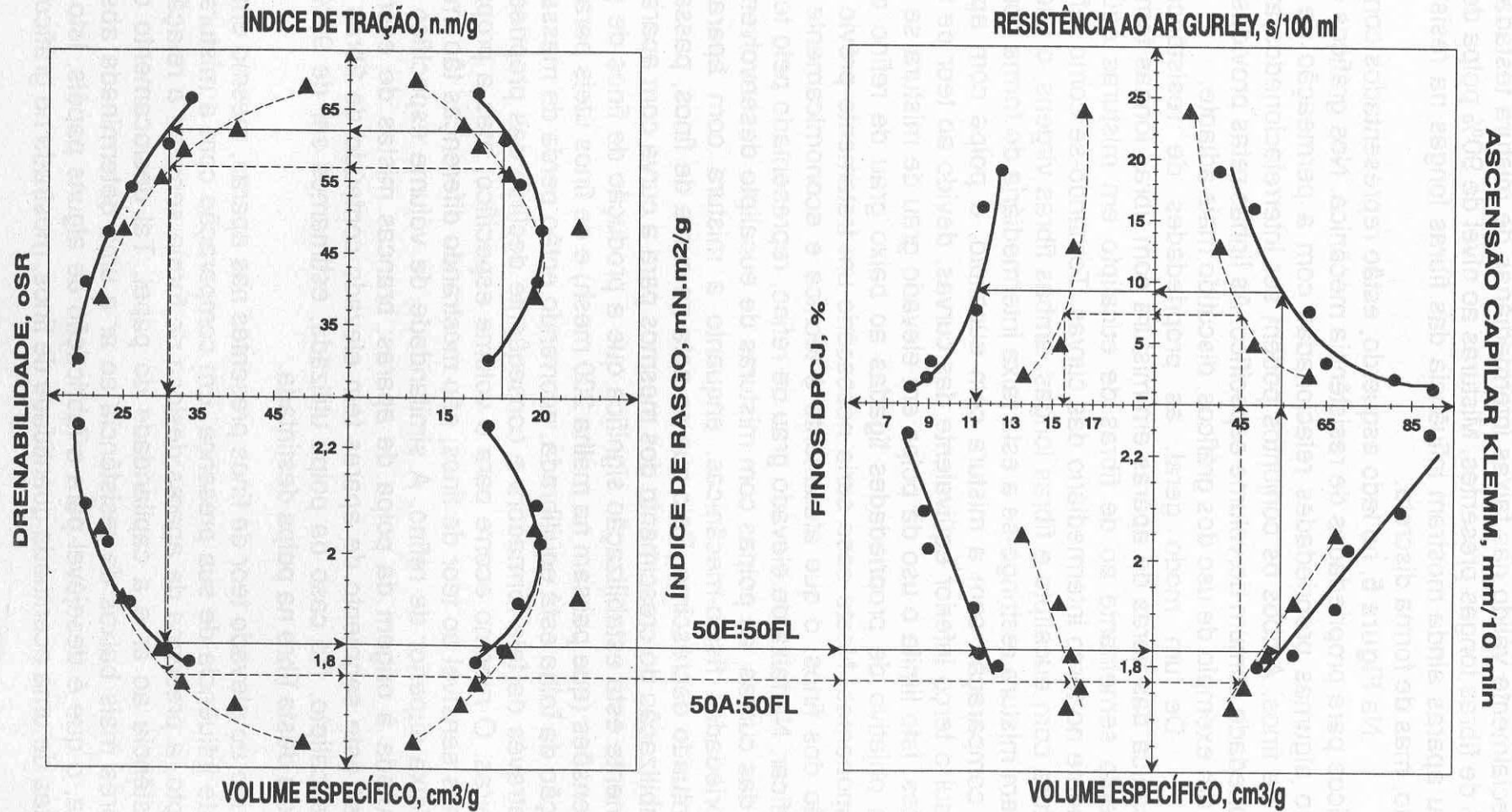
ras de forma muito semelhante independentemente da matéria-prima. Isto é especialmente válido nas faixas intermediárias de mistura testadas, 50% e 30% de fibras longas presentes. Misturas ao nível de 90% polpa de eucalipto ou aparas ainda mostram influência das fibras longas na resistência ao rasgo, mas de forma discreta.

Na **Figura 5**, no lado esquerdo, estão representados conjuntos de gráficos para propriedades de resistência mecânica. Nos gráficos da direita estão algumas propriedades relacionadas com a permeação de fluidos e teor de finos. Ambos os conjuntos podem ser interrelacionados através da propriedade comum do volume específico. As linhas retas providas de setas são um exemplo de uso dos gráficos, discutido mais adiante.

De um modo geral, as propriedades de resistência físico-mecânica das fibras de aparas em mistura com fibras longas tem comportamento semelhante ao de fibras de eucalipto em misturas equivalentes somente no terço intermediário das curvas. Tomando-se como referência a mistura com eucalipto e fibras longas, ambas fibras virgens, o uso de aparas em mistura restringe-se a esta faixa intermediária de forma competitiva. Em comparação com a mistura com eucalipto, a polpa com aparas não possui o terço inferior equivalente das curvas, devido ao teor de finos presentes. Isto limita o uso da polpa em elevado grau de mistura se existir algum objetivo de propriedades ligadas ao baixo grau de refino de polpas componentes. Neste caso seria necessário um tratamento prévio de separação dos finos, o que atualmente é técnica e economicamente difícil de justificar. Na faixa de elevado grau de refino, representado pelo terço superior das curvas, as polpas com misturas de eucalipto desenvolvem bem as propriedades físico-mecânicas, enquanto a mistura com aparas mostra acentuado decréscimo. Pelo que se nota na curva de finos, passa a existir estabilização do crescimento dos mesmos para a curva com aparas. Provavelmente esta estabilização significa que a produção de finos de pequenas dimensões (que passam na malha 200 mesh) e de finos úteis para a consolidação da folha está equilibrada, ocorrendo então perda de massa celulósica através da tela formadora e conseqüente declínio das propriedades papeleiras. O mesmo ocorre para o volume específico, mas a propriedade é menos sensível ao teor de finos, não mostrando diferenças tão importantes na faixa superior de refino. A similaridade de volume específico pode ser imputada à origem da polpa de aparas: brancas mistas de escritório. No Brasil este segmento de aparas tem elevado conteúdo de fibras químicas de eucalipto. No caso da polpa utilizada, estimamos ser de 90% a abundância desta fibra na polpa destintada.

Devido ao elevado teor de finos presentes nas aparas, mesmo em misturas existe influência de sua presença. Em comparação com a mistura com eucalipto, a presença de aparas desloca de forma sensível a relação entre a resistência ao ar e a capilaridade do papel. Tal deslocamento determina valores mais baixos de resistência ao ar a uma determinada absorção de água, o que é desejável para a fabricação de alguns papéis. Isto dá-se às custas de uma acentuada quantidade de finos, mostrada no gráfico.

FIGURA 5 - Nomogramas do conjunto de propriedades físico-mecânicas das misturas de eucalipto e aparas, cada polpa misturada com 50% de fibras longas. As curvas de linha cheia representam a mistura 50E:50FL e são representadas por (●) e as curvas tracejadas da mistura 50A:50FL são representadas por (▲). As linhas que unem os nomogramas são um exemplo do conjunto de propriedades geradas a partir do objetivo de índice de rasgo de 18 mN.m²/g no gráfico da esquerda, no segundo quadrante.



O deslocamento da relação absorção de água e a porosidade é previsível e buscado por papeleiros que produzem papéis-base para laminação e revestidos. As formas de conseguir isto nem sempre são explicitadas na prática industrial, pois estes segmentos papeleiros produzem papéis de elevado valor e a competitividade depende do sucesso em atingir as propriedades eficientemente.

Na Tabela IV estão registradas as diferenças numéricas entre as duas misturas comparadas nos nomogramas da Figura 5, se por hipótese procurássemos um valor de resistência ao rasgo de 18 mN.m²/g. Existe apenas pequena diferença entre as propriedades de volume específico e resistência à tração, para uma diferença nula de drenabilidade. A principal diferença está nas propriedades de resistência ao ar e absorção capilar, às custas de uma grande diferença no conteúdo de finos das polpas.

TABELA IV - Propriedades físico-mecânicas comparadas entre as misturas 50E:50FL e 50A:50FL, quando se deseja atingir índice de rasgo=18 mN.m²/g. Os dados desta tabela podem ser lidos através das linhas de união entre as curvas dos nomogramas na Figura 5.

	Mistura 50E:50FL	Mistura 50A:50FL	Δ%
Drenabilidade, °SR	31	31	0
Volume específico, cm ³ /g	1,83	1,77	-3
Índice de tração, N.m/g	62	57	-8
Ascensão capilar Klemm, mm/10 min	53	45	-15
Resistência ao ar Gurley, s/100 ml	9	7	-22
Finos DPCJ, %	11,3	15,6	+38

6. Conclusões

Este estudo comparativo entre misturas possibilitou comparar polpas de mercado eleitas como referência para fibras longas (Canadá) e curtas de eucalipto (Riocell - Brasil) contra misturas eqüivalentes utilizando polpa de aparas destintadas brasileira (Klabin Fabricadora). Foi estudado o potencial papeleiro comparado de polpas com o intuito de fornecer subsídio nas decisões de uso isolado ou misturas. Conclui-se que:

- * as aparas brasileiras brancas mistas de escritório tem propriedades apenas levemente inferiores com o tipo de polpa que lhe dá origem, a polpa de eucalipto, mesmo após ser reciclada;
- * as aparas recuperam com razoável facilidade suas propriedades físico-mecânicas, em condições otimizadas de refino. Mas mesmo em misturas, perdem rapidamente resistência mecânica se for aplicada energia de refinação elevada;
- * a polpa possui a propriedade peculiar de possuir elevado teor de finos. Isto determina que possua relações características entre a porosidade e a absorção de fluidos, muito apreciada na produção de papéis revestidos.

Existem ainda os fatores não avaliados neste trabalho e que no momento são extremamente negativos. A polpa de aparas necessita ter solução para os seus problemas de alvura, teor de pintas e presença massiva de inorgânicos. Os caminhos podem estar ligados à coleta e segregação

ção adequada, bem como nas soluções técnicas desenvolvidas nos novos equipamentos industriais.

A questão da manutenção de qualidade de produto final em um mercado altamente reciclador ainda é um tema não resolvido. A medida que aumenta o número de ciclos, as fibras deterioram-se. Sempre será necessária a reposição de fibra virgem para que o balanço material seja satisfeito, a qualidade de produto e principalmente a rentabilidade do negócio sejam mantidos.

7. Referências bibliográficas

- ARLOV, A. P. *Svensk Papperstidning*, 1963, **66**(9), p.333.
- BAKER, C. *PIRA International Current and Future Technologies of Refining*, v.1, 1991.
- BAKER, C. *PIRA International Current and Future Technologies of Refining*, v.2, 1991.
- BALAC, J.P. *Das Papier*, 1967, **21**(104), p.763.
- BRECHT, W. *Svensk Papperstidning*, 1966, **66**(5), p.159.
- DEFOE, R. J. *Beloit Corp. Laboratory Report C-2345*, 1984.
- HILLMAN, D. Comunicação pessoal, 1989.
- LEVLIN, J. E. *EUCEPA Symposiun*, 1976.
- LEVLIN, J. E. *International Symposium on Fundamental Concepts of Refining*, 1980, p.51-60.
- MANFREDI, V. & CLÁUDIO-DA-SILVA, E. *International Conference in Refining Technologies*, 1986.
- PANDA, A. *Proceedings of the European Congress*, 1964, p.269.
- PIRA CONFERENCE on Advances in Refining Technologies, 3v., 1986.
- THALEN, I. & WHAREN, J. *Svensk Papperstidning*, 1968, **71**(20), p.744.
- KEREKES, R. *PIRA International Current and Future Technologies of Refining*, v.1, 1991.
- KIBBLEWHITE, R. P. *PAPRO report*, 1993.