

CURSO SOBRE REFINO

Dia 10 e 11 de Maio de 2001

Instituto de Engenharia - IE
São Paulo / SP - Brasil

Refinação de Polpa Química em Alta Consistência

Paulo E. Galatti
ANDRITZ



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL
Rua Ximbó, 165 - Aclimação, CEP 04108-040 - São Paulo, SP
Tel +55 11 5574-0166 / Fax +55 11 5571-6485 / E-Mail abtcp@abtcp.com.br

REFINAÇÃO DE POLPA QUÍMICA EM ALTA CONSISTÊNCIA

Paulo E. Galatti
Gerente de Vendas – Refiner Systems
Andritz Ltda.

Introdução

Os sistemas mais comuns de refinação para polpas químicas são os sistemas em baixa consistência, tanto para fibras virgens como para fibras recuperadas. A opção por estes sistemas se baseia principalmente na simplicidade para o transporte de polpa, a produção de qualidade aceitável, e os custos de capital, instalação e operação relativamente baixos.

Na busca constante para redução dos custos de produção, as empresas são levadas a buscar alternativas seja com o aumento de rendimento em processos de cozimento (low-solids cooking), uso de matérias-primas de menor qualidade ou madeiras mais jovens, ou o aumento do uso de reciclados. Ao mesmo tempo, pelo desenvolvimento dos processos de impressão e conversão, e novos usos para papéis e cartões, existe uma maior demanda por qualidade. Isto provoca uma reavaliação dos custos de operação em face da competitividade.. Assim processos considerados não tradicionais no tratamento de polpa celulósica podem se tornar uma opção viável.

A refinação em alta consistência de polpas químicas não é um processo novo. Pesquisas e trabalhos foram apresentados já nos inícios do anos 60, porém os custos de capital e de operação, somados a grande disponibilidade de fibras virgens tornavam o processo de custo proibitivo. A refinação em alta consistência não é um processo para todas as fábricas e aplicações, porém é interessante para aquelas fábricas buscando características específicas que podem tornar seu produto mais econômico ou mais competitivo. Nas páginas a seguir discutiremos a aplicação da refinação em alta consistência para polpas químicas e reciclados. Utilizamos o termo “fibras curtas” para caracterizar polpa produzida a partir de folhosas (hardwood) e “fibras longas” para polpa produzida a partir de coníferas (softwood).

Refinação em Baixa versus Alta Consistência

A refinação em baixa consistência (RBC) tradicional ocorre em refinadores de disco ou cônicos pressurizados hidráulicamente (pump-through refiners). Os refinadores mais comuns utilizados em baixa consistência apresentam o disco rotativo fluando entre dois discos não rotativos. Pelo menos um dos discos estacionários se movimenta no sentido axial, causando então o ajuste da distância entre os discos através do balanço das pressões entre os dois lados (Figura 1).

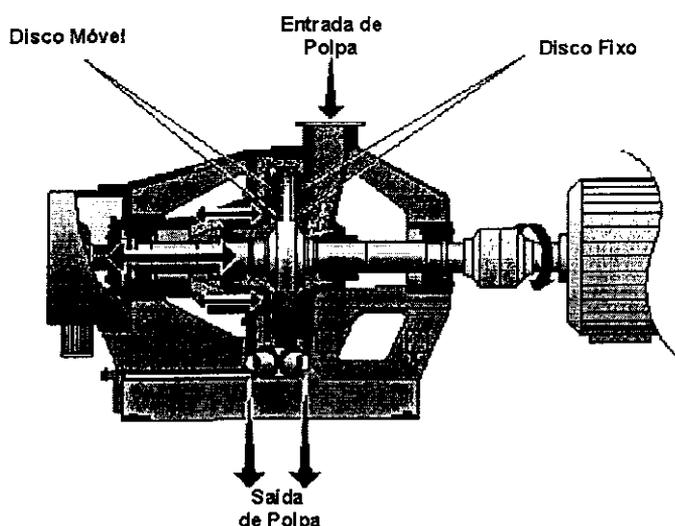


Figura 1 – Refinador em Baixa Consistência – Princípio de Operação

As consistências da polpa na refinação são geralmente mantidas entre 3% a 6%. A polpa é transportada através de bombas centrífugas por tubulações adequadamente equipadas com os instrumentos necessários de controle (válvulas, transmissores de consistência, etc.). Os refinadores aplicam à polpa uma energia específica entre 60 a 250 kWh/ton conforme o produto. O processo é bastante simples em termos de projeto, equipamentos necessários e operação, e é aplicado para uma variedade de polpas: fibras curtas e fibras longas, branqueadas ou não-branqueadas, fibras recicladas, etc.. Infelizmente a refinação em baixa consistência apresenta limitações. Como em geral provoca o encurtamento das fibras, ele favorece o desenvolvimento da resistência à tração e ao estouro, em detrimento do rasgo, alongamento, e rigidez e a redução de drenabilidade. Na figura 2 apresentamos um exemplo de refinação em baixa consistência em série.

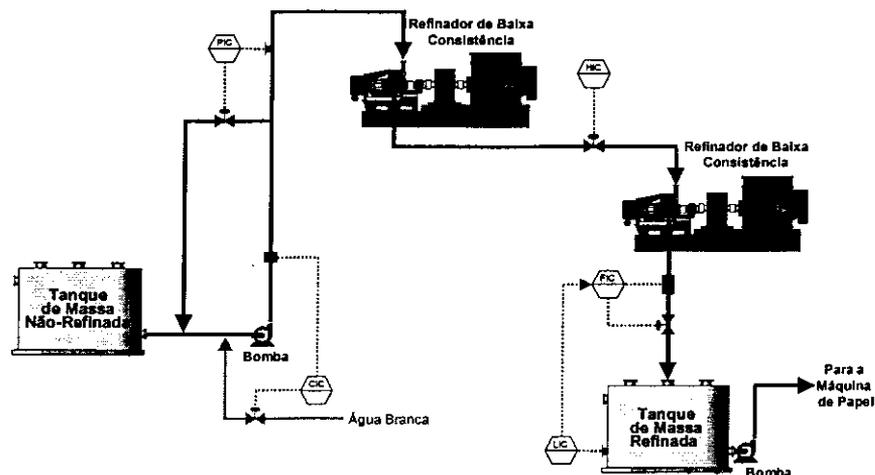


Figura 2 – Refinação em Baixa Consistência em Série – Típico

A refinação em alta consistência (RAC) por sua vez é um processo mais complexo e geralmente é composta de três etapas: desaguamento da polpa a altas consistências, a refinação e a re-diluição da polpa refinada para as próximas etapas do processo (Figura 3).

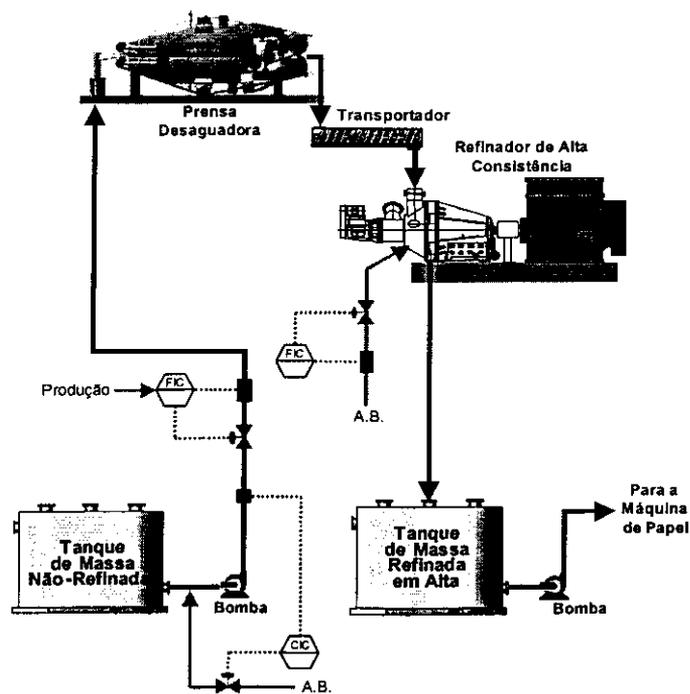


Figura 3 – Refinação em Alta Consistência

O desaguamento da polpa é feito normalmente através de uma prensa desaguadoras. As prensas mais comuns são as dupla tela ou de rosca (Figuras 4 e 5). Consistências acima de 25% são consideradas altas, porém em termos dos benefícios da refinação e custos dos equipamentos de desaguamento, as consistências entre 30% e 35% são consideradas ideais.

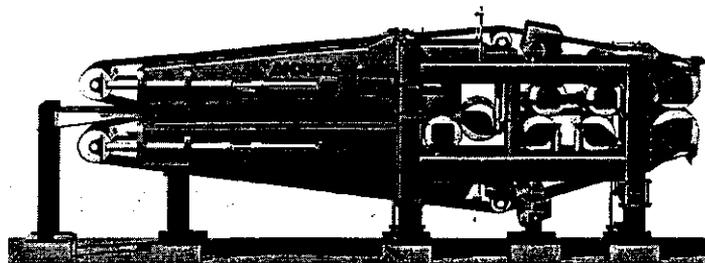


Figura 4 – Andritz Twin Wire Press – Prensa de Dupla Tela

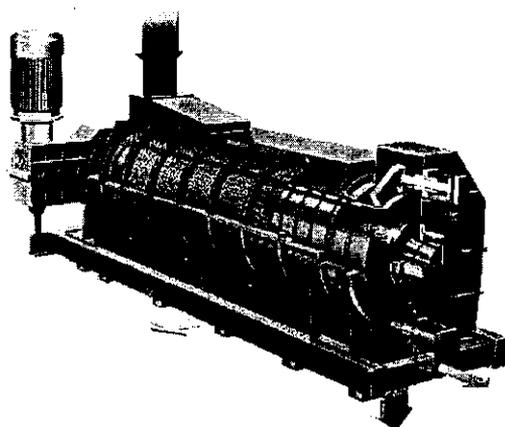


Figura 5 – Andritz Screw Press – Prensa de Rosca

O trabalho de refinação das fibras se dá normalmente em refinadores atmosféricos de disco simples, quer dizer, um disco estático e um rotativo. O ajuste da distância entre os discos pode ser feito através de um sistema eletro-mecânico (Figura 6) ou hidráulico (Figura 7). Os refinadores geralmente aplicam à polpa uma energia específica entre 200 a 350 kWh/ton. Assim são acionados por motores de grande potência. Estes refinadores apresentam um ambiente totalmente distinto dos refinadores de baixa consistência alimentados por bombeamento (pump-through refiner). A velocidade do disco dos refinadores para RAC é muito mais alta que os de baixa consistência (em geral 1800 RPM), oferecendo um número maior de cruzamento entre barras (bar crossings). Assim, a energia transferida as fibras em cada cruzamento de barras é reduzida drasticamente, reduzindo a intensidade da refinação. Como a refinação se processa com um volume de água reduzido, as interações fibra-fibra são favorecidas e o tempo de residência entre os discos também é aumentado. No colchão de fibras formado entre as superfícies de refinação as fibras são submetidas à compressão e ao enrolamento, com a fibrilação ocorrendo suavemente sem danos extensos a paredes das fibras. Assim as fibrilas formadas apresentam grande capacidade de hidratação e ligação.

Após a refinação a polpa refinada é re-diluída e permanece sob agitação em um tanque por 20 a 25 minutos para permitir o relaxamento das fibras e remover a latência.

A re-diluição da polpa refinada para consistências próprias ao bombeamento pode ser feita com o efluente do próprio processo de desaguamento ou com água branca da máquina de papel. Assim a etapa de desaguamento também pode servir como divisora dos sistemas de água da máquina dos processos de celulose ou branqueamento.

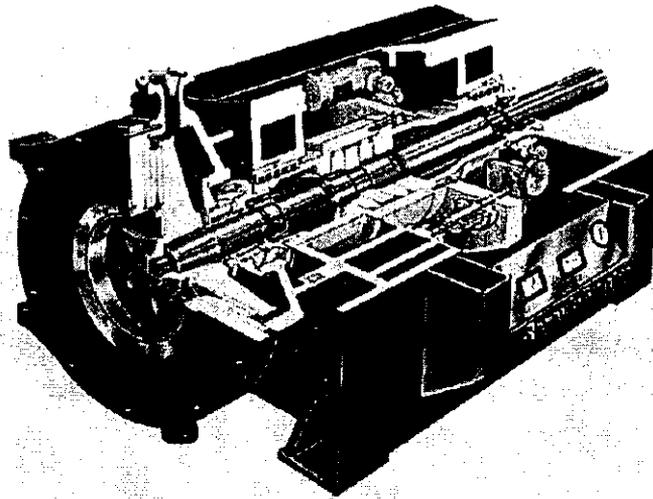


Figura 6 – Andritz 54/58-1 C(P) Atmospheric Refiner – 6000 kW

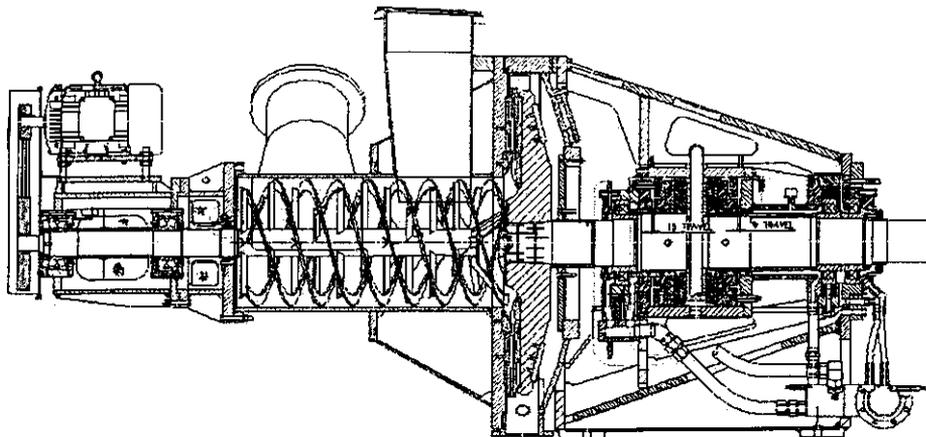


Figura7 - Andritz Series 2062 Atmospheric Refiner – 10000 kW

Refinação de Alta Consistência para Celulose de Fibras Curtas

A RAC requer uma maior energia aplicada para atingir o mesmo grau de drenabilidade (freeness) comparado com a refinação em baixa consistência. O maior consumo de energia é resultado da maior interação fibra-fibra e a energia é dissipada nas formas de fricção, calor e energia transferida para a polpa. Este maior contato entre as fibras no processo RAC apresenta um benefício extra na refinação de folhosas que é a redução de segmentos de vasos. Os segmentos de vasos causam problemas consideráveis na fabricação de papéis devido ao seu tamanho e baixas propriedades de ligação comparados com as fibras (Figuras 8 e 9).



Figura 8 e 9 – Elemento de Vaso numa Folha Não Revestida e numa Folha Revestida

A RAC produz um trabalho superior que a de baixa consistência na eliminação ou na transformação dos vasos. Com a RAC a grande maioria dos vasos tem suas paredes danificadas e rompidas, melhorando o entrelaçamento e a ligação dos mesmos com as fibras na folha de papel. Isto reduz positivamente a tendência ao descolamento dos vasos e melhora a lisura da folha. Na tabela 1 vemos uma comparação dos processos de refinação com relação aos vasos em folhosas.

Processo	Vasos Destruídos	Vasos Danificados	Vasos Intactos
Refinação em Alta Consistência	23%	15%	62%
Refinação em Baixa Consistência	52%	11%	27%

Tabela 1: Comparação dos Efeitos da RAC x RBC nos Elementos de Vasos em Folhosas

Em processos típicos de RAC, o teor de fibras longas permanece praticamente inalterado, enquanto na refinação em baixa consistência o conteúdo +28 mesh é reduzido em até 75%.

A RAC tem influência altamente positiva nos valores de resistência ao rasgo, apresentando um aumento inicial seguido por uma pequena redução conforme os valores de energia aplicada são aumentados e a distância entre placas (plate gap) é reduzida. A RBC com sua tendência de corte e redução de comprimento das fibras provoca uma redução do rasgo. O índice de tração, e em paralelo a resistência ao estouro, mostram um ganho significativo no processo RAC, apresentando valores superiores à RBC para um mesmo grau de freeness. Este é um indicativo que foi produzida uma polpa com maior grau de fibrilação. A RAC também apresenta em geral valores de alongamento (stretch) bem mais altos que a baixa consistência. Nas figuras a seguir (Figura 10 até 14) são apresentados alguns resultados de testes laboratoriais comparando as duas modalidades de refinação para uma amostra composta de vários tipos de fibras curtas (hardwoods) e para uma amostra de polpa fabricada com carvalho (Oak) que apresenta um alto teor de vasos.

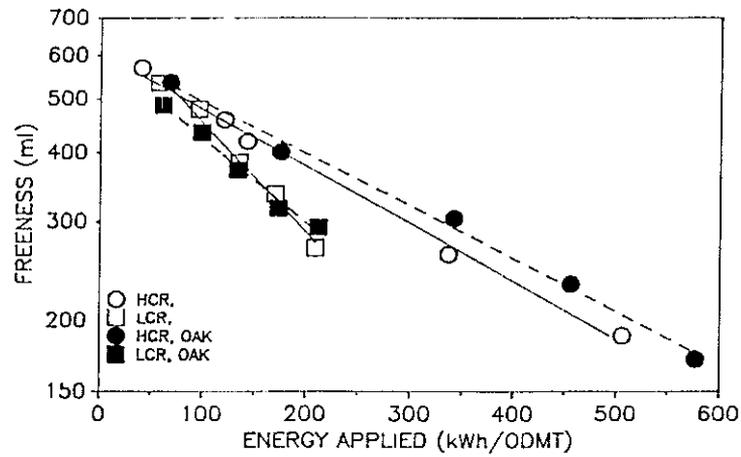


Figura 10 – Celulose Kraft Fibra Curta Branqueada – Energia Aplicada x Freeness

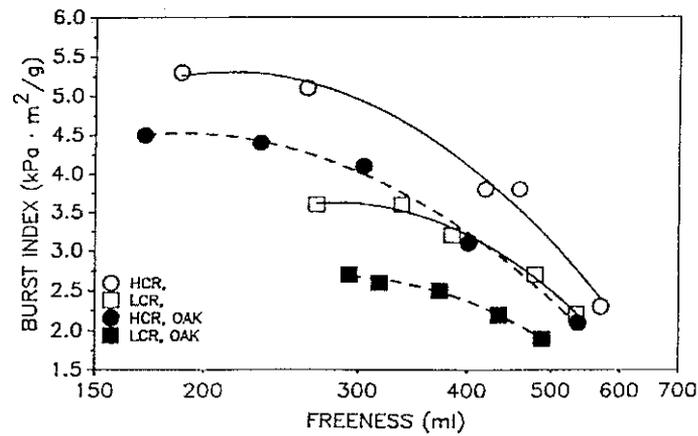


Figura 11 – Celulose Kraft Fibra Curta Branqueada – Freeness x Índice de Estouro

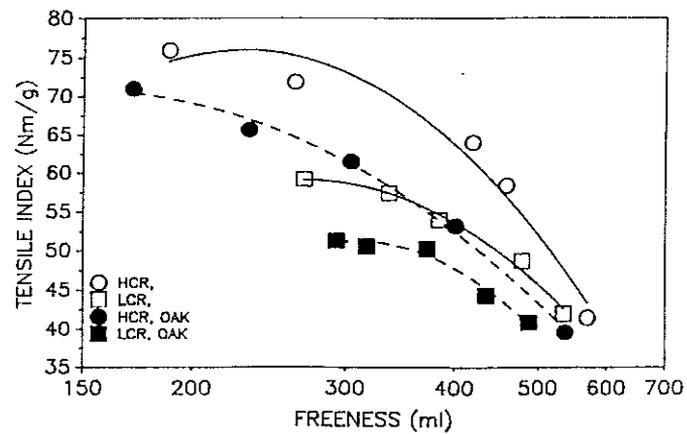


Figura 12 – Celulose Kraft Fibra Curta Branqueada – Freeness x Índice de Tração

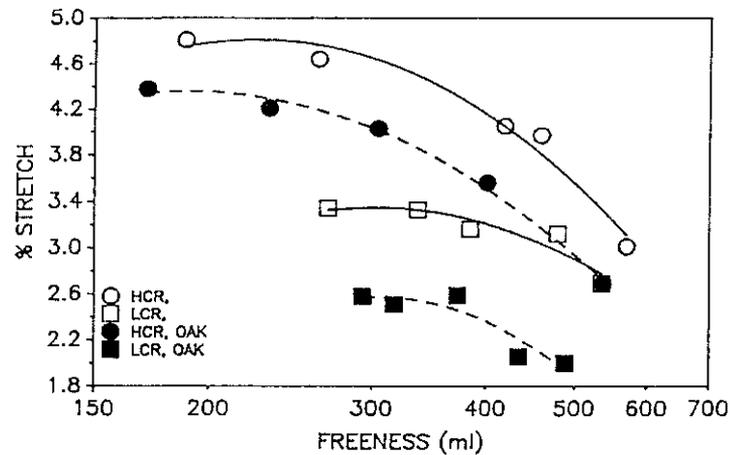


Figura 13 – Celulose Kraft Fibra Curta Branqueada – Freeness x Alongamento

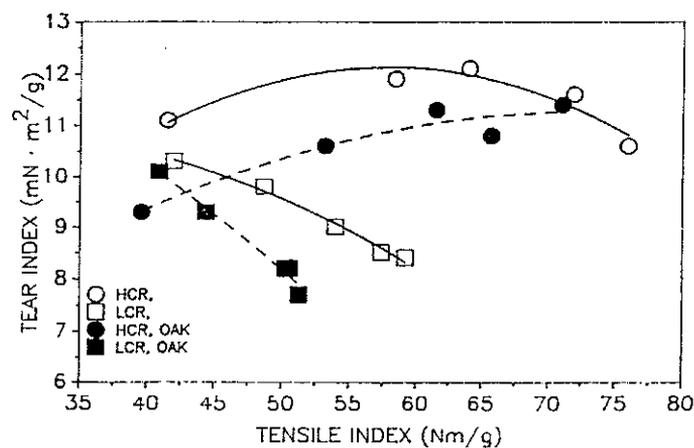


Figura 14 – Celulose Kraft Fibra Curta Branqueada – Índice de Tração x Índice de Rasgo

Refinação de Alta Consistência para Celulose de Fibras Longas

As fibras longas apresentam paredes espessas que requerem um consumo de energia alto para serem decompostas, comparado com as fibras curtas. Assim, do ponto de vista do consumo de energia, a RAC apresenta um custo operacional significativamente mais elevado que a RBC para um mesmo grau de refinação. Entretanto, esta maior capacidade de absorção de energia aplicada, para uma menor variação de freeness torna a RAC bastante interessante para determinadas aplicações onde se necessita uma alta resistência da polpa com um baixo grau de refinação. Neste campo, a aplicação mais comum da RAC em fibras longas é na preparação de celulose para a produção de papel para sacos.

Na produção de papel para sacos é importante a obtenção de alta resistência do papel em todas as direções a fim de que os sacos possam suportar as forças a que vão ser submetidos no manuseio. Entre os vários testes de resistência, o T.E.A. (Tensile Energy Absorption) é o que apresenta a melhor correlação com a capacidade dos sacos cheios de suportarem quedas nas suas extremidades. Para os sacos suportarem quedas sobre suas laterais, ambos o T.E.A. e a resistência ao rasgo devem ser altos. Ao mesmo tempo em que são necessários altos valores de resistência, o papel para sacos também precisa apresentar uma alta porosidade (baixo Gurley), a fim de possibilitar o enchimento. Por isso a RAC é tão vantajosa para a fabricação destes papéis pois permite que as propriedades de resistência sejam atingidas a um freeness mais alto (menor °S.R.). A polpa tratada com RAC também apresenta um maior potencial de encolhimento/alongamento (shrinking/stretch

potential), em virtude do efeito de compressão e “curling” aos quais as fibras são submetidas. Os benefícios típicos obtidos com a RAC na produção de papéis para sacos são:

- Produção de papel com menor gramatura para uma mesma resistência
- Enchimento mais rápido pela maior capacidade de “respiração” dos sacos, aumentando assim a produtividade da máquina de enchimento de sacos.
- Possibilidade do uso em aplicações que requerem sacos pequenos devido ao enchimento mais rápido.
- Menor pressão de ar nos sacos durante enchimento o que melhora o aproveitamento dos sacos reduzindo transbordos e torna o ambiente livre de poeira.

Nas Figuras 16 à 23 apresentamos algumas comparações dos valores obtidos com a RAC e a RBC para uma polpa Kraft de Pinus com a adição de 10% de refugo produzido da mesma matéria-prima.

Em virtude do alto consumo de energia na refinação de fibras longas, os sistemas industriais geralmente utilizam uma combinação de RAC seguida de RBC (Figura 15). A modificação da flexibilidade das fibras e o aumento das capacidade de ligação pelo processo RAC aumenta a resistência ao corte na refinação em baixa consistência. Assim é possível a manutenção de um alto teor de fibras longas, e conseqüentemente maior resistência ao rasgo, desenvolvendo-se ao mesmo tempo um alto T.E.A.. Nas figuras 24 e 25 apresentamos uma comparação entre a RAC e a combinação RAC/RBC para uma polpa Kraft de Pinus.

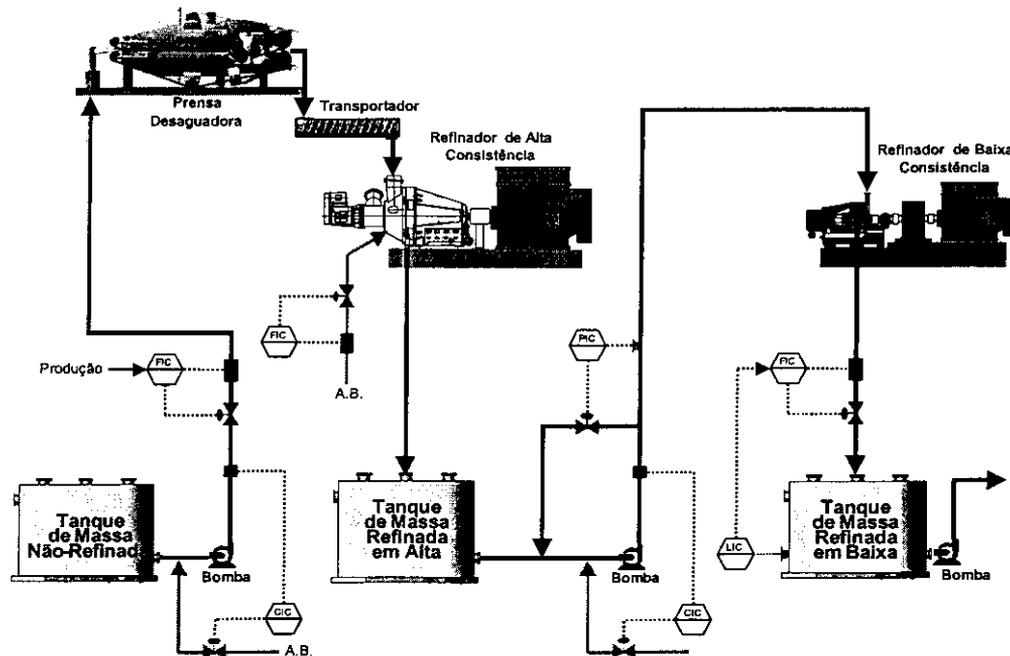


Figura 15 – Refinação em Alta Consistência Seguida de Baixa Consistência

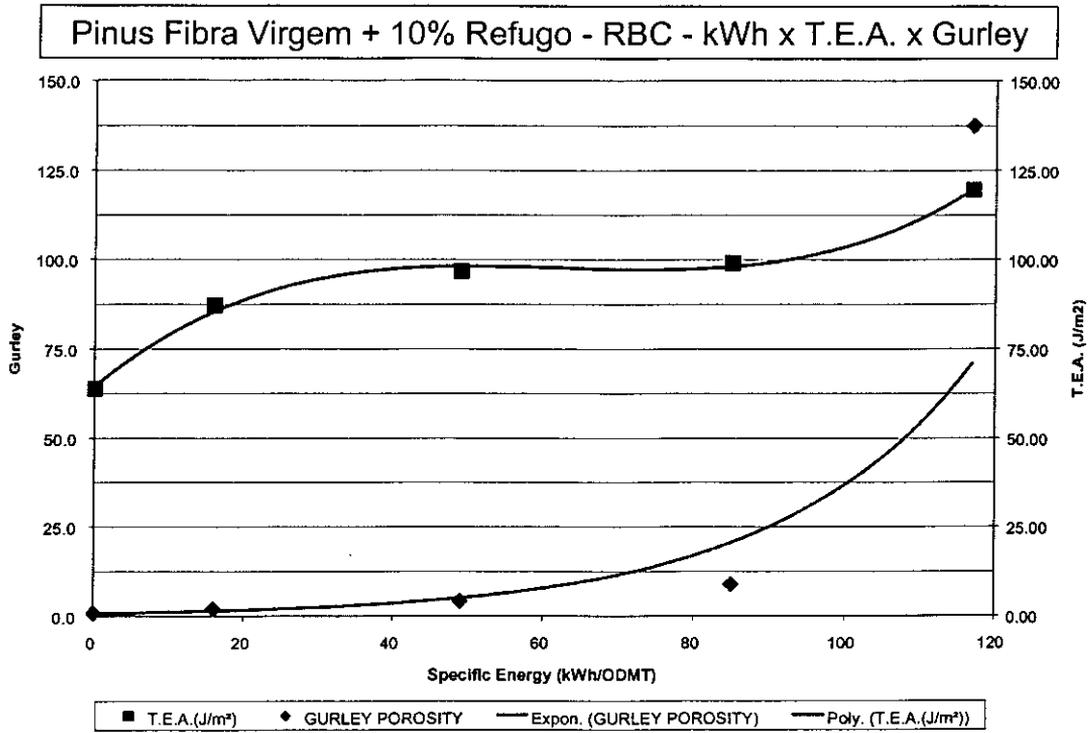


Figura 16 – Polpa Kraft Fibra Longa – RBC – Energia Aplicada x T.E.A. x Porosidade

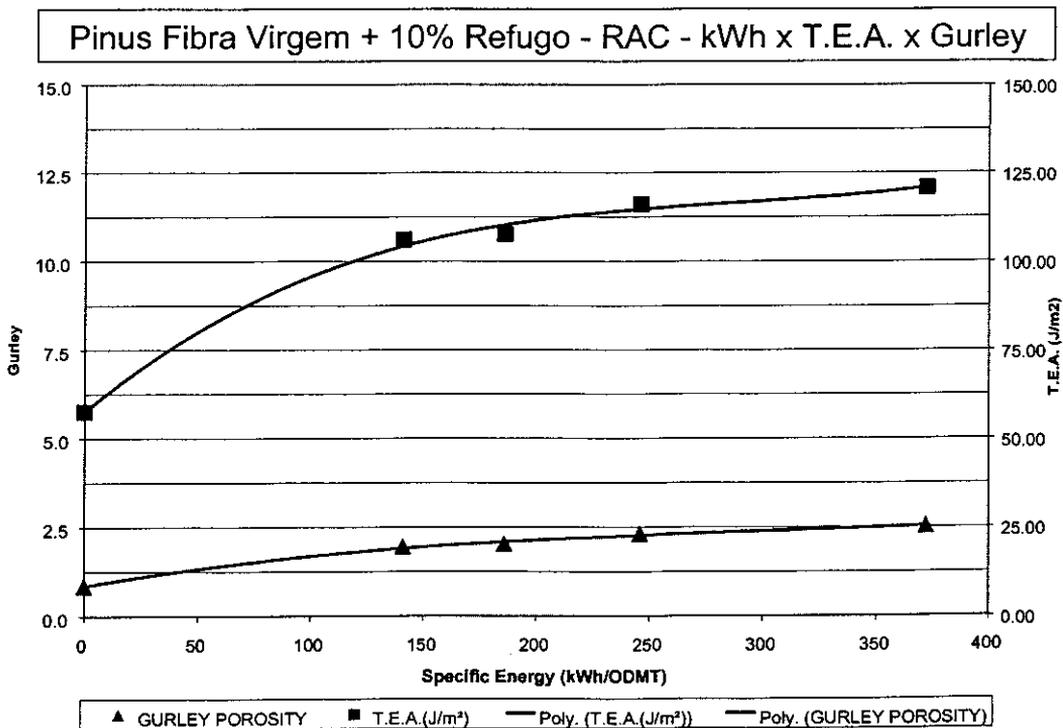


Figura 17 – Polpa Kraft Fibra Longa – RAC – Energia Aplicada x T.E.A. x Porosidade

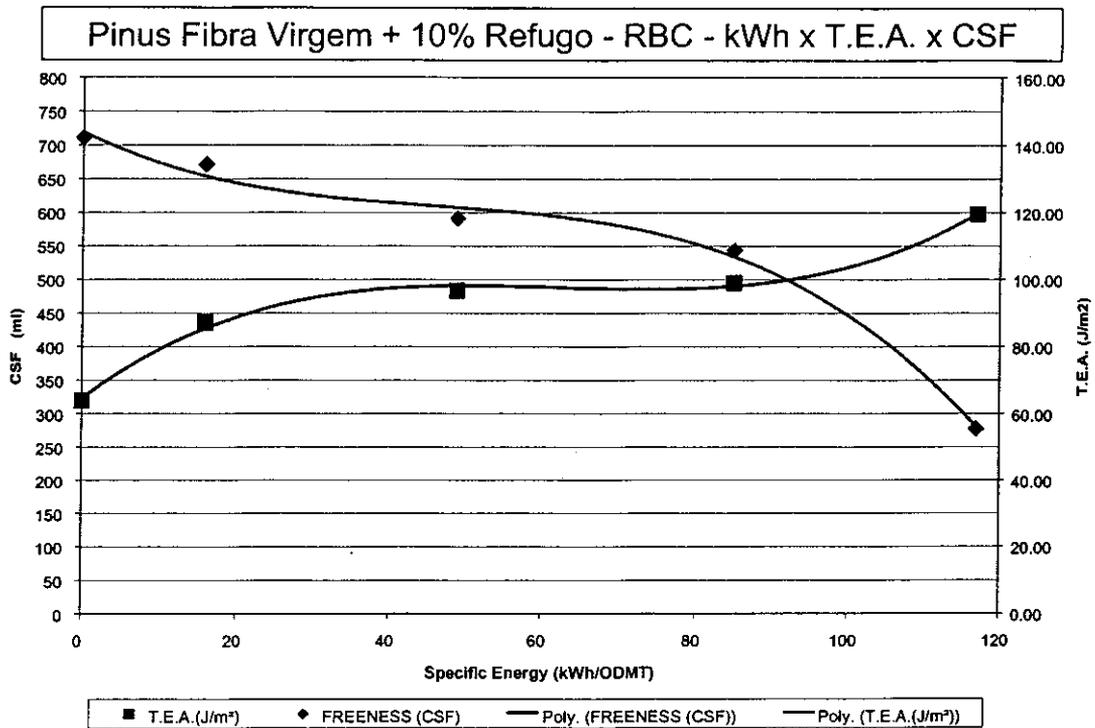


Figura 18 – Polpa Kraft Fibra Longa – RBC – Energia Aplicada x T.E.A. x Freeness

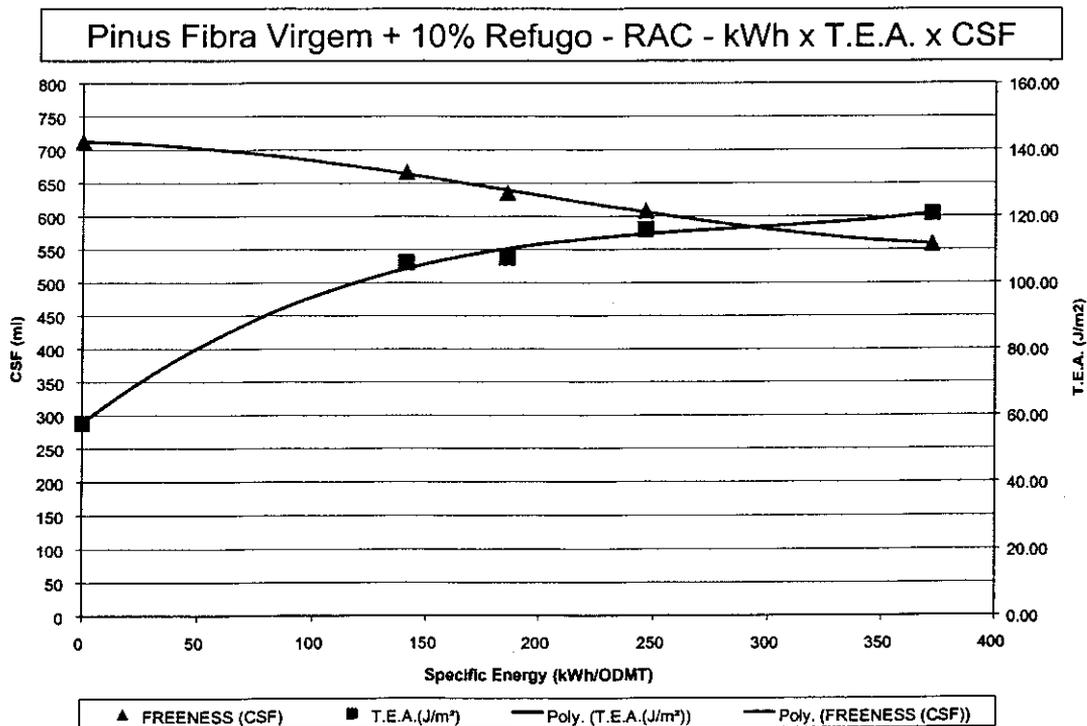


Figura 19 – Polpa Kraft Fibra Longa – RAC – Energia Aplicada x T.E.A. x Freeness

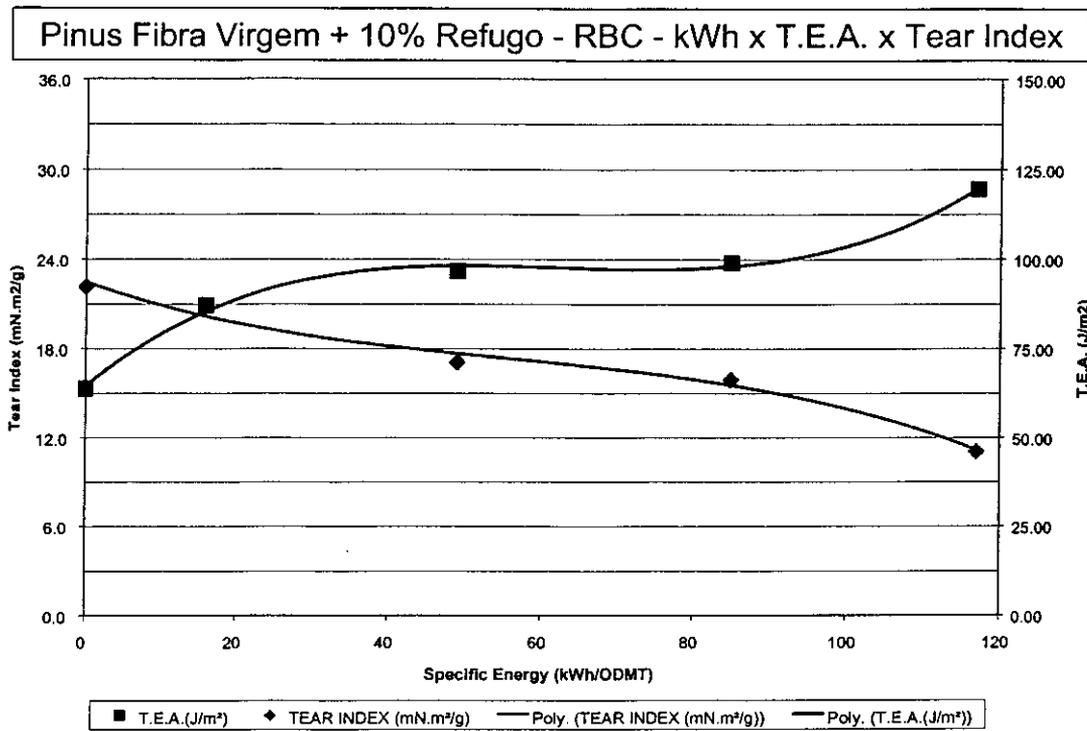


Figura 20 – Polpa Kraft Fibra Longa – RBC – Energia Aplicada x T.E.A. x Indice de Rasgo

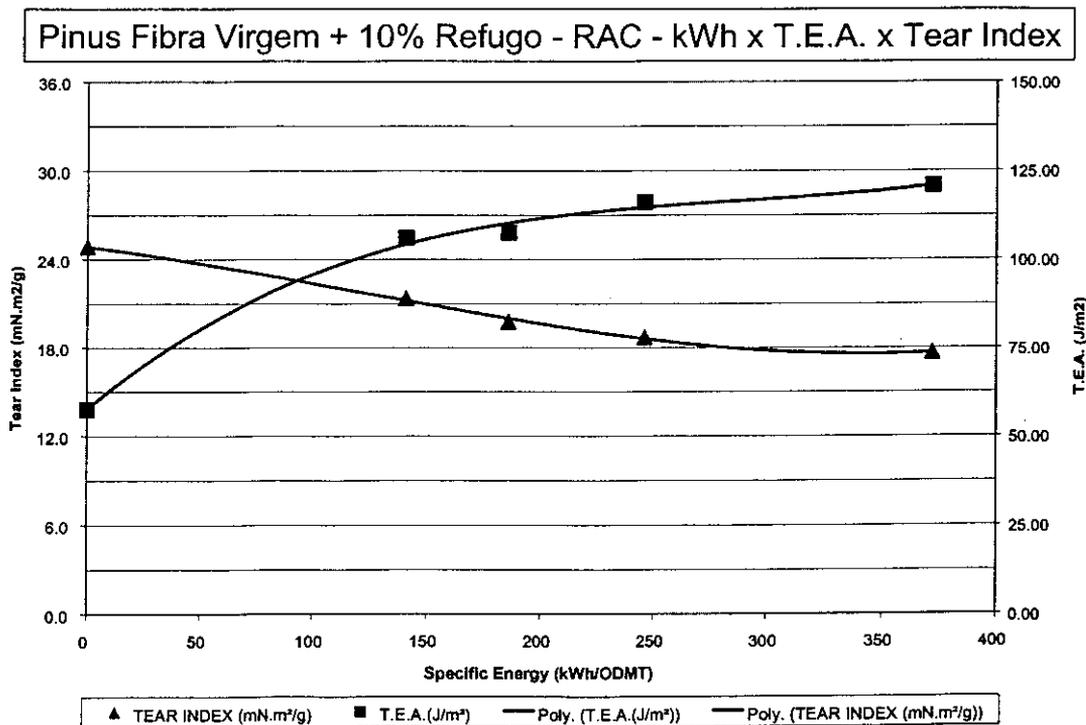


Figura 21 – Polpa Kraft Fibra Longa – RAC – Energia Aplicada x T.E.A. x Indice de Rasgo

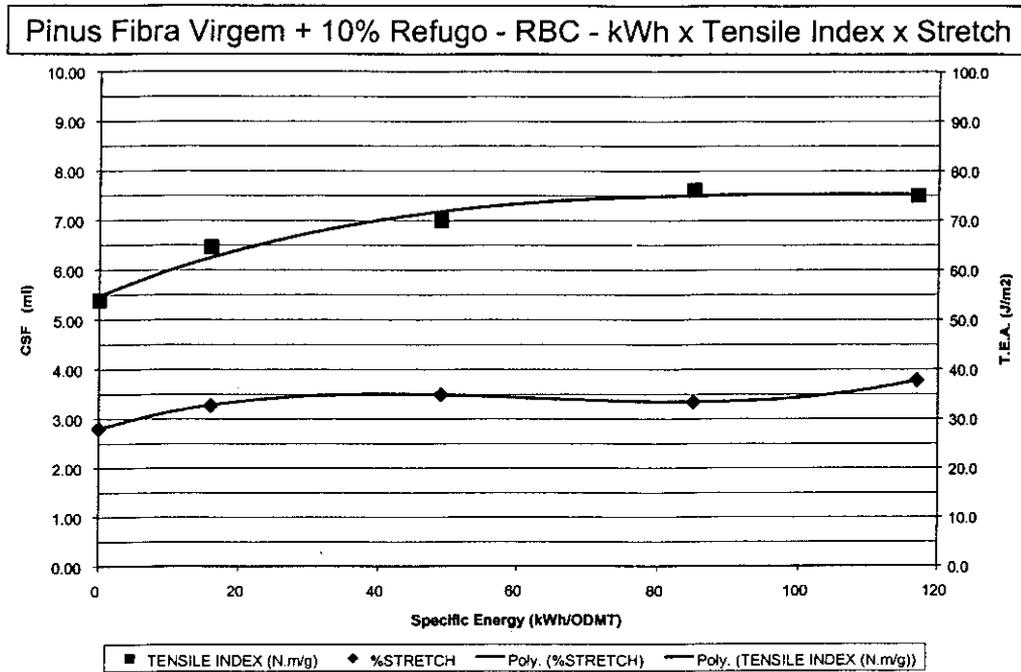


Figura 22 – Polpa Kraft Fibra Longa – RBC – Energia x Índice de Tração x Alongamento

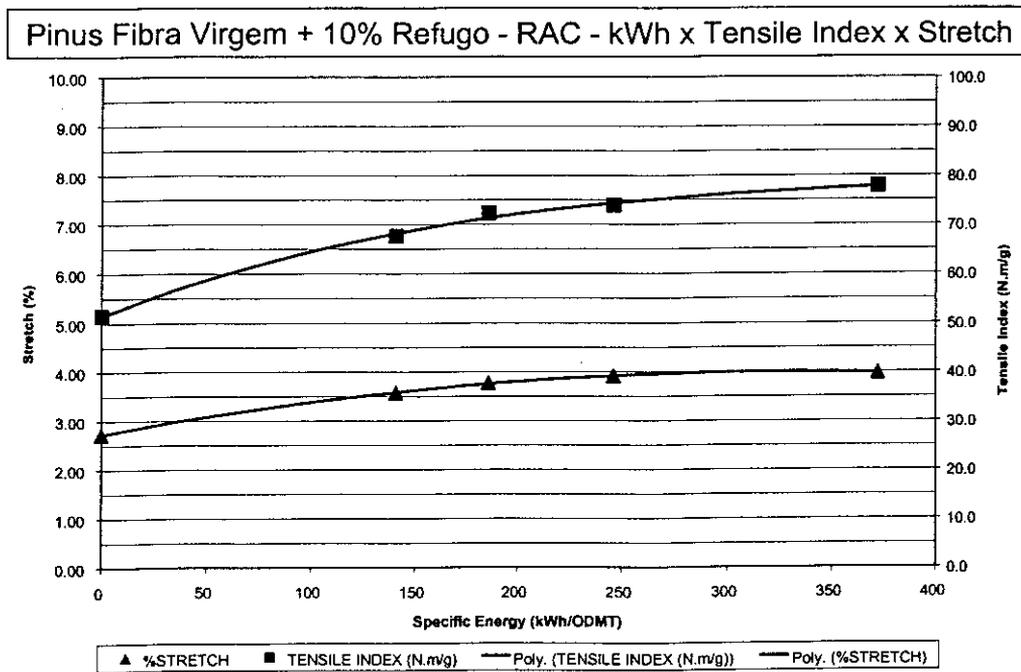


Figura 23 – Polpa Kraft Fibra Longa – RAC – Energia x Índice de Tração x Alongamento

Kraft Fibra Longa - RAC - kWh x T.E.A. x Stretch x Tensile Index x Gurley

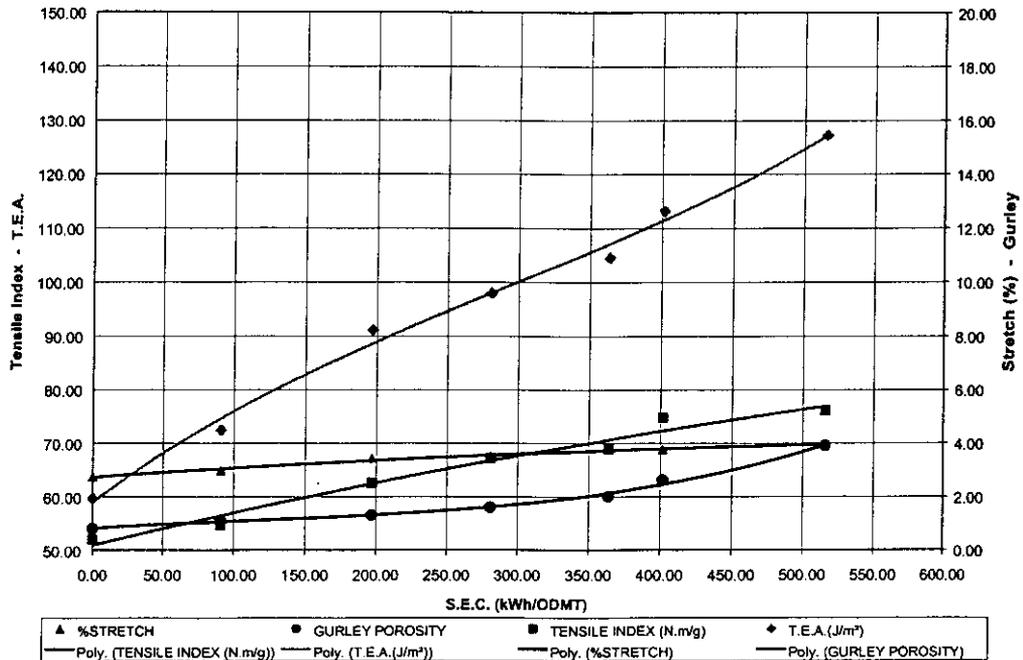


Figura 24 – Polpa Kraft Fibra Longa – RAC – Energia x T.E.A. x Alongamento x Índice de Tração x Porosidade

Kraft Fibra Longa-RAC/RBC- kWh x T.E.A. x Stretch x Tensile Index x Gurley

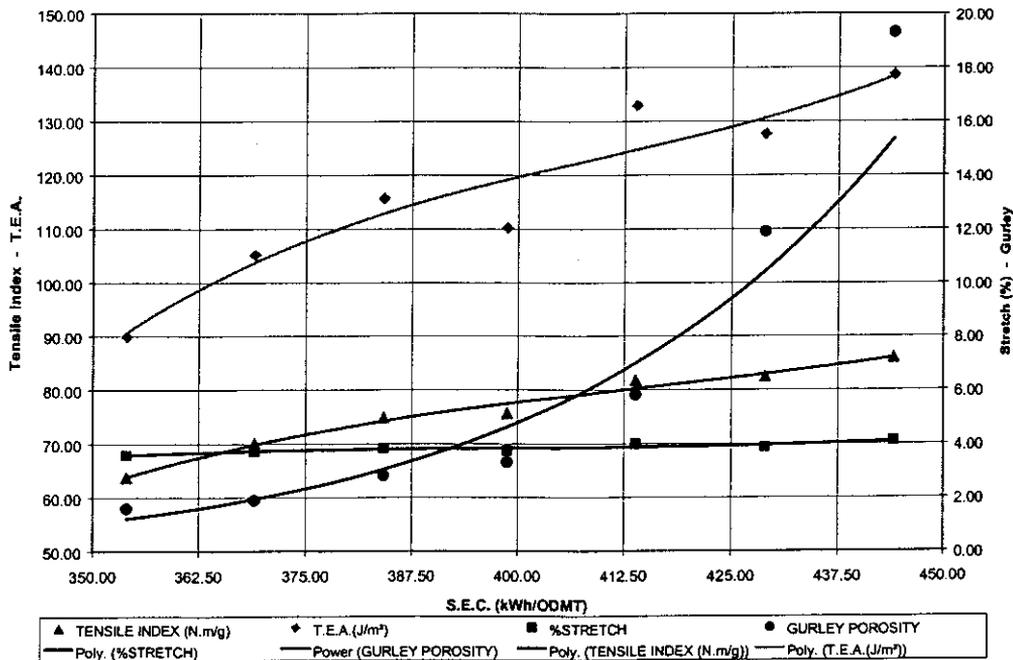


Figura 25 – Polpa Kraft Fibra Longa – RAC + RBC – Energia x T.E.A. x Alongamento x Índice de Tração x Porosidade

Refinação em Alta Consistência para Reciclados

Outra aplicação da RAC é em sistemas de dispersão de papéis e cartões reciclados. Esses sistemas de dispersão são geralmente compostos de:

- Prensas Desaguadoras: de Rosca ou Dupla Tela para remoção de água e aumento da viscosidade da polpa. Em geral a consistência de descarga está entre 25 a 30%.
- Digestor ou Aquecedor: para aquecer a polpa normalmente entre 70 a 100 °C a fim de reduzir a viscosidade dos componentes plásticos, tintas, etc.
- Dispensor: o "refinador" que através da ação mecânica reduz as partículas contaminantes para um tamanho inferior ao chamado "tamanho crítico", e pela transferência de calor separa tintas do "veículo". O dispensor normalmente opera com "gap" reduzido entre as placas e aplicando uma energia entre 40 à 80 kWh/ton.

A RAC aplicada a sistemas de dispersão apresenta algumas vantagens. Uma vez que o vapor gerado no processo de refinação pode ser reutilizado no aquecedor, têm-se um consumo mais baixo de vapor por tonelada de polpa. Como a temperatura da polpa aumenta significativamente no dispensor (refinador), possibilita-se então a operação com uma temperatura mais baixa no aquecedor para uma mesma eficiência. Se o processo de dispersão é combinado com um sistema de branqueamento com peróxido, o dispensor pode funcionar também como misturador, melhorando-se as reações de branqueamento, reduzindo-se a carga necessária de peróxido e a geração de DQO. Na tabela abaixo temos um exemplo dos níveis de dispersão possíveis de serem obtidos com a RAC para papéis reciclados.

<i>Contaminantes</i>	<i>Redução</i>
Cêras	85% - 95%
Tintas	60% - 70%
"Stickies"	70% - 80%
Pontos Coloridos	80% - 90%

Tabela 2: Eficiência de Dispersão de Contaminantes com Refinação em Alta Consistência

A eficiência de dispersão é basicamente uma função da consistência da dispersão (refinação), temperatura e tempo de retenção no aquecedor, e da energia aplicada no dispensor. Nas Figuras 26 e 27 podemos observar alguns exemplos de eficiência de dispersão em função da temperatura e da energia aplicada para tintas e "stickies".

Também no tratamento de papéis e cartões reciclados as refinações em consistências médias (12 a 15%) e alta (25 a 30%), produzem uma polpa com maior resistência que a refinação em baixa consistência (3 a 5%). Nas Figuras 28 a 31 apresentamos algumas relações típicas comparando os resultados das diferentes refinações para uma mesma matéria-prima.

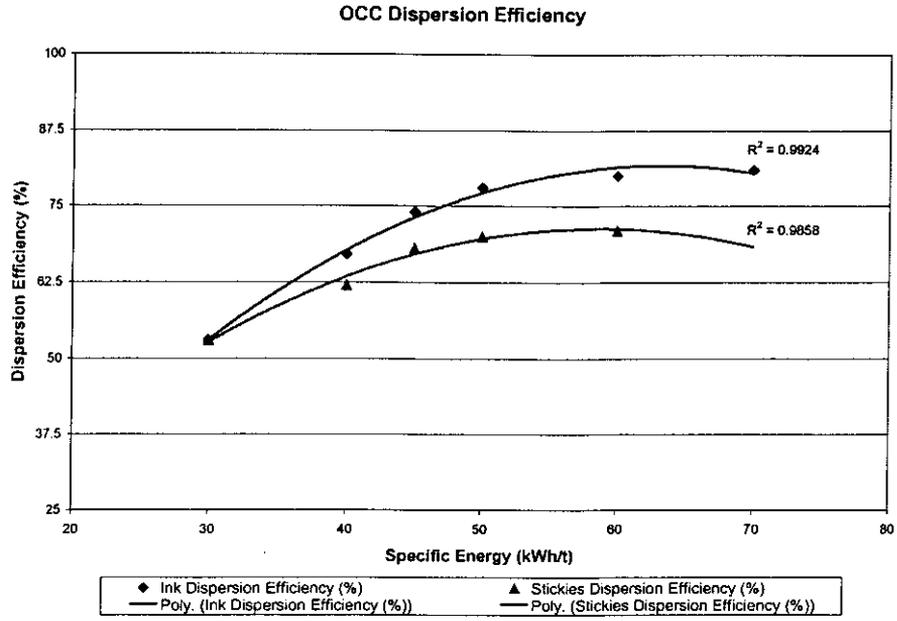


Figura 26 – Cartão Reciclado – Energia Aplicada x Eficiência de Dispersão

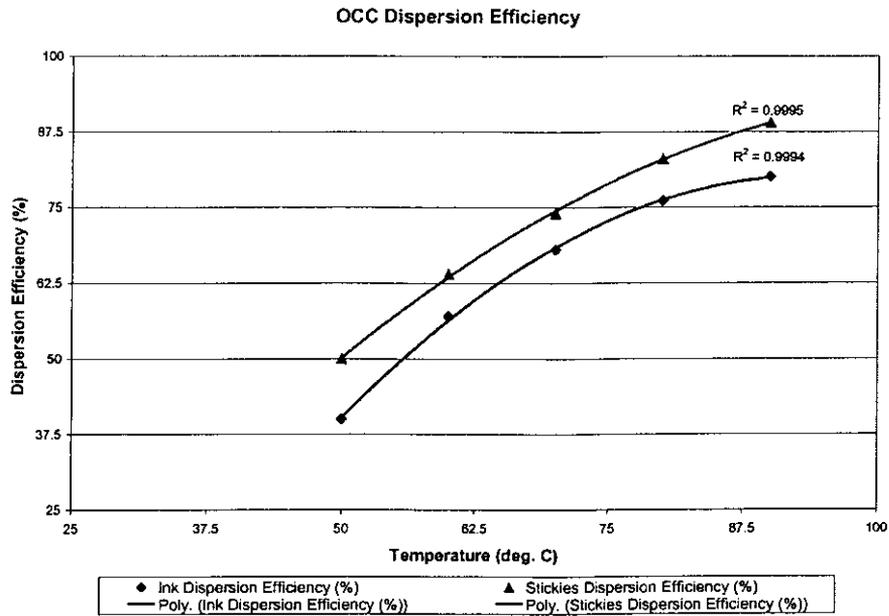


Figura 27 – Cartão Reciclado – Temperatura do Digestor x Eficiência de Dispersão

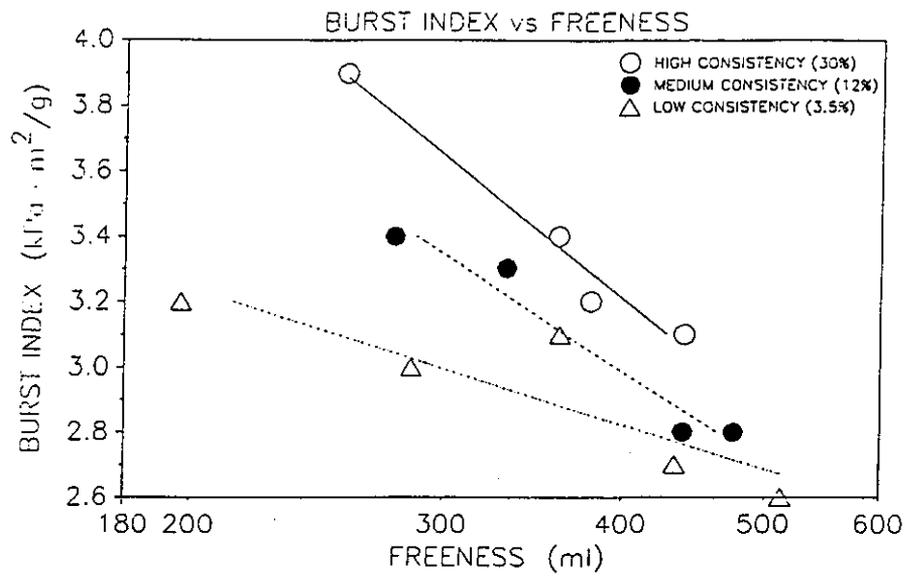


Figura 28 – Cartão Reciclado – Freeness x Índice de Estouro

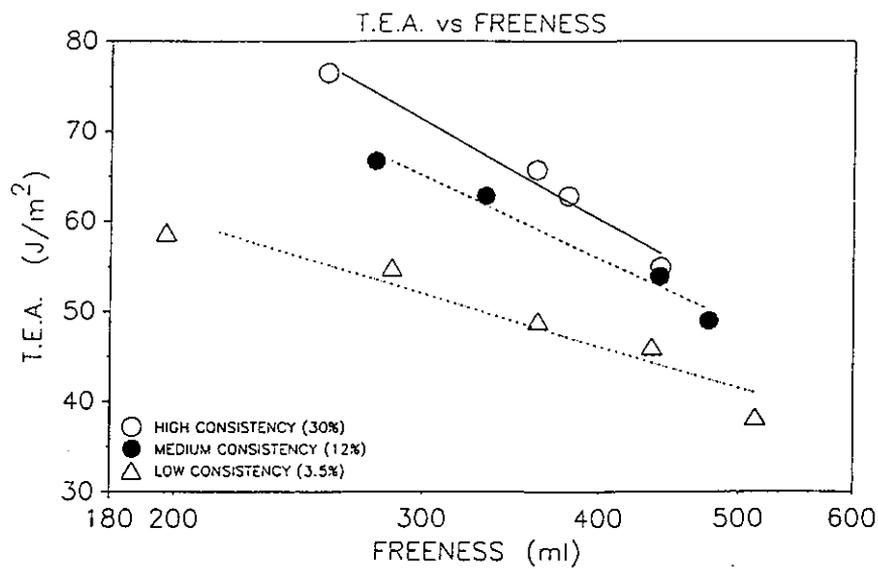


Figura 29 – Cartão Reciclado – Freeness x T.E.A.

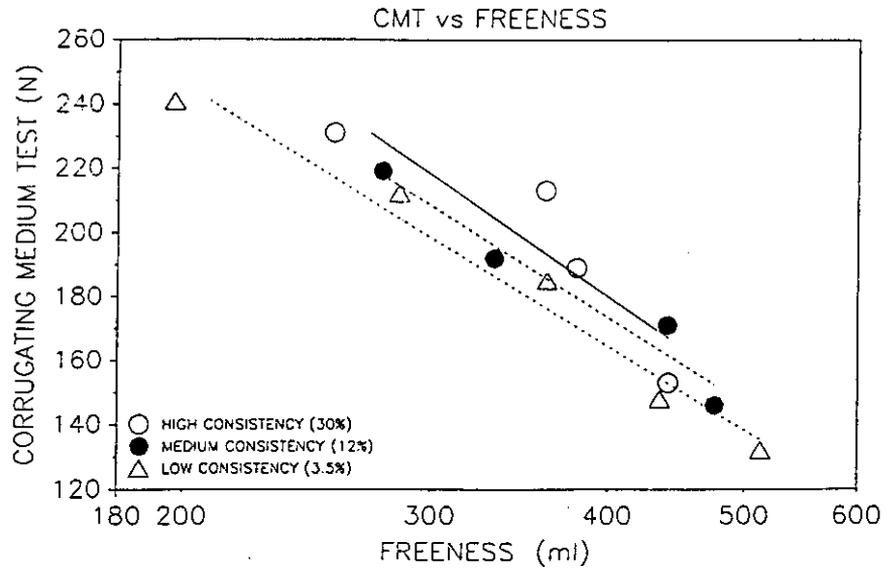


Figura 30 – Cartão Reciclado – Freeness x Teste para Miolo Corrugado

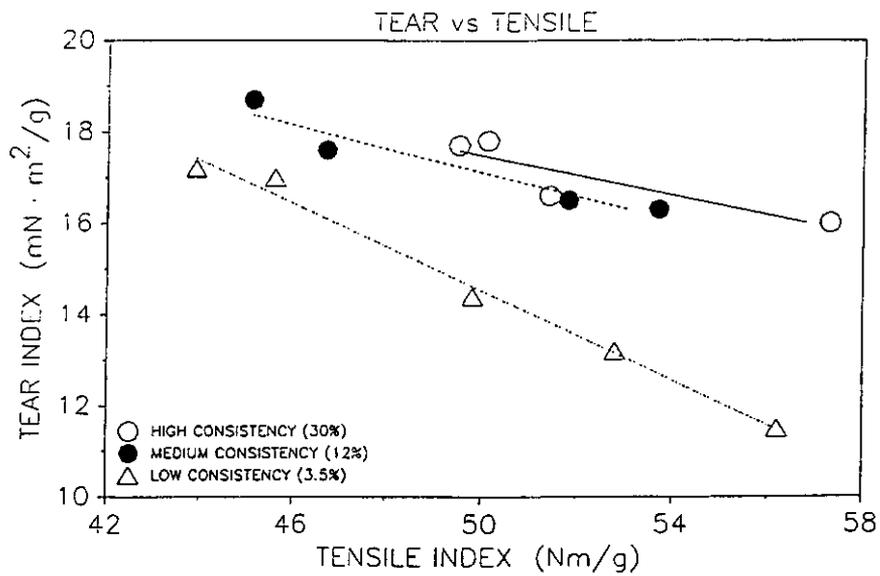


Figura 31 – Cartão Reciclado – Índice de Tração x Índice de Rasgo

Resumo

Os benefícios da refinação em alta consistência são basicamente a preservação do comprimento e a melhoria da capacidade de ligação das fibras. As polpas tratadas com RAC apresentam maior resistência ao rasgo e maior alongamento. As fibras são mais flexíveis e colapsam com facilidade, sua drenabilidade é mais elevada, e as propriedades de resistência do papel a úmido e a seco são melhoradas.

A refinação em alta consistência requer uma quantidade maior de energia aplicada para atingir um mesmo grau de refinação que uma refinação em baixa consistência tradicional.

Polpas de fibras curtas reagem mais favoravelmente a refinação em alta consistência que as de fibra longa, uma vez que as mesmas tem uma resistência ao rasgo já limitada naturalmente. Assim, a refinação em alta consistência possibilita a substituição de uma fração maior de polpa de fibra longa por fibra curta em algumas aplicações assim como o uso de matérias-primas (madeiras) de qualidade inferior como fibras curtas de alta densidade e restos de serraria. A RAC é uma ferramenta eficiente para a redução de vasos de parênquima em polpas de fibras curtas.

Na produção de papéis para sacos o uso da RAC é fundamental para a obtenção de um produto de alta resistência física e com alta porosidade.

Nos papéis e cartões reciclados, o uso da RAC melhora a resistência da polpa e a dispersão dos contaminantes, beneficiando a aparência do papel/cartão e a operação da máquina.