



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL

PROJNET ENGENHARIA S/C LTDA

Fechamento de Circuitos de Águas em Máquinas de Papel

1. Introdução

Na fabricação de papel, em geral, há um excesso de água de processo que contém vários tipos de substâncias dissolvidas (como carboidratos, lignina, e substâncias resinosas) e em suspensão (fragmentos de fibras e outros compostos inorgânicos como caulim e carbonatos). Estes materiais são originários de compostos da madeira utilizada para a produção de celulose, de produtos químicos utilizados como matéria-prima e aditivos na fabricação de papel e de contaminantes de todos os tipos que foram incorporando-se nas diversas etapas do processo produtivo.

Quando este material alcança o tratamento de efluentes ele forma grande quantidade de um lodo difícil de ser disposto no ambiente, além de provocar perdas de calor e materiais que poderiam ser reaproveitados no processo.

Portanto, o sistema de águas de uma máquina de papel deve ser projetado de forma a reutilizar os efluentes assim que forem gerados e tão logo quanto for possível. Desta forma, pode-se reaproveitar os sólidos, o residual de produtos químicos e o calor, além de evitar que se misture com outros fluxos aumentando o volume e dificultando o tratamento.

O estudo dos circuitos de água, no entanto, não contempla apenas o excesso de águas de processo mas, também as águas de resfriamento e refrigeração que, uma vez recuperadas, deixarão de integrar os efluentes, reduzindo o volume a tratar, bem como, reduzindo o consumo de água fresca.

Por fim, um plano de ação para redução de cargas poluidoras deve envolver, também, uma análise dos lançamentos ocasionais e de emergência, identificando as causas e propondo procedimentos e modificações para eliminar ou reduzir a frequência destas ocorrências.

2. Um Breve Histórico

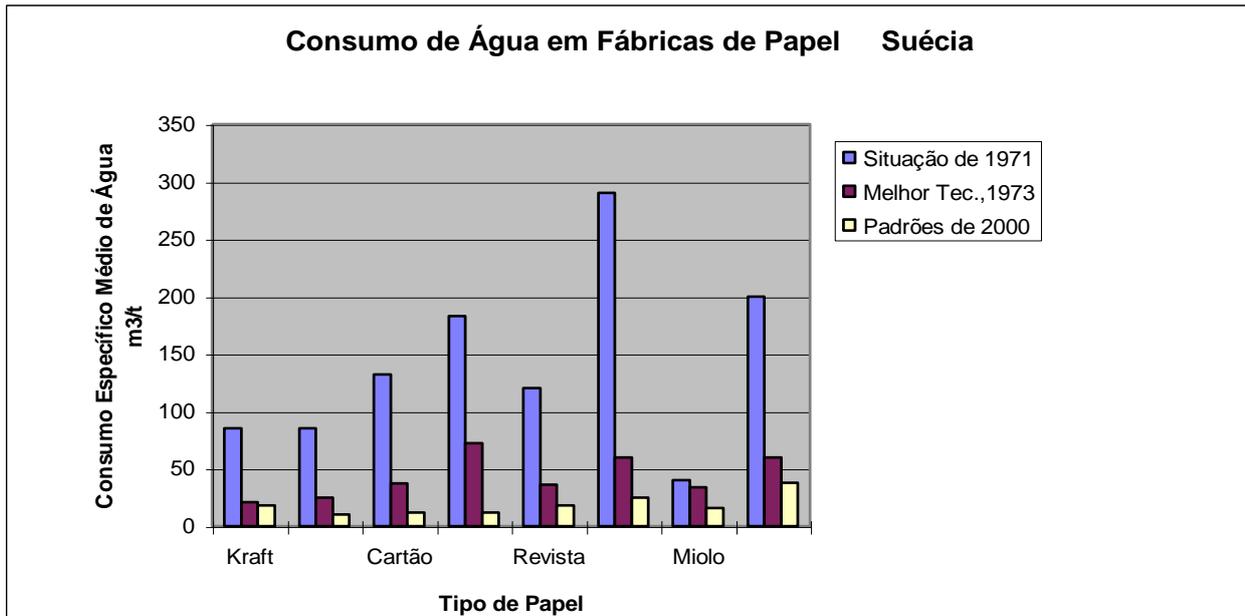
No período entre 1970 e 1973, as indústrias suecas de produtos de base florestal desenvolveram um extensivo estudo com o objetivo de avaliar a situação em que encontravam-se as fábricas de celulose e papel em relação a poluição ambiental. Em primeiro lugar, contemplou a pesquisa das mais recentes tecnologias disponíveis para proteção do meio ambiente e, em segundo plano, promoveu o levantamento das condições de emissão de poluentes existentes nas indústrias da época.

A figura a seguir foi um dos resultados desta pesquisa que alertaram as fábricas a respeito da efetiva contribuição poluidora das máquinas de papel identificando um aspecto potencial para redução das emissões da indústria de celulose e papel, inclusive com possibilidades de melhoria de eficiência e redução do custo operacional. É importante informar que neste trabalho o sistema de água branca das máquinas de papel foi estudado separadamente dos sistemas existentes nas fábricas de celulose, isto é, nos casos de plantas integradas os sistemas de água da máquina de papel e os da fábrica de celulose foram considerados independentes entre si.

Para os principais tipos de papel, a pesquisa compara o consumo específico médio de água realmente verificado nas indústrias em 1971 e uma situação teórica assumindo a melhor tecnologia disponível em 1973, isto é, os valores que poderiam ser alcançados através da aplicação geral dos melhores processos e equipamentos existentes naquele momento. Este mesmo estudo pondera que a condição

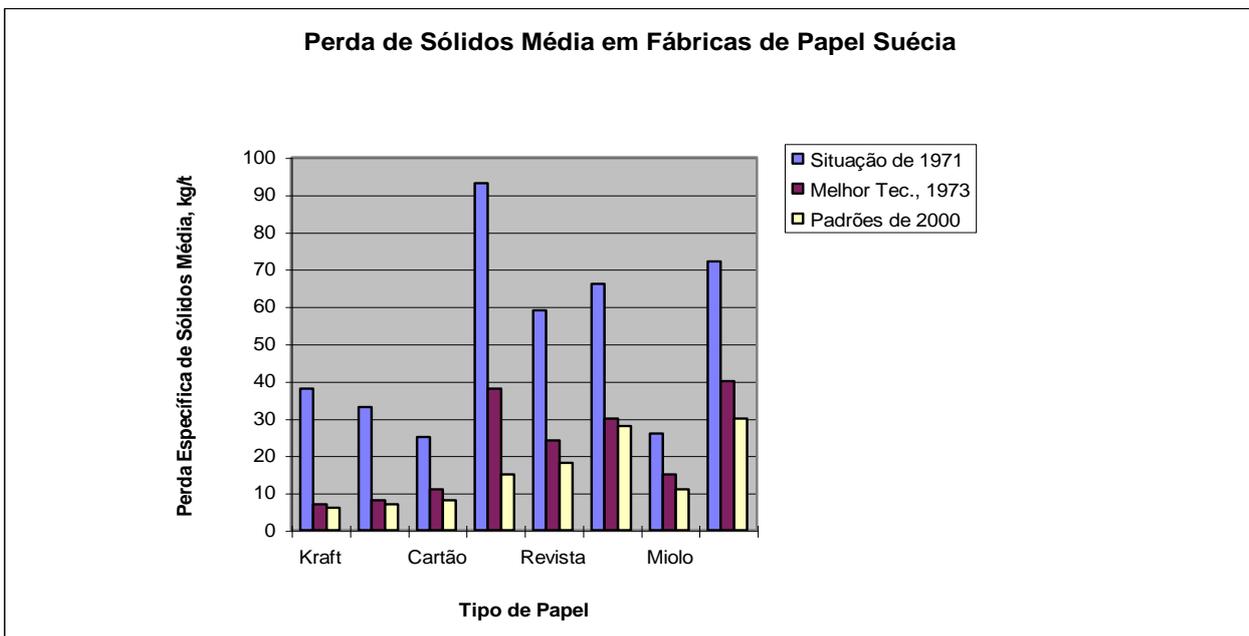
teórica de utilização da melhor tecnologia, no entanto, deve ser considerada como base para novos projetos mas não genericamente como objetivo para as indústrias existentes que poderiam ter seus processos inviabilizados ou torna-los economicamente impraticáveis uma vez que máquinas antigas poderiam necessitar modificações radicais.

Mesmo assim, a análise dos dados indica que melhorias consideráveis poderiam ser alcançadas com programas de redução de lançamentos por máquinas de papel através de modificações economicamente defensáveis.



Para efeito de mostrar a evolução da tecnologia, acrescentamos à figura dados que podemos aceitar como padrões para 2000, isto é, valores para novas instalações considerando os compromissos existentes entre carga de lançamento e a eficiência de produção e qualidade do produto.

Da mesma forma, a perda específica média de sólidos secos foi levantada e analisada considerando as mesmas premissas anteriores. Os resultados obtidos, bem como, os padrões atuais de perda de sólidos estão indicados na figura a seguir.





3. Técnicas e Procedimentos para Fechamento de Circuitos

Naturalmente, quando o assunto é fechamento de circuitos, é normal que se pense apenas em redução do volume dos lançamentos e, em alguns casos, a redução da quantidade de sólidos suspensos também é considerada. No entanto, alguns lançamentos de pequeno volume e baixo teor de sólidos podem ter um grande efeito poluidor quando contêm substâncias que representam alto consumo de oxigênio. A limpeza de grandes tanques de estocagem de amido, por exemplo, pode aumentar a carga biológica do efluente dificultando e encarecendo o seu tratamento.

Desta forma, é possível perceber que este assunto pode ser muito abrangente, deixando claro que o problema de fechamento de circuitos e recuperação de fibras é complexo em seus diversos aspectos e que sempre deve ser analisado de forma global com visão de causa e efeito.

Entretanto, para melhor entendimento e sistematização, dividiremos suas técnicas da seguinte forma:

- Treinamento, Normas e Procedimentos para redução de lançamentos
- Redução do consumo de água fresca
- Reutilização de águas de resfriamento e refrigeração
- Reutilização de águas de processo
- Sistemas de recuperação de fibras

3.1 Treinamento, Normas e Procedimentos para redução de lançamentos

É comum que, quando o assunto é fechamento de circuitos e recuperação de fibras, se pense em grandes investimentos em equipamentos e sistemas de controle para implementar tal programa.

No entanto, é possível obter significativa redução de carga apenas com o treinamento do pessoal e o estabelecimento de normas e procedimentos como, por exemplo, os que seguem:

- Calibração dos sistemas de resfriamento e refrigeração

Normalmente estes sistemas são dimensionados para atender situações de pico e, portanto, a demanda de água é superior as necessidades médias. É possível ajustar a vazão de água apenas para atender as reais necessidades dos sistemas.

- Ajuste do rejeito da depuração centrífuga

Manter a vazão de elutriação na melhor relação entre consumo de água e eficiência de limpeza.

- Inspeção periódica de filtros e equipamentos

Manter a operação dos sistemas na sua melhor eficiência evitando lançamentos ocasionais como rompimento de elementos filtrantes, entupimentos, desgastes e etc.

- Procedimentos para limpeza de tanques e sistemas

Reutilizar as águas de limpeza e na sua impossibilidade, reduzir o impacto de seu lançamento no tratamento de efluentes, como por exemplo, a estocagem da solução de "boil-out".

- Ajuste da vazão de água de serviço das bombas de vácuo de anel líquido

Manter o fluxo de água dentro dos parâmetros de projeto para garantir o desempenho com o menor consumo de água

- Redução da carga biológica dos efluentes do processo

Utilizar um micro-talco (combinação de bentonita e agentes de retenção) para seqüestrar e eliminar as impurezas do sistema principalmente no caso de papéis a base de pastas mecânica, termomecânicas e aparas. Este processo retira do sistema substâncias altamente poluidoras incorporando-as no produto final, ou seja, os contaminantes são retirados e vendidos na forma de papel.



3.2 Redução do consumo de água fresca

A redução do consumo de água fresca pode ser obtida através de algumas medidas, dentre elas:

- Aquisição de equipamentos com menor demanda de água fresca como, por exemplo, chuveiros de melhor eficiência, selos mecânicos, sistemas refrigerados a ar, bombas de vácuo tipo turbina, etc.
- Substituição de água fresca por água clarificada tratada em equipamentos que não interfiram no processo como, chuveiros de telas e feltros, sistemas de elutriação e diluição, chuveiros para condução da folha, etc.
- Utilização de água de resfriamento para diluir produtos químicos e aditivos ou mesmo de água branca onde não houver interferência no processo.
- Utilização de água de resfriamento como água de selagem através de bombas “boosters”
- Recirculação de água de quente através de torres de resfriamento impedindo que água fresca seja utilizada apenas como agente de controle de temperatura. Esta é uma medida típica para fechamento do circuito de água de serviço do sistema de vácuo de máquinas de papel. Neste caso, é importante ressaltar a necessidade de um filtro adequado para retirar pequenas partículas e filamentos de feltros que eventualmente podem ser incorporados ao processo, bem como, um perfeito controle de temperatura da água para manter a eficiência das bombas de vácuo em níveis aceitáveis.
- Tratamento microbiológico de sistemas fechados de resfriamento (torres) evitando ou reduzindo a utilização de água de “make-up”

3.3 Reutilização de águas de resfriamento e refrigeração

Águas de resfriamento e refrigeração também podem ser utilizadas como substituto da água fresca. É importante, no entanto que alguns cuidados sejam tomados. O ideal é separar os fluxos em dois sistemas:

- Sistema de água de refrigeração

A este sistema seriam dirigidos todos os fluxos de água quente ou morna originados em sistemas ou equipamentos que não fossem passíveis de contaminação por óleo, como sistemas de ar condicionado, condensadores de vapor e etc. Esta água poderia ser utilizada como água quente para limpeza de feltros ou em outros locais necessários.

- Sistema de água de resfriamento

A este sistema seriam dirigidos todos os fluxos de água quente ou morna originados em sistemas ou equipamentos que poderiam provocar contaminação por óleo, como sistemas hidráulicos e de lubrificação. Equipando o sistema com um alarme de detecção de óleo, esta água poderia ser reutilizada em locais menos críticos do processo, onde não houvesse inconvenientes com paradas nos eventuais casos de vazamento de óleo.

3.4 Reutilização de águas de processo

Para reaproveitamento de águas de processo, isto é, água branca e água clarificada, é importante que esta água tenha a qualidade adequada ao dispositivo onde se deseja empregá-la. No caso de utilizar-se água clarificada para alimentação de chuveiros, é imprescindível verificar a especificação dos bicos para evitar entupimentos. Mesmo assim, é recomendável que se instale um filtro de água branca (espiral rígido ou peneira) para garantir a qualidade da água em para casos de ruptura de telas ou momentos de mal desempenho do sistema de recuperação de fibras.

Dependendo do processo, a água branca ou a água clarificada, deve ser estocada em volume suficiente para evitar que esta seja descartada durante a operação normal e em momentos de quebras prolongadas da folha, seja necessário empregar grandes quantidades de água fresca para diluição dos refugos gerados. Da mesma forma, e operando de forma equilibrada com a estocagem de água



branca, o sistema de refugo de uma máquina de papel deve contemplar um volume suficiente de estocagem de refugos para evitar descartar esta matéria-prima rica em fibras nos momentos de mal andamento.

Mesmo após todos os esforços para a máxima reutilização da água branca e principalmente no caso de fábricas integradas, onde a máquina de papel recebe a matéria-prima fibrosa na forma de uma suspensão, é usual encontrar-se um grande volume de água branca não reaproveitável no processo. Este excesso, em alguns casos, ainda pode ser utilizado no processo de lavagem na fábrica de celulose. Tal procedimento, no entanto, deve ser estudado cuidadosamente para que não provoque deterioração da qualidade da celulose uma vez que a água contém produtos químicos (sulfato de alumínio, cola de breu, colóides, etc) que podem interferir no processo de produção.

Por último, podemos ainda recuperar fibras e evitar lançamentos de grande quantidade de água e sólidos, através de sistemas eficientes de depuração centrífuga e depuração com peneiras pressurizadas. A utilização de vários estágios em cascata, assegura mínima perda de fibras com bom efeito de limpeza da massa e retirada dos contaminantes.

3.5 Sistemas de recuperação de fibras

Há uma série de métodos e equipamentos para recuperação de fibras, alguns de tecnologia muito antiga outros mais recentes.

Pela sua importância nos que se refere ao fechamento de circuitos, entraremos em maiores detalhes sobre a recuperação de fibras no capítulo a seguir.

4. Recuperação de Fibras

O fechamento de circuitos de uma máquina de papel é uma forma de reaproveitamento de fibras e cargas, mas a área da fabricação de papel, genericamente denominada de recuperação de fibras, têm duas funções básicas:

- Processar o excesso de água branca da máquina de papel, recuperando seu conteúdo de fibras e cargas permitindo sua reutilização na composição da receita do papel.
- Produzir, a partir do excesso de água branca, água tratada com características adequadas para permitir seu reaproveitamento em diversas posições como chuveiros, elutriadores e pontos de diluição.

Estes recuperadores podem ser divididos em grupos, de acordo com seu princípio operacional, conforme a tabela a seguir:

PROCESSOS PARA RECUPERAÇÃO DE FIBRAS

FILTRAÇÃO	FLOTAÇÃO	SEDIMENTAÇÃO
Filtro de discos Filtro de tambor Peneira estática Filtro de membrana Filtro de espiral rígido	Flotador circular Flotador retangular	Decantador cônico Decantador cilíndrico

4.1 Recuperadores por Filtração

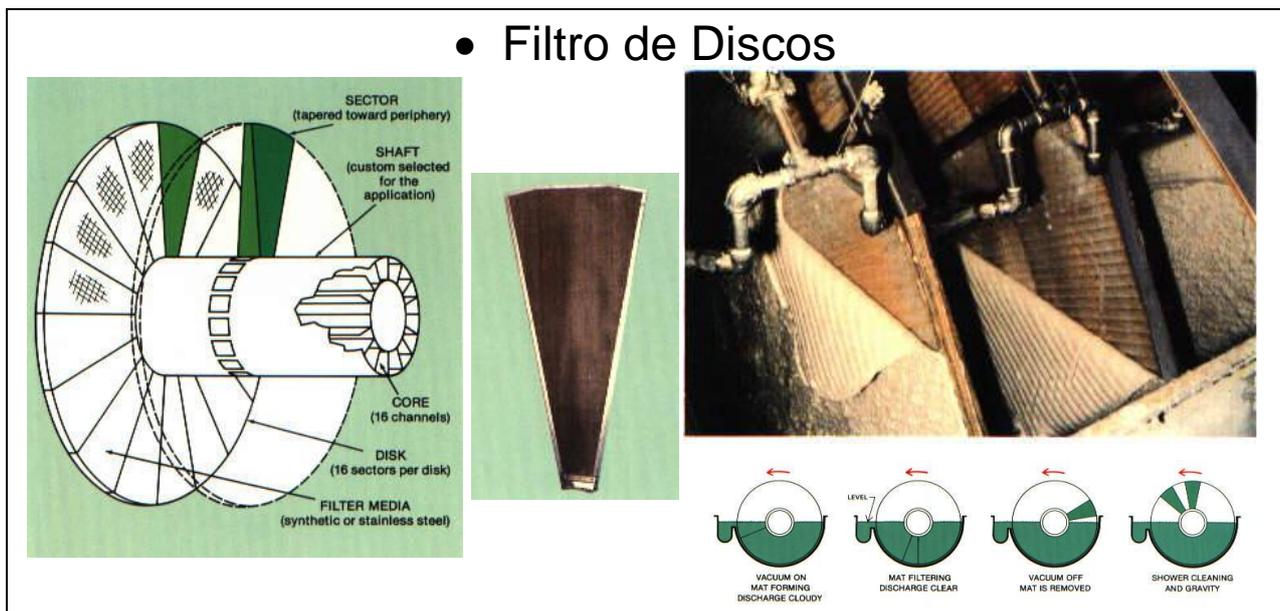
Estes equipamentos funcionam forçando o fluxo de água através de um meio filtrante que pode ser telas sintéticas e metálicas, chapas perfuradas ou membranas especiais semelhantes a um tecido.

Neste caso, as fibras e os sólidos suspensos ficam retidos e a água tratada passa através do meio filtrante.

a) Filtro de discos

São filtros formados por vários discos rotativos dispostos em paralelo em uma bacia de forma que o nível de água na bacia fique na altura do centro dos discos. Os discos são formados por setores circulares telados (tela sintética encolhível ou de aço inox) e suportados por um eixo vazado ligado a duas pernas barométricas independentes.

Na medida que os setores vão mergulhando na suspensão, o fluxo é submetido a ação do vácuo formado pelas pernas barométricas sendo que a água atravessa a tela dos setores circulares e as fibras e os sólidos em suspensão vão acumulando-se na sua superfície. Em um primeiro momento, grande parte do material em suspensão acompanha o fluxo de água incorporando-se a vazão da primeira perna barométrica e formando o filtrado concentrado (cerca de 200 ppm). Porém, na medida que vai se formando uma manta fibrosa na superfície da tela, o efeito de filtração torna-se mais eficaz reduzindo a passagem de material em suspensão através da tela. Neste momento, o fluxo de água é desviado para a segunda perna barométrica formando o filtrado clarificado (de 20 a 40 ppm). A manta fibrosa formada na superfície da tela (de 8 a 12% de consistência), acompanha o setor circular saindo



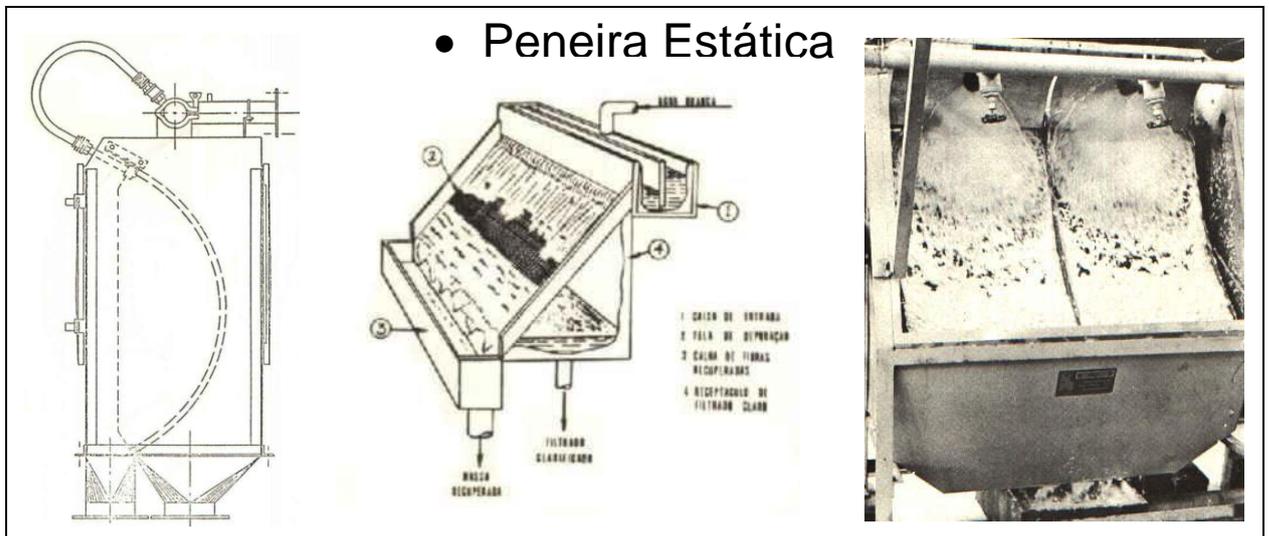
da parte submersa, é destacada por intermédio de chuveiros de alta pressão e conduzida a uma calha para posterior reutilização no processo.

No entanto, para que a manta fibrosa seja formada, é necessário que a suspensão tenha uma consistência de aproximadamente 1%. Como, em geral, a água branca a recuperar têm cerca de 0,01 a 0,1%, é necessário misturar massa grossa (massa auxiliar) até atingir a consistência ideal. Neste caso, procura-se misturar massa refinada porém sem grande quantidade de finos (carga) pois isto poderia afetar a capacidade do equipamento por reduzir a taxa de filtração específica.

Por este motivo, este tipo de equipamento não é recomendado para trabalhar com processos que requeiram a utilização de massa altamente refinada (80-90 °SR) como papel greaseproof, cigarro, etc.

O diâmetro dos discos varia de 2250 mm a 4510 mm e a quantidade de discos varia de 4 a 30 discos por unidade dependendo da vazão de água a tratar.

Apesar da simplicidade do conceito operacional, atualmente existem equipamentos mais modernos, que são pressurizados, possuem chuveiros e são construídos com materiais mais nobres e com maior precisão.



Na classificação de peneiras estáticas incluem-se, ainda, os filtros por gravidade (Gravity Strainers), também muito simples e constituído de uma cuba dividida em três compartimentos. O primeiro tem um prato distribuidor cuja função é espalhar o fluxo por toda a tela filtrante localizada no segundo compartimento. O lado inferior da tela têm um chuveiro rotativo de limpeza. A água clarificada cai

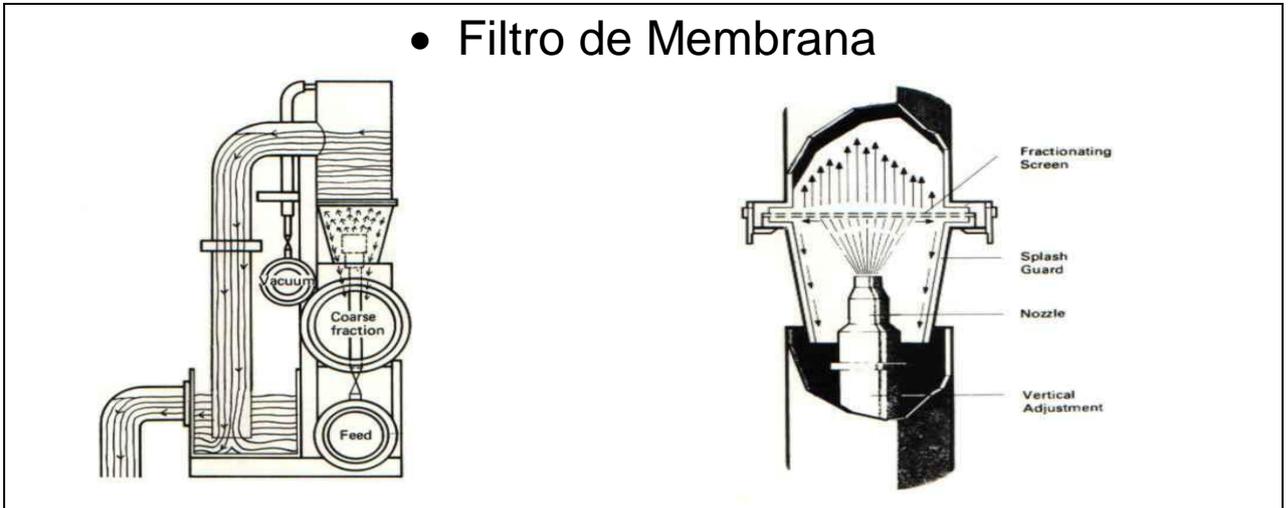


diretamente dentro de um tanque (terceiro compartimento), e os sólidos são dirigidos para o centro onde se encontra o duto de rejeitos. Estes filtros são mais utilizados para aplicações onde há baixa concentração de sólidos na água branca.

d) Filtro de membrana

São filtros compostos por diversas unidades filtrantes cada uma delas contendo uma película (tecido) especial com baixa permeabilidade. Estes equipamentos separam os sólidos em suspensão e permitem a reutilização do material no processo. Em geral, são aplicados em série com outros equipamentos de filtração, nos casos onde os requisitos feitos a água clarificada são extremamente rígidos.

Neste caso a água é lançada verticalmente sobre a tela filtrante através de bicos individuais. O filtrado clarificado atravessa a tela filtrante e é recolhido por uma câmara de nível constante. Os sólidos separados são arrastados, caem e são coletados em uma calha de recuperados para reutilização no processo.

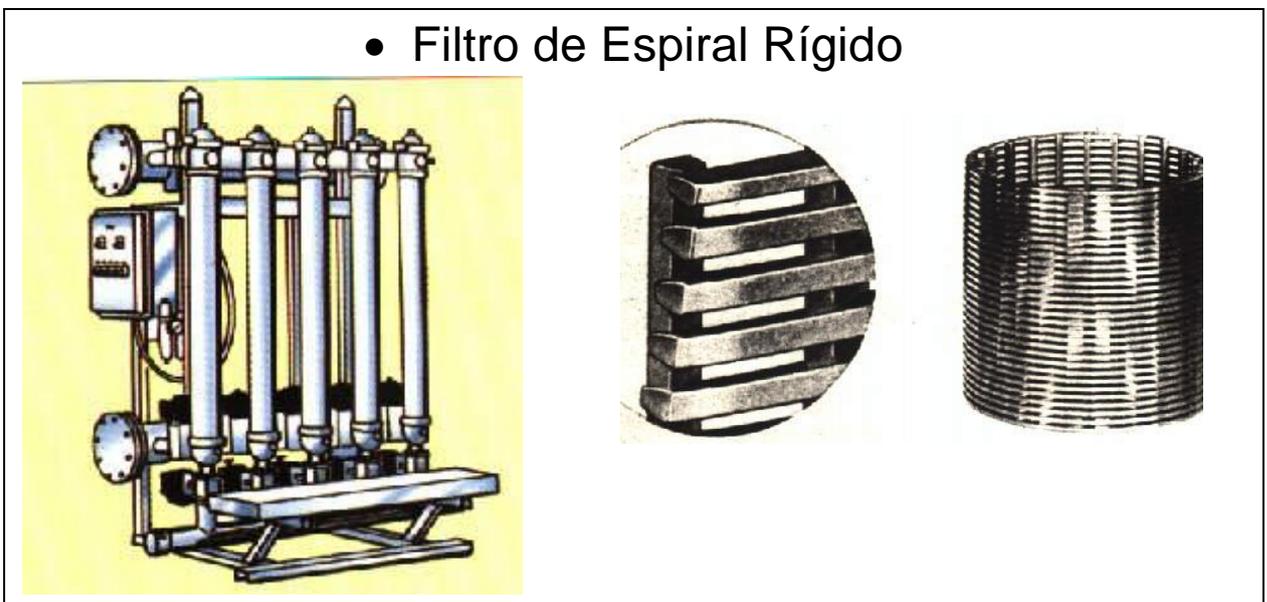


e) Filtro de espiral rígido

São equipamentos compostos por unidades filtrantes com elementos filtrantes removíveis semelhantes a cestas. Na realidade estes elementos são construídos através de um arame rígido, de perfil trapezoidal, enrolado na forma de espiral de tal forma que a distância entre suas arestas sejam muito pequenas (em geral 0,0006”). O fluido é injetado pelo lado externo do espiral, a água passa através das pequenas fendas formadas entre as arestas, e os sólidos suspensos caem pela superfície lateral da espiral em direção ao duto de rejeito.

Em geral, é aplicado em águas com baixo teor de sólidos e o material separado é descartado.

Devido a necessidade de limpeza periódica, é muito utilizado em bancadas múltiplas com retrolavagem automática através de manobras de válvulas com seqüenciamento lógico comandado por um programador eletrônico.



4.2 Recuperadores por Flotação

Estes equipamentos têm como princípio básico de funcionamento a flotação dos sólidos suspensos na água branca. Em geral, o efeito de flotação é conseguido através da adição de ar comprimido no fluxo de entrada do flotador.

a) Flotador circular

Este tipo de flotador consiste em uma bacia cilíndrica de grande diâmetro em relação a altura. Antes de entrar no equipamento, o fluido, total ou parcialmente, passa por um tanque pressurizado onde é injetado ar comprimido. Nesta câmara, o ar se mistura a água branca, ficando homogeneamente disperso e, por efeito da pressão, também fica dissolvido na água.

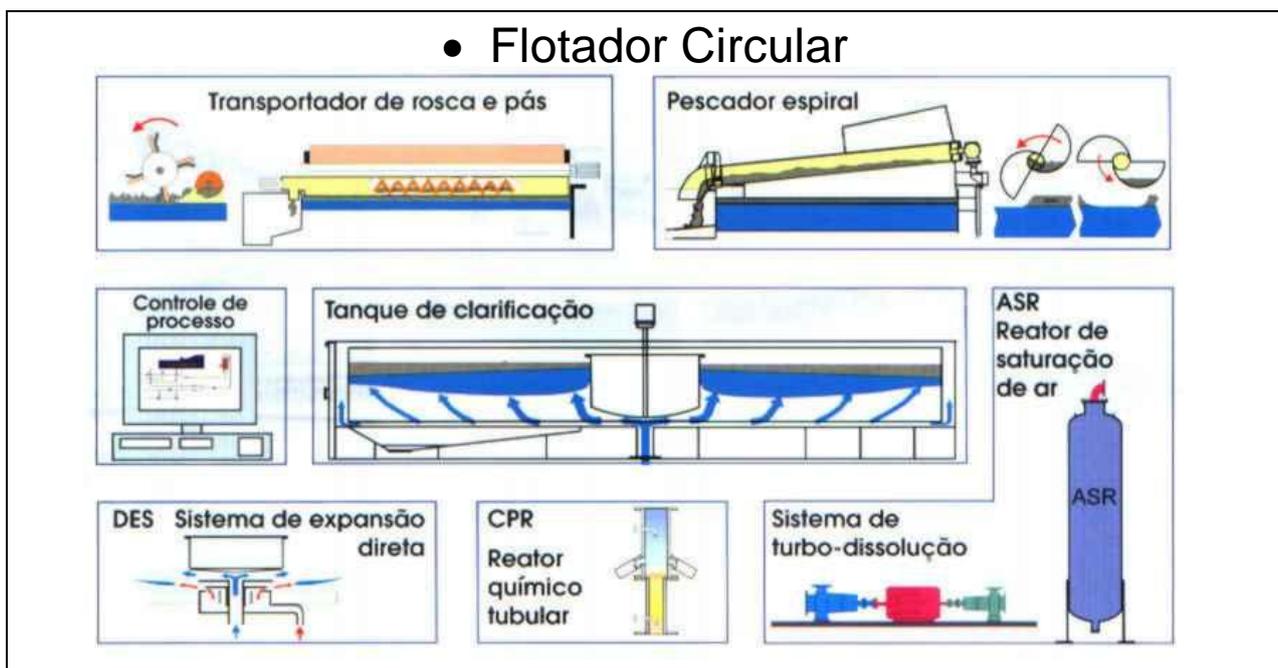
A flotação por ar comprimido pode requerer uma floculação prévia através da dosagem de produtos químicos como sais inorgânicos e polieletrólitos que causam a formação de flóculos levando a aglomeração dos sólidos suspensos e recuperando, assim, não só as fibras mas parte de outros materiais como cargas e finos.

No tanque de flotação o fluxo reduz sua velocidade permitindo a separação dos flóculos que sobem para a superfície formando uma camada de massa flotada. Esse material é retirado por um dispositivo em espiral que gira, pivotado pelo centro, na mesma velocidade que a água branca (portanto com diferencial de velocidade igual a zero) ocorrendo, assim, uma remoção suave e muito favorável aos processos de flotação e decantação.

A concha em espiral conduz a massa recuperada (com cerca de 2 a 4% de consistência) para uma das extremidades do equipamento onde, por gravidade, passa para um tubo para ser reaproveitado no processo.

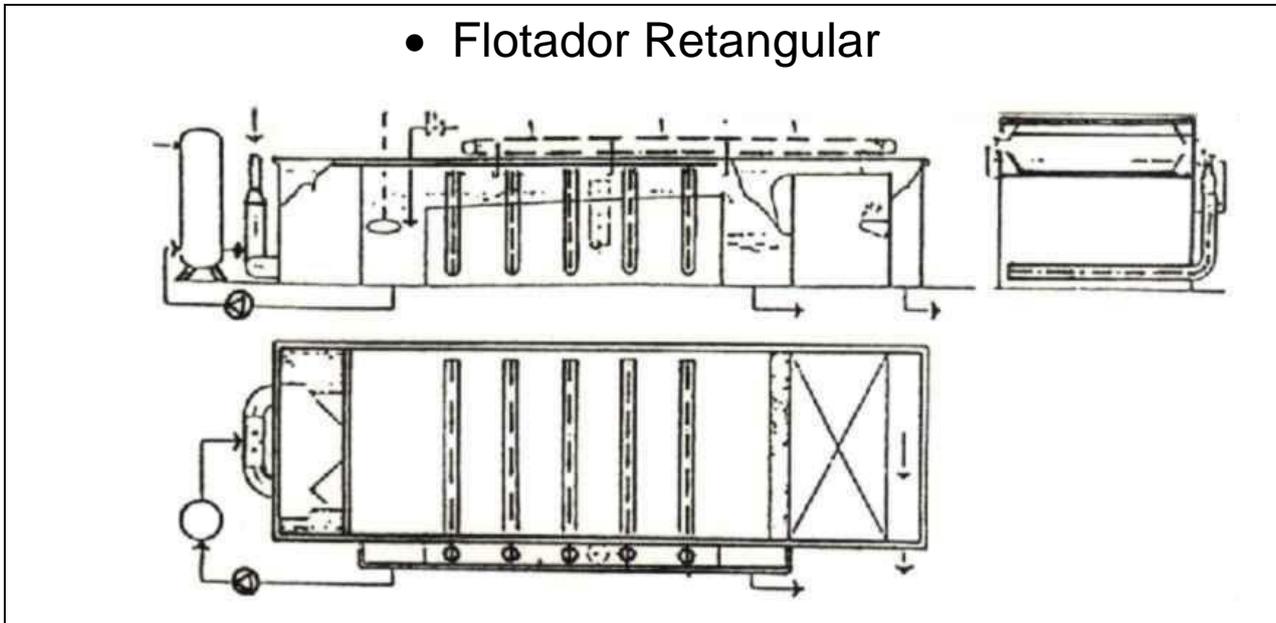
A água clarificada é extraída por uma câmara que se encontra na parte central do flotador ou em sua extremidade.

Uma pequena parte da separação de sólidos também ocorre pelo processo de decantação. Para isso, o equipamento dispõe de raspadores fixados ao tubo de distribuição giratório, que limpam o fundo e a lateral do tanque, conduzindo o lodo decantado para um reservatório no fundo, de onde é periodicamente descartado.



b) Flotador retangular

O flotador retangular têm tecnologia antiga (1920), seu funcionamento é muito semelhante ao circular porém sua forma construtiva é completamente diferente. Os mesmos processos de microaeração e floculação são necessários neste caso.



No entanto, estes equipamentos são geralmente construídos em concreto e o dispositivo de extração de massa recuperada é composto por um conjunto de simples raspadores de superfície.

O fluxo de água branca entra por uma das extremidades do tanque retangular e a massa recuperada sai pela extremidade oposta.

O filtrado clarificado é retirado por transbordo lateral através de tubos perfurados. Os tubos atravessam a parede lateral e após uma curva de 90o, continuam verticalmente até atingirem o compartimento de água clarificada. A parte superior de cada tubo é ajustável de forma que permita controlar o fluxo através de cada tubo e, conseqüentemente, o nível dentro do recuperador.

c) Flotador de lamelas

O flotador de lamelas é um equipamento de alta eficiência na remoção de sólidos. Seu funcionamento baseia-se na Lei de Stokes e, devido ao seu arranjo, gera uma grande área de contato com as

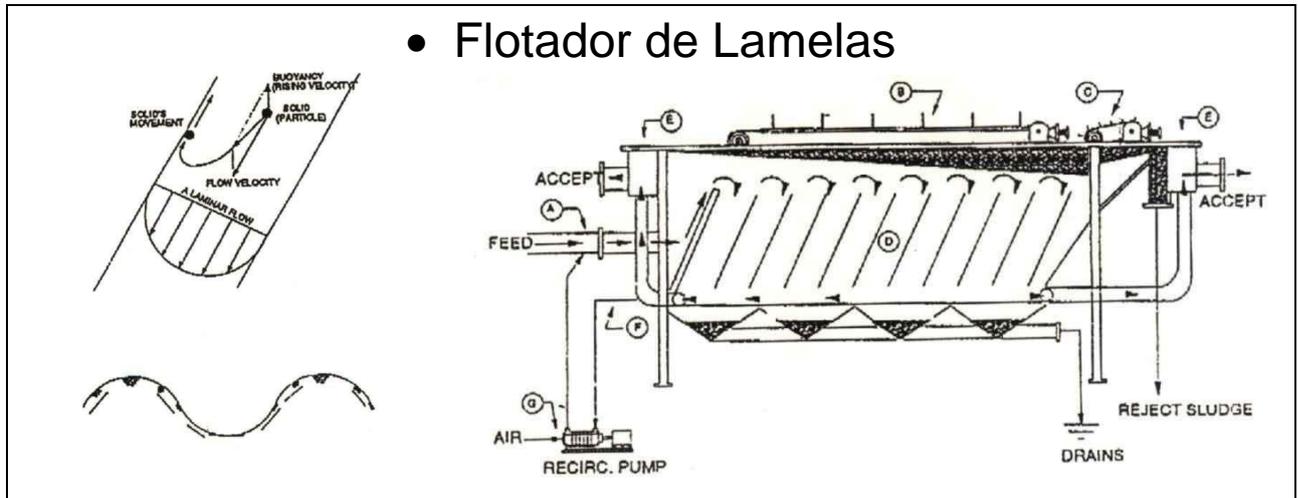


Flotation - Stokes Law

$$S = \frac{k(D_f - D_p)d^2}{\nu}$$

S = Settling speed	D_p = Particle density
k = Constant	d = Particle diameter
D_f = Fluid density	ν = Fluid viscosity

partículas onde sua velocidade aproxima-se de “zero” proporcionando um excelente efeito de separação.



4.3 Recuperadores por Sedimentação

Estes equipamentos têm como princípio básico de funcionamento a sedimentação dos sólidos suspensos na água branca. Em geral, o efeito de sedimentação é conseguido através da adição de produtos químicos adequados e de um grande tempo de retenção. Após este tempo os sólidos em suspensão separam-se e podem ser removidos pelo fundo do tanque.

a) Decantador Cônico

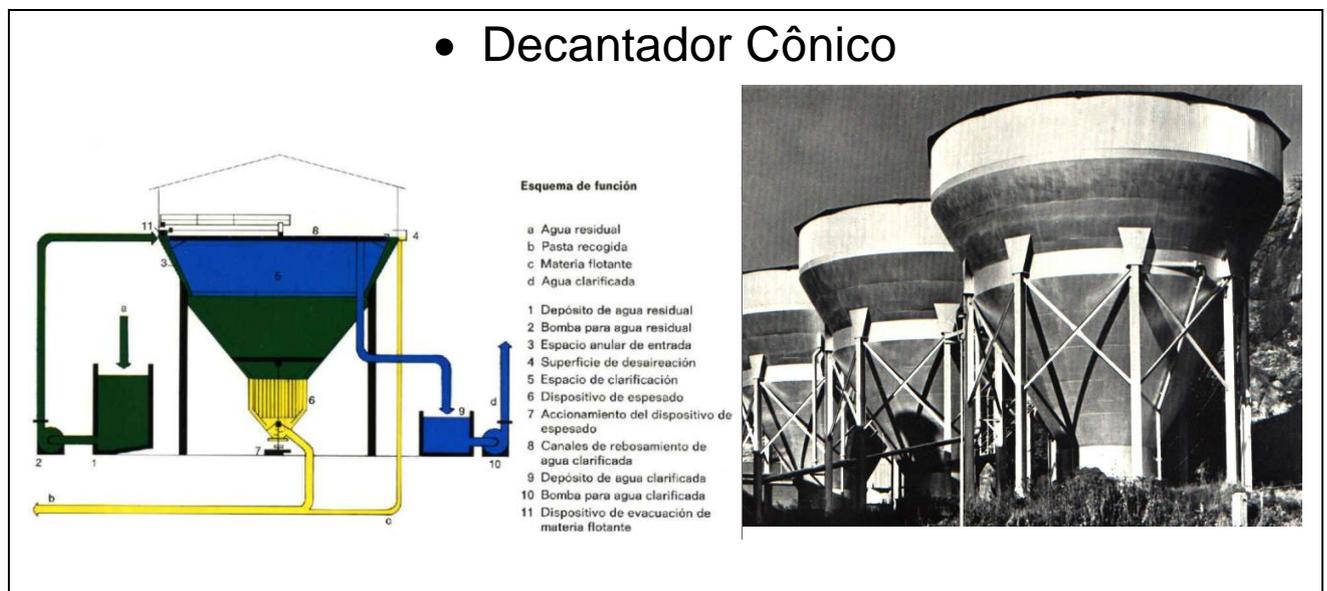
Neste tipo de decantador procura-se otimizar as 4 fases do processo:

- Sedimentação livre

Na parte superior do vaso a concentração de sólidos é baixa e a distância entre as partículas é grande. Nesta fase, a velocidade ascendente do fluido é regulada para ser menor do que a velocidade de sedimentação dos sólidos, portanto, esta é a zona de clarificação do recuperador.

- Concentração

Nesta fase, partículas grandes e pesadas que decantam mais rápido, chocam-se com partículas menores e leves que decantam devagar, atrasando o processo de sedimentação.





- Decantação retardada

As partículas chocam-se umas com as outras também pela ação da velocidade ascendente do fluido, que é grande nesta zona.

- Compressão e compactação

As partículas decantadas são acumuladas, comprimidas e compactadas, dependendo do tempo de parada. Este tempo é determinado pela proporção da remoção por uma válvula de descarga com intervalos pré - determinados ou por meio de um raspador de lodo montado no fundo do vaso.

Cada uma destas fases é dimensionada para atender as necessidades específicas mas, normalmente, o alto tempo de retenção necessário resulta em grandes volumes e enormes equipamentos.

b) Decantador Cilíndrico

Semelhante ao decantador cônico, têm a construção mais simples mas também requer altos tempos de retenção e grandes volumes de equipamento.

Apresenta-se na maior parte no formato externo cilíndrico mas também tem um fundo cônico similar ao do decantador anterior. Na sua parte interna há um cone invertido, isto é, o diâmetro menor está colocado na parte superior do equipamento. Este dispositivo permite otimizar a separação das partículas na zona onde há a inversão do fluxo.

4.4 Comparação entre Recuperadores

A avaliação dos diversos tipos de recuperadores de fibra deveria ser feita para cada tipo de equipamento em particular. No entanto, para melhor entendimento, faremos a comparação entre os três princípios básicos de recuperação salientando, quando ocorrer, aspectos específicos referentes a um determinado recuperador.

Descrição	Filtração	Flotação	Sedimentação
Tempo de retenção	baixo	baixo	alto
Necessidade de espaço (área)	baixa	baixo	alta
Facilidade para troca de papel (qualidade e cores)	boa	satisfatória	insatisfatória
Necessidade de produtos químicos (floculadores)	não	quase obrigatoriamente	eventualmente
Necessidade de massa auxiliar	obrigatória para alguns tipos	não	não
Necessidade de coluna barométrica	obrigatória para alguns tipos	não	não
Sensibilidade a variação de fluxo, propriedades químicas e concentração da água branca	baixa (em alguns casos ocorre a mistura com massa auxiliar)	alta	alta
Consistência da fibra recuperada	alta (pode ser controlada)	baixa (efeito de diluição na preparação de massa)	baixa/média (com concentrador)
Facilidade de reaproveitamento das fibras recuperadas	boa (alguns tipos tem finos já distribuídos e misturados com a massa auxiliar)	pouco satisfatória (presença de ar)	pouco satisfatória (presença de impurezas)
Facilidade de aumento de capacidade	boa para os filtros de discos	nenhuma	nenhuma



Descrição	Filtração	Flotação	Sedimentação
Tratamento de massa altamente refinada (80 a 90°SR)	difícil	satisfatório	satisfatório
Custo de manutenção	baixo	baixo	muito baixo

5. Problemas com Fechamento de Circuitos em Máquinas de Papel

A recirculação dos fluxos em excesso, no entanto, podem gerar problemas de ordem operacional, de manutenção e de qualidade no produto final.

O fechamento de circuitos, em geral, provocam enriquecimento da água branca com finos (fragmentos de fibras e cargas de baixa granulometria), compostos químicos, contaminantes e microorganismos, bem como, o aquecimento dos sistemas e das águas.

Os problemas operacionais decorrentes da excessiva reutilização de águas podem reduzir a eficiência de produção da máquina introduzindo problemas de andamento que podem se apresentar das seguintes formas:

- Redução da retenção no processo através da deterioração da ação dos agentes químicos de retenção
- Desaguamento retardado devido a formação de compostos coloidais com prejuízo do teor seco na saída da seção de formação
- Formação de espuma e aumento do teor de ar no sistema
- Depósitos de materiais e microorganismos ("build-up") em todo o processo produtivo
- Desprendimento de partículas acumuladas causando "picking" e quebra da folha
- Aumento do desgaste dos equipamentos e tubulações devido ao aumento da concentração de cargas e contaminantes

Freqüentemente ocorrem ainda problemas de qualidade do papel, dentre eles:

- Enfraquecimento do efeito de colagem
- Queda da alvura do papel e deterioração de outras propriedades ópticas e mecânicas
- Aparecimento de manchas devido a presença de ar e de contaminantes no sistema
- Contaminação do produto com substâncias incompatíveis com seu uso final

Além destes problemas, o estudo para fechamento de circuitos deve ser suficientemente abrangente, envolvendo todos os departamentos produtivos envolvidos de forma a evitar que problemas sejam transferidos de uma seção para outra.

Estes problemas, é claro, manifestam-se mais acentuadamente quanto mais crítico é o tipo de papel a produzir. Por exemplo, o LPB ("Liquid Packaging Board"), o LWC ("Light Weight Coated Paper") em meio alcalino e papéis de baixa gramatura produzidos em altas velocidades dentre outros podem apresentar maior sensibilidade ao fechamento de circuitos.

6. Tendências e Novas Tecnologias

Há algum tempo já vêm sendo procurada a solução de "efluente zero" mas, uma tecnologia apropriada, de emprego generalizado e que contemplaria um compromisso ambiental e econômico está longe de ser obtida e empregada. É claro, no entanto, que todos os esforços devem ser empregados na busca de uma solução ambiental adequada que perpetue a indústria sem interferir no futuro do planeta.

Na verdade, algumas instalações já estão sendo reportadas como "efluente zero" e, para papéis menos críticos como miolo e capa de segunda com material fibroso reciclado, já é possível planejar fábricas com nenhum lançamento líquido. Para isto, é necessário empregar sistemas e equipamento

para tratamento da água em série utilizando os diversos processos disponíveis, como flotação, filtração e sedimentação.

No entanto, algumas novas tecnologias estão surgindo com o objetivo de reduzir os lançamentos e, em algumas vezes, com oportunidade de ganhos econômicos

Dentre estas iniciativas, estão sendo desenvolvidas e pesquisadas as seguintes tecnologias:

- Processo de Evaporação (ZEDIVAP)

Este processo vêm sendo desenvolvido em laboratório e em escala piloto pela Enso e Ahlstrom na Finlândia e uma unidade industrial está sendo instalada. O processo consiste da evaporação de águas de processo quentes procedentes da fábrica de papel e planta de pasta mecânica para reutilização na máquina de papel como água limpa. O efluente é concentrado e a energia utilizada na concentração é recuperada em uma planta de tratamento de lodos ou através da queima em caldeira. Este projeto ainda não permite efluente zero, mas pode ser um caminho para a eliminação dos lançamentos.

- Reutilização de Caulim

Uma planta industrial para recuperação de caulim já está sendo montada no Reino Unido que tornará a Caledonian Paper a primeira fábrica de papel a alcançar a separação efetiva do látex e do caulim utilizado na fabricação de papel revestido. O processo consiste de um tratamento químico para sedimentação do caulim e de uma separação mecânica através de um clarificador de lamela. O caulim é recuperado pelo fundo do decantador e o efluente contendo o látex é queimado em um leito fluidizado juntamente com grandes quantidades de casca. Os produtos químicos utilizados no processo de separação e purificação ainda são confidenciais.

- Micro-filtração para Água Branca

Alguns testes estão sendo realizados utilizando-se membranas para tratamento de água branca, com excelentes resultados na remoção de DBO e DQO. No entanto, esforços estão sendo feitos no sentido de melhorar a taxa de filtração, atualmente muito baixa para utilização em fluxos muito elevados.

- Simuladores de processo

As empresas, agora com poderosas ferramentas de simulação de processos, estão projetando novas instalações cada vez mais adequadas em relação a proteção ambiental. Estas ferramentas, através de seus modelos químicos e algoritmos complexos, permitem prever os diversos fluxos do processo, bem como, o comportamento químico de seus compostos em relação a seqüência de etapas em que passam durante a produção. Desta forma, outros processos como ultrafiltração e osmose reversa podem ser estudados para verificar a possibilidade de eliminar compostos de baixo peso molecular como metanol, etanol, ácidos fórmico e acético, normalmente encontrados nos efluentes de fábricas de papel e de difícil separação.

