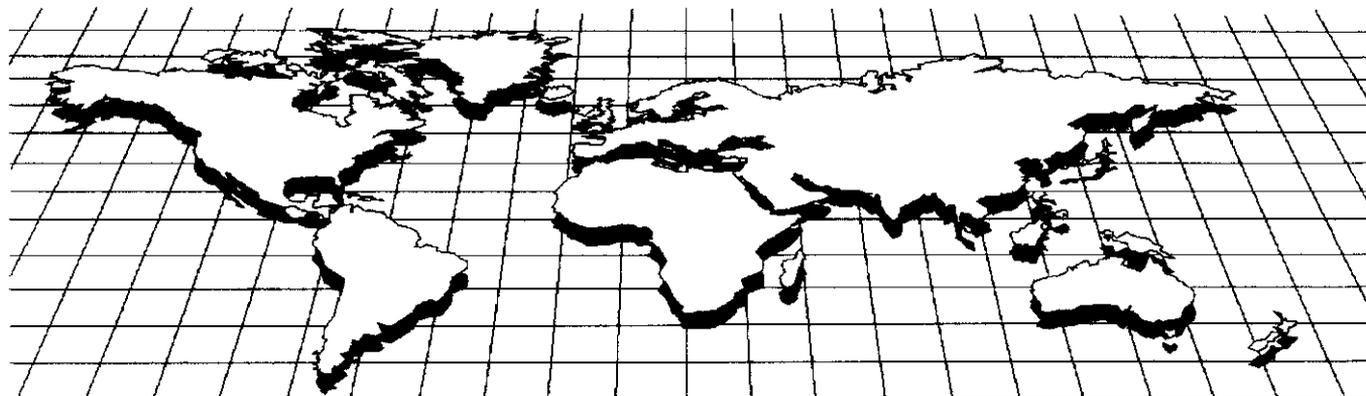


M-00:17 A



FECHAMENTO DE CIRCUITO

21 e 22 de Setembro de 2000
Klabin Riocell S/A - Guaíba - RS

REALIZAÇÃO:



**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL
REGIONAL SUL**

Rua João de Castro, 68 – S/801 – CEP 88501-160 – Lages - SC - Brasil

Telefone/Fax: (49) 222-0038

<http://www.abtcp.com.br>

e-mail: abtcp@sinpesc.com.br



EcoConsult

Engenharia do meio ambiente

FECHAMENTO DO CIRCUITO DE ÁGUA

1 - Introdução

O estudo do Fechamento de Circuito de Águas dos processos de obtenção de Celulose e Papel, apresenta grande abrangência, decorrente da multiplicidade dos processos de obtenção destes produtos. Também podemos afirmar que não existem fórmulas prontas para fechamento do circuito de águas de cada processo ou produto, mas sim, tecnologias e práticas operacionais que podem ser aplicáveis total ou parcialmente ou ainda, poderem ser adaptadas para determinados processos. Esta afirmação explica-se pelo fato que cada processo apresenta suas características em função da matéria prima e da característica da água empregada no mesmo, além dos parâmetros de qualidade estabelecidos para o produto. A estratégia a ser empregada para redução do consumo de água é outro fator a ser analisado e considerado, pois várias formas de reduzir o consumo de água podem ser empregados a partir do estabelecimento de uma estratégia para atingir este objetivo. Podemos citar como exemplo de estratégia a redução do consumo específico de água, atacando inicialmente as águas não processuais, como águas de resfriamento e selagem.

Os processos de obtenção de Celulose e Papel, hoje disponíveis, normalmente consomem muita água, porque a água é utilizada como veículo da fibra ao longo das diversas fases do processo. Este recurso natural sabe-se que é finito e sua disponibilidade no globo terrestre é pequena para a demanda mundial atual. Em função desta premissa as comunidades políticas e científicas começaram a preocupar-se e a tomarem medidas concretas no sentido da preservação deste recurso, através da utilização de instrumentos legais (legislação.) O Brasil, acompanhando a tendência mundial, também criou seus instrumentos visando racionalizar o uso dos recursos hídricos, através da criação de leis e códigos, os quais prevêm a cobrança pelo uso do recurso natural água. Portanto, o insumo água que antes do emprego destes instrumentos apresentava uma baixa incidência sobre os custos de produção, passaram a serem significativos e a exigirem mais atenção quanto a seu consumo dentro dos processos. Em função principalmente desta nova postura da sociedade os setores produtivos mais demandantes deste insumo começaram a preocupar-se com a racionalização no uso da água.

Para entendermos melhor as tecnologias e práticas que serão apresentadas neste curso, apresentaremos uma descrição sucinta dos principais processos de obtenção de Celulose e Papel. Após faremos um relato sobre aspectos da qualidade da água exigida para os processos de obtenção de Celulose e Papel. A legislação também terá um capítulo para que possamos ter noção de que forma a mesma pode impactar o setor. Comentaremos sobre consumos específicos, para que possamos ter uma noção de comparação entre os consumos praticados atualmente setor no Brasil e as tendências Mundiais.

1

EcoConsult - Engenharia do meio ambiente

R. Dr. Lauro 118 conj. 706 - Guaíba - RS - BR - CEP 92.500-000

Tel/Fax: +55-51-491-1480 / 9806-4817 - e-mail: nrlima@guaibanet.com.br



Pen&lima

Engenharia do meio ambiente

Finalmente descreveremos aspectos quanto a sistemas de recuperação de perdas, tecnologias e tendências para fechamento de circuito de águas.



2 - CONSUMO DE ÁGUA NA FÁBRICAÇÃO DE CELULOSE E PAPEL

O setor de Celulose e Papel vem apresentando ao longo das últimas décadas uma constante evolução no sentido da redução dos consumo específico de água para os seus processos.

EVOLUÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ÁGUA

REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO SETOR DE CELULOSE:

- ◆ Década de 1970: 200 a 120 m³ / TSA
- ◆ Década de 1980: 150 a 70 m³ / TSA
- ◆ Década de 1990: 70 a 35 m³ / TSA
- ◆ Tendência: 30 a 15 m³ / TSA

O setor de Papel vem apresentando uma redução significativa. No Brasil temos empresas com consumo de 25 m³/t à 4 m³/t.

3.0 - LEGISLAÇÃO

A constituição de 1988 (artigo 20,III), definiu o que são bens ambientais, definindo como bens da União: "os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banham mais de um estado, sirvam de limites com outros países ou se estendam a territórios estrangeiros ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais".

Foi definido e incluído como bens dos estados:" as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União"(art.26,I)

SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

No artigo 21 inciso XIX foi previsto a implantação do SNRH, entretanto não foi dada qualquer orientação sobre a organização e o campo de abrangência desse sistema, a não ser que deve ser de natureza nacional, cabendo a União definir critérios de Outorga e Uso. Na época já existia o SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente, no qual já estavam incluídas as águas.

Em 8 de Janeiro de 1997 foi promulgada a **Lei Federal 9.433**, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentando o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal.

Vamos salientar alguns capítulos e artigos desta lei para que possamos avaliar de que forma ela atinge o setor produtivo e o cidadão.

O capítulo IV da lei trata dos Instrumentos, sendo que, no artigo 5º, define como sendo instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- Os Planos de Recursos Hídricos;



Engenharia do meio ambiente

Engenharia do meio ambiente

- enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- A compensação a Municípios;
- Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

A Seção VI trata DA COMBRANÇA DO USO DE RECURSOS HÍDRICOS, e o art.21 tem a seguinte redação: "Na fixação dos valores a serem cobrados pelo usos dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros":

Nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação;

Nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

Até o momento podemos constatar de que forma o setor produtivo pode sofrer um impacto nos seus custos operacionais. Analisando a lei julgamos interessante avaliar as estruturas dos fórum que deverão deliberar e atuar sobre as bacias hidrográficas.

No capítulo III é definido a área de atuação dos Comitês de Bacia Hidrográfica, a competência e a composição.

No Art. 38 que trata da competência o inciso VI define como competência do Comitê: estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e *sugerir os valores a serem cobrados*.

No art. 39. Os comitês de Bacia Hidrográfica são compostos por representantes:
Da União;

Dos Estados e do Distrito Federal cujos territórios se situem, ainda que parcialmente, em suas respectivas áreas de atuação;

Dos Municípios situados, no todo ou em parte, em sua área de atuação;

Dos usuários das águas de sua área de atuação;

Das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia.

A partir da avaliação destes artigos fica evidente que o setor tem que buscar participação nestes fórum de forma a poder posicionar-se e influir nas deliberações emanadas destes órgãos.

No Ceará já está sendo cobrado das indústrias a taxa pela captação de água, o valor estipulado é de R\$ 670,00/1000m³, enquanto que da Companhia de Água, CAGECE, está sendo cobrado R\$ 10,00/1000 m³. A estimativa de arrecadação em São Paulo com esta taxa, para o setor Urbano, é de R\$ 267.600,00 / ano enquanto para o setor industrial a previsão é de R\$ 164.800,00 / ano.



Engenharia do meio ambiente

Engenharia do meio ambiente

4.0 - QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água exigida para fabricação de celulose e papel, deve ser estabelecida de acordo com o manancial disponível no site onde fábrica encontra-se instalada e naturalmente o nível permissível de tratamento que esta água pode sofrer.

Quando se trata de fechamento de circuito é importante ressaltar, que além de avaliar a qualidade necessária para o produto, também devemos avaliar a qualidade de outros fluidos que são gerados e empregados no processo, como água desmineralizada, condensados de vapor vivo, condensados de vapor de licor, Água Branca, etc., porque desta forma podemos avaliar o nível de fechamento do circuito que podemos alcançar e tipo de tratamento que devemos empregar para compatibilizar a qualidade do fluido recirculado com o padrão máximo permissível na área que está sendo fechada.

Como exemplo podemos comparar a área do Pátio de Madeira que exige uma qualidade diferente e menos restritiva que o branqueamento, na tabela podemos observar que processos diferentes exigem qualidade de água diferente Na tabela I estamos fornecendo alguns padrões máximo de qualidade para fabricação de alguns tipos de papéis, estes valores podem ser restritivos demais para o processo que o leitor está avaliando, portanto os mesmos são somente orientativos.

No processo Kraft é relevante o gerenciamento da concentração de metais. Estes elementos são denominados de NPE (elementos não processuais). O Cálcio é considerado um NPE típico, estando presente em altas concentrações na linha de fibra, em torno de 1000 –3000 mg/Kg de polpa seca. Este elemento em condições alcalinas encontra-se ligado a fibra, não causando transtornos tanto para polpa marron como para polpa branqueada. Entretanto em concentrações elevadas o Cálcio, normalmente presente sob a forma de Carbonato de Sódio, é altamente incrustante.

O Magnésio apresenta concentrações 10 vezes menores (200-350 mg/Kg de Polpa Seca) do que o cálcio. Em altas concentrações o magnésio juntamente com outros cations pode formar depósitos orgânicos em superfícies quentes.

O Bário apresenta concentrações 100 vezes menores (5-10 mg/Kg de Polpa Seca) do que o cálcio, entretanto o bário forma depósitos de Sulfato nas plantas de Branqueamento sob condições ácidas.

O Manganês, deve ser controlado para evitar que o mesmo funcione como catalisador da decomposição do Peróxido nas plantas de Branqueamento.

O Ferro apresenta concentrações que variam de 10 a 100 mg/Kg de Polpa Seca. O Ferro também como o manganês, acelera a decomposição do peróxido nas plantas de Branqueamento.

A qualidade da água para fabricação de papel é semelhante as exigidas para a celulose, principalmente no que tange o controle de elementos desencadeadores de incrustação e corrosão. Entretanto cabe particularizar alguns exemplos como, o controle sobre a quantidade de ânions, pois estes podem a vir desestabilizar o processo de

colagem do papel, que exige uma carga positiva do meio, também cabe ressaltar o controle bacteriológico da água, com o objetivo de evitar a formação de colônias dentro do circuito. Entretanto observa-se que o nível de qualidade da água é função direta do tipo de produto gerado pelo processo (Ver Tabela I).

**Tabela I - PADRÕES PARA ÁGUA DE PROCESSO
(Limites máximos permissível , ppm)**

SUBSTÂNCIA	Papéis Finos	Papel Jornal	Papéis Kraft	
			Branqueados	Não Branqueados
Turbidez (SiO_2)	10	50	40	100
Cor (U.P)	5	30	25	100
Dureza Total (Ca CO_3)	100	200	100	200
Alcalinidade Total (CaCO_3)	75	150	75	150
Fe	0,1	0,3	0,2	1,0
Mn	0,05	0,1	0,1	0,5
Cloro Residual (Cl_2)	2,0	-	-	-
Sílica Solúvel (SiO_2)	20	50	50	100
Sólidos Totais Dissolvidos	200	500	300	500
CO_2 livre	10	10	10	10
Cloretos (Cl_2)	-	75	-	-

Fonte: Industrial Environmental Control – Pulp and Paper Industry (Allan Springer)

5.0 - RECUPERAÇÃO DE PERDAS

O programa de Fechamento de Circuito de Águas pode ter como uma de suas etapas a implantação de um sistema de Recuperação de Perdas. As perdas no processo produtivo acontecem através dos insumos e produtos. Desta forma fica claro que a possibilidade da economia de água é grande quando não necessitamos repor estas perdas.

A EPA (Environmental Protection Agency) propôs uma regulamentação para Best Manager Practices (BMP) para fábricas de celulose que utilizam polpeamento químico. Os elementos chaves do plano de implementação previstos foram:

- ◆ Aprovação e comprometimento gerencial;
- ◆ Conscientização e treinamento operacional;
- ◆ Manutenção preventiva;
- ◆ Programa de inspeção e correção;
- ◆ Análises de engenharia;



EcoConsult

Engenharia do meio ambiente

- ◆ Engenharia de controle e contenção
Monitoramento localizado e sistema de alarme

Um programa de recuperação de perdas tem que ser elaborado a partir de critérios e conceitos pré estabelecidos, que podem variar de acordo com o processo ou fábrica e seu respectivo Lay-out, entretanto, alguns critérios simples podem serem empregados na maioria das situações. Cabe também ressaltar que, na implantação de uma nova unidade, estes conceitos e critérios já devem ser incluídos na fase do projeto.

PRINCIPAIS OBJETIVOS

- Recuperar produto;
- Recuperar produtos químicos;
- Segregar efluentes;
- Evitar picos de carga a Estação de Tratamento de Efluentes;
- Reduzir o tamanho da estação, no caso de ter que implantar ou redimensionar a ETE;
- Reduzir o consumo de água e a geração de efluentes.

5.1 - Desenvolvimento de Critérios

Recuperação Direta de Perdas:

Este critério deve ser empregado em áreas que podem ocorrer derramentos por vazamentos ou transbordos e cuja cota esteja acima de um piso onde se localiza um tanque que contenha o mesmo fluido. Desta forma o dreno deste piso poderia ser conectado diretamente a este tanque posicionado no nível inferior (Ver Fig. II). Se houver necessidade, em função da presença de outros fluidos, esta área deve ser circundada com muretas de contenção. Outra forma de obtermos uma recuperação direta de perdas, consiste em conectar transbordos de tanques que contenham o mesmo fluido, evitando desta forma perda por transbordamento (Ver Fig. I).

Recuperação Indireta Permanente de Perdas:

Este critério poderá ser empregado, nas áreas onde ocorram perdas constantes por vazamentos de gaxetas, transbordos eventuais de fluidos de processo ou área que produza, na presença de madeira, algum chorume, proveniente desta. Estas áreas devem ser caracterizada normalmente por pequenas vazões e altas concentrações de material orgânico. A Recuperação Indireta caracteriza-se pela necessidade de recalque permanente desta perda, em função da sua concentração, para uma tancagem apropriada. O controle deste recalque normalmente acontece através do controle de

nível do poço de coleta. As áreas com estas características são circundadas por muretas de contenção.

Recuperação Indireta com Detecção Automática de Perda:

Este critério de recuperação é empregado em áreas onde possuem vários tipos de fluídos e onde ocorrerem perdas normais e/ou perdas acidentais de processo. Portanto são aquelas áreas onde ocorre a descarga normal dos efluentes para a unidade de tratamento. Este sistema tem por objetivo prevenir o aumento da vazão e carga dos efluentes gerados normalmente pela área, através do isolamento da área quando da ocorrência de um acidente operacional por transbordamento, rompimento de tubulações ou tancagens ou por drenagens emergenciais. Para implantação deste tipo de sistema é necessário também circundar a área com muretas e direcionar todo o fluxo das canaletas da área para um ponto único de saída e instalar neste ponto um poço para instalação de uma bomba, uma comporta e um instrumento para controle de um parâmetro, que pode ser condutividade, pH ou qualquer outro que caracterize o efluente setorial. Em situação normal a comporta estará aberta, permitindo que o fluxo de efluente se dirija para a estação, em caso de perda o instrumento detectará a variação do parâmetro de controle e acionará a bomba automaticamente, recalcando a perda para um tanque de coleta das perdas. O fechamento da comporta pode ser automático ou manual dependendo da prática gerencial aplicada para situações emergenciais. (Ver Fig. III)

5.2 - CONSEQÜÊNCIAS DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE PERDAS

Dificulta a circulação do pessoal operacional e de manutenção nas áreas restritas (Ver Fig. IV);

Mudança de cultura; cada área passa a ser obrigada a gerenciar suas perdas;

Pode ocorrer sobrecarga da Evaporação;

Se o sistema não for bem gerenciado, (recuperar e direcionar corretamente) pode ocorrer uma circulação excessiva de água dentro do sistema ou de parte do mesmo.

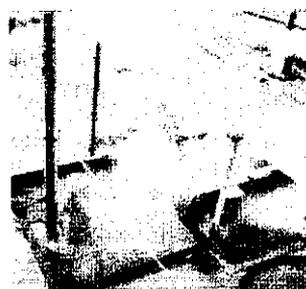
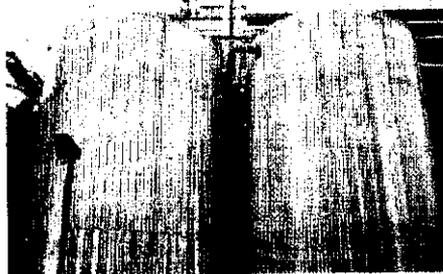


FIGURA III

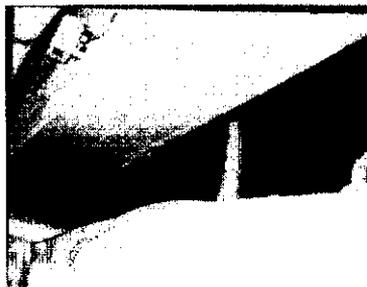


FIGURA IV

FIGURA V



FIGURA VI

6.0 – TECNOLOGIAS E TENDÊNCIAS

Antes de implantar um sistema de Fechamento de Circuito a empresa deve definir a política e os objetivos que nortearam a implantação do sistema. A partir daí dois macros conceitos devem ser requeridos. Um técnico e um administrativo.

O conceito Técnico deve avaliar os seguintes aspectos:

- a) Modificações de processo;
- b) Especificação de materiais;
- c) Tratamento de Efluentes Hídricos;
- d) Balanço de energia;
- e) Investimentos necessários.

O conceito administrativo deve avaliar os seguintes aspectos:

- a) Condição e desenvolvimento dos Recursos Humanos
- b) Aspectos da Legislação;
- c) Relações Públicas

Normalmente quando se fala em reuso de água ou fechamento de circuito se pensa imediatamente em redução de água do processo. Entretanto esta prática deve ser mais abrangente, pois, se analisarmos as águas processuais (ver Fig. O VII), podemos constatar o potencial de água a ser recuperada.

O consumo aproximado de água de refrigeração de uma bomba de vácuo de uma Máquina de Papel é de $7 \text{ m}^3/\text{t}$, enquanto que em resfriamento e selagem o consumo é de aproximadamente $5 \text{ m}^3/\text{t}$. Muitas empresas tem utilizado fechar completamente o circuito da bomba de vácuo, tanto da Máquina de papel, da Secagem e dos filtros de lama do Forno de cal, entretanto tem que ser observado com muito cuidado o parâmetro temperatura, pois com a subida da temperatura da água de selagem há um decréscimo da vácuo (Ver Tabela II abaixo).



Engenharia do meio ambiente

Engenharia do meio ambiente

Percentagem de perda estimada de uma bomba de vácuo com aumento da temperatura da água de selagem

Vácuo	Temperatura da água		
	20°C	40°C	60°
20" Hg	0%	18%	45%
22 Hg	0%	22%	70%

Tabela II

Bibliografia:

- 1 - Industrial Environmental Control – Pulp and Paper Industry (Allan M. Springer);
- 2 – Celulose e Papel – Tecnologia de Fabricação (SENAI IPT);
- 3 – Metal Management In The Fiber Line (Patrick S. Bryant);
- 4 – Direito Ambiental Brasileiro (Paulo Afonso Leme Machado);
- 5 – Design Consideration For Cost-Effective Kraft And Sulfite Pulping Liquor Spill Control Systems (Gray A. Amendola et al);
- 6 – Review of Modification For Implementation of Zero Discharge At Recycled Fibre Board Mills (Paul Stuart et al)

Processo de Fabricação de Papel

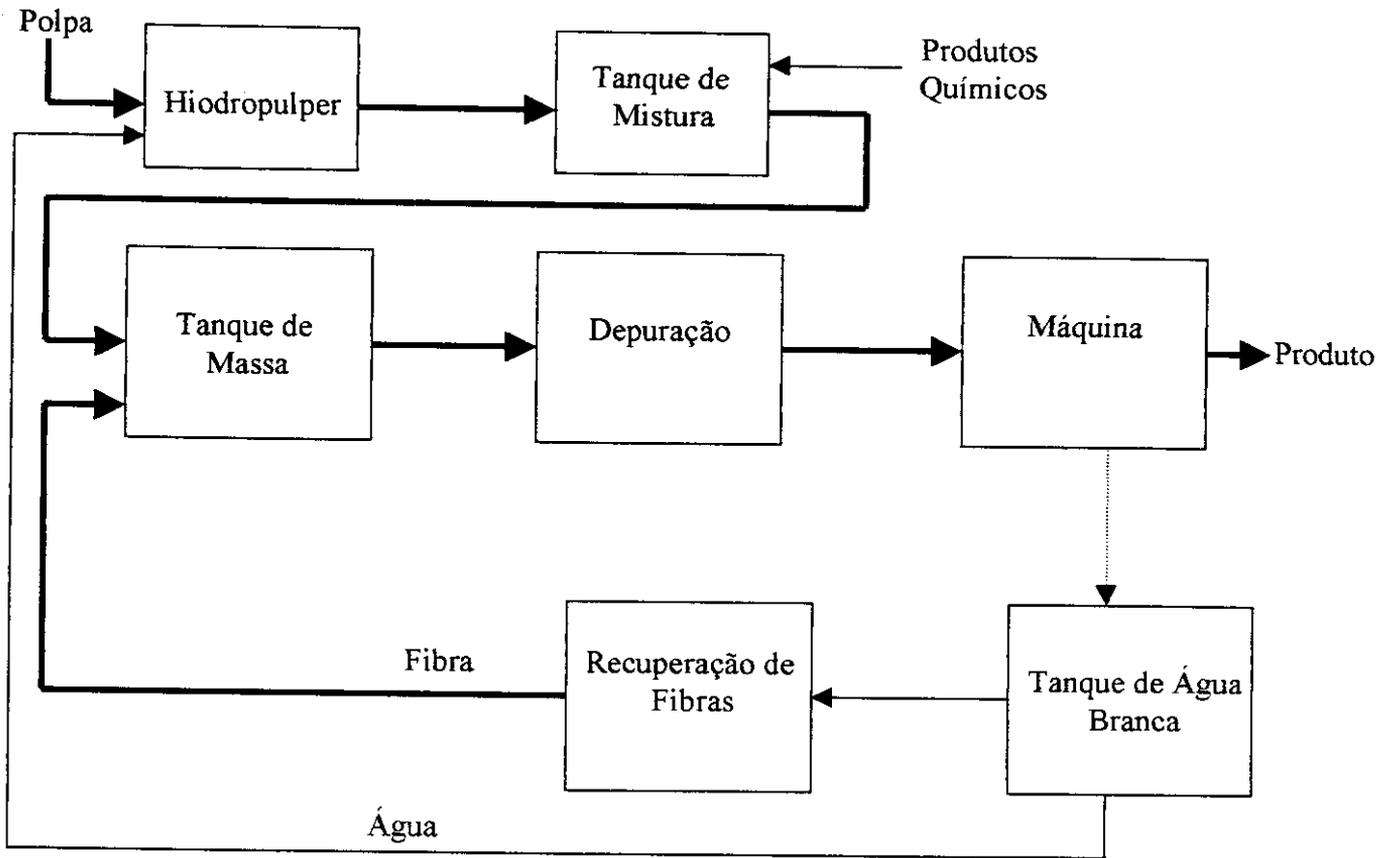


Figura II

ÁGUAS NÃO PROCESSUAIS

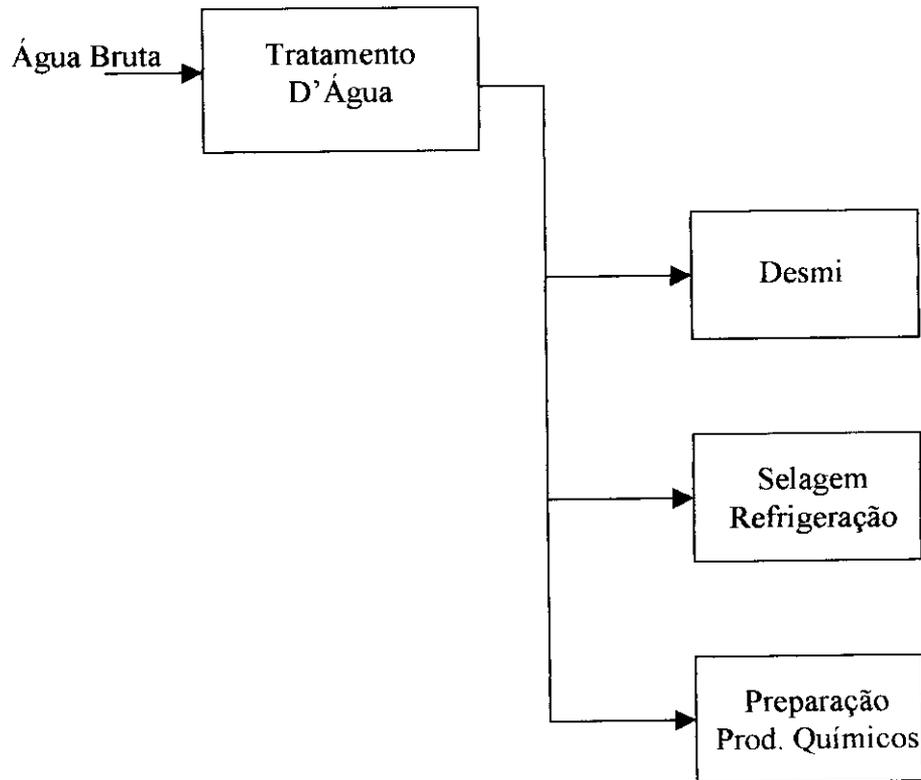


Figura VII

ÁGUAS PROCESSUAIS

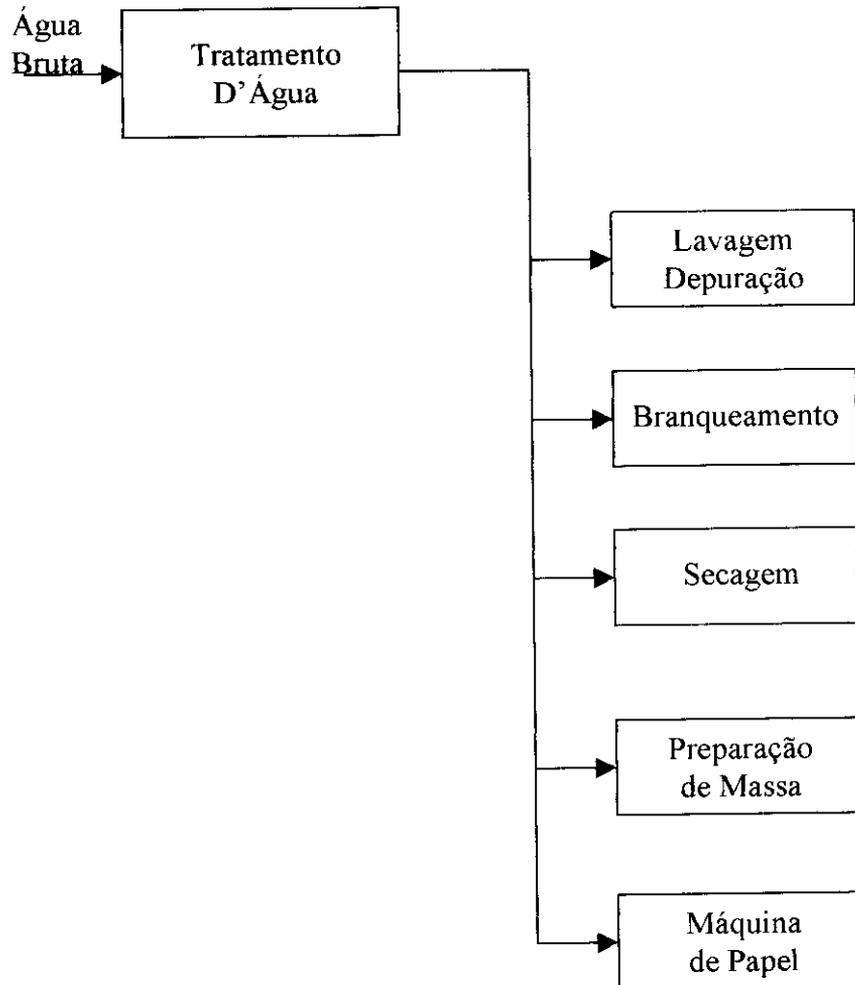


Figura VIII

6 – TECNOLOGIA E TENDÊNCIAS

O consumo de água nos processos podem ser classificados em Águas Não Processuais, ver figura VII e Águas Processuais, ver figura VIII.

Normalmente os esforços para a reutilização das águas processuais, são dirigidos para a redução de sólidos suspensos dissolvidos ou coloidais. Portanto processos como de decantação, flotação e filtração normalmente são os empregados. Estes processos também são empregados para águas processuais, entretanto para o reuso de águas processuais algumas vezes são necessários o emprego de outros processos complementares a estes.

Os métodos de tratamento empregados para o reuso da água podem ser classificados como:

Separação mecânica acompanhada de precipitação química;

Tratamento biológico;

Filtração por membranas;

Evaporação e destilação.

Nos processos existentes muitos sistemas de reutilização não empregam nenhum tipo de tratamento, como por exemplo, a utilização dos condensados da Evaporação na Lavagem da Polpa ou na Caustificação.

Normalmente, quando projetava-se fechar um circuito de água pensava-se imediatamente nas águas de processo, em função do retorno mais rápidos dos investimentos, entretanto atualmente, em função principalmente da legislação vigente, os envolvidos com estes projetos tem direcionado sua atenção inicialmente para as águas não processuais.

Os volumes das águas não processuais envolvidos nos processos são consideráveis, e as possibilidades de reuso são maiores que as águas processuais.

A Estação de Tratamento D'água, é uma das unidades que devem ser avaliadas em termos de reuso de água. Um parâmetro indicativo para avaliação da ETA (Estação de Tratamento de Água), é o percentual de perdas, este não deve ultrapassar o valor de 5% da capacidade de produção da estação.

Um sistema que vem sendo empregado em alguns processos de tratamento, consiste em recuperar a água perdida nas descargas dos decantadores e também parte da água perdida na lavagem dos filtros de areia. (Ver Figura IX).

As bombas de vácuo com anel de água de uma máquina de papel podem consumir, 5 m³/t de papel, ou seja, o consumo unitário pode chegar a 200 l/min..

Em função deste potencial esta é uma área que deve ser fechada. O cuidado que deve ser tomado para fechamento desta unidade é a temperatura, pois com o acréscimo a bomba tende a perder a capacidade de vácuo (Ver tabela abaixo).

Em função deste potencial, bombas de vácuo das Máquina de Secagem e dos Filtros de Lama do Forno de Cal devem ser avaliados.

Os selos mecânicos de bombas e equipamentos normalmente apresentam um baixo consumo como unidade (10 – 20 l/min.), mas se considerarmos o número total de unidade, este consumo pode ser relevante. O fechamento do circuito de água de selagem deve ser avaliado e as práticas operacionais também. O controle da vazão e pressão deve ser incluída nas rotinas operacionais e avaliação da instalação de dispositivos para controle da vazão e pressão é recomendável.

Percentual Estimada da Perda da Capacidade da Bomba de Vácuo Com Acréscimo da Temperatura da Água de Selagem

Temperatura da água de selagem	20°C	40°C	60°C
20" Hg	0%	18%	45%
22" Hg	0%	22%	70%

A área da Desmineralização às vezes também não é avaliada sob o aspecto de perdas do processo. Tecnicamente, a especificação de uma nova unidade de Desmineralização, hoje deve recair sobre o emprego de Osmose Reversa, em função das demandas ambientais, em detrimento da Troca Iônica. Uma unidade de Troca Iônica pode apresentar percentuais de perda elevados se não for dada atenção ao controle da capacidade de troca da resina e do volume de água empregado na lavagem durante a regeneração.

As Estações de Tratamento de Efluentes também começam merecer atenção em termos de Fechamento de circuito. Um cuidado inicial deve ser tomado com a ETE, com respeito a capacidade da mesma de absorver o aumento de carga que um fechamento de circuito no processo provoca. Além disso a ETE deve ser dotada se possível de capacidade de gerar uma qualidade superior de efluente de forma a ser conseguida uma reutilização do efluente tratado dentro da própria Estação, na Estação de Tratamento D'água.

Um exemplo de reutilização dentro da Estação é a troca de água tratada para limpeza das telas de equipamentos de desaguamento ou também para preparação de produtos químicos. A partir da vigência da nova legislação os investimentos necessários para estas alternativas começam a tornar-se viáveis.

Uma experiência que algumas fábricas vem desenvolvendo e implantando, inclusive no Brasil, é a utilização de efluente tratado com água bruta, que abastece a Estação de Tratamento D'água. No Canadá a PARICAN desenvolveu um estudo em escala piloto para uma fábrica de Papel Jornal, e relata esta experiência, utilizando efluente tratado a nível secundário. O resultado foi positivo utilizando um fator de diluição 1:1. Estes resultados podem vistos na Figura X. O estudo desenvolveu também a experiência no sentido de avaliar os componentes residuais encontrados na Água Branca, após o emprego desta água bruta composta com efluente tratado (ver tabela abaixo).

Podemos observar através desta experiência, que dependendo do processo e produto, os índices de fechamento podem ser mais elevados. Para uma fábrica de celulose Kraft temos experiência de laboratório que uma fábrica com tratamento terciário conseguiu valores de diluição de 1:10, portanto representando uma recirculação de 10% do efluente total gerado pela fábrica.

**COMPARAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE COMPONENTES
ENTRE A MISTURA, ÁGUA BRUTA E ÁGUA BRANCA**

Parâmetros	Mistura 1:1			¹ Concentração Máxima Recomendada
	Efluente com Água Bruta	Água Bruta Sem mistura	Água branca	
Alumínio (mg/l)	0,8	0,2	1,2	ND
Turbidez(NTU)	5,3	2,2	² ND	25
Cálcio (mg/l)	19	9	96	
Silicato (mg/l)	13	8	17	3,9 - 20
DQO (mg/l)	77	30	77	40
Sulfato (mg/l)	80	3	152	195 - 600
Cloretos (mg/l)	16	12	21	50 - 311
Sódio (mg/l)	41	2	82	ND

¹ Dados de Literatura

² Não Disponível

Outra experiência nesta linha consiste no emprego de Osmose Reversa como Tratamento Terciário ou Quaternário. O emprego da tecnologia de membranas pode mostrar-se viável a partir da redução dos custos das membranas e da cobrança pela captação de água e emissão de efluentes.

Na tabela abaixo apresentamos a caracterização dos processos por membranas. Podemos observar que a especificação de um destes processos será em função das características da água que desejamos reutilizar no processo.

O sistema que foi estudado está representado na Figura XI. Uma das dificuldades do emprego desta tecnologia é a geração do concentrado, que no sistema proposto está sendo dividido para entrada da água bruta e entrada do sistema secundário do Tratamento de Efluentes. Neste exemplo foi empregada osmose reversa, entretanto, dependendo do processo, poderá ser empregada outro tipo de membrana mais aberta, se a qualidade exigida não for tão restritiva. No processo representado na Figura XI a qualidade obtida no permeado permitiu a utilização do mesmo diretamente como água de processo, não necessitando ser tratado na ETA.

Caracterização dos Processos de Separação de Membrana

Processo	Força Motriz	Material Retido	Material Permeado
Osmose Reversa	Dif. de Pressão (7 – 60 atm)	Todo material solúvel ou suspenso ¹ PM>50	Água (Solvente)
Nano Filtração	Dif. de Pressão (3– 14 atm)	Moléculas Orgânicas (¹ PM200-400), sais de íons bivalentes	Água (Solvente)
Ultrafiltração	Dif. de Pressão (1– 7 atm)	Colóides Macromoleculares	Água (Solvente) e sais
Microfiltração	Dif. de Pressão (1– 5 atm)	Sílica em suspensão	Água e Sólidos Dissolvidos
Díalise	Dif. de Concentração	Moléculas de alto peso molecular em suspensão ¹ PM>1000	Íons e Orgânicos de baixo ¹ PM.

O reuso de Águas Processuais, apresenta maior dificuldades, pois a concentração de sais acontece com mais facilidade, em função das taxas mais elevadas de evaporação dentro dos processos.

Nas fábricas que utilizam Processo Kraft, existe uma preocupação com o fechamento do Branqueamento, pois é onde temos a maior geração de efluentes hídricos. As seqüências de Branqueamento empregadas, normalmente empregam compostos de cloro e isto acarreta, quando do fechamento do circuito, no aumento da concentração de cloretos, em níveis enviáveis para operação sem riscos de corrosão. Outro aspecto é a elevação da concentração de metais, também chamados NPE (No Process Elements) ou Elementos Não Processuais.

Na Figura XIII e XIV, apresentamos um exemplo de um fechamento de circuito de Branqueamento de uma fábrica da Champion nos Estados Unidos

O sistema consiste basicamente em desconcentrar o sistema em dois pontos do processo, através da remoção de Cloretos das cinzas do Precipitador e da Remoção de metais dos sistema dos filtrados do branqueamento.

O sistema de remoção de Cloretos é realizado através de um processo de evaporação, enquanto o processo de remoção de metais consiste de um sistema de filtragem com filtros cartuchos de 150-300 mesh (50-100 µm) e filtros de areia instalados com a finalidade de evitar entupimento na próxima etapa de abrandamento. O abrandamento é realizado com filtros de resina catiônica.

As empresas com produções menores também estão buscando reduzir o consumo específico de seus processos. Na figura XV temos um exemplo de reuso de água em uma Máquina de Papel tipo Miolo.

O sistema foi projetado para reduzir a perda de sólidos no efluente de forma a poder reutilizar parte deste efluente no processo. Foi utilizado um sistema de Aeração com Microbolhas e remoção dos sólidos através de um processo de flotação. Os resultados obtidos estão na tabela abaixo.

Resultados Obtidos Antes e Após implementação Do Sistema de Flotação

	SSS (ml/l)	SST (mg/l)	Turbidez (NTU)
Antes da Flotação	90	1570	3770
Depois da Flotação	2	485	50

Foi medido a Carga Iônica no processo produtivo, que apresentou antes da implementação do sistema 1200 Mv e 200 Mv após implementação. A retenção dos Sistema subiu de 69% para 84%.

6.1 – Conseqüências

Um estudo realizado por Paul Stuart da BEAK Consultants de Dorval Canadá desenvolveu um estudo, a nível de laboratório, para avaliar os efeitos do reciclo da água branca de uma Máquina de Papel. Foram realizados testes de materiais com curvas, tanques e ambientes envoltos em névoa de vapor. Os resultados são apresentados na tabela abaixo, e apresentam valores que animou os autores da

experiência em termos da viabilidade do fechamento de circuito, utilizando determinados materiais.

Taxas de Corrosão de Água Branca em Circuito Fechado

Aço Carbono	Curva	Tanques	Ambientes C/Névoa
		mm/ano	
Ferro Fundido	105	5.7	24
Bronze	94	5.6	23
304 L SS	0.4	0.1	0.3
316 L SS	0.1	0.1	0.2

ÁGUAS NÃO PROCESSUAIS

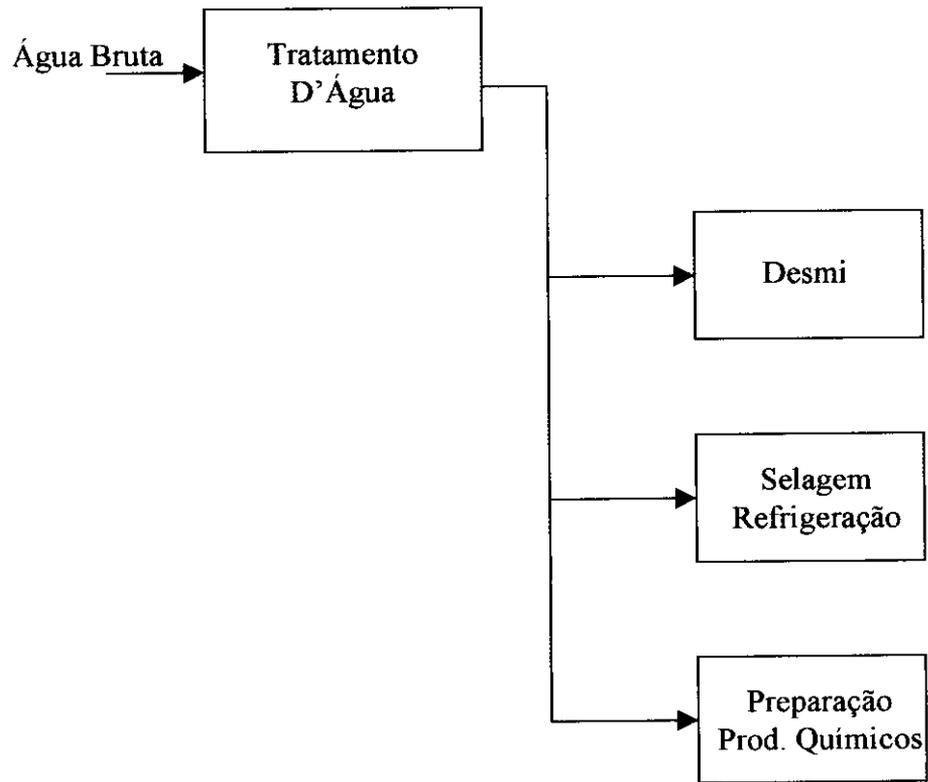


Figura VII

ÁGUAS PROCESSUAIS

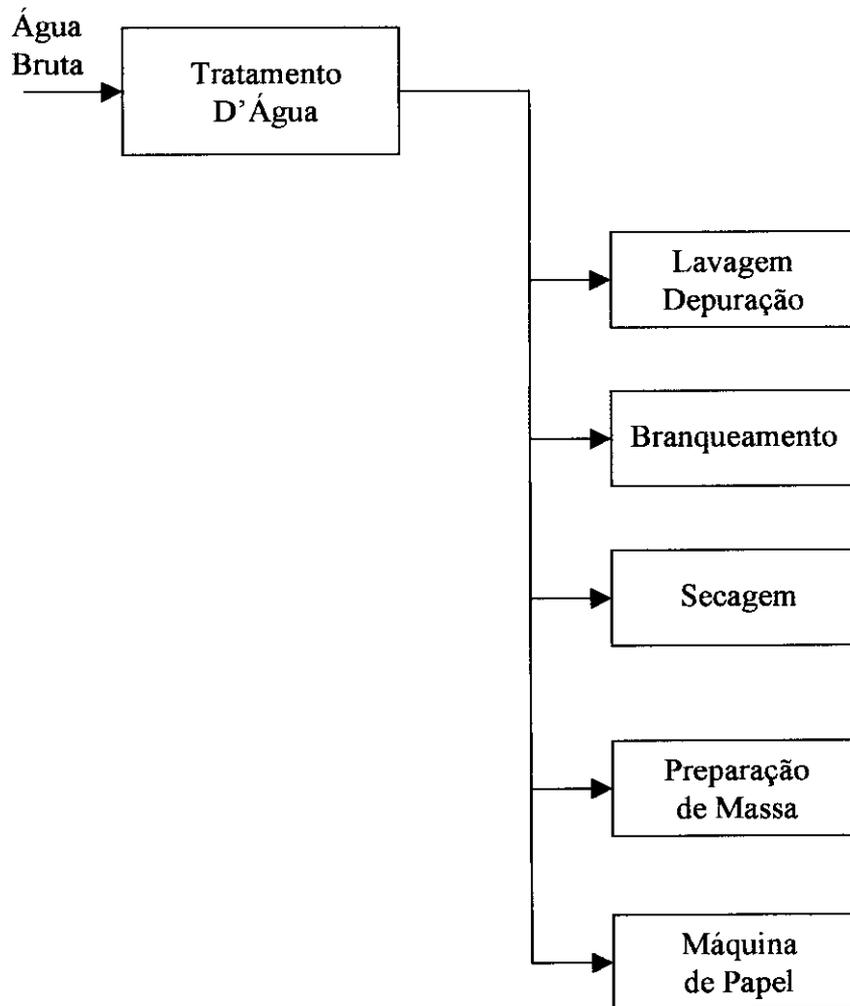


Figura VIII

RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA ETA

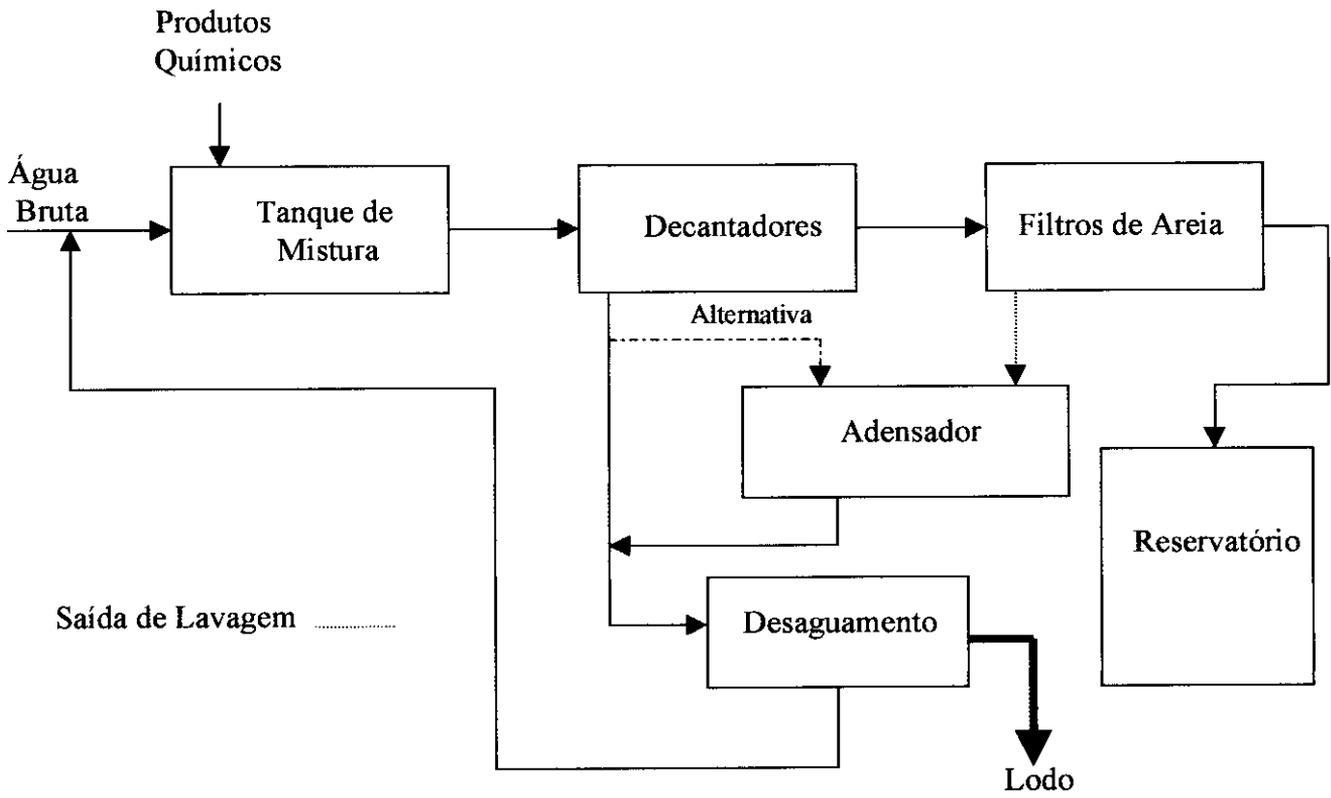


Figura IX

COMPARAÇÃO ENTRE A MISTURA (1:1) E ÁGUA BRUTA

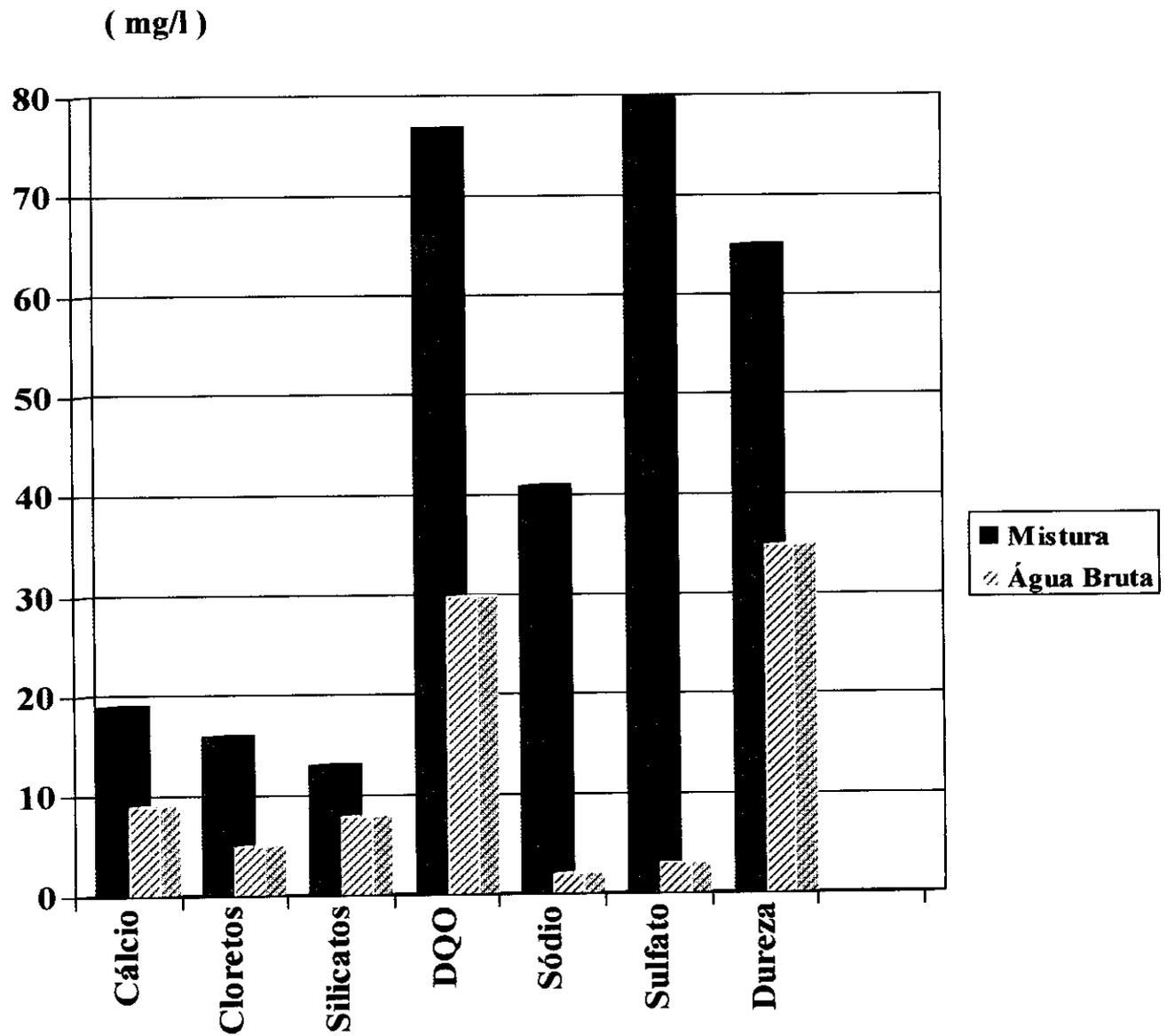


Figura x

TRATAMENTO QUATERNÁRIO COM OSMOSE REVERSA

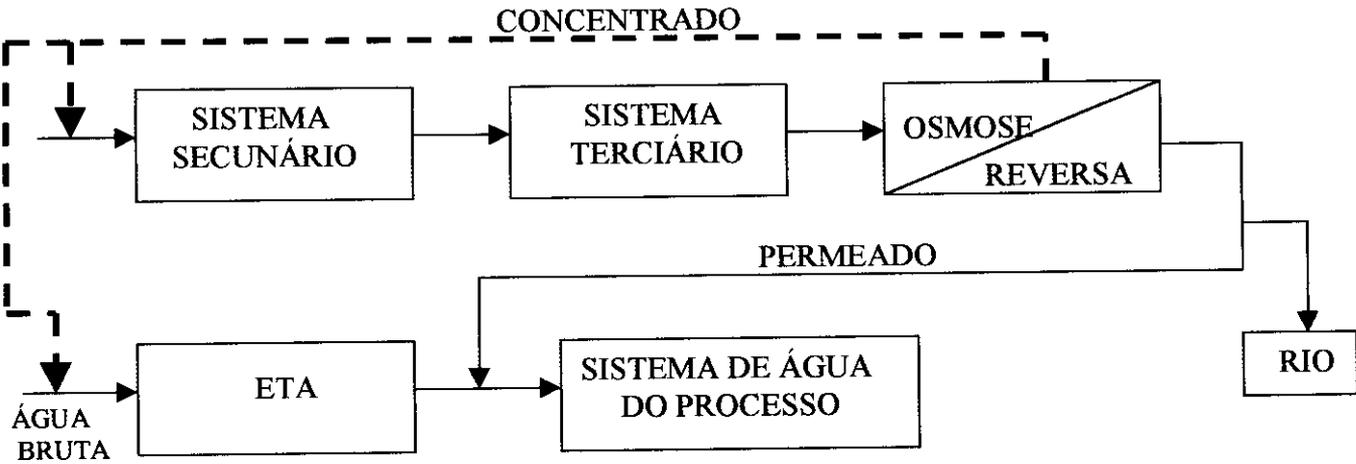


Figura XI

**COMPARAÇÃO ENTRE OS PERCENTUIAS DE REDUÇÃO
OSMOSE REVERSA X NANO FILTRAÇÃO**

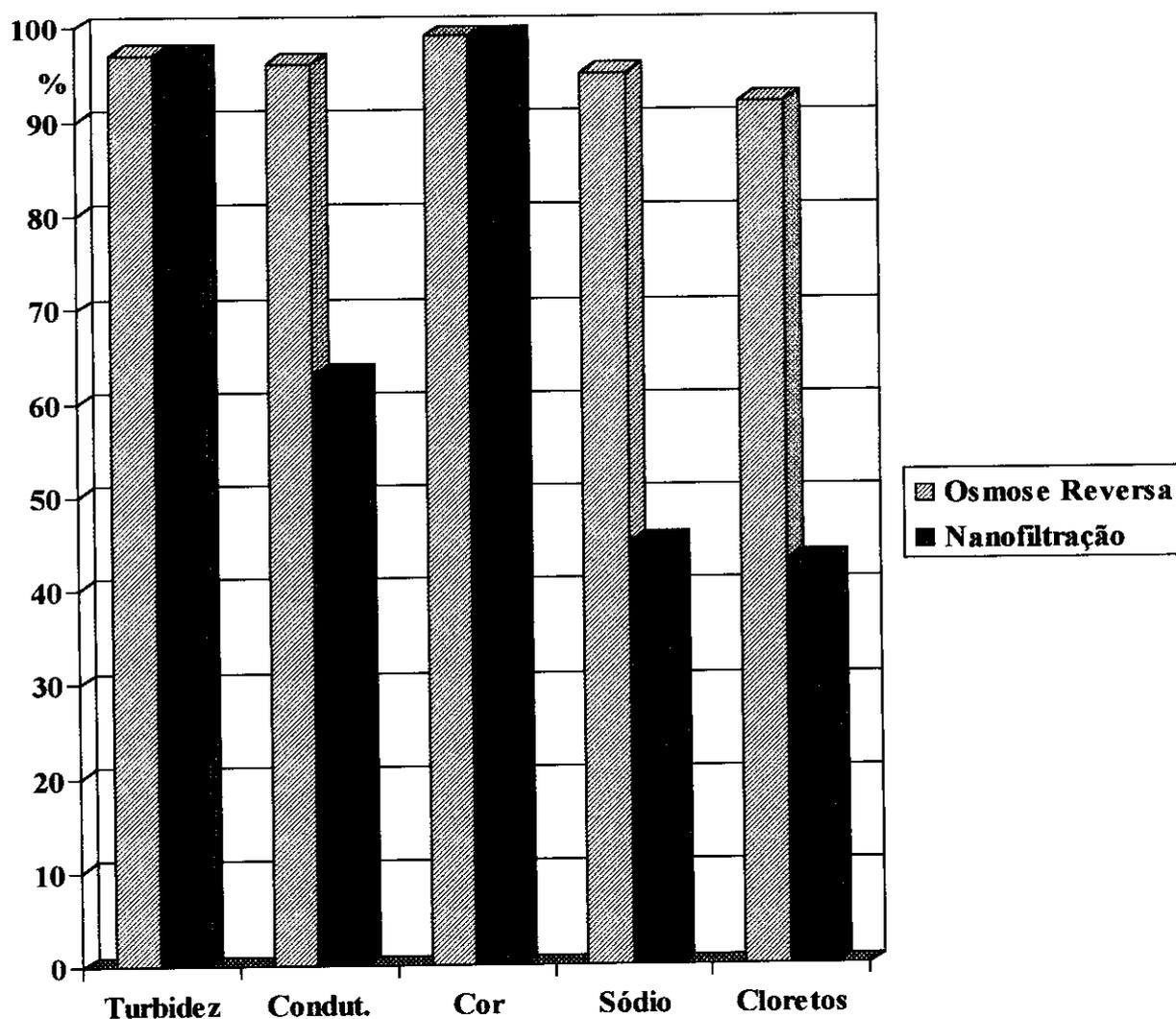


Figura XII

Processo de Polpeamento, Branqueamento e Recuperação Sem Reciclo do Filtrado

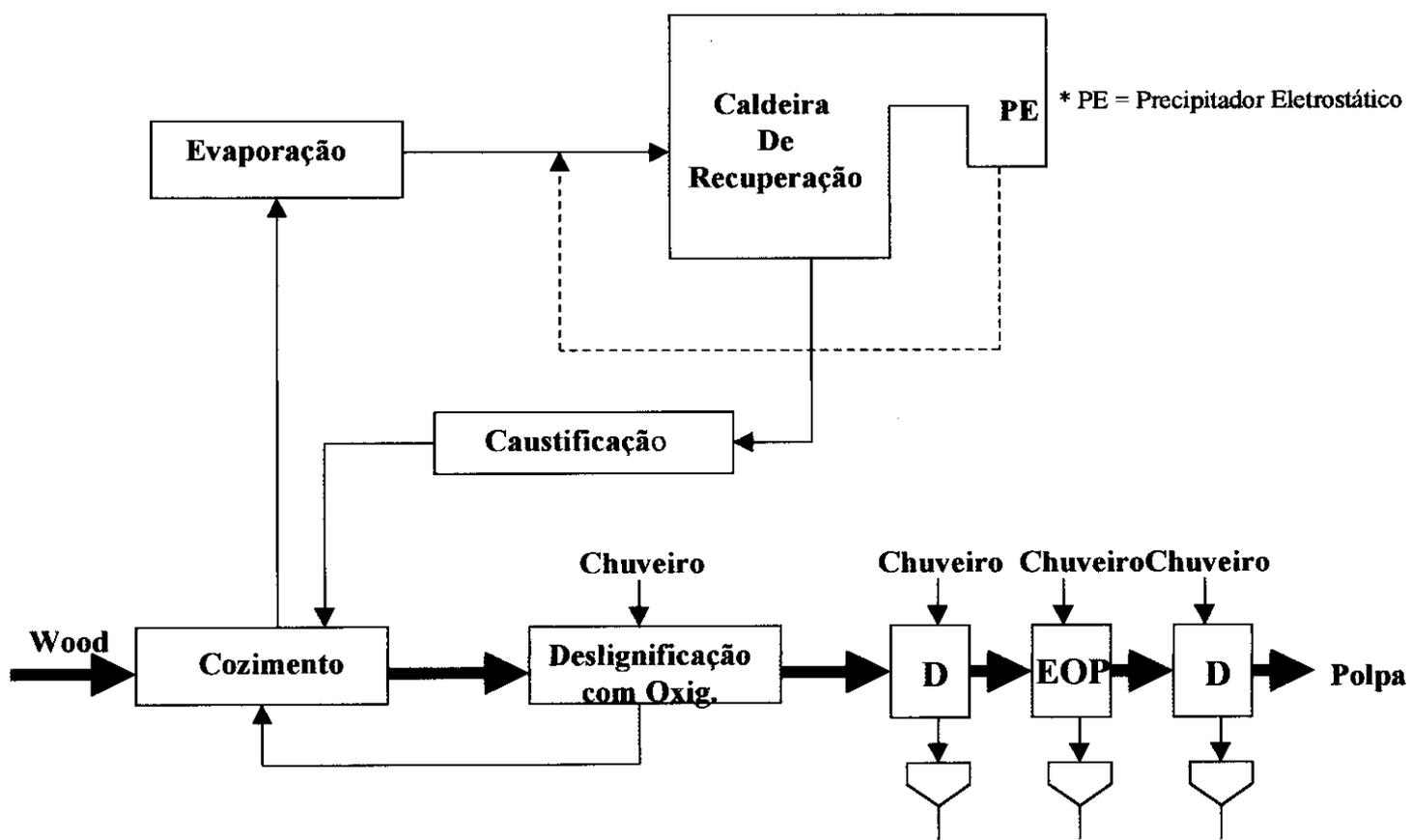


Figura XIII

Processo de Polpeamento, Branqueamento e Recuperação Com Reciclo do Filtrado

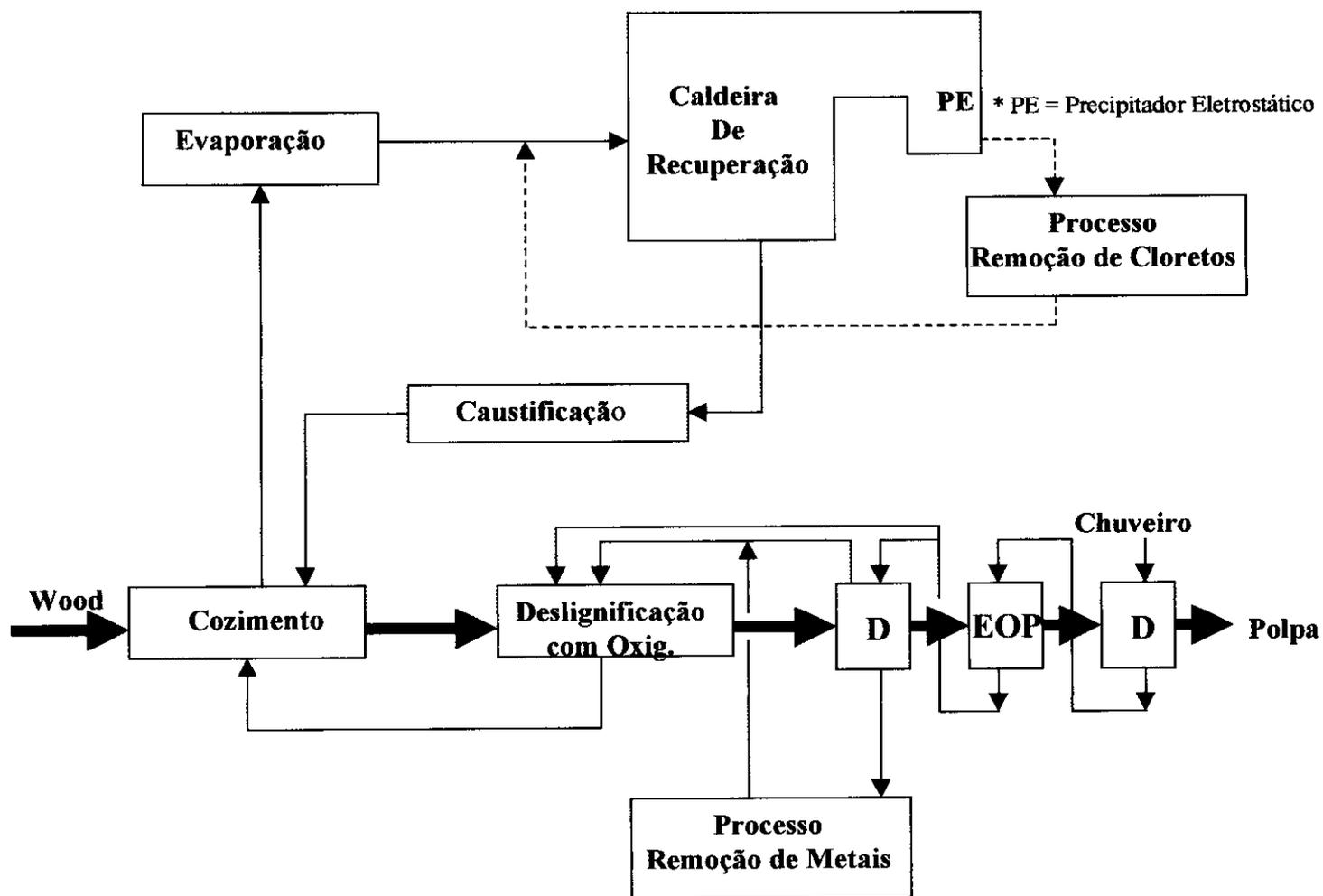


Figura XIV

Fluxograma de Implementação do Sistema de Microaeração

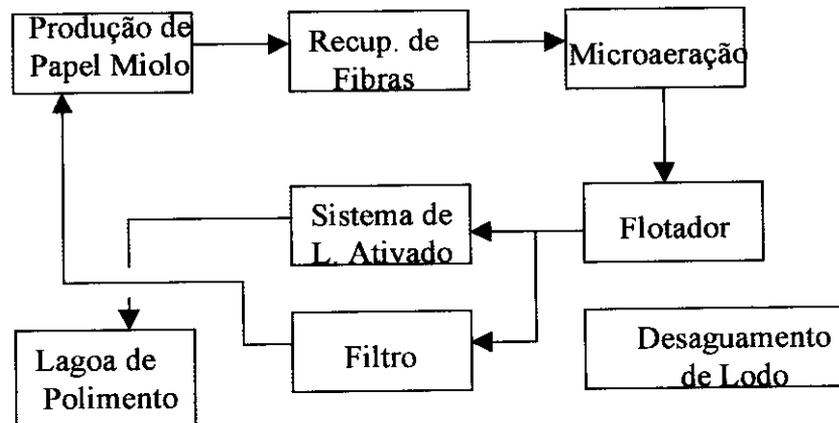


Figura XV

Bibliografia;

J. Robert Caron et al – Champion International Corporation – Canton Carolina

J Dorica et al – Paprican – Point Claire – Canadá

Uma nova visão para Fechamento de Circuito – Nei R. Lima