

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DO CONSUMO DE ÁGUA NA
INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE PARA SUBSIDIAR UMA
PROPOSTA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA CELULOSE IRANI**

Elusah Bittencourt

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2007**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DO CONSUMO DE ÁGUA NA
INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE PARA SUBSIDIAR UMA
PROPOSTA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA CELULOSE IRANI**

Elusah Bittencourt

**Trabalho apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina para Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental**

**Orientador
Prof. Dr. Fernando Soares Pinto Sant'Anna**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DO CONSUMO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE
PAPEL E CELULOSE PARA SUBSIDIAR UMA PROPOSTA DE PRODUÇÃO MAIS
LIMPA NA CELULOSE IRANI**

ELUSAH BITTENCOURT

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para
Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental –
TCC II**

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Fernando Soares Pinto Sant'anna
(Orientador)

Eng. Paulo Elias de Souza

Prof. Dr. Peter Batista Cheung

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2007**

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela sua luz e por me dar saúde e força para conseguir cumprir minhas metas pessoais e profissionais;

Ao professor Fernando Sant'anna, pela orientação e pelos conhecimentos transmitidos ao longo deste semestre;

Aos membros da banca, o engenheiro sanitarista e ambiental Paulo Elias Souza e professor Peter Cheung, pelas sugestões e críticas pertinentes que vieram a enriquecer o trabalho;

Agradeço enormemente à Celulose Irani e seus colaboradores, em especial aos gerentes Leandro Farina e José Roberto Mateus, pela oportunidade, pelo tempo dedicado aos meus questionamentos, por acreditarem no meu trabalho e pela colaboração no fornecimento de dados e informações;

De forma muito especial, quero expressar um imenso agradecimento ao meu namorado Junior, pela paciência, companheirismo, compreensão e principalmente, pelo incentivo. Sua companhia é maravilhosa e tão especiais são os momentos que passamos juntos, por isso, seria muito pouco dizer-lhe simplesmente muito obrigada;

À minha família, mesmo distante, agradeço com todo amor, o apoio incondicional, moral e afetivo durante todos os anos da graduação;

Por fim, quero agradecer pelo apoio de todos os meus colegas e amigos, que tenham sonhos e acreditem em sua realização, por mais complicado que possa parecer.

A todos, muito obrigada.

RESUMO

Na indústria de papel e celulose há uma grande preocupação sobre o consumo crescente de água tratada e também quanto ao volume de efluentes a serem recuperados no sistema de tratamento de esgoto, pois estão estritamente ligados às limitações de expansões do processo, devido a restrições ambientais e capacidade da planta. O objetivo deste trabalho é diagnosticar preliminarmente o consumo de água de uma unidade produtiva, da empresa Celulose Irani S/A, com o propósito de apresentar propostas de redução no consumo de água sob os preceitos da produção mais limpa.

Foi realizado um estudo de caso na unidade produtiva MP5 (máquina de papel nº 5) utiliza matéria prima a partir de aparas, celulose e pasta químico-mecânica, criando um produto 80% reciclável. Iniciou-se o estudo na captação de água limpa até a saída do efluente na MP5. Esta unidade consome e uma taxa cerca de 95 m³/h e gera cerca de 135 m³/h de efluente. O estudo é de natureza quali-quantitativa e foram utilizadas técnicas observacionais, registros fotográficos, entrevistas e reuniões com os envolvidos da empresa e coleta dos dados de produção ligados aos objetivos do trabalho. Foi dividido em quatro etapas: estudo da empresa e seu processo produtivo; diagnóstico qualitativo da empresa; diagnóstico quantitativo da unidade produtiva MP5 e sugestões de iniciativa de produção mais limpa. Na Estação de Tratamento de água foi constatado vazamentos e uma transbordo de cerca de 300 m³/h. Na produção, identificaram-se alguns pontos de vazamento e descargas de água branca, a qual necessitaria de uma análise futura de sua composição. De acordo com os preceitos da produção mais limpa, foram sugeridas ações de reutilização e reciclagem internas, que são classificadas como nível 2. E, mudança de tecnologia e *housekeeping* (organização na empresa), classificadas como nível 1. É importante dizer que as ações sugeridas contribuem não só para a redução no consumo de água fresca, mas também para a redução do volume dos efluentes gerados no processo.

ABSTRACT

In pulp and paper mills there is a great concern about the increasing consumption of fresh water and also the great volume of effluents that need to be treated, since they are represent limitations to new process expansions, due to environment restrictions and plant capacity. The objective of this work was to diagnose the consumption of water of a productive unit, of the company Celulose Irani S/A, with the purpose of to present proposed of reduction in the consumption of water under the precepts of cleaner production. A unit of production MP5 was chosen for this study. This is a qualitative and quantitative study, and it was used observational techniques, photographic registration, interviews and meetings within the workers involved. The research was divided into four stages: company study and its production process, qualitative diagnose of the company, quantitative diagnose of the unit of production MP5 and recommendations of cleaner production. In the Water treatment station, was find a leak of approximately 300 m³/h. In the production, some leak points were indentified, and further studies are necessary. Accordally to the cleaner production, some actions of: reutilization and interns recycles, technology changing, housekeeping, were suggests. It is also important to say that this process integration not only contributes to reduce fresh water consumption but also helps to reduce the volume of effluents generated in the process.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	OBJETIVOS	10
2.1.	OBJETIVO GERAL	10
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1.1.	O mercado da indústria de Papel e Celulose	11
3.1.2.	Processo Industrial	11
3.1.3.	Insumos do Processo	14
3.1.3.1.	Madeira.....	15
3.1.3.2.	Água	15
3.1.3.3.	Produtos Químicos	15
3.1.4.	Resíduos do Processo de Produção	15
3.2.	TIPOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES	16
3.3.	CONSUMO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA.....	18
3.3.1.	Outorga e Cobrança pelo direito ao uso da água.....	19
3.4.	PRODUÇÃO MAIS LIMPA	19
3.4.1.	Histórico.....	19
3.4.2.	Conceito	20
3.4.3.	Metodologia P+L.....	22
3.5.	PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE	23
3.5.1.	Ações de Produção Mais Limpa na Indústria de Papel e Celulose	23
4.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
5.	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	24
6.	COLETA DE DADOS E DIAGNÓSTICO	24
6.1.	ETAPA 0 – ESTUDO DA EMPRESA E DO PROCESSO PRODUTIVO.....	24
6.1.1.	A Empresa Celulose Irani	24
6.1.1.1.	Localização.....	24
6.1.1.2.	A Empresa	24
6.1.1.3.	Processo Industrial	26
6.1.1.3.1	<i>Recursos hídricos</i>	26
6.1.1.3.2	<i>O Pátio de Madeira</i>	27
6.1.1.3.3	<i>Pasta Celulósica ou Polpação</i>	27

Pasta Química (Cozimento Kraft).....	28
Pasta Químico Mecânica (PQM).....	28
Fibras provenientes de papel reciclado (Aparas)	29
6.1.1.3.4 <i>Depuração</i>	29
6.1.1.3.5 <i>Recuperação de produtos químicos</i>	29
Recuperação do Licor Verde.....	29
Recuperação do Licor Branco	30
6.1.1.3.6 <i>Fabricação do Papel</i>	30
6.1.1.3.7 <i>Tratamento de Efluentes</i>	32
6.2. ETAPA 1 – DIAGNÓSTICO QUALITATIVO DA EMPRESA	32
6.2.1. Captação e Tratamento de água.....	33
6.2.2. A Produção.....	37
6.3. ETAPA 2 –DIAGNÓSTICO QUANTITATIVO DA UNIDADE PRODUTIVA MP5..	41
6.4. ETAPA 3 – SUGESTÕES DE INICIATIVA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	42
7. RESULTADOS.....	45
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
9. RECOMENDAÇÕES	50
10. REFERÊNCIAL TEÓRICO	51

FIGURAS

Figura 1 - Tipos de papel produzidos no Brasil - 2001 (PIOTTO, 2003)	11
Figura 2 - Foto da fundação da empresa, em 1941	25
Figura 3 - Celulose Irani em pleno desenvolvimento.....	25
Figura 4 - Foto da Máquina de Papel nº 5 - objeto do estudo.	32
Figura 5 - Curso do Rio do Mato	33
Figura 6 - Filtros de areia de fluxo ascendente (antigos).	34
Figura 7 - Detalhe do vazamento do filtro	34
Figura 8 - Detalhe do vazamento do filtro	35
Figura 9 - Filtros de areia de fluxo ascendente (novos)	35
Figura 10 - Detalhe da cisterna 1	36
Figura 11 - Chegada da água das turbinas.....	36
Figura 12 - Transbordo de volta ao corpo receptor. Vazão média de 300 m ³ /h	37
Figura 13 - Foto da preparação de massa da MP5.	37
Figura 14 – Ponto 1: Vazamento da lavagem das telas.....	38
Figura 15 - Ponto 2: Descarga do separador de massa grossa.....	38
Figura 16 - Ponto 3: Tanque da parte úmida.....	39
Figura 17 - Ponto 4: Descarga a cada 30 segundos.....	39
Figura 18- Ponto 5: Vazamento das Gaxetas - torre 1.	40
Figura 19 - Ponto 6: Vazamento das Gaxetas - torre 2.	40
Figura 20 - Volume total de água branca da MP5.....	41
Figura 21 - Balanço Hídrico da MP5	42
Figura 22 - Sugestão de ações complementares visando P+L e suas justificativas. (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).....	45

1. INTRODUÇÃO

A indústria de celulose e papel é um dos segmentos industriais que tem investido e, conseqüentemente, prosperado no controle ambiental, através da aplicação de tecnologias emergentes nos seus processos de produção.

Dentre os fatores de controle ambiental, os recursos hídricos merecem destaque. Sua escassez em algumas regiões, ocasionando secas sazonais acaba trazendo conseqüências negativas às indústrias de celulose e papel, já que esta atividade exige grande consumo de água, gerando enormes quantias de efluente (FONSECA *et al.*, 2003).

Outro fator preponderante acerca dos recursos hídricos é a atual discussão envolvendo a outorga e cobrança por sua utilização. Não há dúvidas de que a indústria passa a se submeter a uma nova e significativa restrição econômica, com potencial de comprometer a sua própria sustentabilidade.

Como alternativa diante desse cenário, a produção mais Limpa (P+L) que tem como objetivo aumentar a eficiência na utilização de matérias-primas, água e energia e a minimização dos resíduos gerados, pode ser uma ferramenta auxiliar para a otimização de todos os processos envolvidos na produção em uma indústria de celulose e papel.

Segundo a CNTL, 2006, produção mais limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo (CNTL, 2006).

No sul do Brasil, a empresa Celulose Irani, em um recente levantamento realizado pela Fundação Getúlio Vargas e publicado pelo Anuário Expressão, aparece em segundo lugar em seu seguimento, (ANUÁRIO EXPRESSÃO, 2007). A empresa vem recebendo prêmios no âmbito ambiental, e tem demonstrado interesse em aprimorar seus sistemas produtivos considerando esses fatores.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como intenção realizar um diagnóstico do consumo de água em uma unidade produtiva, da empresa Celulose Irani, e ao final apresentar propostas de melhorias sob os preceitos da produção mais limpa.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Diagnosticar preliminarmente o consumo de água de uma unidade produtiva, da empresa Celulose Irani S/A.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer um estudo do processo de produção de papel e celulose, na empresa Celulose IRANI S/A;
- Coletar informações sobre o consumo de água na unidade produtiva selecionada;
- Apresentar propostas de melhorias sob os preceitos da produção mais limpa.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir serão apresentados os conceitos básicos que nortearão o presente trabalho. São eles: a indústria de papel e celulose, consumo da água na indústria e produção mais limpa.

3.1 INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

3.1.1. O mercado da indústria de Papel e Celulose

A indústria brasileira de celulose e papel é formada por 220 empresas espalhadas por 450 municípios de 16 das 27 unidades da Federação. Trata-se de um setor “altamente globalizado, demandante de capital intensivo e longo prazo de maturação de seus investimentos”, define a Associação Brasileira de Celulose e Papel (Bracelpa), entidade que representa as empresas produtoras do setor no país.

A produção de celulose de 2006 levou o Brasil da sétima para 6ª posição, como produtor mundial, ultrapassando o Japão, e se apresenta na 11ª colocação entre os produtores de papel, participando com cerca de 2% da produção e consumo mundiais. Há previsão de investimento de 14,4 bilhões de dólares para o período de 2003-2012. O setor pretende duplicar as exportações durante o período, além de manter abastecido o mercado interno (BRACELPA, 2007).

A indústria de papel e celulose no Brasil é abastecida por uma área florestada com cerca de cinco milhões de hectares, dos quais cerca de três milhões de hectares são plantações de eucalipto. Essas plantações foram destinadas a produção de 5,5 milhões de toneladas de celulose no ano de 2000 (BRACELPA, 2001). A competitividade nacional e internacional da indústria de papel e celulose excita para o aumento da produtividade e pela melhoria da qualidade de seus produtos.

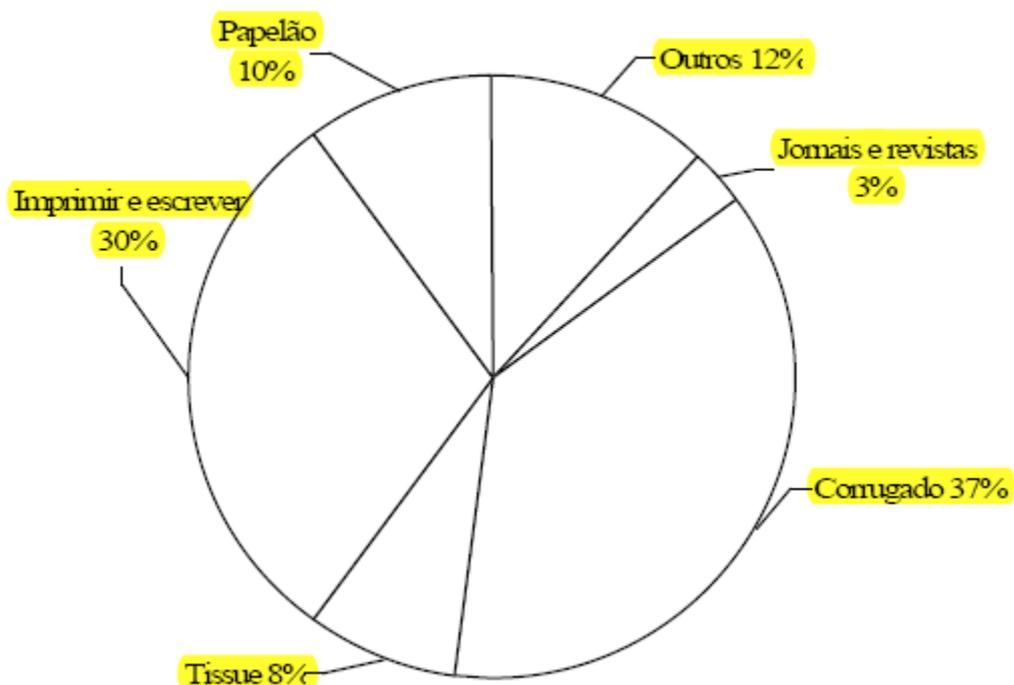


Figura 1 - Tipos de papel produzidos no Brasil - 2001 (PIOTTO, 2003)

3.1.2. Processo Industrial

Tendo em vista os objetivos deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica a respeito de técnicas de integração de processos com a finalidade de se analisar a reutilização de águas na indústria de papel e celulose.

De acordo com Campregher, 2005, a madeira, qualquer que seja for a espécie, passa por vários processos de transformação até a obtenção da polpa ou papel.

A madeira antes de ser utilizada no processo de cozimento, sofre uma série de processamentos no pátio de madeira. Tem-se o descascamento, a picagem, o peneiramento dos cavacos e a estocagem.

O descascamento da madeira é necessário, pois o conteúdo de fibra na casca é muito baixo. A não remoção dela causa um excesso de consumo de produtos químicos no cozimento, sobrecarregando de sólidos o sistema de recuperação de produtos químicos e introduzindo impurezas no sistema.

Para o descascamento, as indústrias de celulose utilizam dois tipos de equipamentos: descascador de tambor e o de facas; o rotativo de tambor é o mais utilizado. Nesse equipamento, as toras giram soltas dentro dele e, através do atrito entre elas e a parede, a casca é despreendida; o de facas é mais utilizado para produções menores. O descascamento é realizado através de facas rotativas que cortam e retiram a casca da madeira, que, normalmente, é utilizada como combustível na caldeira.

Depois de descascada, a madeira é transformada em cavacos por meio de um equipamento denominado picador. A redução da madeira a cavacos é necessária para facilitar a sua impregnação e o seu cozimento. Para que haja um cozimento uniforme, há necessidade de realizar a classificação dos cavacos. Os cavacos finos são rejeitados e utilizados como combustível na caldeira, os cavacos maiores (“oversizes”) são repicados e a fração boa é utilizada para a produção de celulose.

A estocagem de cavacos, normalmente, é feita a céu-aberto. Dentre as principais vantagens de estocagem têm-se a garantia do fornecimento de matéria-prima para o cozimento, em caso de parada de algum equipamento, e a diminuição da quantidade de extratíveis, devido à oxidação, reduzindo o consumo de reagentes químicos nos processos subsequentes (DEON, 2001).

O cozimento é o início do processo de fabricação de celulose e envolve várias operações. As principais são as seguintes: cozimento dos cavacos, lavagem de celulose, depuração, branqueamento e secagem. Faz parte, também, o sistema de recuperação de produtos químicos.

Existem vários processos de produção de pasta química, que, normalmente, são classificados de acordo com o pH de cozimento, podendo este ser ácido, neutro ou alcalino (DEON, 2001). O processo kraft (alcalino) é o mais difundido no mundo.

O licor de cozimento, nesse processo, é composto de uma solução de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio.

O processo kraft se sobressai aos demais, devido às seguintes vantagens:

- pode-se utilizar qualquer tipo de madeira;
- o ciclo de cozimento é baixo;
- a celulose pode ser branqueada a até altos níveis de alvura;
- produz pastas de alta resistência;
- a recuperação do licor é economicamente viável.

O equipamento utilizado para fazer o cozimento dos cavacos denomina-se digestor, que pode ser do tipo batelada ou contínuo, dependendo muito da escala de produção. O último é viável para altas produções.

No digestor batelada (“batch”), que é o mais utilizado, colocam-se os cavacos, e os reagentes químicos e aquece-se com vapor até chegarem à temperatura desejada (160° à 180°C). Com a ação do calor e dos produtos químicos, parte dos componentes da madeira,

principalmente a lignina, são dissolvidos, expondo as fibras. Terminado o ciclo de cozimento, toda a massa do digestor é descarregada num tanque (“blow tank”). O rendimento, normalmente obtido no processo (kraft), situa-se entre 40 a 55%, dependendo da utilização da celulose (DEON, 2001).

A massa proveniente do digestor é constituída de uma suspensão de fibras e licor negro. A parte fibrosa representa, aproximadamente, a metade da madeira utilizada. A parte líquida é composta pelo licor de cozimento e parte da madeira dissolvida.

Do “blow tank” a suspensão de fibras passa para o processo de lavagem, que, na maioria das indústrias, é realizado em filtros rotativos a vácuo, de vários estágios (3 a 4), funcionando em contra corrente. Objetivos da lavagem são:

- Remover o máximo de reagentes químicos com o mínimo de água;
- Recuperar os produtos dissolvidos da madeira para utilizá-los como combustível na caldeira de recuperação.

A otimização do processo de lavagem, dentro de uma fábrica de celulose, é de vital importância. Deve-se ter uma perda mínima de álcali que acompanha a fibra com o mínimo de água de lavagem. Um excesso de água de lavagem representa um aumento de consumo de vapor no estágio de evaporação de licor negro. Se a perda na fibra for elevada, haverá um aumento de custos no sistema de tratamento de efluentes e no sistema de branqueamento, além de afetar o balanço térmico do sistema de recuperação.

No processo de lavagem são removidos apenas os contaminantes solúveis.

A remoção dos contaminantes sólidos é efetivada no processo de depuração. As impurezas podem ser de origem vegetal, tais como: cavacos mal cozidos, estilhas, fragmentos de casca e finos, e impurezas contaminantes de natureza estranha, tais como: areia, pedras, incrustações e fragmentos metálicos (DEON, 2001).

As impurezas maiores são separadas através de peneiras vibratórias e depuradores. Já as impurezas menores são separadas em hidrociclones, denominados “centercleaners”.

Os cavacos não cozidos (nós), normalmente são separados antes da lavagem e são reciclados no cozimento.

Quando a empresa fabrica celulose para a venda, após a etapa da depuração (ou branqueamento), ela segue para uma máquina desaguadora onde se tem a formação da folha, a prensagem e a secagem. Neste caso, ela é cortada em folhas e são confeccionados fardos para a comercialização.

O licor negro extraído da lavagem é enviado para o sistema de recuperação de produtos químicos, cujo principal objetivo é realizar o seu processamento, com a finalidade de reaproveitar os produtos químicos e utilizar os sólidos orgânicos dissolvidos da madeira como fonte de energia (DEON, 2001). Desta forma, o processo de produção de celulose torna-se economicamente viável.

As principais etapas do processo de recuperação são (DEON, 2001):

- 1^a - evaporação da água do licor negro para permitir a sua queima em caldeira;
- 2^a - queima do licor negro na caldeira aproveitando a energia para a geração de vapor e a recuperação de compostos químicos inorgânicos;
- 3^a - conversão do carbonato de sódio, oriundo da queima do licor negro, em hidróxido de sódio (caustificação);
- 4^a - queima do carbonato de cálcio precipitado, regenerando óxido de cálcio.

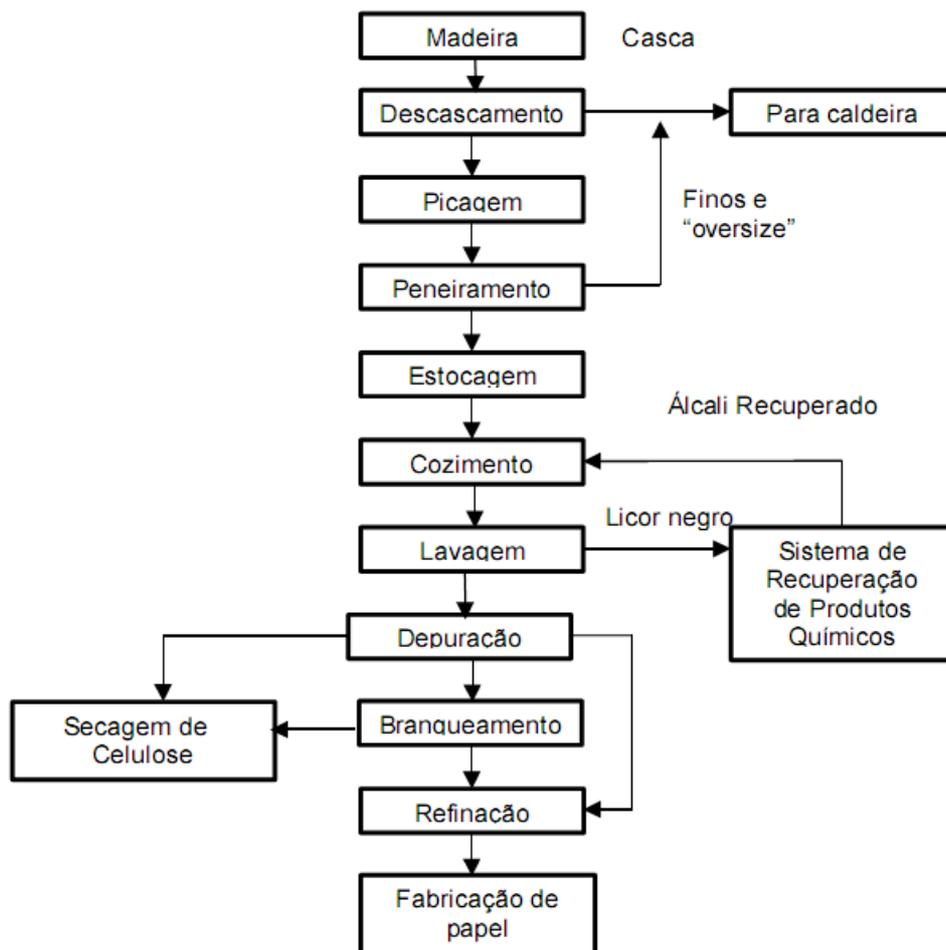
Termina a fase de branqueamento, para que a celulose possa ser utilizada na fabricação de papel, seguindo ao processo de refinação, que consiste num tratamento mecânico efetuado sobre a polpa, provocando mudanças na estrutura das fibras, e composto de impactos, moagem e fricção, fazendo com que as fibras desenvolvam propriedades físicas específicas, de acordo com o produto a ser fabricado (DEON, 2001).

O processo de refinação é realizado em equipamentos denominados refinadores. O refinador é uma máquina composta de discos, normalmente um fixo e outro giratório. A suspensão aquosa de fibras é forçada a passar entre os discos e, com o trabalho de cisalhamento, ocorre o esmagamento, a fibrilação e a hidratação da fibra, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento das propriedades físicas desejadas (DEON, 2001).

Após a fibra ter sido refinada, para desenvolver as propriedades físicas desejadas, tem-se o acréscimo de aditivos, de acordo com o tipo de papel a ser produzido. Os aditivos utilizados, praticamente em todos os tipos de papel, são o sulfato de alumínio e o cola.

Uma vez preparada a massa, esta segue para a máquina de papel, que é composta de 3 partes bem distintas: mesa plana, seção de prensas e secagem. Na mesa plana tem-se a formação da folha de papel e o desaguamento da maior parte da água contida na suspensão; na seção de prensas, mais água da folha é retirada através do processo de prensagem e na seção de secagem, composta por uma bateria de cilindros secadores aquecidos com vapor, é retirada, a quantidade excedente de água, até deixar a folha do papel com o grau de secagem desejado.

A folha é enrolada na frente da máquina, formando uma bobina (jumbo*). O jumbo segue para um equipamento denominado rebobinadeira, onde a folha é desenrolada, cortada e rebobinada, para atender os formatos de bobinas solicitados pelos clientes. Se o papel for vendido em folhas, da máquina ele segue para uma cortadeira, para efetuar o corte.



Fluxograma 1 - Fluxograma geral da obtenção da celulose e papel
 Fonte: Adaptado de ANDRADE, 2006.

3.1.3. Insumos do Processo

3.1.3.1. Madeira

Existe muita fonte de celulose diferente e com processos distintos de preparação de pastas celulósicas produzidas, o que conseqüentemente torna as pastas com características diferentes.

Alguns tipos de madeiras como *pinus taeda*, *pinus elliottis*, *araucária angustifolia*, entre outras são denominadas madeiras de fibra longa (coníferas ou *softwood* (madeira mole)), possuem fibras longas (3 a 5 mm); enquanto que as madeiras de *eucalipto*, *acácia*, *bracatinca*, etc. são denominadas madeiras de fibra curta (folhosas ou *hardwood* (madeira dura)), possuem fibras mais curtas e finas (0,8 a 1,2 mm) (PIOTTO, 2003, p.140).

3.1.3.2. Água

Na indústria de papel e celulose há uma grande preocupação sobre o consumo crescente de água fresca (água tratada apenas por filtração) e também quanto ao volume de efluentes a serem tratados, pois estão estritamente ligados às limitações de expansões do processo, devido a restrições ambientais e capacidade da planta.

O alto consumo de água vem gerando várias dificuldades para a indústria de papel e celulose em seus projetos de expansão, principalmente por já estarem captando uma alta quantidade de água dos mananciais e, além disso, seus efluentes estão no limite de sua capacidade, ou seja, geralmente as indústrias estão operando no limite de seus tratamentos de efluentes e o espaço físico de suas unidades fabris não tem capacidade para uma ampliação destes tratamentos. De acordo com Fonseca et al (2003), estima-se que na polpação e no clareamento da celulose sejam gerados diariamente 62 milhões de metros cúbicos de efluentes, em todo o mundo, o que corresponde ao consumo doméstico de 200 milhões de pessoas. Temos que salientar ainda, que a água está se tornando um bem cada vez mais escasso e oneroso.

3.1.3.3. Produtos Químicos

Produtos químicos são adicionados para auxiliar na fabricação de papel e suprir certas propriedades específicas. Os principais produtos químicos utilizados são:

- Sulfato de alumínio;
- Cola;
- Amido;
- Talco;
- Polímero;
- Dispersante, etc.

3.1.4. Resíduos do Processo de Produção

O resíduo industrial é um dos maiores responsáveis pelas agressões ao ambiente. Nele estão incluídos produtos químicos e metais que ameaçam os ciclos naturais onde são despejados. Assim, a saúde do ambiente, e conseqüentemente dos seres que nele vivem, torna-se ameaçada, podendo levar a grandes tragédias.

Com o desenvolvimento tecnológico, o número de indústrias no mundo vem crescendo a cada dia e com elas a quantidade de lodo e resíduo gerados. A maior parte destes tem destino incerto e na maioria das vezes ficarão expostos ao ambiente, contaminando o mesmo. Este problema é comum em várias partes do Brasil e do mundo.

3.2. TIPOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES

Os efluentes gerados no processo Kraft contêm grandes quantidades de sólidos em suspensão, resultante de pequenas fibras de celulose que são arrastadas para o meio, e também do material orgânico dissolvido, constituído principalmente de polissacarídeos e compostos lignocelulósicos. Os compostos lignocelulósicos, derivados da lignina, são de difícil biodegradação e exercem significativo efeito tóxico à comunidade biológica, conferindo cor e altas cargas de matérias orgânicas aos efluentes.

As empresas de produção de papel e celulose nacionais utilizam semelhantes práticas de tratamento de efluentes, que são divididas, normalmente, em 4 grupos distintos: pré-tratamento, tratamento primário, secundário e terciário.

Pré-tratamento

No primeiro estágio são removidos os sólidos, como areia, detritos, cinzas inorgânicas, pedregulhos entre outros. Este tipo de operação é feita por tanques de sedimentação ou sistema de peneiramento.

Normalmente, no pré-tratamento é realizado o ajuste de temperatura, pois temperaturas acima de 40°C podem interferir no tratamento secundário por alterar as condições do processo de oxidação biológica. Este ajuste pode ser feito por torres de resfriamento, tanques providos por aspersores, sistemas de cascatas ou por tanques de homogeneização.

Realiza-se também o ajuste de pH do despejo líquido, que deve ficar entre 6 e 9, para um adequado tratamento secundário.

Tratamento primário

A principal função do tratamento primário é a remoção dos sólidos em suspensão que pode ser obtida por decantação e/ou flotação.

Antes da decantação primária, pode ser empregada a floculação, pois a quantidade de matéria coloidal e substâncias químicas dispersas nos despejos podem inibir a sedimentação.

Após a floculação, realiza-se a decantação ou flotação com ar dissolvido.

Nas modernas instalações tem sido empregado decantadores mecanizados em substituição as lagoas de sedimentação. Os decantadores com remoção mecanizada do lodo podem atingir valores de 80 - 90% de remoção de sólidos suspensos e total de sólidos sedimentáveis, com tempo de detenção de 3 a 4 horas (CETESB, 1990).

Segundo esta fonte, os lodos produzidos nos decantadores mecanizados devem ser submetidos a processos de tratamento antes da disposição final. Algumas técnicas para redução de seu volume tem sido adotadas, como a secagem em filtros à vácuo, filtros prensa, centrífugas ou prensas.

Na falta de disponibilidade física, a flotação pode ser uma alternativa empregada pelas empresas para a remoção de sólidos suspensos, no entanto, o processo é de grande consumo energético e químico, além de um alto custo dos equipamentos.

Entre o tratamento primário e secundário, normalmente, são empregados tanques de homogeneização que atuam também como tanque de equalização da vazão dos despejos líquidos da indústria.

Tratamento secundário

O tratamento secundário tem como principal objetivo reduzir a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) por meio de processos de oxidação biológica, considerando que o tratamento primário tem pouca influência sobre este aspecto do despejo.

Antes do início do tratamento biológico, devem ser adicionados nutrientes, na forma de nitrogênio e fósforo, que são essenciais para a existência e balanceamento dos organismos biológicos necessários a oxidação e estabilização do material orgânico do despejo (FONSECA et. al., 2003). Os sistemas biológicos mais empregados são as lagoas de estabilização, lagoas aeradas e lodos ativados.

- lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização são utilizadas tanto para regularizar as descargas no corpo receptor como também para reduzir a carga de DBO.

Entre as principais vantagens das lagoas de estabilização, estão: baixo investimento e custo operacional, relativa eficiência, corresponder favoravelmente ao tratamento e boa flexibilidade operacional. Suas desvantagens devem se ao elevado tempos de detenção requeridos (cerca de 10 a 30 dias) e a grande extensão territorial necessária (FONSECA et. al., 2003 e CETESB, 1990).

- lagoas aeradas

Face às maiores vazões das indústrias de grande porte, as lagoas aeradas surgiram para melhorar o desempenho das lagoas de estabilização, que se encontravam sobrecarregadas.

Os tempos de detenção nestas unidades variam de 5 a 10 dias e na grande maioria dos sistemas é necessário realizar a adição de nutrientes (N e P). A aeração é quase sempre feita por aeradores mecânicos superficiais.

As lagoas aeradas possuem como vantagens: necessita de menores áreas que as lagoas de estabilização, no entanto maiores que os lodos ativados e custo de implantação, operação normalmente menores que estes.

O lodo biológico produzido nas lagoas aeradas é menor do que o proveniente de outros processos biológicos de alta taxa, que em geral variam entre 0,1 a 0,2 kg de lodo por kg de DBO removida (FONSECA et. al, 2003).

- lodos ativados

O sistema de lodos ativados é empregado principalmente em fábricas onde não exista área suficiente para a implantação de lagoas de estabilização. Neste processo biológico, o influente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados. Parte do lodo separado por sedimentação, do efluente tratado, retorna ao processo e o restante em excesso é retirado do sistema via desaguadoras e encaminhado para a destinação final.

Este processo possui taxas de remoção de DBO superiores a 80% e tempos de detenção que variam entre 4 e 8 horas (CETESB, 1990).

As vantagens desse sistema estão relacionadas a excelente qualidade do efluente obtido, flexibilidade operacional, volume pequeno do reator, estabilidade e segurança do processo.

As maiores desvantagens deste processo, comparada aos outros, são o maior custo, pouca resistência a cargas de choque e a formação de grandes quantidades de lodo (em torno de 0,75 kg lodo/kg de DBO₅ removida), que devem ser destinadas adequadamente (CETESB, 1990).

Tratamento terciário

O tratamento terciário pode ser empregado quando o objetivo é conseguir remoções adicionais de poluentes das águas residuárias, antes de seu lançamento no corpo receptor, este processo é também conhecido por polimento.

Os processos de tratamento terciário em estudo compreendem: filtração para remoção de DBO e DQO, cloração ou ozonização para remoção de bactérias, absorção por carvão ativado, processo da pasta de cal e outros processos de absorção química para redução de cor, redução de espuma e remoção de sólidos inorgânicos através da eletrodialise, da osmose reversa e da troca iônica.

3.3. CONSUMO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

A poluição dos mananciais e o aumento pela demanda da água têm manifestado o interesse de vários setores da sociedade, a fim de se mobilizar para tentar garantir uma relação mais harmônica entre as atividades humanas e os recursos hídricos.

Água vem se tornando um insumo cada vez mais escasso e oneroso devido ao aumento de demanda pela população, atividades agrícolas e industriais e degradação do meio ambiente. Os processos de produção de celulose apresentam um consumo médio de água de 70 m³/tonelada de celulose produzida, segundo Glória e Angelo (2005), colocando as indústrias de papel e celulose como as maiores consumidoras de água fresca dentre as indústrias químicas. Deste modo as indústrias de papel e celulose têm buscado alternativas a fim de promover uma redução do consumo de água em seus processos.

O uso de água em processos industriais resulta em um grande problema para a indústria que é o custo com o tratamento de seus efluentes. Existem duas maneiras para se tratar este problema: 1) Propor tratamento para estes resíduos, chamado de *Tratamento de fim de linha*. 2) Reduzir ou eliminar a produção de despejos na fonte, pelo procedimento de minimização do consumo de água através de uma “*integração mássica*”. Este procedimento pode ser valioso na obtenção de informações para aprimorar os sistemas e então sugerir que mudanças sejam feitas na planta (ANDRADE, 2006).

A utilização dos recursos hídricos pelos diversos segmentos da sociedade, principalmente pelas indústrias, companhias de saneamento e produtores rurais, revelou-se indispensável à criação de normas que disciplinassem o uso da água. Objetiva-se principalmente minimizar os problemas de poluição causados pela emissão de efluentes para os corpos receptores.

As normas incorporam conceito de “comando e controle”, ou seja, órgãos federais e estaduais estabelecem padrões de qualidade para os recursos hídricos e para emissão de efluentes (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

Aprovou-se recentemente a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, política federal com fim de implantação de sistemas de gerenciamento de recursos hídricos. De onde, segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), se extrai o conceito de usuário pagador, que reconhece a água como um bem natural dotado de valor econômico e que, por isso, seu deve ser cobrado.

Na esfera federal, a Constituição de 1988 ampara diversas normas que tratam sobre recursos hídricos. Destaca-se a Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, que revogou a Resolução CONAMA n° 20/1986 e classifica as águas doces, salobras e salinas do País de acordo com suas utilizações.

Em 1997 foi sancionada a Lei Federal 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Na seção III, da outorga de direitos de uso de recursos hídricos, merecem destaque os artigos 12 e 15, e na seção IV, da cobrança do uso de recursos hídricos, as quais integram alguns conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável,

amplamente defendidos na Agenda 21, sobre o uso racional dos recursos hídricos e reconhecimento dos recursos naturais como bens econômicos.

3.3.1. Outorga e Cobrança pelo direito ao uso da água

Com base na Política Nacional de Recursos Hídricos, a competência para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos da União pode ser delegada aos Estados ou ao Distrito Federal. O órgão facilitador para implantação desses novos mecanismos para gestão de recursos hídricos é a ANA – Agência Nacional de Águas, criada pelo Ministério do Meio Ambiente, com a Lei 9.984/2000. Sua competência está no âmbito outorga do direito de uso dos recursos hídricos.

A ANA vem desenvolvendo ações para implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil desde 2001, em conjunto com gestores estaduais e comitês de bacias. Até o momento, a cobrança foi implementada na Bacia do Rio Paraíba do Sul e nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.

A cobrança é um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos instituídos pela Lei 9433/97, que tem como objetivo estimular o uso racional da água que pode contemplar medidas de redução do consumo por meio de melhorias no processo e pela prática de reuso e, ainda, gerar recursos financeiros para investimentos na recuperação e preservação dos mananciais das bacias. A cobrança não é um imposto, mas um preço público, fixado a partir de um pacto entre os usuários de água e o Comitê de Bacia, com o apoio técnico da ANA.

Em função de condições de escassez em quantidade e ou qualidade, a água deixou de ser um bem livre e passou a ter valor econômico. Esse fato contribuiu para a adoção de um novo paradigma de gestão desse recurso, que compreende a utilização de instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso da água.

Compete à ANA operacionalizar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União, ou seja, daqueles rios ou demais cursos d'água que atravessam mais de um Estado da federação.

Os recursos arrecadados são repassados integralmente pela ANA à Agência de Águas da Bacia, conforme determina a Lei nº 10.881, de 2004. Cabe à Agência de Água alcançar as metas previstas no contrato de gestão assinado com a ANA, instrumento pelo qual são transferidos os recursos arrecadados.

A cobrança em rios de domínio da União se inicia após a aprovação pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH dos mecanismos e valores de cobrança propostos pelos comitês de bacia hidrográfica (ANA, 2007).

A cobrança pelo uso da água nas bacias hidrográficas já está ocorrendo em alguns estados e será introduzida em todas as bacias hidrográficas do país. Sendo este mais um fato que leva as indústrias a investir em programas de racionalização e reuso da água, além de reavaliarem a captação de recursos hídricos (ANDRADE, 2006).

3.4. PRODUÇÃO MAIS LIMPA

3.4.1. Histórico

A partir da Segunda Guerra Mundial a degradação ambiental se intensificou devido à evolução da atividade industrial e dos processos produtivos. E é somente a partir da década de 70 que surgem os primeiros movimentos ecológicos, cujos princípios propõem o crescimento econômico associado à idéia de sustentabilidade ecológica. Porém, apenas em

1983 é constituída a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), cujos objetivos eram propor estratégias de longo prazo para a conciliação entre crescimento econômico e conservação ambiental. Em 1987, através de um relatório final, a CMMAD apresentou o conceito de desenvolvimento sustentável como sendo “um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e as aspirações humanas”.

A partir da década de 90 começam a surgir conceitos como responsabilidade social, gestão ambiental e gerenciamento integrado das organizações. Tais inovações, além de buscarem a conciliação entre qualidade produtiva, ambiental e social, ampliam a responsabilidade da organização com a comunidade na qual está inserida e se relaciona.

Dentro deste contexto, em curto espaço de tempo, as organizações tiveram que assimilar todas as transformações ocorridas na sociedade nos últimos trinta anos. Segundo Nunes (2002), inicialmente, a situação era de total irresponsabilidade com o uso dos recursos naturais nos diferentes processos produtivos, falta de preocupação com o desperdício de matéria prima, alta de qualidade nos produtos e processos, descaso com os efeitos da poluição, entre outros. As organizações foram obrigadas a investir grandes somas em equipamentos para o controle da poluição. Em muitos casos foi necessário, inclusive modificar ou adequar os processos produtivos. Hoje, as empresas acreditam que é muito menos oneroso prevenir do que tratar os problemas ambientais.

Diante deste quadro, a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), juntamente com o Centro de Atividades do Programa de Meio Ambiente em Paris (IEPAC), criaram o Programa dos Centros Nacionais de Produção Limpa (NCPC). Iniciado em 1994, o NCPC lançou, primeiramente, oito centros nos países: Brasil, China, República Tcheca, Índia, México, Eslováquia, Tanzânia e Zimbábue. Este programa é financiado por diversas fontes, entre elas os governos da Suíça, Holanda e Áustria. No Brasil o programa é financiado pelo SENAI.

No Brasil o programa foi iniciado em 1995, sendo o SENAI do Rio Grande do Sul o escolhido para ser a instituição hospedeira do centro brasileiro, o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL). O objetivo do CNTL é formar uma rede de núcleos nos estados brasileiros para facilitar a transferência de informações e tecnologias às empresas. A ligação entre os estados é feita pelas Federações das Indústrias dos Estados através da Confederação Nacional de Indústrias (CNI). Em Santa Catarina, o responsável é o Instituto Euvaldo Lodi (IEL) da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC).

3.4.2. Conceito

De acordo com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI (CNTL), a Produção mais limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo (CNTL, 2006).

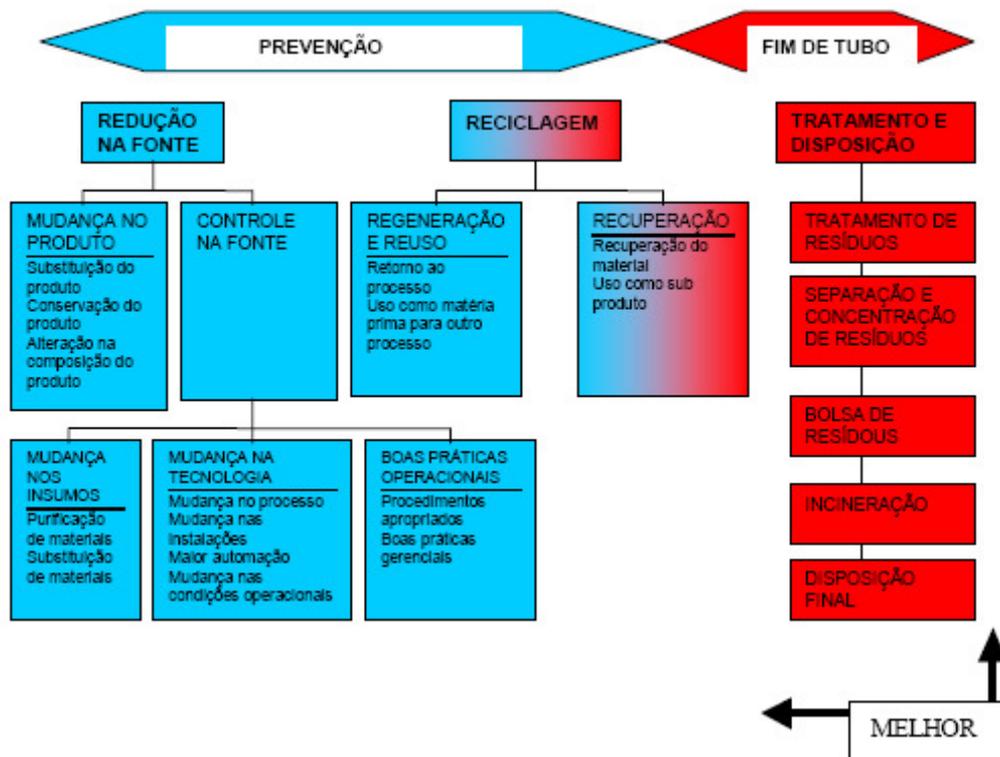
O conceito de Produção Limpa chega como uma inovação nas estratégias das empresas, mudando a maneira de pensar e agir, tendo como objetivo aumentar a eficiência na utilização de matérias-primas, água e energia e a minimização dos resíduos gerados, obtendo ganhos econômicos e ambientais. A Produção Limpa refere-se à produção integrada à proteção ambiental de forma mais ampla, considerando todas as fases do

processo produtivo e o ciclo de vida do produto final, priorizando a prevenção da poluição ao tratamento dos resíduos e efluentes.

Resíduos líquidos, sólidos e/ou gasosos gerados durante o processamento de qualquer produto representam perdas de matérias-primas e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para controlar a poluição. Porém muitos dos tratamentos “fim de tubo” não eliminam realmente os resíduos gerados, apenas os transferem para outro meio que não os esperava.

Convém destacar que se entende por fim de tubo (ou *end-of-pipe*) “tecnologias de controle da poluição (tratamento de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas) utilizadas ao final dos processos produtivos para atender exigências legais” (CARDOSO, 2006). A solução tecnológica *end-of-pipe* corre atrás dos prejuízos ambientais causados por um sistema produtivo, remediando os seus efeitos, mas sem combater as causas que o produziram. Seu alcance é limitado, mas não elimina a degradação ambiental, pois sempre resulta na transferência de poluição de um ambiente para outro.

O fluxograma 1 expõe as diferentes etapas entre a metodologia fim-de-tubo e a preventiva.



Fluxograma 2 - Evolução das tecnologias e procedimentos de proteção ambiental
Fonte: Kiperstok *et al*, 2001.

Ao contrário, as tecnologias de Produção Limpa contemplam mudanças nos produtos e seus processos de produção para reduzir ou eliminar todo tipo de rejeitos antes que eles sejam criados. Dessa forma, elas contribuem para ampliar a sustentabilidade dos sistemas naturais, tanto pela redução da necessidade de insumos para um mesmo nível de produção, quanto pela redução da poluição resultante do processo de produção, distribuição e consumo.

A P+L se aplica aos processos, produtos e serviços, assim, destacados:

a) Processos: inclui conservação de recursos naturais e energia, eliminação de matérias primas tóxicas e redução da quantidade e da toxicidade dos resíduos e emissões;

b) Produtos: envolve a redução dos impactos negativos ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a extração de matérias primas até a sua disposição final;

c) Serviços: estratégia para incorporação de considerações ambientais no planejamento e entrega dos serviços (PNUMA, 2006).

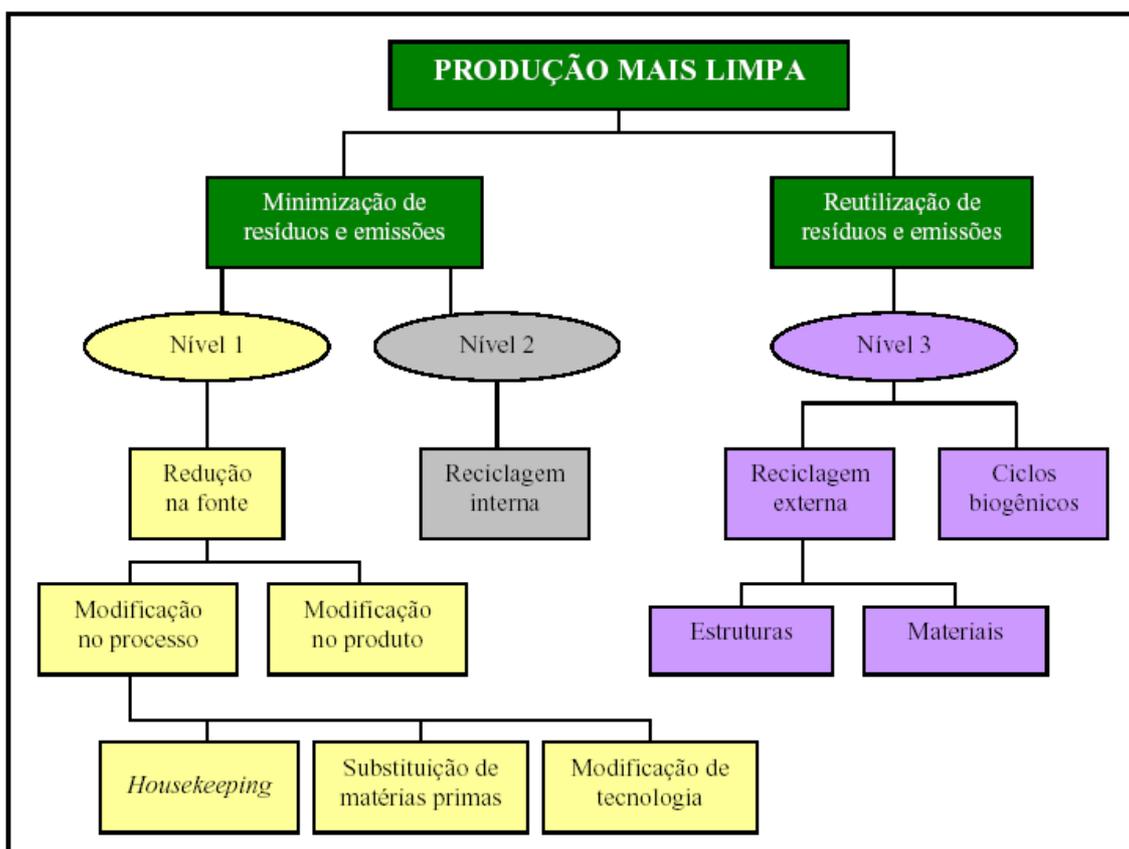
3.4.3. Metodologia P+L

A metodologia da P+L admite diversos níveis de aplicação junto às empresas, desde o simples ato de refletir criticamente sobre as possibilidades de melhoria de seus processos, até a efetiva implementação de um Programa de P+L (CETESB, 2006).

“A Produção Mais Limpa, com seus elementos essenciais adota uma abordagem preventiva, em resposta à responsabilidade financeira adicional trazida pelos custos de controle da poluição e dos tratamentos de final de tubo” (CEBDS, 2006).

A Produção mais Limpa, ao contrário das tecnologias ambientais convencionais que focam o fim de tubo, pretende integrar os objetivos ambientais aos processos de produção, a fim de reduzir os resíduos e as emissões em termos de quantidade e periculosidade (CNTL, 2006).

Conforme figura 2, a CNTL classifica as ações de produção mais limpa em três níveis:



Fluxograma 3 - Estratégias de P+L

Fonte: adaptado de CNTL, 2006.

- Nível 1 – são alternativas de máxima prioridade, as quais envolvem modificações em produtos e processos para atingir a redução de emissões e resíduos na fonte e eliminar ou reduzir sua toxicidade.

- Nível 2 – na impossibilidade de atingir o nível 1, estas alternativas contemplam a reutilização e a reciclagem internas das emissões e resíduos que continuam a ser gerados.
- Nível 3 – na impossibilidade de atingir os níveis anteriores, tais alternativas abrangem o reuso e a reciclagem externos por meio da venda ou da doação a quem possa utilizá-los; se esta estratégia não for possível, este nível inclui, ainda, como última instância, o tratamento que promova sua disposição final em local seguro.

3.5. PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

A produção de celulose é um processo que requer grandes quantidades de água e gera, também, grande vazão de efluentes. Além dos volumes consideráveis de água e de efluentes, algumas características químicas dos efluentes gerados na fabricação de celulose, notadamente cor e compostos orgânicos clorados (AOX), são potenciais causadores de danos ambientais.

3.5.1. Ações de Produção Mais Limpa na Indústria de Papel e Celulose

O desenvolvimento sustentável de uma indústria de papel e celulose necessita de uma fabricação com boa eficácia energética, um aproveitamento quase total da matéria prima e um impacto menor ao meio ambiente.

A aplicação da metodologia de produção mais limpa pode se mostrar uma aliada no que diz respeito à redução de custos e da geração de efluentes. Além de contribuir para certificações ambientais e transmitir uma imagem positiva tanto aos órgãos ambientais quanto aos seus clientes.

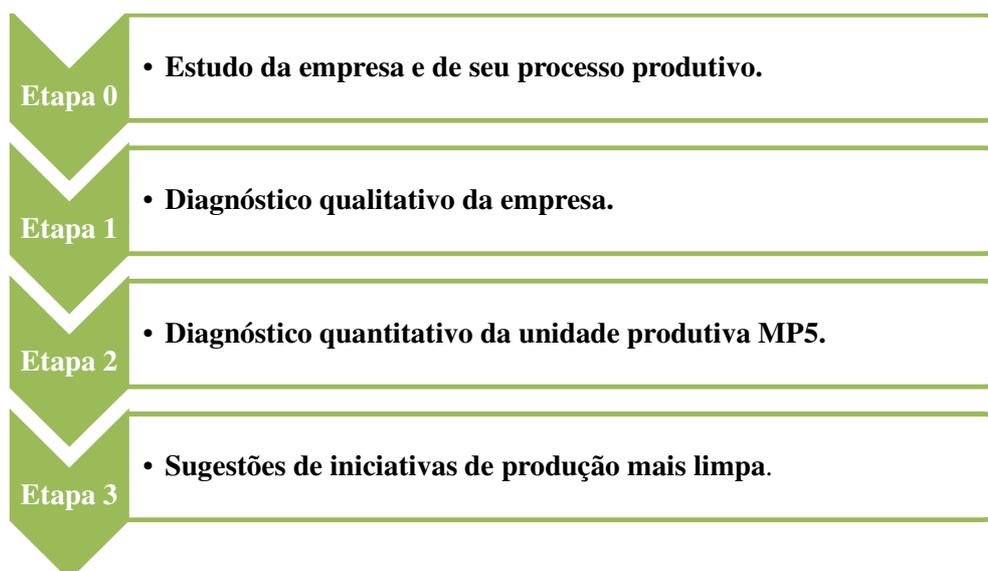
Cetesb (2005), expõe como uma boa medida a produção em circuito fechado, que consiste em maximizar a reutilização interna de água para reduzir o consumo de água limpa e a produção de efluentes resultantes na indústria de papel. O fechamento em circuito consiste em maximizar a reutilização interna de água para reduzir o consumo de água limpa e a produção de efluentes resultantes na indústria de papel. Pode ser realizado através das seguintes atividades:

- Reaproveitamento de água de refrigeração utilizada na fabricação de papel;
- Tratamento do condensado visando sua purificação e reuso no processo;
- Instalação de controles de nível, instalação de linhas e bombas para permitir o reciclo de água branca no processo de celulose;
- Uso de casca do pátio de madeira e dos finos do processo de picagem como combustível de caldeira de geração de energia;
- Otimização do processo de lavagem na unidade de produção de celulose;
- Recuperação do licor negro extraído da lavagem;
- Entre outras ações.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho tem como base filosófica o estruturalismo, é de natureza quali-quantitativa, do tipo descritivo-exploratória, e sua amplitude é de estudo de caso. Foram utilizadas técnicas observacionais, registros fotográficos, entrevistas e reuniões com os envolvidos da empresa e coleta dos dados de produção ligados aos objetivos desse trabalho (RICHARDSON, 1999).

O estudo foi dividido e realizado em quatro etapas apresentadas a seguir no fluxograma 4.



Fluxograma 4- Fluxograma de atividades do estudo

5. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Foi realizado entre os meses de setembro e novembro do corrente ano. Esclarece-se que a empresa possui poucos dados quantitativos sobre o consumo de água em suas unidades produtivas, portanto as informações contidas no trabalho, em sua maioria, são de origem qualitativa.

6. COLETA DE DADOS E DIAGNÓSTICO

6.1. ETAPA 0 – ESTUDO DA EMPRESA E DO PROCESSO PRODUTIVO

6.1.1. A Empresa Celulose Irani

6.1.1.1. Localização

A indústria de papel Celulose Irani S/A está instalada no município de Vargem Bonita, no meio oeste catarinense, a uma distância de 469 km da capital Florianópolis.

6.1.1.2. A Empresa

A IRANI foi fundada em 1941, pela iniciativa da sociedade Vinícola Rio Grandense. Para estruturar o projeto da Empresa, construíram, além da fábrica, a vila onde os operários iriam morar. Nasceu então, Campina da Alegria, distrito do município de Vargem Bonita - SC. Hoje, a cidade possui cerca de 1.300 habitantes, a grande maioria vinculada direta ou indiretamente à IRANI.



Unidade Fabril Papel - Vargem Bonita - SC - 1941

Vista geral da fábrica

Figura 2 - Foto da fundação da empresa, em 1941

O Grupo Habitasul, tradicional conglomerado da região sul do Brasil, assumiu o controle em 1994. Atualmente, a IRANI possui as seguintes unidades de negócios: Papel, Embalagem, Móveis, Madeiras, Resinas e Florestal distribuídas nas localidades de Vargem Bonita – SC, Santana do Parnaíba – SP, Indaiatuba – SP, Rio Negrinho – SC e Balneário Pinhal. Tem escritórios em São Paulo – SP, Joaçaba – SC e matriz em Porto Alegre – RS.

Atualmente, a IRANI é Empresa integrada – a partir da plantação da semente, produz papéis, embalagens, móveis e resinas. Com o projeto de otimizar os recursos materiais e humanos existentes, fez triplicar a produtividade por funcionário e dobrar o volume mensal de produção.



Figura 3 - Celulose Irani em pleno desenvolvimento

A Celulose Irani S/A é uma fábrica integrada com capacidade de produção de 450 ton/dia de papel Kraft, desde 35 a 200 g/m². A linha de produção é direcionada à produção de papéis para confecção de embalagens (caixas e sacos multifoliados). Para isso, são utilizadas como matérias- prima: as aparas, para produção de papel reciclado; a pasta química-mecânica (PQM) e a celulose Kraft fibra longa.

6.1.1.3. Processo Industrial

6.1.1.3.1 Recursos hídricos

O processo industrial de fabricação, tanto da celulose como do papel, exige grande quantidade de água. Na Celulose Irani S/A, o abastecimento de água é feito através da captação da Barragem do Córrego da Anta e do Rio do Mato, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, sub-bacia do Rio Chapecó e Rio Chapecózinho. De acordo com a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável do Governo do Estado de Santa Catarina¹, estes não estão inseridos em comitê de bacias hidrográficas.

Para seu uso exclusivo, a Celulose Irani S.A. possui um Parque Gerador composto por 03 (três) centrais hidrelétricas e 01 (uma) termelétrica.

A PCH (Pequena Central Hidrelétrica) Salto Cristo Rei é constituída de 02 (duas) turbinas, sendo uma destinada à geração de energia elétrica, com potência de 1030 kW, e a outra é destinada à geração mecânica, com potência de 1.417 kW, localizada no rio Irani, no Município de Ponte Serrada, Estado de Santa Catarina.

Na PCH Flor do Mato, localizada no Rio do Mato, também em Ponte Serrada, a geração é feita por 03 unidades, cujas potências unitárias de placa, iguais a 1.600, 1.400 e 2.600 kW, perfazem um total de 5.600 kW, resultante de 51,50 m de queda e da descarga de derivação de 3.225 l/s.

A PCH São Luiz fornece energia a partir de uma unidade geradora que apresenta uma potência de placa igual a 2.200 kW.

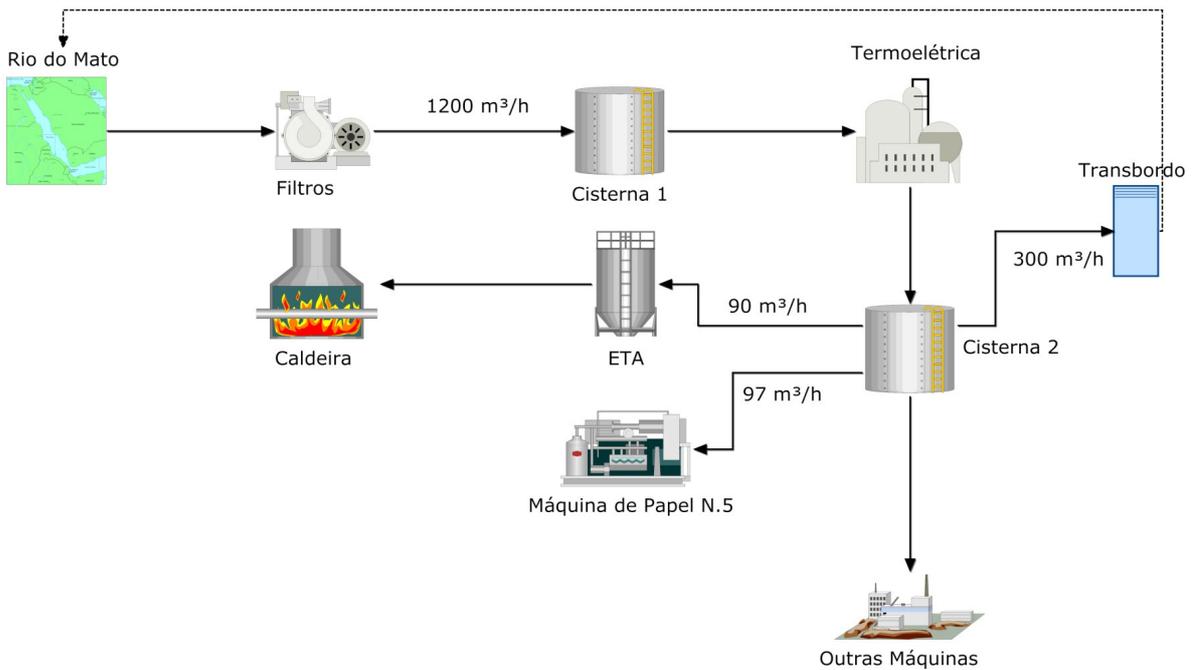
A adução da água industrial é feita por bombeamento, sendo que três bombas captam no Rio do Mato e duas na Barragem do Córrego da Anta. A vazão média de captação da água é de 1200 m³/h.

A água bruta do Rio do Mato passa por quatro filtros de areia antigos, de madeira, de fluxo descendente, os quais possuem uma quantidade considerável de vazamento. Já a água captada na barragem passa por 2 filtros de areia novos, de concreto, também de fluxo descendente.

As vazões se encontram e vão para cisterna 1, de onde é bombeada para as turbinas termoelétricas e retornam para cisterna 2. Dos 1200 m³/h, cerca de 200 a 300 m³/h transbordam e são devolvidos para o Rio do Mato para fins de resfriamento da água da cisterna que será direcionada para produção e caldeira de co-geração de energia.

A empresa possui um medidor de vazão na saída da cisterna 2 que indica uma média de 800 m³/h. Desses, cerca de 90 m³/h são direcionados para estação de tratamento de água industrial (ETA), a qual receberá tratamento para total desmineralização, com o intuito de atender as exigências da caldeira de co-geração de energia.

¹ Pesquisado em: www.aguas.sc.gov.br. Acessado em: 05/12/2007.



Fluxograma 5 - Situação atual da empresa Celulose IRANI. Origem e destino da água fresca. Destaque para o transbordo.

O tratamento de água para alimentação das caldeiras consiste nas seguintes etapas: inicialmente passa por um filtro de areia e é armazenada em um tanque pulmão. A seguir, passa por um filtro de carvão ativado para retirada de cloro residual, proveniente do decantador, e da matéria orgânica. O sistema de desmineralização é realizado por troca iônica através do uso de resinas e possui duas linhas (A e B).

Portanto como já dito anteriormente a indústria de papel e celulose é uma grande consumidora de água e esse alto consumo necessita de grandes áreas de tratamento instaladas, sendo esta necessidade um dos problemas para a expansão deste tipo de indústria.

O restante da vazão, cerca de 700 m³/h, é disponibilizada ao processo produtivo.

É importante ressaltar que, a empresa não possui dados de vazão individualizados para cada processo e máquina.

6.1.1.3.2 O Pátio de Madeira

O recebimento da madeira (*Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, pátula e eucalipto) para a transformação em cavacos é realizado no pátio de madeira, em toras de comprimento de 2,40 m e com casca.

No descascador rotativo é removida a casca e as diversas espécies são dosadas em proporções pré-estabelecidas, para diminuir a interferência da quantidade de extratíveis no processo de cozimento. A casca removida no descascador é conduzida para o silo de biomassa, de onde é transferida para queima em caldeira.

O picador é o principal equipamento no pátio-de-madeira. A granulometria e a espessura do cavaco são controladas de maneira a atender à especificação desejada. Uma quantidade grande de finos é desperdiçada, bem como os cavacos maiores são rejeitados e utilizados como combustível na caldeira. A fração boa é utilizada na produção de celulose.

6.1.1.3.3 Pasta Celulósica ou Polpação

A polpação é o processo de separação das fibras de palpa madeira mediante a utilização de energia química e/ou mecânica. Na fábrica de Celulose e Papel Irani a pasta celulósica é obtida de três maneiras:

- Pasta química (cozimento Kraft);
- Pasta químico-mecânica (PQM);
- Fibras provenientes de papel reciclado.

Pasta Química (Cozimento Kraft)

A celulose é a principal matéria-prima do papel. O início do processo de fabricação é o cozimento dos cavacos, lavagem de celulose, depuração, branqueamento e secagem.

O processo consiste, basicamente, na dissolução da lignina da madeira em vasos de pressão, denominado digestores, por meio de uma solução quente (cerca de 170°C), rica em reagentes químicos não-oxidantes, tais como soda cáustica (NaOH), sulfeto de sódio (Na₂S), e pequenas quantidades de sulfatos e sulfitos. Esta solução dissolve todos os componentes da madeira (lignina, hemicelulose e extrativos), com exceção apenas das fibras de celulose.

Desta solubilização de material orgânico (40% madeira seca) tem-se a celulose e um licor negro, rico em álcali e matéria orgânica dissolvida da madeira. Esse licor deve passar por um processo de recuperação, em que, ao final, é convertido novamente em licor branco e reutilizado no processo de digestão, fechando um complexo ciclo de recuperação de reagentes químicos.

Ao final do ciclo do cozimento, toda a massa, licor e celulose são descarregados em um tanque de estocagem (*blow tank*). A polpa celulósica sai do tanque com uma quantidade muito grande de licor, sendo necessário o processo de lavagem para que ocorra a separação do licor que será encaminhado à recuperação. Este processo consiste em quatro filtros lavadores. A lavagem é executada em contracorrente para permitir um elevado grau de lavagem com água limpa. O principal objetivo da lavagem é retirar o máximo possível de sólidos dissolvidos (orgânicos + inorgânicos) da celulose para serem processados no setor de recuperação.

Na continuidade do processo, a celulose lavada é processada em depuradores para a retirada dos rejeitos (casca, cavacos, palitos e outros contaminantes). Essa limpeza é executada num equipamento onde a fibra é forçada a passar por uma chapa perfurada, ficando as impurezas maiores retidas e desclassificada. A depuração é executada em baixa consistência (0,8 a 1,5 %).

A fim de aumentar a consistência (4 a 5%), a fração aceita passa por engrossadores rotativos.

Uma vez depurada, a celulose segue para a preparação de massa. A fibra é trabalhada em refinadores a fim de desenvolver certas propriedades de resistência.

A celulose extraída vai ao processo de fabricação de papel, sendo a ela incorporados diversos outros materiais não fibrosos para conferir ao papel as características desejadas.

Pasta Químico Mecânica (PQM)

Nesse processo, a madeira é descascada e estocada por 60 dias para perder umidade. Os toretes têm 73 cm de comprimento e de 10 a 20 cm de diâmetro.

O processo inicia com o cozimento em três digestores horizontais, com capacidade de 8,7 m³, utilizando uma solução de sulfito de sódio. A madeira cozida é desfibrada em

desfibradores de bolsa, produzindo diretamente a pasta celulósica. O torete é pressionado contra um rebolo abrasivo e, através do atrito e pulsações sobre a madeira, a fibra é separada.

Uma planta de recuperação de produtos químicos faz o processamento do licor negro proveniente da lavagem de celulose kraft. Ele é evaporado, oxidado e queimado num forno. Na queima, os compostos inorgânicos (álcali) fundem, formando o “smelt” (composto de carbonato de sódio e sulfeto de sódio).

O “smelt” fundido é atomizado com auxílio de vapor e dissolvido em água, formando uma solução (licor verde). O licor passa por um processo de caustificação, onde reage com cal virgem. Como resultado, tem-se a regeneração da soda cáustica (licor branco) que é reciclada para o cozimento. No processo, é formada uma lama de carbonato de cálcio que, depois de lavada, é vendida para corretivo agrícola.

Fibras provenientes de papel reciclado (Aparas)

A polpa proveniente da desagregação de aparas passa por engrossadores inclinados do tipo Side Hill, segue para os separadores cônicos centrífugos (cleaners), que retiram a matéria pesada (metais, areia ou outro material que se diferencie da densidade da polpa e possa estar presente nas aparas. A polpa vai para um despastilhador para que corra a dispersão nas fibras não dispersas. Segue, então, para um depurador centrífugo e peneiras vibratórias, armazenagem e, por fim, preparação de massa.

6.1.1.3.4 Depuração

Na continuidade do processo, a celulose lavada é processada em depuradores para a retirada dos rejeitos (casca, cavacos, palitos e outros contaminantes). Essa limpeza é executada num equipamento onde a fibra é forçada a passar por uma chapa perfurada, ficando as impurezas maiores retidas e desclassificada. A depuração é executada em baixa consistência (0,8 a 1,5 %).

A fim de aumentar a consistência (4 a 5%), a fração aceita passa por engrossadores rotativos.

Uma vez depurada, a celulose segue para a preparação de massa. A fibra é trabalhada em refinadores a fim de desenvolver certas propriedades de resistência. A celulose extraída vai ao processo de fabricação de papel, sendo a ela incorporados diversos outros materiais não fibrosos para conferir ao papel as características desejadas.

6.1.1.3.5 Recuperação de produtos químicos

Recuperação do Licor Verde

A transformação do licor preto em licor verde é feita através da combustão do licor preto, a qual é realizada em uma caldeira especial chamada de caldeira de recuperação. A combustão acontece devido à prévia concentração do licor preto em três sistemas de evaporação distintos operados em série.

Na primeira etapa, são usados dois pré-evaporadores em paralelo, um de compressão do vapor, através de uma turbina, e outro através de recuperação de calor do sistema de cozimento da madeira. Na segunda etapa de evaporação do licor preto usam-se duas linhas paralelas de evaporadores de múltiplo efeito convencional.

A queima do licor preto se dá na fornalha da caldeira de recuperação. Onde o licor é injetado sobre pressão, e em seguida completado o processo de pulverização do líquido que foi fundido, este é dissolvido em água, formando então o licor verde, que é uma solução aquosa de carbonato de sulfeto de sódio.

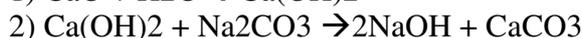
Recuperação do Licor Branco

A conversão do licor verde em hidróxido de sódio (licor branco) é obtida através da reação do licor verde com cal virgem. Durante a caustificação do licor verde, o óxido de cálcio reage com a água do licor verde, formando o hidróxido de cálcio e este reage com carbonato de sódio, para se converter em carbonato de cálcio, que é insolúvel em água e conhecido como lama de cal.

- **Caustificação:** O licor verde proveniente da caldeira de recuperação segue para sua transformação em licor branco.

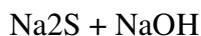
- Composição básica do licor verde: solução de $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$.

Este licor, encaminhado à caustificação, em um primeiro momento é estocado em um tanque para a decantação de impurezas do licor, os chamados “*Dregs*”, e em seguida é encaminhado ao apagador de cal onde se adiciona a cal, após esta adição ocorrem as seguintes reações:

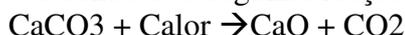


Logo após esta reação este licor é encaminhado a um decantador, onde neste separa-se o carbonato de cálcio, na forma de lama, e o licor branco forte que será utilizado na etapa de digestão da madeira.

- Composição básica do licor branco utilizado na etapa de digestão:



A lama de carbonato de cálcio é encaminhada, então, ao forno de cal onde neste ocorre a recuperação da cal, obedecendo-se a seguinte reação:



6.1.1.3.6 Fabricação do Papel

A produção do papel *kraft* destina-se, em sua maioria, quando não branqueado, ao mercado de embalagens, em forma de caixas de papelão e sacos de papel.

Para a fabricação de papéis, a empresa possui quatro máquinas:

A máquina nº 01 (MP1) produz papéis de superfície alisada, numa faixa de gramatura de 80 a 200 g/m². Os papéis são utilizados para a fabricação de sacos e chapas para produção de caixas. A largura bruta da folha de papel dessa máquina é de 2,40 metros. A máquina nº 02 (MP2) pode fabricar papéis de superfície alisada ou monolúcida com gramaturas de 70 a 125g/m². Os papéis fabricados nessa máquina são destinados à produção de sacos, fita gomada e envelopes. A largura bruta da folha de papel é de 2,15 metros.

A máquina nº 04 (MP4) produz papéis de superfície monolúcida e na faixa de gramatura de 35 a 80 g/m². Os papéis são utilizados para a fabricação de sacos (embalagens leves) e fita gomada. A largura bruta da folha é de no máximo 3,05 metros.

A máquina nº 05 (MP5) produz papéis para a produção de chapas (papel *kraft liner*, *test liner*, capinha e miolo), a partir de aparas.

Numa máquina, o papel seco é enrolado sob a forma de um bobinão (ou jumbo). Para ser comercializado, o jumbo passa por uma rebobinadeira onde o papel é cortado e

enrolado novamente, conforme os pedidos dos clientes. Antes de ser rebobinado, o papel é inspecionado e verifica-se se está dentro das especificações.

São executados ensaios de:

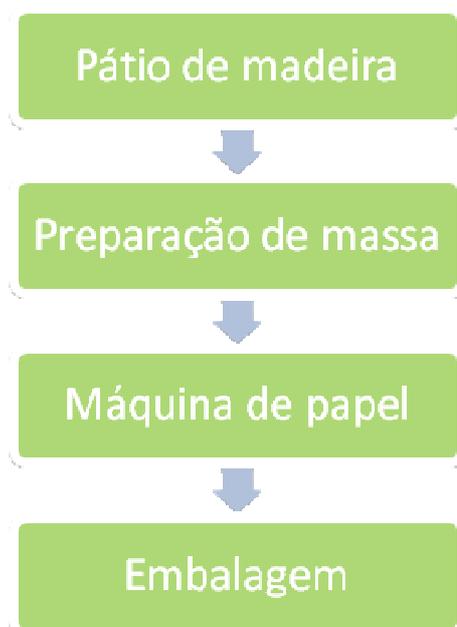
- Gramatura;
- Resistência à tração;
- Resistência ao rasgo;
- Porosidade (permeabilidade ao ar);
- Cobb (absorção de água);
- Umidade;
- Estouro;
- Espessura.

De acordo com o valor do teste, o papel é aprovado, reclassificado ou refogado. Além desses testes quantitativos, realizados com equipamentos específicos, o papel sofre uma inspeção visual. Alguns defeitos visuais que podem ser encontrados são: bobinas com canal, papel fixado, bobina com ponta mole, entre outros.

Produtos químicos são adicionados para auxiliar na fabricação de papel e suprir certas propriedades específicas. Os principais produtos químicos utilizados são:

- Sulfato de alumínio;
- Cola;
- Amido;
- Talco;
- Polímero;
- Dispersante, etc.

Pode-se observar com esta descrição todo processo da Irani – Unidade Papel, desde a produção de celulose e papel até as etapas de utilidades e recuperação, tendo assim uma visão geral do funcionamento da indústria em que o trabalho foi desenvolvido. (fluxograma 6)



Fluxograma 6 - Processo Produtivo da Celulose Irani

6.1.1.3.7 Tratamento de Efluentes

A indústria de celulose e papel não se caracteriza apenas por consumir uma grande quantidade de água, é responsável também por gerar uma grande quantidade de efluentes. Sendo assim se faz necessário um tratamento adequado, para depois serem despejados no corpo receptor.

A Irani possui uma estação de tratamento de efluentes composta por um flotador, três decantadores e sete lagoas biológicas.

O efluente gerado na fábrica é dividido conforme a linha de produção de maior geração de contaminantes, uma parte vai ao decantador primário e outra ao flotador, onde são dosados os flocculantes. O efluente, após receber os nutrientes (fósforo e nitrogênio), segue para a lagoa aeróbia, que possui um sistema de recirculação de lodo e um sistema de ar difuso. Em seguida, passa para uma lagoa aerada com aeradores submersos.

Este efluente, então, é bombeado para os decantadores secundários, onde ocorre a separação do lodo biológico, que também será retirado através do uso de bomba submersa, instalada em ponte rolante e, em conjunto com o lodo do decantador primário, segue para prensas onde o teor seco é queimado na caldeira de co-geração.

Ao final, o efluente passará por cinco lagoas de polimento até atingir o corpo receptor.

6.2. ETAPA 1 – DIAGNÓSTICO QUALITATIVO DA EMPRESA

Após um contato inicial com o processo por meio de um trabalho de campo no processo produtivo da Celulose Irani, a etapa subsequente consistiu na identificação e escolha da unidade produtiva objeto do estudo. Em conjunto com o gerente de produção de papel, Sr. José Roberto Mateus, e o gerente de qualidade ambiental, Sr. Leandro Farina, optou-se pela unidade produtiva Máquina de Papel nº 05 MP5 (figura 5), produtora de papel a partir de aparas, produto 80% reciclado.



Figura 4 - Foto da Máquina de Papel nº 5 - objeto do estudo.

A unidade produtiva MP5 consiste nas etapas de preparação de massa, parte úmida e parte seca. Na preparação de massa, a água fresca serve um tanque do engrossador, com volume de 80 m³. O tanque receberá esta água somente em início de processo, ou seja, após uma parada programada da máquina. Durante o restante do processo, a água é recirculada. A parte úmida consiste de uma mesa plana, parte da máquina de papel onde é “derramada” a massa de papel e será definida sua largura. Desta etapa para trás (até a desagregação do papel – na entrada da preparação de massa), é onde a recirculação pode ocorrer. Ou seja, a partir da parte seca (etapa onde é retirada a umidade do papel por meio do processo de secagem). O desagregador receberá, também, uma parte de água fresca em seu processo.

A parte úmida da máquina, início da formação da folha, é a parte que determina sua largura. E a parte seca, é o momento da secagem do papel e determinação de sua gramatura. Nesta etapa, o consumo de água fresca é bastante grande, em detrimento dos equipamentos de secagem (tela e filtro) exigirem água limpa a fim de evitar incrustações.

Nesta etapa do trabalho houve uma maior interação entre os funcionários da Irani, pois seus conhecimentos do processo facilitaram a obtenção de dados.

6.2.1. Captação e Tratamento de água

A adução da água industrial é feita por bombeamento, sendo que três bombas captam no Rio do Mato e duas na Barragem do Córrego da Anta. A vazão média de captação da água é de 1200 m³/h. A figura 6 revela o curso do Rio do Mato.



Figura 5 - Curso do Rio do Mato

A água bruta do Rio do Mato passa por quatro filtros de areia antigos, feitos de madeira, de fluxo descendente, os quais possuem uma quantidade considerável de vazamento.



Figura 6 - Filtros de areia de fluxo ascendente (antigos).

A ETA apresenta vazamento em seus filtros de areia antigos. A água limpa escorre pelas calhas e é devolvida para o corpo receptor. As figuras 8 e 9 revelam os vazamentos.



Figura 7 - Detalhe do vazamento do filtro



Figura 8 - Detalhe do vazamento do filtro

A água captada na barragem do Córrego da Anta passa por dois filtros novos de areia, feitos de concreto, também de fluxo descendente.



Figura 9 - Filtros de areia de fluxo ascendente (novos)

As vazões dos filtros se encontram e vão para cisterna um (figura 11), de onde é bombeada para as turbinas termoelétricas e retornam para cisterna dois (figura 12).



Figura 10 - Detalhe da cisterna 1

A empresa possui um medidor de vazão na saída da cisterna dois, que indica uma média de 800 m³/h. Cerca de 90 m³/h são direcionados para ETA, que irá encaminhar a água por um filtro de carvão ativado para retirada de cloro residual e matéria orgânica. O sistema de desmineralização é realizado por troca iônica através do uso de resinas e possui duas linhas (A e B), sendo ambas projetadas para processar 90 m³/h. Sendo essa vazão encaminhada para caldeira de co-geração. O fluxograma 5 mostra o processo.



Figura 11 - Chegada da água das turbinas.

Dos 1200 m³/h, cerca de 200 a 300 m³/h transbordam da cisterna dois (figura 13) e são devolvidos para o Rio do Mato. Deve-se lembrar que outros vazamentos da ETA

acrescentam nesse transbordo. Segundo informações dos colaboradores, o transbordo tem fins de resfriamento da água da cisterna que será direcionada para produção e caldeira de co-geração de energia.



Figura 12 - Transbordo de volta ao corpo receptor. Vazão média de 300 m³/h

6.2.2. A Produção

A vazão direcionada à produção é cerca de 800 m³/h. Enquanto, a vazão destinada à caldeira é cerca de 90 m³/h. Porém, não há dados que indiquem a quantidade média destinada para cada unidade produtiva. A figura 14 mostra a preparação de massa, a partir de aparas, que será destinada à produção de papel.



Figura 13 - Foto da preparação de massa da MP5.

Foram identificados vários pontos de vazamento de água branca na MP5. A figura 15 representa o ponto 1, identificado como vazamento da lavagem da telas. Esse vazamento é constante. O volume é destinado às calhas, que seguem para ETE.



Figura 14 – Ponto 1: Vazamento da lavagem das telas.

No separador de massa grossa há uma descarga de 2 em 2 min. Este efluente contém fibras, areia, plásticos, metais, entre outros. Primeiramente, os metais e plásticos são separados na descarga, o material pesado vai para o fundo. O fluxo segue ao desarenador, para retirada da areia. Em seguida para o separador de fibras, as quais retornam à produção e o efluente irá para a ETE, como mostra a figura 16.



Figura 15 - Ponto 2: Descarga do separador de massa grossa

O ponto 3 representa o rejeito da parte úmida da máquina de papel. Na parte úmida, a largura da folha é definida, Grande quantidade de efluente é gerado, por conseguinte, ocorre uma descarga constante, pois o processo não absorve vazão para recirculação. O destino assemelha-se ao ponto anterior: vai para separador de fibras, que retornará ao processo, e o efluente vai para ETE.



Figura 16 - Ponto 3: Tanque da parte úmida

Rejeito do segundo estágio depois do depurador. Consiste de água e fibras. A descarga ocorre a cada 30 segundos. As fibras voltam ao processo e a água vai à ETE.

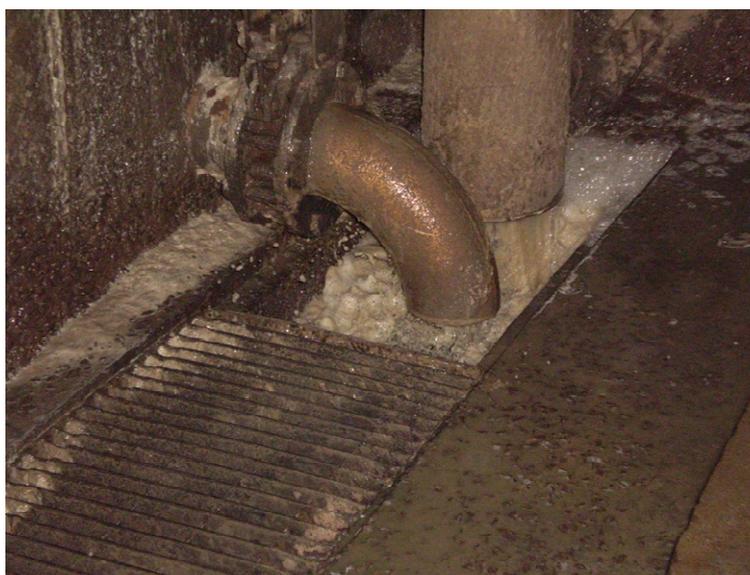


Figura 17 - Ponto 4: Descarga a cada 30 segundos

As figuras 19 e 20 são efluentes das torres de massa 1 e 2, respectivamente. O vazamento é decorrente das gaxetas.



Figura 18- Ponto 5: Vazamento das Gaxetas - torre 1.



Figura 19 - Ponto 6: Vazamento das Gaxetas - torre 2.

A figura 21 representa o volume total de água branca do processo da MP5. Todas as vazões encontram-se nesta calha e são direcionados para ETE, depois de uma separação das fibras.



Figura 20 - Volume total de água branca da MP5

É importante ressaltar que a empresa possui poucos dados quantitativos de vazão individualizados para cada processo e máquina.

Portanto como já dito anteriormente a indústria de papel e celulose é uma grande consumidora de água e esse alto consumo necessita de grandes áreas de tratamento instaladas, sendo esta necessidade um dos problemas para a expansão deste tipo de indústria.

6.3. ETAPA 2 – DIAGNÓSTICO QUANTITATIVO DA UNIDADE PRODUTIVA MP5

A água bruta captada na Barragem do Córrego da Anta passa primeiramente pelos filtros antigos antes de ir para cisterna um. Dois dos quatro filtros de madeira possuem vazamento, conforme figuras 8 e 9. Os vazamentos ocorrem entre as tábuas de madeira e na gaxeta. Equipamentos antigos, retrógrados, em termos de tecnologia, e sem manutenção não suportam a demanda, tornando-se ineficientes.

A cisterna dois possui um o transbordo (fluxograma 5) de cerca de 300 m³/h. Segundo técnicos da Irani, este tem fins de resfriamento da água da cisterna dois, depois de passar pelas turbinas da termoelétrica. Caso não haja esse transbordo, a temperatura dentro da cisterna dois pode chegar a 70°C, inviável para produção.

Os pontos 1 a 6 da produção, são pontos de descarga e vazamentos dos equipamentos. As descargas são inevitáveis, pois a MP5 usa como matéria prima aparas. Nos fardos são encontradas muitas impurezas, como metais, plásticos, areia, entre outros, os quais devem ser retirados para não contaminar o produto final.

Entretanto, o ponto 3 é um considerado um crítico, o volume do transbordo é grande e há muita perda de fibra.

Os vazamentos das gaxetas e das torres estão relacionados a falta de manutenção dos equipamentos que, em sua maioria, são bastante antigos.

Segundo a planta baixa da máquina de papel, há um consumo de água limpa de 97 m³/h, enquanto a recirculação está em torno de 240 m³/h. A vazão destinada ao tratamento de efluentes é cerca de 135 m³/h (FARINA, 2005). Por conseguinte, a partir de um balanço de massa, pode-se concluir que a vazão restante, em torno de 200 m³/h, tem destino como a incorporação ao papel e perda por evaporação, resultando num grande volume de efluente na estação.

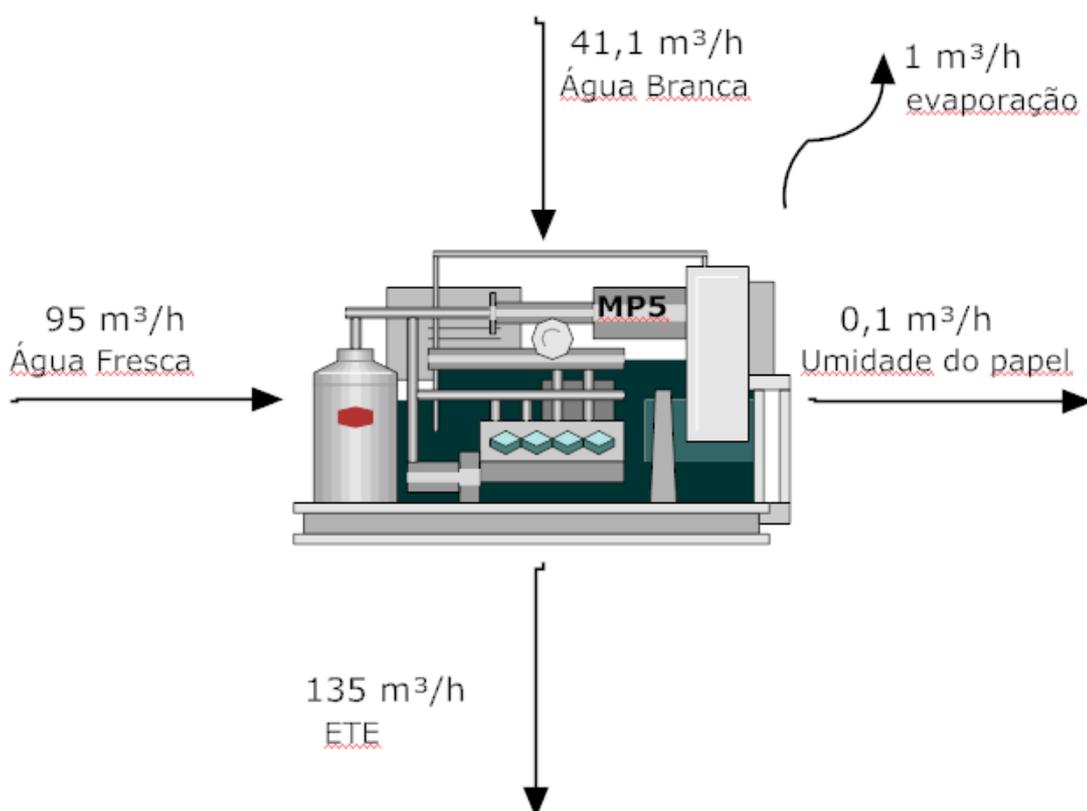
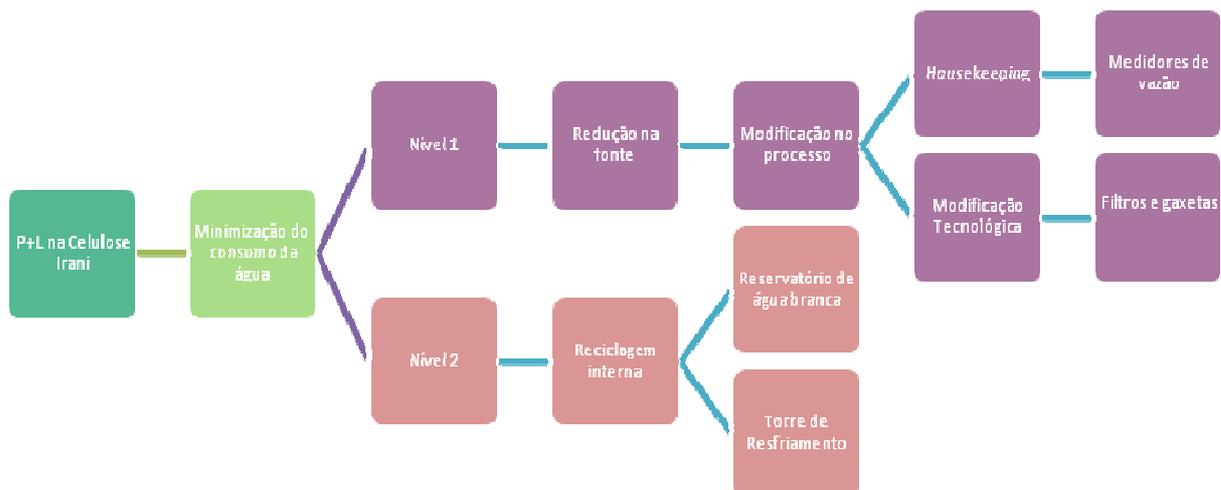


Figura 21 - Balanço Hídrico da MP5

6.4. ETAPA 3 – SUGESTÕES DE INICIATIVA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA

A determinação e a caracterização dos pontos de consumo de água fresca e de geração de efluentes foram fundamentais para a análise das possibilidades de reuso desta água por meio da metodologia de produção mais limpa.

As ações sugeridas como alternativa de redução encontram-se classificadas como nível 2, segundo o Programa de Estratégia de Produção Mais Limpa da CNTL, “contemplam a reutilização e a reciclagem internas das emissões e resíduos que continuam a ser gerados”.



Quadro 1 - Quadro de classificação das ações de P+L

A partir do conceito de Produção mais Limpa, do Conselho Nacional de Tecnologias Limpas, CNTL, e com o intuito de classificar as ações propostas, construiu-se o quadro 1. De acordo com os preceitos da produção mais limpa, ações de reutilização e reciclagem internas são classificadas como nível 2. Já mudança de tecnologia e *housekeeping* são consideradas como nível 1. Consta-se, desta forma, a intenção de uma abordagem preventiva, a qual vem de encontro com os preceitos do fim de tubo, ou *end-of-pipe*.

O quadro 2 apresenta um resumo das características descritas na etapa 3, ou seja, possibilidades de ações mitigadoras, a partir de ações de reuso.

Com o intuito de reduzir o volume da captação na ETA, sugere-se a construção de uma torre de resfriamento ao lado da termoelétrica objetivando o resfriamento da água que irá à cisterna 2 e, seqüencialmente, à produção.

Sugere-se ainda, o máximo de uso da água branca clarificada (pós-clarificador) nos chuveiros de tela. A criação de um tanque de água limpa para toda a fábrica, no qual toda água não contaminada seja coletada na planta e distribuída. E como passo rumo ao fechamento de circuito, o uso da água branca das caixas de vácuo da mesa plana no maior número possível de aplicações.

SETOR	Consumo de água fresca (m³/h)	Consumo de água branca (m³/h)	Equipamentos	Caracterização dos equipamentos	Efluente (m³/h)	Caracterização do efluente	Vazão Total (m³/h)	Destino	Possibilidade de reuso
ETA	1200		Filtros de areia antigos, material: madeira	Vazamento	Não há controle	Água filtrada	> 300	Córrego da Anta	Lavagem de máquinas e pisos /Alimentação vasos sanitários. /Irrigação./ Resfriar e reusar no processo industrial.
			Cisterna II	Transbordo	300	Água filtrada			
MP5	25	41,1	Ponto 1	Vazamento	25	Água de lavagem	136,1	ETE	Canalizar para preparação de massa (figura 14) Após a separação dos sólidos inertes e das fibras, através de processos já existentes, sugere-se direcionar esta vazão a um reservatório fazendo com que este efluente recircule no processo – CIRCUITO FECHADO Lavagem das máquinas e pisos
			Ponto 2	Descarga	12	Efluente com fibras, areia plásticos, metais			
			Ponto 3	Descarga	29	Efluente com fibras			
			Ponto 4	Descarga	41	Efluente com fibras			
			Ponto 5	Vazamento	28	Água para			

Quadro 2 - Resumo das características de consumo de água e geração de efluente da ETA e MP5, com possibilidade de reuso.

Fonte: Adaptado FARINA, 2005 e planta baixa da MP5.

Em adição, Mierzwa e Hespanhol (2005), apontam práticas de otimização do uso da água e minimização de efluentes, na figura 21.

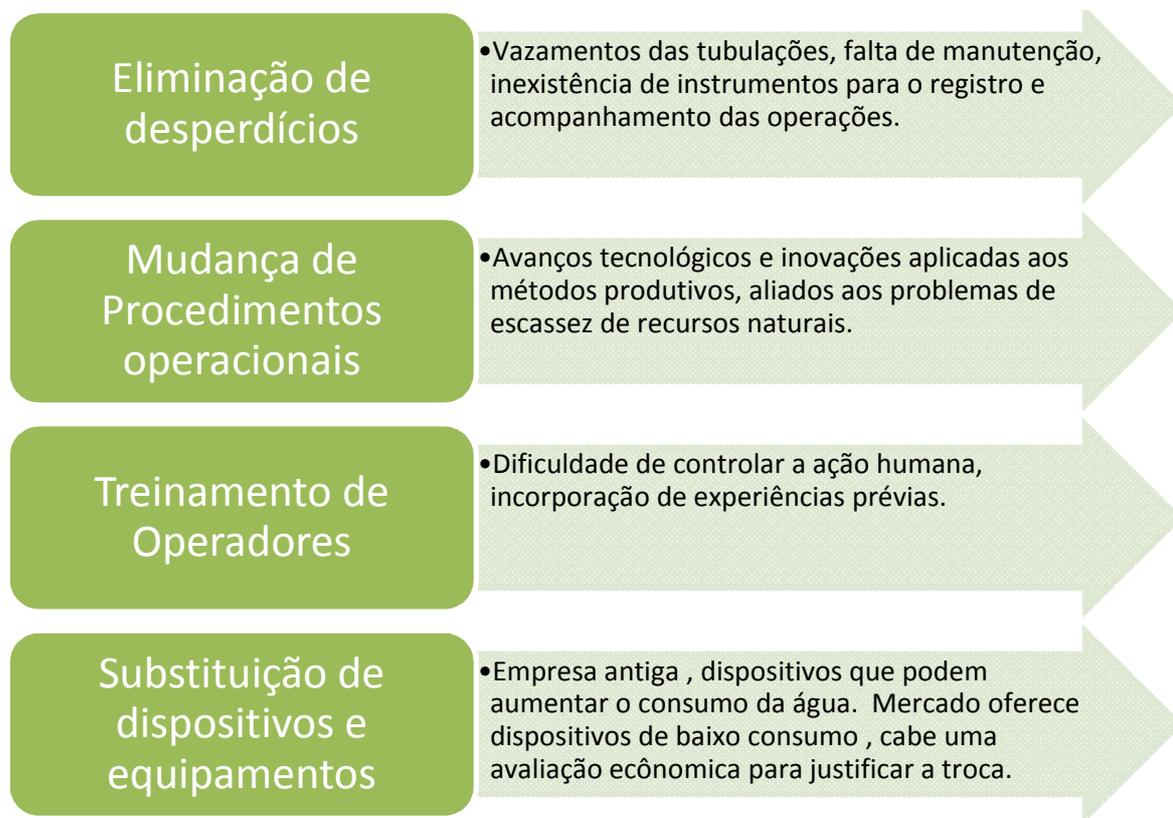
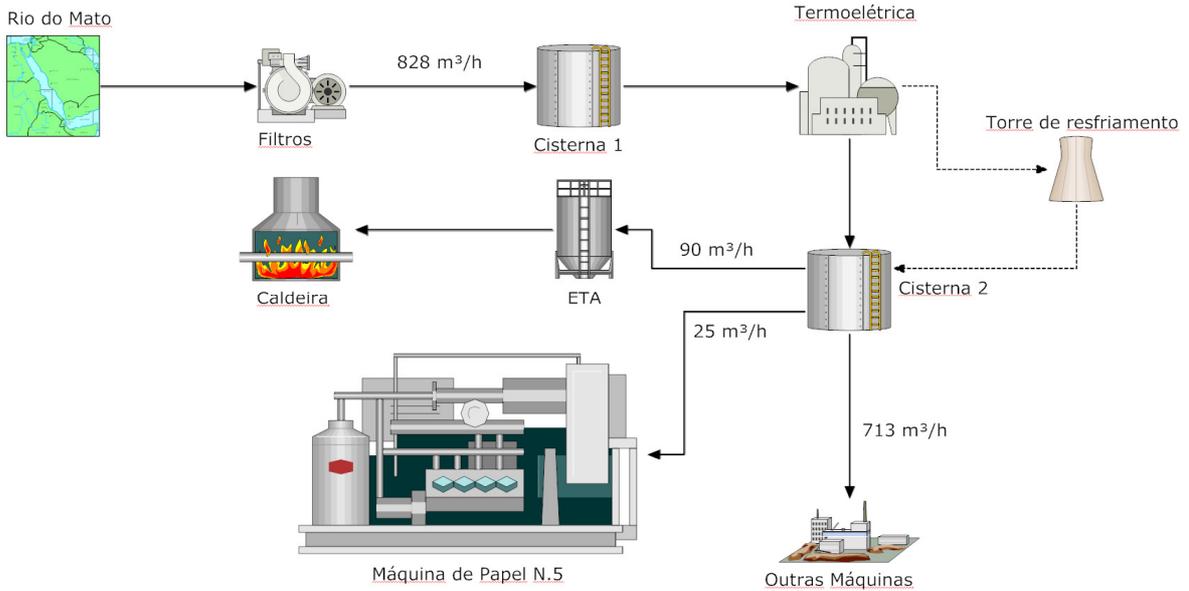


Figura 22 - Sugestão de ações complementares visando P+L e suas justificativas. (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

7. RESULTADOS

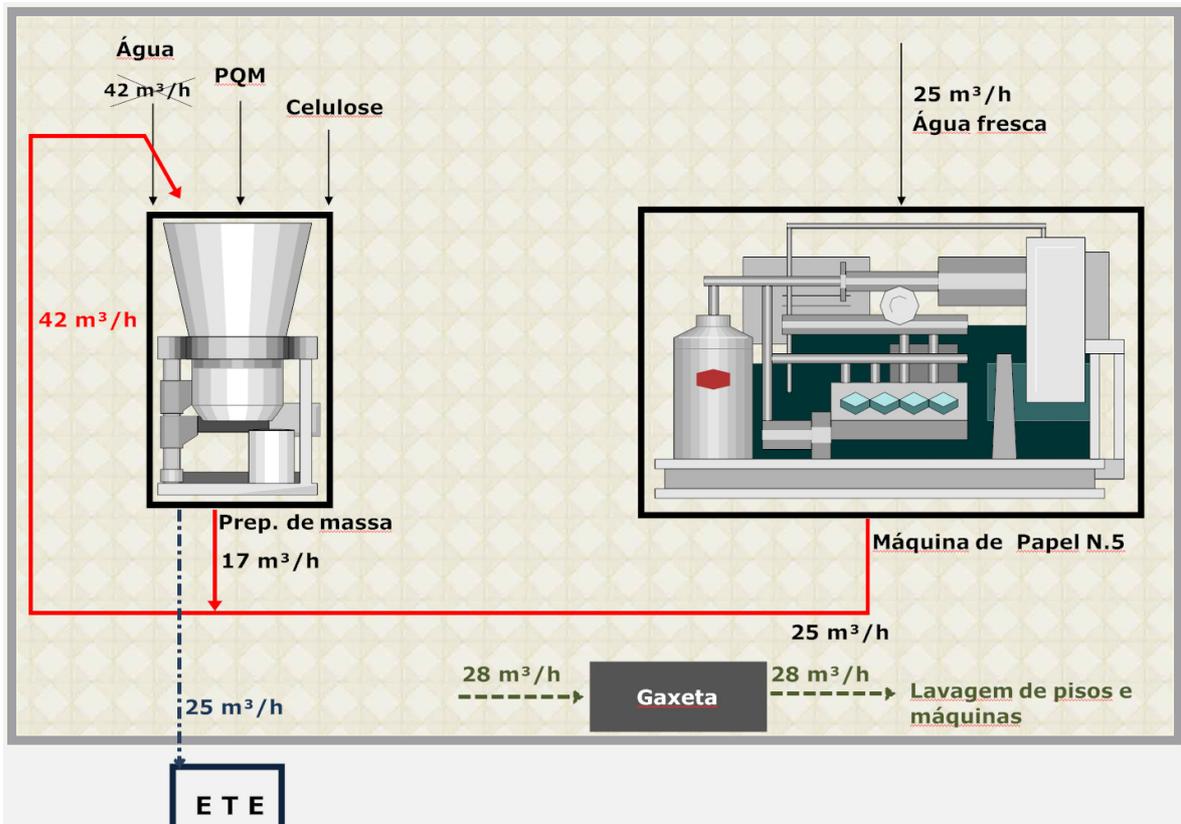
A implantação das medidas de reuso e reaproveitamento cria algumas mudanças de acordo com o fluxograma 7. O curso da água muda desde sua captação, passando pelo tratamento adequado a cada unidade e destinando-se à MP5.

A construção da torre de resfriamento diminui significativamente a captação no Rio do Mato e na Barragem do Córrego da Anta: de uma média de 1200 m³/h, passará a captar aproximadamente 800 m³/h. O fluxograma abaixo revela a mudança de forma quantitativa.



Fluxograma 7 - Fluxo da água da ETA após a implantação de algumas medidas mitigadoras.

A construção de um reservatório de água branca fez reduzir 95m³/h de água limpa para 25m³/h, sendo que 42 m³/h recirculam dentro da máquina. A água que não fosse possível utilizar na produção da massa, sugiro levar essa água para o tratamento e reutilizá-la para lavagem de pisos e máquinas. (Fluxograma 8 – Destaque da MP5).



Fluxograma 8 - Destaque para unidade produtiva MP5.

As ações propostas podem ser implantadas de acordo com a disponibilidade financeira da empresa e as necessidades ambientais. O quadro abaixo divide o em ações de curto, médio e longo prazo.

Prazo	Local	Ação
Curto	ETA	Uso da água de transbordo para alimentação dos banheiros e lavagem da máquina.
	MP5	Instalação de medidores de vazão.
Médio	MP5	Novas linhas de água branca com fins de recirculação
Longo	ETA	Construção de uma torre de resfriamento.

Quadro 3 - Quadro de ações em função dos prazos.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notável que o setor de papel e celulose seja um dos maiores consumidores dos recursos hídricos e também um grande gerador de efluentes, o desenvolvimento de um trabalho que visa à minimização do consumo deste insumo, essencial a este tipo de indústria, se torna cada vez mais importante.

Tendo em vista esse fato, é de extrema importância a utilização de ferramentas, processos e estratégias de prevenção e redução do consumo em suas unidades produtivas. Evita-se, assim, o desperdício, através de ações que minimizem a quantidade de resíduos gerados, reciclando-os e reutilizando-os.

Vivencia-se um processo de globalização da economia dos mercados no qual a preocupação com o meio ambiente é um diferencial e uma vantagem para o crescimento das indústrias. Levando-se em consideração a relevância desse setor na economia brasileira, é importante, sempre que possível, realizar as ações supracitadas, tornando esse setor sustentável ambientalmente.

Por meio da utilização da metodologia de produção mais limpa (P+L), nasce o novo conceito de produção. Caracterizado pela redução na fonte, por meio de ações de reuso no próprio processo ou em processo diversos dentro da empresa. Desta maneira, minimiza-se o gasto em tratamento de efluentes.

A fim de aplicar essa metodologia, o presente estudo propõe ações de produção mais limpa, bem como a exposição dos resultados. O processo teve como escopo diagnosticar o consumo de água de uma unidade produtiva da empresa Celulose Irani S/A, buscando propostas de sua minimização no consumo e da geração de efluentes.

Para atendê-lo, inicialmente, pesquisou-se a base teórica que orientaram o presente estudo. Foram eles: estudo de processo industrial de uma empresa de celulose e papel, o consumo de água na indústria e os conceitos e a metodologia de produção mais limpa.

Na seqüência, determinaram-se os procedimentos metodológicos direcionadores do processo de levantamento de dados. Foram divididos em cinco etapas, das quais se destacam para fins de conclusão, as etapas um, três e quatro.

Na etapa um realizou-se a escolha da unidade produtiva objeto do estudo. Por meio de reuniões com a gerência, optou-se pela unidade MP5, a qual consome em média 95 m³/h de água fresca, distribuída entre as fases de preparação de massa, mesa plana (fase úmida) e secagem. A MP5 recircula 41,1 m³/h e gera de 135 m³/h de efluente direcionado à ETE.

Na etapa três, partiu-se para análise de uma linha produtiva e constatou-se desperdício desde a captação de água, bem como, em certos pontos da MP5. Durante a análise, foi constatado que alguns desses desperdícios são decorrentes da falta de manutenção nos equipamentos, dispositivos com baixa tecnologia e falta de treinamento de funcionários.

Salienta-se ainda, para a necessidade instalação de medidores de vazão nas entradas e saídas das unidades produtivas, a fim de auxiliar na organização e no controle de produção, bem como, na definição de indicadores ambientais, tais como: consumo de água por tonelada de papel produzido (m³/ton papel), recirculação de água branca por tonelada de papel produzido e geração de efluente por unidade produtiva por tonelada de papel produzido.

O Governo do Estado de Santa Catarina, através do PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos – com o intuito de orientar a gestão dos recursos hídricos e assegurar às águas a qualidade compatível com seus usos preponderantes, possui um sistema de outorga pelo uso da água por meio do cadastramento de empresas de saneamento

urbano, indústrias potencialmente consumidoras, mineradoras, aquícultores, entre outros. Salienta-se que este é o passo seguinte será a cobrança pelo uso da água.

Sendo assim, constata-se, a partir de uma visão de econômica, o aumento da necessidade das empresas de tomar iniciativa sobre a redução desse consumo. É importante ainda lembrar, que até o momento, essas empresas não tinham despesa alguma com a captação de água.

As sugestões expostas neste trabalho direcionam para o uso da água branca, que é tecnicamente praticável, e quando necessário, um tratamento especial deste efluente, para reduzir (ou para remover) a matéria orgânica dissolvida. A redução do consumo da água fresca pode alcançar porcentagens de economia elevadas, como também, no tratamento de efluentes. Não obstante, essa opção deve necessariamente passar por uma análise econômica.

De acordo com os preceitos da produção mais limpa, a qual classifica ações de reutilização e reciclagem internas como nível 2, as práticas como mudança de tecnologia e *housekeeping* são consideradas como nível 1. Constata-se, desta forma, a intenção de uma abordagem preventiva, a qual vem de encontro com os preceitos do fim de tubo, ou *end-of-pipe*.

Vale relembrar que a metodologia da P+L admite diversos níveis de aplicação junto às empresas, desde o simples ato de refletir criticamente sobre as possibilidades de melhoria de seus processos, até a efetiva implementação de um Programa de P+L.

Sendo assim, acredita-se que os objetivos foram alcançados, dentro das limitações já citadas no estudo, e entende-se que o trabalho foi um passo inicial para realização das melhorias indicadas.

A empresa Celulose Irani apesar de seus 60 anos de existência, apenas nos últimos anos tem voltado esforços na área ambiental, e com isso, hoje, a empresa tem se servido de inúmeros prêmios na área.

Este ano, a empresa recebeu o Troféu Fritz Müller, na categoria Gestão Ambiental, em virtude de ações do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, MDL. A minimização da emissão de dióxido de carbono CO₂ para atmosfera através da construção da “Usina de Co-geração que tornou a IRANI pioneira no segmento de papel e celulose do país, e a segunda no mundo a emitir créditos de carbono no Protocolo de Kyoto”. Hoje, 81% da energia utilizada pela Celulose Irani é própria e originada em fontes renováveis, compostas por termoelétrica à base de biomassa, da Usina de Co-geração, e hidroelétricas. Os 19% comprados de concessionária têm também como matriz principal as hidroelétricas.

Outros prêmios concedidos à Irani no ano de 2007: 5º Benchmarking Ambiental Brasileiro Categoria Premiado; Prêmio Empresa Cidadã 2007 na Categoria Preservação ambiental e Prêmio Eco 2007 na Categoria Meio Ambiente.

Por conseguinte urge que as empresas se conscientizem da importância da minimização dos resíduos, tendo em vista o aumento da preocupação da sociedade com o meio ambiente. Essa transformação na cultura produtiva será capaz de trazer retornos sociais, ambientais e econômicos. Além da consonância com a legislação, que rege normas gerais, a empresa pode fazer uso da metodologia de P+L, se tiver a intenção de angariar um diferencial competitivo.

9. RECOMENDAÇÕES

Recomendam-se novos trabalhos com acompanhamento mais detalhado sobre cada etapa do processo, como por exemplo, a análise química dos efluentes apontados no estudo como possibilidade de reuso, e a extensão de pesquisa para outros recursos e unidades de produção, com o intuito de implementar um Programa de Produção mais Limpa. Seguem possíveis ações:

- Utilizar uma quantidade maior de dados, para uma melhor correlação dos dados do processo.
- Analisar parâmetros, tais como, alcalinidade, poder de incrustação e outros como Al, Mg e Cl, para uma melhor parametrização de uma integração mássica;
- Expandir o trabalho realizado para as outras duas linhas, avaliando o impacto da produção de papel como um todo;
- Realizar uma análise econômica quando aplicadas as mudanças aqui propostas, e ao final realizar o mesmo estudo na ampliação desta metodologia para outros pontos da unidade fabril.

10. REFERÊNCIAL TEÓRICO

ABTPC – **Associação Brasileira Técnica de Papel e Celulose**. Disponível em: <http://www.abtcp.org.br/>. Acesso em: 30/06/2007.

ANA – **Agência Nacional de Águas**. Gestão de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/CobrancaUso/default2.asp>. Acesso em: 04/12/2007.

ANDRADE, A. A., **Redução do Consumo de Água na Etapa de Branqueamento da Celulose Via Reutilização de Efluentes Industriais**, Universidade Estadual de Campinas, Dissertação, Departamento de Engenharia e Arquitetura, 2006.

ANDRADE, F. A., **Reaproveitamento das Fibras do Lodo da E.T.E da Klabin S/A – Unidade de Otacílio Costa – SC**, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2004.

BRACELPA – **Associação Brasileira de Celulose e Papel**. Disponível em: http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/desempenho_2006.pdf. Acesso em: 04/12/2007.

CAMPREGHER, N., **Estudo de Viabilidade da Incorporação do Lodo da Estação de Tratamento de Efluentes da Indústria de Papel, Celulose e Aparas em Material Cerâmico**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Dissertação, Programa de Pós-Graduação Engenharia Química, 2005.

CARDOSO, L. M. F. **Indicadores de produção limpa: uma proposta para análise de relatórios ambientais de empresas**. 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/curso/monografias/inicial.htm>. Acesso em: 23/05/2007.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Produção mais Limpa**. Disponível em: <http://www.cebds.org.br/cebds/ecopmais/conceito.asp>. Acesso em: 29/06/2007.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Produção mais limpa**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/producao_limpa/apresentacao.asp. Acesso em: 29/06/2007.

CNTL/SENAI – **Centro Nacional de Tecnologia Limpa**. Disponível em: http://srvprod.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/proximos_cursos/Doc3_RS%20final.pdf. Acesso em: 29/06/2007.

DEON, A. M., **Medição do Custo das Perdas Associadas ao Processo Produtivo de Fabricação de Celulose e Papel**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Dissertação, Programa de Pós-Graduação Engenharia de Produção, 2001.

EXPRESSÃO, ANUÁRIO. Disponível em < <http://www.irani.com.br> >, acesso em 15 de novembro de 2007.

FARINA, L. A., **Implantação de um Programa de Controle Ambiental em uma Fábrica de Celulose e Papel**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Monografia, Curso de Pós-Graduação de Tecnologia de Celulose e Papel, 2005.

FONSECA J. A. V. M.; BARBOSA M.; PINTO N. O.; SALAN R. S.; DRAGONI SOBRINHO G.; BRITO N. N.; CONEGLIAN C. M. R.; TONSO S.; PELEGRINI R., **Tratamento de efluentes líquidos de indústria de papel e celulose**, Centro Superior de Educação Tecnológica (CESET) – UNICAMP. III Fórum de estudos contábeis 2003.

GLÓRIA, P. M.; ANGELO, J. V. H., **Análise do Processo “Kraft” de Produção de Pasta de Celulose para Redução do Consumo de Água e Energia**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. XIII Congresso Iniciação Científica da Unicamp, 2005.

KIPERSTOK, A.; ANDRADE, J. C. S.; GONÇALVES, E.; FERNANDES, J. V. G., **Introduzindo Práticas de Produção mais Limpa em Sistema de Gestão Ambiental Certificáveis: Uma Proposta Prática**. Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. Artigo Técnico. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I., **Água na Indústria – Uso Racional e Reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

NUNES, M. L. J., **Aplicação da metodologia Produção Limpa em uma pequena empresa de laticínios**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação da Engenharia de Alimentos, 2002.

PIOTTO Z. C., **Eco-eficiência na indústria de celulose e papel - Estudo caso**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Tese Doutorado, Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2003.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **A produção mais limpa e o consumo sustentável na América Latina e Caribe, 2004**. São Paulo: PNUMA; CETESB, 2005. 134 p. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/producao_limpa/documentos/pl_portugues.pdf. Acesso em: 25/06/2007.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social - Métodos e técnicas**. Editora Atlas, 1999.

SIRHSC – Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos de Santa Catarina. **Sistema de Outorga**. Disponível em: www.aguas.sc.gov.br. Acesso em: 05/12/2007.