



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DOS RESÍDUOS GERADOS NA  
PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE**

ROSELANE ESTELA DOS SANTOS DE MIRANDA

Orientador: Carlos Domingos da Silva

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO , 2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DOS RESÍDUOS GERADOS NA  
PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE**

ROSELANE ESTELA DOS SANTOS DE MIRANDA

Sob a orientação do Professor  
Carlos Domingos da silva

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO, 2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DOS RESÍDUOS GERADOS NA  
PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE**

ROSELANE ESTELA DOS SANTOS DE MIRANDA

Aprovada em: 17 de dezembro de 2008.

Banca examinadora:

---

Prof. DSc Carlos Domingos da Silva. – IF/ DCA-UFRRJ  
(Orientador)

---

Prof<sup>a</sup> MSc Natália Dias de Souza – IF/DPF-UFRRJ  
(Titular)

---

Prof<sup>o</sup> DSc Alexandre Monteiro de Carvalho – IF/DPF-UFRRJ  
(Titular)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente a minha querida mãezinha, que acompanhou de perto toda a minha dificuldade em realizá-la, sempre me dando força e incentivo com suas orações e palavras abençoadas.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a DEUS, que me deu força e saúde para vencer todas as dificuldades que passei durante esses anos, e finalmente chegar até aqui.

Agradeço a minha maravilhosa Mãe, Norma, que sempre lutou com toda dificuldade, mas sempre com muito amor, pra me dar tudo o que eu tenho hoje.

A minha avó, Oswaldina, que sempre cuidou de mim, enquanto mamãe trabalhava para me dar um futuro melhor.

Aos meus familiares, que de uma forma ou outra sempre me apoiaram nos momentos que precisei.

Ao Professor e orientador Carlos Domingos pela atenção e paciência que sempre teve comigo, durante a realização deste trabalho.

Agradeço a todos os Professores, em especial, à Professora Natália Dias de Souza e ao Professor Alexandre Monteiro de Carvalho, pelo carinho e apoio de sempre.

Aos funcionários, sempre muito simpáticos e atenciosos, desta maravilhosa instituição, com os quais convivi, mesmo que por pouco tempo. Aos queridos amigos que conheci, e que me ajudaram sempre que precisei, seja me emprestando material, me dando uma caroninha nesses longos percursos de uma aula pra outra, ou me recebendo em suas casas, nas noites que eu precisava ficar na faculdade.

Enfim, agradeço à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela minha formação e por todos os momentos que passei neste belíssimo lugar.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo, identificar os impactos ambientais causados pelas indústrias de papel e celulose decorrentes dos resíduos gerados durante o seu processo produtivo. O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisas bibliográficas em diferentes fontes como: livros, teses, dissertações, artigos em periódicos, e consultas em sítios da internet. As indústrias de papel e celulose têm grande importância para a economia brasileira, contribuindo com aproximadamente de 5% na formação do PIB (Produto Interno Bruto), sendo o Brasil o 6º maior produtor mundial de celulose (1º em celulose de eucalipto) e o 12º maior produtor de papel, tendo exportado em 2007, mais de 3 milhões de dólares em celulose e 1,7 milhões de dólares em papel. Entretanto, a grande preocupação do setor, é com a questão ambiental, pois, além de ser altamente dependente de recursos naturais como fibras vegetais, energia e água, é também um grande gerador de resíduos, sendo considerado uma importante fonte de poluentes do ar, água e solo, e fazendo com que o setor passe por uma rígida legislação ambiental, o que torna uma barreira não tarifária imposta pelos países desenvolvidos para aqueles que não utilizam produtos recicláveis. Para atender às questões relacionadas ao ambiente, as organizações vêm buscando a implantação de Sistemas de Gestão Ambiental e sua certificação pela ISO 14001, principal norma de gestão ambiental da atualidade, pertencente ao conjunto de normas ISO 14000. Para isso, as empresas têm cada vez mais, investido em pesquisas e novas tecnologias desenvolvidas, desde o preparo da madeira, até a máquina de celulose e, ou papel, no intuito de garantir a qualidade do produto final, sem, no entanto causar grandes danos ao meio ambiente, tornando os impactos que são inevitáveis o menos agressivo possível.

**Palavras-chave:** papel e celulose, resíduos industriais, impactos ambientais, sistemas de gestão ambiental.

## ABSTRACT

This study aimed to identify the environmental impacts caused by pulp and paper industries arising from the waste generated during the production process. The study was conducted by means of bibliographic searches in different sources such as books, theses, dissertations, articles in journals, and consultations on web sites. The pulp and paper industries are of great importance to the Brazilian economy, contributing approximately 5% in the formation of GDP (Gross Domestic Product), with Brazil the 6th largest world producer of cellulose (1st in pulp of eucalyptus) and the 12th largest producer of paper, with exports in 2007, more than 3 million dollars in the pulp and 1.7 million dollars on paper. However, the sector's major concern is the environmental issue, because, besides being highly dependent on natural resources such as vegetable fibers, energy and water, is also a major generator of waste and is considered a major source of air pollutants, water and soil, and making the industry by passing a rigid environmental legislation, which makes a non-tariff barrier imposed by developed countries for those who do not use recyclable products. To answer the questions related to the environment, organizations are seeking the deployment of environmental management systems and their certification by ISO 14001, principal environmental management standard of today, belonging to the set of standards ISO 14000. For this, companies have increasingly, invested in research and new technologies developed since the preparation of wood, until the machinery of pulp and paper or, in order to ensure the quality of the final product, without, however great cause damage to the environment, making the unavoidable impacts that are less aggressive as possible.

**Keywords:** pulp and paper, industrial waste, environmental impacts, environmental management systems.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE QUADROS	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3.MATERIAL E MÉTODOS	3
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	3
4.1. A indústria e o Meio Ambiente	3
4.2. Sistemas de Gestão Ambiental (SGA)	4
4.3. Impacto ambiental	5
4.3.1. Avaliação do Impacto Ambiental (AIA)	6
4.3.2. Estudo do Impacto Ambiental (EIA)	6
4.3.3. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)	7
4.3.4.Plano de Controle Ambiental (PCA)	8
4.3.5.Categorias de Impacto	8
4.4. Resíduos	9
4.4.1. Resíduos sólidos	10
4.4.1. Resíduos gasosos	10
4.4.3.Resíduos líquidos	10
4.4.4.Sub-produtos	11
4.5. Processos Industriais de Produção da Celulose	11
4.5.1. Composição da madeira	11
4.5.2. Tipos de processos	12
4.5.2.1. Processo (Kraft )	12
4.5.3. Preparo da madeira (descascamento)	13
4.5.4.Picagem e classificação dos cavacos	14
4.5.5. Cozimento Kraft dos cavacos	14
4.5.6. Recuperação do Licor negro	15
4.5.7. Branqueamento da Celulose	16
4.6 Produção do Papel	16
4.7. Efluentes Líquidos	17
4.8.Emissões atmosféricas	18
4.9.Geração de resíduos sólidos	18
4.10. Controle e tratamento de poluentes emitidos na indústria de papel e celulose	19
4.10.1 Tratamentos de efluentes líquidos	19
4.10.2 Equipamentos de controle de emissões atmosféricas	21
4.10.3.Reaproveitamento, controle e disposição final	23
5. CONCLUSÕES	24
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 Os componentes da madeira	12
Figura 2 Tambor descascador	14
Figura 3 King-debarker	14
Figura 4 Esquema das principais etapas do ciclo de recuperação do licor negro	15
Figura 5 Representação esquemática das fases de tratamento de efluentes líquidos de uma fábrica de celulose	21
Figura 6 Compostagem com casca de Eucalipto	23
Figura 7 Compostagem com Lodo orgânico	23
Figura 8 Pilha com 50% de casca 50% de lodo	23

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1.Principais processos de produção da celulose	13
Tabela 2 Etapas da produção do papel	17
Tabela 3 Poluentes atmosféricos gerados na produção de papel e celulose	18
Tabela 4 Resíduos gerados nas etapas de produção de celulose	18

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1. Descrição do conjunto estrutural da ISO14000	4
Quadro 2. Classificação de resíduos sólidos, segundo a NBR 10.004 da ABNT	9

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de papel e celulose tem grande importância para a economia brasileira, contribuindo com aproximadamente de 5% na formação do PIB (Produto Interno Bruto), sendo o Brasil, sendo o Brasil o 6º maior produtor mundial de celulose (1º em celulose de eucalipto) e o 12º maior produtor de papel. Em 2007, o Brasil exportou mais de 3 milhões de dólares em celulose e 1,7 milhões de dólares em papel (BRACELPA, 2008).

A escala de produção das fábricas de pastas celulósicas é, em geral, muito elevada. As empresas costumam integrar todas as etapas do processo produtivo, atuando desde a exploração florestal até a comercialização de celulose ou de papel.

Lopes (1998), destaca que até 1950, o país possuía apenas algumas pequenas fábricas de papel, e praticamente toda a celulose que consumia era importada. O número de empresas foi crescendo à medida que aumentavam o mercado consumidor e a demanda. A partir do Plano de Metas do Governo Kubitschek (1956-1960), que passou a apoiar sistematicamente o desenvolvimento da indústria com medidas tarifárias e financiamento, principalmente através do BNDES, foram surgindo os primeiros investimentos significativos no setor seguindo o modelo clássico de substituição das importações.

Entretanto, no início de 1990, as matas nativas sofreram um acelerado processo de destruição, fato que levou as indústrias de papel e celulose a iniciarem um programa de reflorestamento em terras próprias e fomentadas, utilizando espécies híbridas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. (Bacha, 1998 citado por MIELI, 2007).

O rápido crescimento dessas espécies provocou um grande avanço das empresas do setor, preenchendo a lacuna deixada pelas espécies nativas. Hoje, toda madeira utilizada no Brasil para a produção de papel e celulose é exclusivamente proveniente de florestas plantadas de Eucalipto e Pinus.

A transformação da madeira em pasta celulósica, consiste na separação das fibras que as constituem. Dos vários processos existentes para a produção da celulose, o kraft, é o mais eficiente, sendo utilizado por mais de 90% da celulose química do Brasil (MIELLI, 2007). Entretanto, apresenta deficiências como: necessidade de maior quantidade de matéria-prima por tonelada de produto, comparada com outros processos; poluição da atmosfera com os compostos voláteis de enxofre; exigem vários estágios de branqueamento e adição de diversos produtos químicos para atingirem altas alvuras. (ASSUMPCÃO et al 1988). O processo é constituído de várias etapas como: descascamento; picagem e classificação dos cavacos; cozimento; recuperação dos processos alcalinos; branqueamento.

Os produtos finais são basicamente, são: papel Kraft, subprodutos, resíduos aproveitáveis, resíduos não aproveitáveis, embalagens, para fins sanitários, e especialidades, atendendo às

necessidades básicas da sociedade, relacionadas com a saúde, educação, cultura, e embalagens de bens de consumo.

O setor atualmente, abrange 220 empresas em 450 municípios, localizados em 17 estados e nas 5 regiões; gera 110 mil empregos diretos (indústria 65 mil, florestas 45 mil) e 500 mil indiretos, e ocupa 1,7 milhão de hectares de área plantada para fins industriais, 2,8 milhões de hectares de florestas preservadas, 2,2 milhões de hectares de área florestal total certificada (BRACELPA, 2008).

As questões ambientais também ganharam força no BNDES. Em 1986, o banco lançou o Programa de Conservação do Meio Ambiente, que exigia para concessão de créditos a apresentação de todas as licenças ambientais requeridas pela legislação em vigor, fazendo do Banco um expressivo indutor do cumprimento de tais normas (MATTOS et al 2001).

A grande preocupação do setor de papel e celulose com a questão ambiental, é que além de ser altamente dependente de recursos naturais como fibras vegetais, energia e água, cujo consumo é intenso principalmente nos processos de descascamento (quando este é feito a úmido), lavagem, depuração e limpeza da pasta celulósica, e branqueamento, é também um grande gerador de resíduos, sendo considerado uma importante fonte de poluentes do ar, água e solo.

Isso faz com que o setor passe por uma rígida legislação ambiental, o que é uma barreira não tarifária imposta pelos países desenvolvidos para aqueles que não utilizam produtos recicláveis (REVISTA FAE BUSINESS, 2001).

Além da questão dos resíduos, outro fator alvo de críticas no setor de papel e celulose, é o próprio reflorestamento, citado anteriormente, com espécies exóticas. Pois, embora seja a única alternativa encontrada para diminuir o impacto sobre as florestas nativas, alguns autores acreditam que devido à formação dos maciços de monocultura, sobretudo do Eucalipto, causam a perda da biodiversidade vegetal e animal, esgotamento da água e, empobrecimento do solo.

O fato é que a questão dos efeitos ambientais das plantações de eucalipto parece, hoje, tão indefinida quanto à própria origem dessas especulações.

De acordo com os especialistas, o principal impacto da ausência de plantações florestais no país, seria a pressão sobre as florestas nativas. Para se produzir o mesmo volume de madeira a partir de plantações florestais, seria necessária a mobilização de algo em torno de 200 milhões de hectares de florestas nativas em regime de manejo florestal sustentado, devido à sua baixa produtividade ( $1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Isso representa menos da metade da área de floresta nativa pública de produção existente no País (REVISTA DA MADEIRA, 2001).

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho teve como objetivo identificar os impactos ambientais decorrentes dos resíduos gerados nos processos de produção do papel e celulose.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas pesquisas bibliográficas em diferentes fontes como: livros, teses, dissertações, artigos, em periódicos, e consulta em sítios da internet.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 A Indústria e o Meio Ambiente**

O processo produtivo industrial tem basicamente três fases: Consumo de recursos, processamento e geração de produtos e subprodutos. Cada uma dessas fases traz grandes conseqüências ao meio ambiente. As indústrias geram junto com os seus produtos, ainda que involuntariamente, danos ambientais, que podem ser poluição da água, do solo ou do ar, podendo acarretar multa e penalidade à empresa causadora (KOKZTRZEPA, 2004).

Ao longo da história, vem ocorrendo diversos desastres ambientais provocados por indústrias de diferentes segmentos. No setor de papel e celulose, podemos citar o exemplo da Indústria Cataguases de papel, em março de 2003, em Minas Gerais, quando uma barragem, que segundo a empresa pertencia à antiga Indústria Matarazzo de Papéis, antes situada naquele local, se rompeu, liberando milhões de litros de lixívia preta (licor negro), enxofre, soda cáustica e outros produtos resultantes da produção de celulose, atingindo o Rio Pomba, afluente do Rio Paraíba do Sul.

Segundo Foelckel (2003), o setor de papel e celulose é constituído de uma grande diversidade de empresas, como costuma acontecer com os mais diversos setores da indústria brasileira. Há inúmeras empresas atuando no estado da arte tecnológica, com grandes investimentos em proteção ambiental, mas há também empresas mais carente, com dificuldades até para sua sobrevivência, portanto com conseqüentes repercussões nos aspectos ambientais.

Toda nova instalação ou ampliação significativa depende de um EIA/RIMA, e para operar, precisa de uma licença de operação emitida pelo órgão ambiental governamental.

O art. 9º, inciso IV, da Lei nº. 6.938/81, estabelece como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente o licenciamento e a revisão de atividades "efetiva" ou

"potencialmente poluidoras", e o art. 10 prevê que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades que utilizam de recursos ambientais considerados "efetivos" e "potencialmente poluidores", bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar "degradação ambiental", dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA.

#### **4.2 Sistemas de Gestão Ambiental (SGA)**

A grande preocupação das empresas atualmente é estar inserida no mercado globalizado. Para atender às questões relacionadas ao meio ambiente as organizações vêm buscando a implantação de Sistemas de Gestão Ambiental e sua certificação pela ISO 14000 (SEIFFERT et al, 2007)

O fato é que países importadores de papel e celulose estabelecem, como um dos critérios para a escolha dos seus fornecedores, a posse de certificações que avalizem a preocupação das empresas com a qualidade em seu processo produtivo, assim como com o meio ambiente. Deve ser Ressaltado que os países europeus são bastante rigorosos quanto ao cumprimento de determinados padrões ambientais, dando preferência à importação de produtos oriundos de empresas possuidoras da ISO 14000 (PIOTTO et al, 2003 )

A principal norma de gestão ambiental da atualidade é a Norma Internacional ISO 14001, de adesão voluntária que faz parte do conjunto ISO 14000, sendo a única norma certificável dentro deste conjunto (CAMPOS, 2006).

#### **Quadro 1- Descrição do conjunto estrutural da ISO14000**

ISSO14001 – ISSO14004	Tratam de Sistemas de Gestão. Contêm a descrição de SGAs, objetivos e metas, políticas, etc..
ISO14021 - ISO14022 - ISO14024	São Normas relativas à Rotulagem Ambiental.
ISO14031	Trata da Avaliação de Desempenho Ambiental
ISO14040 - ISO14041	Referem-se à Avaliação do Ciclo de Vida.

Adaptado de Nascimento et al 2002.

A série de normas ISO 14000 foi elaborada pela organização internacional denominada ISO (International for Standardization Organization) em 1991, inicialmente visando o “manejo ambiental”, ou seja “o que a organização faz para minimizar os efeitos nocivos ao ambiente causados pelas suas atividades”, auxiliando as empresas na gestão ambiental de sua atividade (EMBRAPA, 2001)

Segundo (NASCIMENTO et al 2002), a ISO 14000 está estruturada através de um conjunto de enfoques, como descritos no quadro 1.

A EMBRAPA, (2001) cita que a norma ISO 14001 estabelece o sistema de gestão ambiental da organização e, assim:

- ✓ Avalia as conseqüências ambientais das atividades, produtos e serviços da organização;
- ✓ Atende a demanda da sociedade;
- ✓ Define políticas e objetivos baseados em indicadores ambientais através da organização que podem retratar necessidades desde a redução de emissões de poluentes até a utilização racional dos recursos naturais;
- ✓ Implicam na redução de custos, na prestação de serviços e em prevenção;
- ✓ É aplicada às atividades com potencial de efeito no meio ambiente;
- ✓ É aplicável à organização como um todo.

As exigências de qualidade para o ingresso em alguns mercados não estão restritas apenas aos produtos, mas também através dos seus processos de produção. As pressões ambientalistas têm levado as empresas a pesquisar processos de fabricação que diminuam ou eliminem o despejo de dejetos no solo, na água e no ar. A certificação ambiental através das normas ISO - International Standard Organization – (ISO-14000) é exigida cada vez mais para quem deseja participar do mercado mundial. A pressão ambiental, tem por outro lado, criado restrições ao corte de florestas e incentivado à substituição de fibras virgens por fibras recicladas. Tais exigências encarecem o custo da madeira nos países desenvolvidos, mas também são vistas, pelos países em desenvolvimento, como uma barreira ecológica à penetração de seus produtos nestes mercados ( LOPES & CONTADOR,1998).

O Brasil participa da ISO através da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, uma sociedade privada sem fins lucrativos. O comitê técnico de Meio Ambiente da ISO iniciou os trabalhos em 1994. O Brasil participou desde o início através do Grupo de Apoio à Normalização Ambiental - (GANNA), criado na ABNT.

Uma das principais razões para a implantação da ISO14000 pelas indústrias é o aumento da competitividade no mercado internacional. As empresas com este certificado têm mais chances de conquistar mercados onde as questões ambientais são consideradas fundamentais para tomada de decisão comercial. E também, torna evidente que a organização está comprometida com a melhoria contínua de seu desempenho ambiental. (NASCIMENTO et al, 2002)

### **4.3 Impacto Ambiental**

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, Art. 1º, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (1996), define impacto ambiental como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.

#### **4.3.1 Avaliação de impacto ambiental (AIA)**

Instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimentos que asseguram, desde o início do processo, a execução de um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas, e cujos resultados sejam apresentados adequadamente ao público e aos responsáveis pela tomada da decisão, e por eles considerados (SOARES, 1996).

#### **4.3.2 Estudo de impacto ambiental (EIA)**

O Estudo de Impacto Ambiental propõe que, para fazer um estudo e uma avaliação mais específica, primeiramente deve-se entender quatro pontos básicos. Que são:

- 1 - Desenvolver uma compreensão daquilo que está sendo proposto, o que será feito e o tipo de material usado.
- 2 - Compreensão total do ambiente afetado. Que ambiente (biogeofísico e/ou sócio-econômico) será modificado pela ação.
- 3 - Prever possíveis impactos no ambiente e quantificar as mudanças, projetando a proposta para o futuro.
- 4 - Divulgar os resultados do estudo para que possam ser utilizados no processo de tomada de decisão (SOARES, 1996).

O EIA também deve atender à legislação expressa na lei de Política Nacional do Meio Ambiente. São elas:

- 1 - Observar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, levando em conta a hipótese da não execução do projeto.
- 2 - Identificar e avaliar os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação das atividades.
- 3 - Definir os limites da área geográfica a ser afetada pelos impactos (área de influência do projeto), considerando principalmente a "bacia hidrográfica" na qual se localiza;
- 4 - Levantar em conta, os planos e programas do governo, propostos ou em implantação na área de influência do projeto e se há a possibilidade de serem compatíveis.

É imprescindível que o EIA seja feito por vários profissionais, de diferentes áreas, trabalhando em conjunto. Esta visão multidisciplinar é rica, para que o estudo seja feito de forma completa e de maneira competente, de modo a sanar todas as dúvidas e problemas (SOARES,1996)

#### **4.3.3 Relatório de impacto ambiental (RIMA)**

Relatório de Impacto Ambiental - é o relatório que reflete todas as conclusões apresentadas no EIA. Deve ser elaborado de forma objetiva e possível de se compreender, ilustrado por mapas, quadros, gráficos, enfim, por todos os recursos de comunicação visual.

Deve também respeitar o sigilo industrial (se este for solicitado) e pode ser acessível ao público. Para isso, deve constar no relatório:

- 1 – Objetivos e justificativas do projeto e sua relação com políticas setoriais e planos governamentais.
- 2 - Descrição e alternativas tecnológicas do projeto (matéria-prima, fontes de energia, resíduos etc.).
- 3 - Síntese dos diagnósticos ambientais da área de influência do projeto.
- 4 - Descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação da atividade e dos métodos, técnicas e critérios usados para sua identificação.
- 5- Caracterizar a futura qualidade ambiental da área, comparando as diferentes situações da implementação do projeto, a possibilidade da não realização do mesmo.
- 6 - Descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras em relação aos impactos negativos e o grau de alteração esperado.
- 7 - Programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos.
- 8 - Conclusão e comentários gerais. (SOARES,1996)

#### 4.3.4 Plano de controle ambiental (PCA)

Reúne, em programas específicos, ações e medidas minimizadoras, compensatórias e potencializadoras aos impactos ambientais prognosticados pelo Estudo de Impacto Ambiental

Também deve ser efetivado por equipe multidisciplinar composta por profissionais das diferentes áreas de abrangência, conforme as medidas a serem implementadas (SOARES,1996).

#### 4.3.5 Categorias de impacto:

- ✓ As premissas para seleção das categorias de impacto, indicadores e modelos são:
- ✓ Ser consistentes com os objetivos e escopo do estudo;
- ✓ Ter embasamento científico e técnico;
- ✓ Apresentarem descrição detalhada e precisão;
- ✓ Ter consistência e relevância ambiental

De acordo com PIOTTO, (2003) a European Environmental Agency (EEA) relaciona as seguintes categorias de impacto:

- ✓ **Impacto devido ao uso de recursos abióticos:** Materiais que são extraídos da natureza para serem utilizados como insumos ou matérias primas para fabricação de produtos.
- ✓ **Impacto devido ao uso de recursos bióticos:** Recursos retirados ou extraídos da natureza, como por exemplo, fauna e flora.
- ✓ **Impacto pelo uso do solo:** Refere-se à utilização do solo relacionada com o estudo em questão (áreas produtivas, parque industrial, disposição de resíduos).
- ✓ **Efeito estufa:** Efeito de aquecimento da Terra em função do lançamento de gases (CO<sub>2</sub>; CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>x</sub>,) na atmosfera, causando elevação na temperatura média dos oceanos e mudanças climáticas na Terra como um todo.
- ✓ **Depleção da camada de ozônio:** Efeito de redução da camada de ozônio na estratosfera devido à emissão de gases CFCs, tendo como consequência danos aos seres humanos e ecossistemas.
- ✓ **Impactos ecotoxicológicos:** Relacionados aos efeitos químicos e biológicos de substâncias nos ecossistemas.
- ✓ **Impactos toxicológicos aos seres humanos:** Pode ser considerada a categoria mais complexa de todas, uma vez que esses efeitos dependem das características químicas e bioquímicas da substância, das condições intrínsecas de cada indivíduo.
- ✓ **Impactos devido aos oxidantes fotoquímicos:** Refere-se à formação de ozônio, decorrente de reações fotoquímicas dos compostos nitrogenados com os compostos

orgânicos voláteis, tendo como consequência danos à vegetação (afeta a fotossíntese, superfície das folhas) e aos seres humanos (irritações nos olhos, problemas respiratórios agudos e crônicos, entre outros).

- ✓ **Acidificação:** Refere-se à deposição ácida em solos e águas, que ocorre devido à conversão das emissões de óxidos de enxofre e de nitrogênio na atmosfera a ácidos sulfúrico e nítrico, respectivamente. Pode ser avaliado pelo potencial de acidificação, medido em equivalentes de SO<sub>x</sub>.
- ✓ **Eutrofização:** Refere-se ao lançamento de nutrientes nos corpos de água, causando crescimento excessivo da biomassa de algas e por consequência, provocando impactos aos ecossistemas como alteração da biodiversidade e danos à saúde humana.
- ✓ **Impactos decorrentes das atividades produtivas:** Refere-se aos impactos toxicológicos aos seres humanos associados às condições de trabalho.

O conhecimento adequado dos sistemas ambientais possibilita compreender suas reações perante os impactos causados pelos projetos sócio-econômicos e avaliar os benefícios e malefícios a curto, médio e a longo prazo. (CHRISTOFOLETTI, 1999).

#### 4.4 Resíduos

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), resíduos são os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional.

Quadro 2 - Classificação de resíduos sólidos, segundo a NBR 10.004 da ABNT

Classe I ou perigosos:	Com características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.
Classe II ou não inertes:	Podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, não se enquadrando nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos – ou Classe III – Inertes.
Classe III ou inertes:	Não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando amostrados de forma representativa, segundo a norma NBR 10.007, e submetidos a teste de solubilização segundo a norma NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Fonte: Manual de gerenciamento de resíduos, 2001.

#### **4.4.1 Resíduos sólidos**

Resíduos sólidos são materiais heterogêneos, (inertes, minerais e orgânicos) resultantes das atividades humanas e da natureza, que podem ser parcialmente utilizados, gerando, entre outros aspectos, proteção à saúde pública e economia de recursos naturais. Os resíduos sólidos constituem problemas sanitário, ambiental, econômico e estético.

Os resíduos sólidos são classificados quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente segundo a NBR 10.004 da ABNT, como mostra o Quadro 2.

Os resíduos sólidos gerados na indústria de papel e celulose são considerados pela legislação brasileira como não-perigosos (classe III). No entanto, é considerável a quantidade e variedade, desses resíduos. A maior parte das unidades possui hoje aterros controlados para a deposição segura dos resíduos, assim como dispõe de mecanismos para a sua separação por tipos, permitindo o tratamento, reciclagem, reutilização ou valorização energética de parte dos resíduos produzidos, reduzindo deste modo a necessidade de deposições em aterro. (CELPA, 2004).

Nos processos industriais que envolvem a madeira, são gerados resíduos com alto percentual de matéria orgânica. São aproximadamente 48 t de resíduos para cada 100 t de celulose produzida. (BELLOTE et al , 2003).

#### **4.4.2. Resíduos gasosos**

Os resíduos gasosos são produtos das reações de fermentação aeróbia (desenvolvidos na superfície) e anaeróbia (nas camadas mais profundas); a fermentação anaeróbia dá origem a CO<sub>2</sub> e a CH<sub>4</sub> (metano), o qual pode ser aproveitado para a produção de biogás.

As emissões atmosféricas mais significativas, e passíveis de controle na indústria de papel e celulose são geradas no processo Kraft. São os materiais particulados (MP), compostos de enxofre reduzido total (TRS), óxidos de nitrogênio e de enxofre, compostos orgânicos voláteis, cloro e dióxido de cloro, quando usados no branqueamento (MIELI, 2007)

#### **4.4.3. Resíduos líquidos.**

Os resíduos líquidos, ou lixiviados, variam de local para local e apresentam elevada concentração de matéria orgânica, óxido de azoto e de materiais tóxicos, pelo que deve ser feita a sua recolha e tratamento, de modo a impedir a sua infiltração no solo.

As fábricas de papel e celulose, principalmente as que utilizam o processo Kraft, geram grande volume de efluentes líquidos, devido à grande quantidade de água utilizada nos processos. Estes efluentes são ricos em sólidos suspensos, matéria orgânica dissolvida, cor e,

principalmente compostos organoclorados (em fábricas que utilizam o cloro e seus derivados) (MIELI, 2007).

#### **4.4.4 Sub-produtos.**

Além dos resíduos, a produção de pasta celulósica *kraft*, gera também, de forma rentável, alguns subprodutos recuperados do licor ou dos materiais volatilizados.

Os principais sub-produtos do processo sulfato de madeiras resinosas constituem o “tail-oil” (usados nas indústrias químicas, principalmente as de tintas, indústrias de ligadas à mineração, onde é usado como agente de flotação, e a indústria de fertilizantes) e a terebintina sulfato (seu principal uso é na síntese do óleo de pinho, largamente usado na flotação de minério, processamento de têxteis, solventes, agentes odorizantes e bactericidas. É também possível, recuperar o sulfeto de dimetila, que tem um grande potencial como solvente industrial. Outros sub-produtos obtidos são: Sulfeto de dimetila, (potencial solvente industrial e preparar formulações farmacêuticas. Lignina sódica, usados como dispersantes, umectantes, auxiliares de moagem, emulsificantes, detergentes, seqüestrantes, etc (JORDÃO,1988).

Atualmente, pressionadas por essa tendência, as indústrias de papel e celulose buscam adequar-se às exigências legais destinadas a proteger o meio ambiente, por meio de ações modificadoras do processo, tais como redução de geração de efluentes na fonte, desenvolvimento de tecnologias para tratamento externo, recuperação e reaproveitamento de efluentes.

### **4.5 Produção da polpa celulósica.**

#### **4.5.1 Componentes da madeira.**

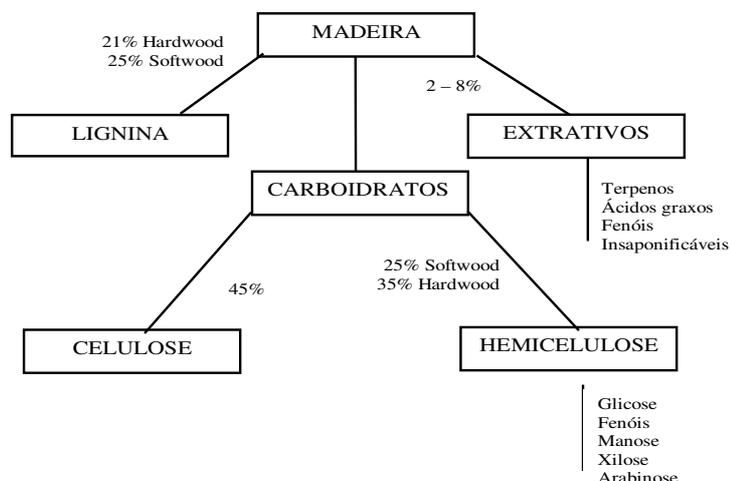
Os principais componentes da madeira estão descritos na figura 1.

A Celulose é o principal componente da parede da fibra, polissacarídeo linear, constituído por um único tipo de unidade de açúcar.

A lignina, é o constituinte químico mais indesejável quando se trata da produção de celulose e de papel. Quanto maior o teor de lignina, maiores serão as quantidades de reagentes químicos utilizados nos processos de cozimento da madeira e de branqueamento da celulose.

Extrativos são compostos secundários da madeira, como taninos, terpenos, etc provocam sérios problemas durante o processo de fabricação da polpa celulósica (D’ALMEIDA,1988).

**Figura 1. Os componentes da madeira**



Fonte: (PIOTTO, 2003).

#### **4.5.2 Tipos de processos:**

**Pasta celulósica:** é o principal insumo na fabricação de papel e é obtida a partir da fabricação de fibras de origem vegetal.

A preparação da pasta celulósica consiste basicamente na separação das fibras dos demais componentes constituintes do organismo vegetal, em particular a lignina, que atua como um cimento, ligando as células entre si proporcionando rigidez à madeira (PIOTTO, 2003).

A pasta celulósica pode ser preparada por diferentes métodos, desde os mecânicos até os químicos, nos quais a madeira é tratada com produtos químicos sob pressão e pela ação de calor (temperaturas maiores que 150° C), para dissolver a lignina, havendo inúmeras variações entre os dois extremos. A tabela 1, apresenta a descrição dos diferentes processos usados na produção de celulose (AMARAL, 2008)

##### **4.5.2.1 Processo Kraft :**

É muito comum, usar o processo *Kraft* como sinônimo do processo sulfato, pois, em ambos, são utilizados os mesmos produtos químicos. Mas a diferença, é que no processo sulfato, emprega-se maior quantidade de sulfeto e de soda (agentes ativos de cozimento), e o cozimento é feito por mais tempo e com temperaturas mais elevadas. (AMARAL, 2008).

A escolha pelo processo *Kraft* neste trabalho, se deve ao fato de ser o mais eficiente e conseqüentemente, o mais utilizado nas indústrias de celulose, e, ou integradas. A origem da palavra *Kraft* é alemã, e significa forte. Foi adotado para designar este processo devido às características de resistência mecânica da celulose obtida.

Segundo Amaral (2008), uma das principais características do processo *Kraft* é a recuperação de produtos químicos, cujas etapas são:

- ✓ lavagem conduzida para obter a separação mais completa de massa e lixívia com a menor diluição possível;
- ✓ evaporação da água da lixívia até uma concentração suficiente para permitir sua queima;
- ✓ queima da lixívia seguida da dissolução dos fundidos;
- ✓ caustificação (conversão do carbonato de sódio em hidróxido).

A recuperação é formada por quatro grandes unidades: evaporação, caldeira de recuperação, caustificação e forno de cal.

**Tabela 1– Principais processos de produção da celulose.**

Processos	Rendimento	Sistemas
Mecânico	93 a 98%	Prensagem a úmido contra rolo giratório.
Termomecânico	92 a 95%	Aquecimento cavacos com vapor, seguido de desfibramento em refinador a disco.
Semiquímico	60 a 90%	Acréscimo de produtos químicos antes da desfibragem.
Químico Sulfito	40 a 60 %	Cozimento em digestores com licor ácido
QuímicoKraft (Sulfato)	50 a 60 %.	A madeira, em cavacos, é tratada em vasos de pressão, denominados digestores, com soda cáustica e sulfeto de sódio.

Fonte: (AMARAL, 2008)

#### **4.5.3 Preparo da madeira (descascamento).**

A madeira vai para o pátio em forma de toras, e enviadas a descascadores mecânicos, quando não descascadas na floresta.

As cascas, diminui o rendimento em celulose , afeta negativamente as propriedades físicas do produto e aumenta o teor de sujeira na pasta, sendo assim, o descascamento tem como objetivo:

- ✓ Reduzir a quantidade de reagentes no processamento de madeira (polpação e branqueamento);

- ✓ Facilitar a etapa de lavagem e peneiração.

De acordo com Foelkel, (2007), na preparação para o cozimento, o descascamento, é uma das maiores fontes potenciais de poluição. O descascamento na fábrica demanda energia, investimentos, equipamentos robustos, áreas grandes para armazenagem e manuseio e complexos planejamentos. Existem basicamente dois tipos de máquinas usadas no descascamento nas fábricas:

**Descascadores a tambor:** A perda de madeira nos tambores é alta, e depende das variações em diâmetro das toras. (Figura 2).

**Descascador “King”:** Essa forma de esfregação, é menos agressiva às toras e com isso, as quebras são bem menores. (Figura 3).



Figura 2:Tambor descascador  
Fonte: Foelckel , 2007

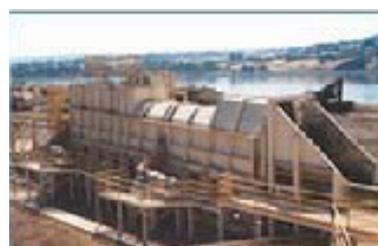


Figura 3:King debarker  
Fonte: Foelckel,2007

#### 4.5.4 Picagem e classificação dos cavacos.

. Depois de descascadas, as toras são encaminhadas aos picadores onde serão transformadas em cavacos com dimensões apropriadas para a polpação (GUERRA, 2007). Esta etapa visa reduzir as toras a fragmentos, em tamanho que facilite a penetração do licor de cozimento, usados nos processos químicos.

Após a picagem, são classificados com o objetivo de separá-los com as dimensões padrões para o processamento, que são:

- Cavacos super-dimensionados, que retornam ao picador;
- Finos, que podem ser processados separadamente, ou então queimados na caldeira.

#### 4.5.5 Cozimento Kraft dos cavacos.

É o processo de solubilização da lignina. Os cavacos, normalmente pré-aquecidos com vapor, vão para o digestor onde são tratados quimicamente com o licor de cozimento, constituído pela solução aquosa de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio.

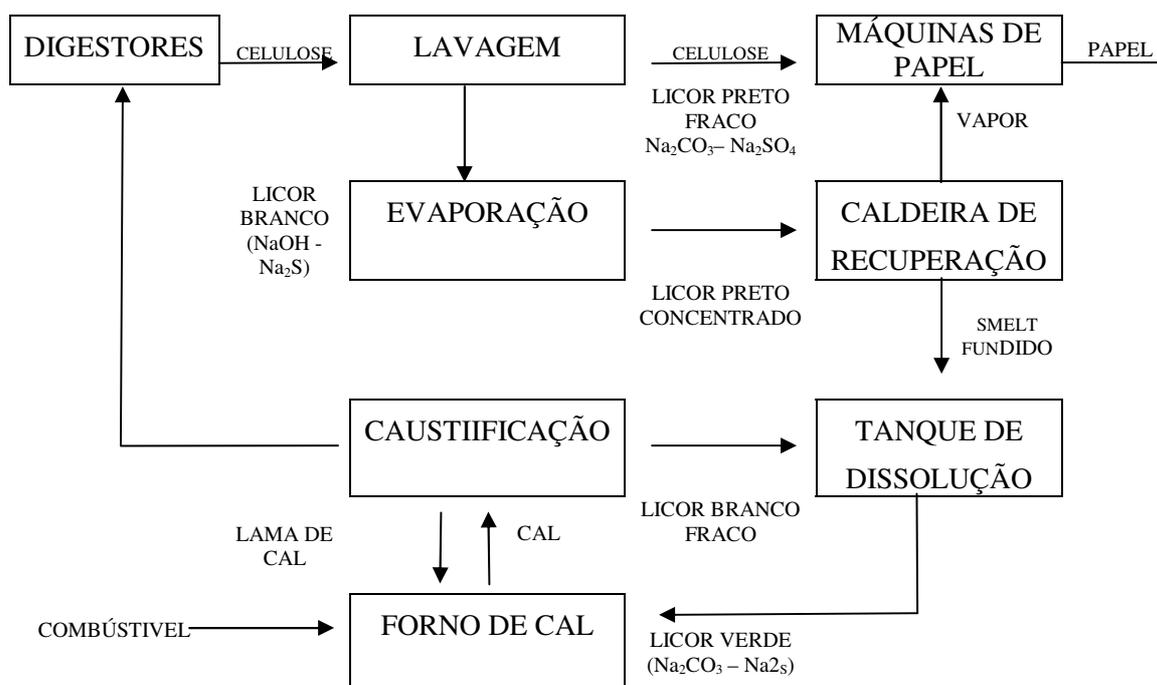
Durante o tratamento, a temperatura é elevada gradualmente, até atingir de 165 a 170°C, sendo mantida por cerca de 1 a 2 horas para que haja uma eficiente remoção da lignina. A lignina é degradada, possibilitando a separação das fibras, obtendo-se uma massa constituída pelas fibras individualizadas e pelo licor residual, que devido à coloração escura, é denominado licor negro (MIELLI, 2007).

A geração de efluentes líquidos nesta fase, não constitui um problema, pois o licor utilizado é totalmente recuperado. Entretanto, falhas no processo podem acarretar vazamentos e derramamentos do licor, constituindo importante fonte de poluição. Esses vazamentos devem ser prontamente corrigidos, pois além de causar problemas ambientais, constituem perdas indesejáveis no processo (MIELLI, 2007).

#### 4.5.6 Recuperação do Licor negro.

O ciclo de recuperação do licor negro e da energia dos processos alcalinos, reproduz as perdas de produtos químicos e diminui o consumo de energia, tornando menores os custos de produção. O poder calorífico do licor negro é o suficiente para gerar a energia necessária à fábrica de celulose. As principais fases do processo de recuperação química são: evaporação do licor negro, incineração do licor na caldeira de recuperação, caustificação e regeneração de cal. A figura 4, mostra a síntese das principais etapas do ciclo de recuperação química de uma fábrica de polpa *Kraft*. (AMARAL,2008)

Figura 4: Esquema das principais etapas do ciclo de recuperação do licor negro.



Fonte: (AMARAL, 2008)

#### **4.5.7 Branqueamento da Celulose.**

O branqueamento pode ser considerado uma continuação da deslignificação iniciada no cozimento. Trata-se de uma das principais etapas responsáveis pela geração de águas residuárias.

No branqueamento de pastas químicas há dissolução de lignina, carboidratos e extrativos. Os fatores que mais contribuem para a descarga de poluentes são:

- ✓ Teor de lignina na pasta não-branqueada;
- ✓ Eficiência de lavagem da pasta não branqueada, após o processo de polpação;
- ✓ Condições do processo de branqueamento, tais como as seqüências de branqueamento, os tipos e quantidades de agentes químicos empregados, a temperatura e o pH dos vários estágios de branqueamento e a alvura e resistência que se quer chegar;
- ✓ Extensão na qual o sistema de branqueamento é fechado (recirculação de filtrados)

No branqueamento convencional (Standard - STD) utiliza-se cloro elementar ( $\text{Cl}_2$ ) para a remoção da lignina residual presente nas fibras celulósicas, sendo gerada uma enorme variedade e quantidade de substâncias organocloradas recalcitrantes e altamente tóxicas. (ALMEIDA, 2004). Em seguida, passa por uma extração alcalina com soda cáustica e, depois, por uma série de seqüências, alternando-se o dióxido de cloro, o hipoclorito e a soda cáustica. (PIOTTO, 2003)

Mas, devido à pressões ambientais e de mercado, a indústria de celulose foi obrigada a reduzir ou mesmo eliminar o cloro elementar do processo, passando a utilizar então o ozônio ou peróxido de hidrogênio.

Dependendo do agente branqueador, a celulose pode ser denominada:

- STD - Standard - com uso de cloro molecular
- ECF - Elementary chlorine free - sem uso do cloro molecular
- TCF - Totally chlorine free - sem uso de compostos clorados

O objetivo do branqueamento é obter uma celulose mais estável (que não se altere com o tempo), permitir um tingimento controlado, mas, principalmente, obter um papel branco com as vantagens que ele traz para a impressão (PIOTTO, 2003).

#### **4.6 A Produção do Papel**

Na fabricação do papel são adicionadas à pasta celulósica, matérias-primas não fibrosas, conforme a finalidade a que o papel se destina. Seus principais componentes são as fibras, os materiais de enchimento ou cargas, os pigmentos e os aditivos químicos.

Nas fábricas de papel integradas, a celulose é armazenada na forma de suspensão em tanques que alimentam as máquinas de papel. Quando a fábrica não é integrada, a celulose utilizada no processo é fornecida na forma de fardos por outra fábrica. (AMARAL, 2008).

O princípio da fabricação do papel é a tendência das fibras celulósicas se unirem e assim permanecerem após secas. A tabela 2, mostra um resumo das etapas da fabricação do papel.

#### 4.7 Efluentes Líquidos

De acordo com Fonseca et al (2003), as águas residuárias da fabricação do papel possuem carga poluidora menor do que as provenientes da fábrica de polpa. As águas residuárias da produção da polpa, que são resultantes dos processos de cozimento e branqueamento, contém fibras de celulose, substâncias orgânicas dissolvidas, compostos químicos do licor de cozimento, valores elevados de demanda química de oxigênio (DQO), sólidos dissolvidos e cloro residual. Normalmente os despejos das fábricas de sulfato têm odor extremamente forte caracterizados pelos compostos derivados da mercaptana.

Os despejos líquidos das fábricas de papel contém fibras divididas, cola ou amido, material de enchimento (carga), tinta, corante, graxa, óleo, cloro residual procedente da torre de branqueamento e outros materiais. Geralmente, esses materiais contidos no despejo passam completamente através das grades de separação de sólidos, coletores, filtros da máquina de papel, misturadores, tanques de agitação e regulação de peneiras, devido ao alto consumo de água no processo produtivo, resultando em elevada diluição das águas residuárias. Normalmente, quanto mais finas são as classes de papel, maior é o consumo de água e conseqüentemente, maior é a diluição dos despejos industriais.

**Tabela 2: etapas da produção do papel**

ETAPAS	FUNÇÕES
Caixa de entrada	Responsável pela distribuição da suspensão de fibras (massa) sobre a tela formadora
Mesa plana	Onde é formada a folha. Consiste numa mesa propriamente dita com suporte e colunas de aço, sobre o qual corre a tela formadora (de plástico ou metal).
Prensagem	A folha de papel sai da mesa plana já formada, porém 80 a 85 % da sua constituição é água. A finalidade das prensas é retirar a quantidade máxima de água da folha antes de submetê-la a secagem por calor.
Secagem	Setor da máquina de papel onde se faz a secagem final da folha e realiza-se a cura das resinas adicionadas.
Calandra	Usada para o acerto da espessura e aspereza do papel.
Enrolamento	É a última seção da máquina de papel. Neste ponto, o papel é enrolado em bobinas de tamanho determinado. No caso de cartões, esses podem ser cortados em folhas.

Fonte: adaptado de AMARAL,2008)

#### 4.8 Emissões Atmosféricas

As principais emissões atmosféricas são provenientes dos processos de branqueamento, recuperação de produtos químicos, vaporização, caldeiras (recuperação, biomassa e auxiliares), forno de cal e secagem da polpa.

A tabela 3, apresenta os principais poluentes atmosféricos e suas respectivas fontes geradoras, na indústria de papel e celulose:

**Tabela 3 : poluentes atmosféricos gerados na produção de papel e celulose.**

<b>PROCESSOS</b>	<b>POLUENTES</b>
Caldeira de recuperação	MP, TRS, SO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>
Caldeira de biomassa	MP, SO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>
Tanque de dissolução	MP, TRS
Forno de cal	MP, TRS, SO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>
Branqueamento	Cl <sub>2</sub> , ClO <sub>2</sub>

Fonte: adaptado de Mielli (2003).

#### 4.9 Geração de resíduos Sólidos:

Uma grande parte dos resíduos da indústria de papel e celulose, apresenta alto teor de matéria orgânica, sobre tudo, de fibras celulósicas. Os resíduos inorgânicos principais são os dregs, grits e lama de cal do processo de recuperação. O quadro 6, relaciona os resíduos gerados em cada etapa de produção de celulose.

**Tabela 4: resíduos gerados nas etapas de produção de celulose.**

<b>ETAPAS</b>	<b>RESÍDUOS</b>
Descascamento	Casca suja
Picagem dos cavacos	Serragem
Cozimento	Licor negro Dregs, Grits,
Lavagem	Lodo orgânico
Branqueamento	Lama de cal
Caldeira de biomassa	Cinzas

## **4.10. Controle e tratamento dos poluentes emitidos na indústria de papel e celulose.**

### 4.10.1. Tratamento de efluentes líquidos.

No Brasil, o consumo médio de água nas fábricas de celulose que utilizam o processo Kraft é de aproximadamente 60 m<sup>3</sup>/t<sub>sa</sub>, valor este que tende a aumentar em fábricas mais antigas, ou, em fábricas mais modernas pode diminuir a níveis de até 25m<sup>3</sup>/t<sub>sa</sub>.

Nos últimos anos a indústria de papel e celulose, vem sendo obrigada a fazer modificações e adaptar os seus processos de produção, para um melhor desempenho ambiental, cumprindo as exigências legais (MIELLI, 2007)

Mielli (2007), destaca ainda que o tratamento de efluentes líquidos na fábrica de celulose é composto por quatro etapas distintas com diferentes objetivos:

**A) Tratamento preliminar:** Seu objetivo é remover os sólidos grosseiros.

Nas fábricas integradas na produção de papel e celulose pelo processo kraft, São adotados dois tipos de tratamento preliminar que são o resfriamento do efluente e remoção dos sólidos grosseiros.

Geralmente, o tratamento requerido nas fábricas, é o resfriamento do efluente, pois, este pode chegar à estação com temperaturas superiores a 45°C, e a temperatura ideal para o tratamento secundário biológico é de 35°C, devendo o mesmo ser resfriado antes de entrar no reator biológico. A remoção de areia através de caixas de areia, normalmente não é necessária nas fábricas de celulose e papel, embora haja a necessidade às vezes, para o tratamento setorial no pátio de madeira, uma vez que as toras, vindas do campo podem conter muita areia.

**B) Tratamento primário:** Seu objetivo é remover os sólidos em suspensão;

Os sólidos suspensos são um dos principais poluentes encontrados nos efluentes líquidos das fábricas de papel e celulose. Os efeitos poluidores dos sólidos em suspensão lançados diretamente nos corpos d'água, são além de problemas estéticos, depósitos de lodo no fundo e adsorção de poluentes. É muito recomendável a remoção de sólidos suspensos antes de um tratamento biológico secundário, pois o excesso de sólidos suspensos pode prejudicar significativamente a sua eficiência. Essa remoção, é feita normalmente através de decantação por gravidade, e em alguns casos, através de flotação.

Os sólidos suspensos nos efluentes de fábricas de papel e celulose são basicamente fibras de celulose, aditivos usados na fabricação de papel, e, quando existentes, materiais provenientes do revestimento de papéis.

**C) Tratamento secundário biológico:** O objetivo é reduzir a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) solúvel.

Os tipos de tratamentos secundários biológicos utilizados pelas Indústrias de Papel e Celulose são:

- ✓ Lagoas de estabilização
- ✓ Lagoas aeradas
- ✓ Lodos ativados
- ✓ Filtros biológicos

**Lagoas de estabilização:** Além de regularizar as descargas no corpo d'água receptor, reduz a carga de DBO. O tempo de retenção dessas lagoas varia entre 10 e 30 dias.

As principais vantagens desse tratamento são: Corresponder favoravelmente ao tratamento do efluente; Segurança na eficiência; Flexibilidade operacional; Pequeno investimento e baixo custo operacional; A principal desvantagem é a necessidade de grande extensão de terra.

**Lagoas aeradas:** As Lagoas Aeradas melhoraram o funcionamento das Lagoas de Estabilização sobrecarregadas, pois requerem um espaço bem menor do que as de estabilização. 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 e 0,2 kg de lodo por de DBO removida.

**Lodos ativados:** É um processo biológico. Nele o influente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados aerados no tanque de aeração para logo após se separar os lodos ativados efluente tratado por sedimentação. Uma parte do lodo ativado separado retorna para o processo e outra parte que é lodo produzido em excesso é retirado do sistema via desaguadoras e enviada ao destino final.

**Filtros biológicos:** São pouco usados nas indústrias de papel e celulose, devido a problemas de entupimento do meio filtrante, o alto custo e a baixa eficiência para a redução de DBO, pois reduzem em apenas 40 ou 50% da DBO quando trabalham em altas taxas de vazão e carga de DBO. Os filtros biológicos têm sido empregados quando os efluentes são tratados por lodos ativados.

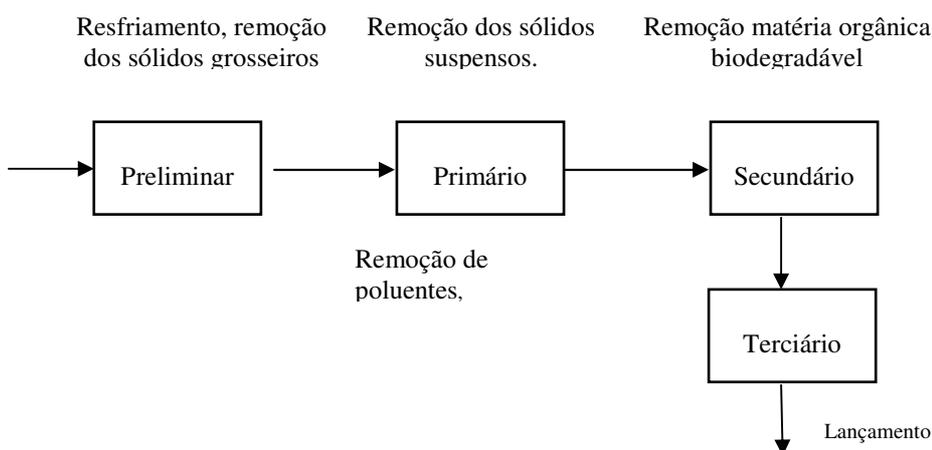
**D) Tratamento terciário:** Faz remoções adicionais de poluentes em águas residuárias, antes de sua descarga no corpo receptor; essa operação é também chamada de "polimento". Os processos de tratamento terciário em estudo compreendem:

- ✓ filtração para remoção de DBO e DQO;
- ✓ cloração ou ozonização para a remoção de bactérias;
- ✓ absorção por carvão ativado;
- ✓ processo da pasta de cal e outros processos de absorção química que remova a cor;

- ✓ redução de espuma e de sólidos inorgânicos através da eletrodialise, da osmose reversa e da troca iônica.

As fases de tratamento de efluentes líquidos de uma fábrica de celulose, estão resumidas na representação esquemática da figura 5.

**Figura 5: Representação esquemática das fases de tratamento de efluentes líquidos de uma fábrica de celulose.**



Fonte: MIELLI,2007

#### 4.10.2 Equipamentos de controle de emissões atmosféricas

A indústria de papel e celulose utiliza diversas formas de controlar as emissões atmosféricas e também diferentes tipos de equipamentos de controle e remoção de poluentes gasosos como, Material particulado (MP), Enxofre total reduzido (TRS), Óxidos de enxofre e nitrogênio (SO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>), Cloro e compostos clorados (Cl<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>).

A seguir, uma breve descrição de alguns equipamentos mais usados na indústria de papel e celulose. (MIELLI, 2007).

##### A) Material particulado (MP)

- ✓ **Precipitadores eletrostáticos:** São equipamentos de carregam as partículas do gás com cargas elétricas negativas, que são atraídas através de eletrodos de placa, carregados positivamente. São equipamentos muito eficientes, atingindo remoções acima de 99% do material particulado presente no gás. Porém, são também, são de

maior custo de operação e instalação. São usados geralmente na caldeiras de biomassa, caldeiras de recuperação e forno de cal.

- ✓ **Ciclones:** Equipamentos que utilizam a força centrífuga para separar as partículas maiores e mais pesadas do gás. Comparados aos precipitadores eletrostáticos, sua eficiência é relativamente baixa, mas seu custo é bastante inferior. Utilizados normalmente em caldeiras de biomassa.
- ✓ **Scrubbers ou lavadores de gás:** Utilizam o princípio de separação dos ciclones adicionados à lavagem dos gases usando dispersores de água. Dentre os diversos tipos de lavadores de gás, os mais usados nos tanques de dissolução de fundidos e caldeiras de biomassa, são os lavadores Venturini e ciclones múltiplos. A eficiência de remoção desses equipamentos, pode ser até de 98%.

### **B) Enxofre Reduzido Total (TRS)**

Há diversas formas de se lidar com as emissões de gases contendo TRS. Normalmente, os gases com alta concentração e baixo volume, são coletados dos digestores e evaporadores separadamente e levados para ser incinerados no forno de cal ou em alguma unidade de incineração separada. Gases com baixa concentração e grandes volumes das áreas de lavagem da pasta escura e tanque de dissolução, também são incineradas no forno de cal, caldeira de biomassa e às vezes caldeira de recuperação.

### **C) Cloro e compostos clorados (Cl<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>)**

As fábricas que utilizam cloro ou compostos clorados no processo de branqueamento, são equipadas com lavadores de gases (scrubbers), pois é muito eficiente para a remoção desses compostos.

### **D) Óxidos de enxofre e de nitrogênio (SO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>)**

Os dióxido de enxofre e nitrogênio, normalmente são controlados através de condições operacionais específicas.

Além das medidas citadas acima, outras formas das indústrias controlarem as emissões de poluentes na atmosfera são: (USP, 2003)

- ✓ Altura adequada das chaminés de indústrias, em função das condições de dispersão dos poluentes;
- ✓ Uso de matérias primas e combustíveis que resultem em resíduos gasosos menos poluidores;
- ✓ Melhoria da combustão: quanto mais completa a combustão, menor a emissão de poluentes;
- ✓ Instalação de filtros nas chaminés.

#### 4.10.3 Reaproveitamento, controle e disposição final dos resíduos sólidos

As indústrias, tendem a separar, reciclar e comercializar a maioria dos resíduos gerados durante a produção. Grande parte dos resíduos da indústria de papel e celulose tem alto teor de matéria orgânica, principalmente fibras celulósicas, podem ser transformados em produtos através de processos de reciclagem práticos e econômicos e destinados à utilização em plantios e outros fins (MIELLI, 2007).

Dentre os resíduos passíveis de serem reaproveitados estão:

**Casca e serragem:** A casca e a serragem, além do fornecimento de energia para a própria fábrica, na queima da caldeira, são bastante usadas como compostagem. No caso da serragem, pode ser também é usada na fabricação de briquetes.

**Lodo primário:** Proveniente do sistema primário do tratamento de efluentes. Possui em geral, 50 a 60 % de material orgânico, principalmente fibras de celulose. ( MIELLI, 2007). O lodo primário pode ser usado na confecção de blocos de cerâmica vermelha, pois, segundo estudos realizados, o uso do resíduo tem como vantagens, o enriquecimento da massa argilosa por um plastificante e devido à presença de celulose, contribui para a redução do consumo de combustível durante a etapa da queima. Quando misturado à casca, pode ser aproveitado na compostagem. As Figuras abaixo, mostram a compostagem realizada na indústria Suzano, utilizando casca de eucalipto (figura 6); Lodo orgânico (figura 7) e 50% casca e 50% lodo (figura 8).



Figura 6: Compostagem com casca de eucalipto  
Fonte: (Indústria Suzano ,2006)



Figura 7: Compostagem com Lodo orgânico  
Fonte: (Indústria Suzano ,2006)



Figura 8: pilha com 50% de casca 50% de lodo  
Fonte: ( Indústria Suzano ,2006)

**Grits:** Gerado na hidratação da cal da recuperação da lama de cal. É constituído areia, pedregulho, calcário e outras impurezas que não reagiram, podendo possuir, também, quantidades de CaO, Ca(OH), Na e CO. Usados para a estabilização química nas estradas florestais.

**Cinzas:** é o resíduo inorgânico, produto da combustão de cavacos, cascas, etc. São ricas em potássio, o que as confere um grande potencial para reutilização e aplicação no solo como nutrientes para plantas (MIELLI,2007).

**Lama de cal e Dregs:** A lama de cal, extraída da caustificação do licor verde e o dregs, removido durante a clarificação do licor verde, podem ser usados como corretivos da acidez do solo. (ALMEIDA et al, 2007)

Os resíduos que não podem ser reciclados ou comercializados, são dispostos em aterros sanitários industriais.

O aterro sanitário é um processo utilizado para disposição dos resíduos sólidos no solo, que permite um confinamento seguro em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública.

Na implantação do aterro deve-se observar a área, que deve ter baixa densidade populacional, baixo potencial de poluição do aquífero, não ser propícia a inundações. Deve-se determinar também a vida útil do aterro, sistema de drenagem e coleta de chorume, determinar níveis de lençol freático, permeabilidade do solo e dados meteorológicos. Todo o aterro deve ter monitoramento do lençol freático e águas superficiais e também do sistema de coleta e tratamento do chorume. Após o fechamento do aterro, os sistemas de monitoramento, coleta e tratamento do chorume, devem ser mantidos por mais vinte anos.

Algumas vezes, as áreas aterradas são passíveis de reutilização, porém, deve ser feito um planejamento sobre o futuro uso do local.

## 5. CONCLUSÕES

A indústria de papel e celulose é, sem dúvida, de grande importância para a economia brasileira, fazendo do Brasil, um dos maiores produtores de celulose do mundo, e o maior em celulose de eucalipto. Também, contribui para a geração de milhares de empregos, diretos e indiretos, e milhões de hectares de florestas plantadas certificadas.

Mas, mesmo com tanta influência econômica no país, o setor é alvo de muitas críticas quanto ao aspecto ambiental, devido aos grandes impactos que causa, pela sua alta dependência de recursos naturais como fibras vegetais, (sua principal matéria-prima), energia e água, consumida em grandes quantidades, nas diversas etapas da produção da celulose e

do papel, como também, pela grande quantidade e variedade de resíduos gerados durante as etapas de produção,

O processo químico *Kraft*, que é o mais utilizado nas indústrias, pela melhor qualidade conferida à polpa, é também, grande responsável pelo maior consumo de energia e matéria-prima, devido ao baixo rendimento da polpa em relação a outros processos e pela maior quantidade de resíduos gerados.

É bem verdade que esses resíduos, são, em grande maioria, passíveis de reaproveitamento, como na produção de compostagem, corretivo da acidez do solo, etc. Os resíduos que não são passíveis de reaproveitamento, vão para o aterro industrial. Os resíduos sólidos, apresentam elevado teor de matéria orgânica e não são considerados tóxicos pela legislação, mas tornam-se problemáticos devido à grande quantidade acumulada. Já alguns efluentes líquidos e emissões gasosas, são altamente tóxicos, podendo, no caso de falhas em alguma das etapas da produção, ocorrer vazamentos causando graves danos ao ambiente.

Pressionadas pela legislação, e, interessadas em obter certificações ambientais que as insiram no mercado internacional, como a Norma Internacional ISO 14001 do conjunto ISO 14000 as empresas de papel e celulose, estão buscando cada vez mais soluções para minimizar os impactos ambientais causados por suas atividades.

A indústria vem investindo em pesquisas que visam buscar alternativas, rentáveis para o reaproveitamento dos resíduos e sub-produtos gerados; em equipamentos modernos, para tratamento e controle de poluentes; novas tecnologias, desde o preparo da madeira, até a máquina de celulose e, ou papel, no intuito de assegurar melhor desempenho ambiental, sem no entanto, reduzir a qualidade da celulose e papel produzidos.

O fato é que, por mais que haja empenho das indústrias em assegurar uma produção mais limpa, sempre haverá impactos. Contudo, deve-se fazer com que estes impactos, sejam menos agressivos possível.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, H.C. **Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (DREGS)**.2007 Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000700032&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000700032&script=sci_arttext&tlng=pt) Acesso em: 28.out.2008
- ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A. **Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio**.2004 Disponível em: [quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2004/vol27n5/22-DV03211.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2004/vol27n5/22-DV03211.pdf) Acesso em: 30 out.2008.
- AMARAL, K. J. **Uso de água em indústria de papel e celulose sob a ótica da gestão de recursos hídricos**. 2008. Disponível em: [http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/doutorado/rh/2008/Teses/AMARAL\\_KH\\_08\\_t\\_D\\_int.pdf](http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/doutorado/rh/2008/Teses/AMARAL_KH_08_t_D_int.pdf). Acesso em: 30 out. 2008.
- ASSUMPÇÃO, R.M.V.et al. **Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica**. 2ª ed., v. I, São Paulo, S.P., SENAI/IPT, 1988. 559 p.
- BELLOTE, A. F. J. et al. **Utilização de resíduos da produção de celulose**. Revista da Madeira, nº77 nov . 2003. Disponível em: [www.remade.com.br/pt/revista\\_materia.php?edicao=77&id=460](http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=77&id=460) Acesso em: 18 mai.2008
- BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Setor de celulose e papel**.2008. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/booklet/novembro2008.pdf>. Acesso em: 09 nov.2008
- CAMPOS, L.M.S et al. **Os sistemas de gestão ambiental: empresas brasileiras certificadas pela norma ISO 14001. 2006**. Disponível em: [www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR520346\\_7815.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR520346_7815.pdf). Acesso em: 12 set.2008.
- CELPA - Associação da Indústria Papeleira. **Boletim estatístico 2004**. disponível em <http://www.celipa.pt/images/pdf/boletim2004.pdf> Acesso em: 09.nov.2008.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA **artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, Art. 1º**,Disponível em: <http://www.ucs.br/ccet/denq/prof/jrgimene/PGLegislação%20e%20Diretrizes%20para%20Elabora%20em%20EIA-RIMA.ppt> Acesso em: 12 set.2008
- CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**, 1999 pag.141  
Título Original : Environmental Science – Working With the Earth – 11th edition
- D'ALMEIDA, M. L. O. **Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica**. 2ª ed., v. I, São Paulo, S.P., SENAI/IPT, 1988. 559 p.

EMBRAPA. **ISO 14000 - Gestão ambiental** 2001. Disponível em: [http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod\\_int/iso\\_14000.html](http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod_int/iso_14000.html). Acesso em: 23 nov.2008

FOELKEL, C. **A produção de celulose e a adequada gestão ambiental**. 2003  
Disponível em: <http://ibps.com.br/index.php?s=celso+foelkel>. Acesso: 18 mai.2008

FOELKEL, C. **Casca da árvore do eucalipto: Aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando a produção de celulose e papel**. 2007  
Disponível em: [http://www.eucalyptus.com.br/modelo\\_news2.html](http://www.eucalyptus.com.br/modelo_news2.html) Acesso em: 18 mai.2008.

FONSECA, J.A.V. M. et al **Tratamentos de efluentes líquidos da indústria de papel e celulose. III Fórum de Estudos Contábeis**. 2003. Disponível em: [residuosindustriais1.locaweb.com.br/arquivos/Artigos/Tratamento%20de%20efluentes%20-%20Celulose.pdf](http://residuosindustriais1.locaweb.com.br/arquivos/Artigos/Tratamento%20de%20efluentes%20-%20Celulose.pdf)  
Acesso em: 30 set.2008.

GUERRA, M.A.S.L. **Avaliação de indicadores biológicos e físico-químicos no composto orgânico produzido a partir de resíduos da indústria de papel e celulose**. Disponível em: <ftp://ftp.bbt.ufv.br/teses/ciencia%20florestal/2007/202473f.pdf>. Acesso em: 30 set.2008.

JORDÃO, M.C.S. **Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica**. 2ª ed., v. I, São Paulo, S.P., SENAI/IPT, 1988. 559 p

KOKZTRZEPA, R.O. **Evidenciação dos eventos relacionados com o meio ambiente: um estudo com indústrias químicas**.2004. Disponível em: <http://www.congressoeac.locaweb.com.br/artigos62006/180.pdf>: Acesso em: 08 abr.2008

LOPES, C. R A.; CONTADOR, C.R. **Análise da indústria de papel e celulose no Brasil**, 1998. Disponível em: <http://www.geocities.com/Eureka/Enterprises/1900/palestras/artigo-coppead.PDF>). Acesso em: 02 nov.2008.

MATTOS, R. L.G; JUVENAL, Thaís Linhares: **O setor de celulose e papel**  
Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/conhecimento/livro\\_setorial/setorial04.pdf](http://www.bndes.gov.br/conhecimento/livro_setorial/setorial04.pdf) Acesso em: 04 nov.2008.

MIELI, J. C. A. **Sistema de avaliação ambiental na industria de celulose e papel**.2007.  
Disponível em <ftp://ftp.bbt.ufv.br/teses/ciencia%20florestal/2007/204946f.pdf>.. Acesso em: 20 nov.2008

MONTEIRO, J.H.P et al. **Gestão Integrada de resíduos sólidos-Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**.2001

NASCIMENTO, L.F.M; POLEDNA, S. R.C. **O processo de implantação da ISO 14000 em empresas brasileiras**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.2002  
Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR102\\_0937.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR102_0937.pdf).  
Acesso em: 18 jul. 2008.

PIOTTO, C. **Eco-eficiência na Indústria de Celulose e Papel - Estudo de Caso**

2003 Disponível em: [http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/teses/tese\\_zeila\\_cpiotto.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/teses/tese_zeila_cpiotto.pdf) Acesso em : 05 nov.2008

REVISTA Fae Business , O mercado de Papel e Celulose – análise setorial n°1 nov 2001.  
Disponível em: [http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista\\_fae\\_business/n1\\_dezembro\\_2001/analisesetorial\\_o\\_mercado\\_de\\_papel\\_e\\_celulose.pdf](http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista_fae_business/n1_dezembro_2001/analisesetorial_o_mercado_de_papel_e_celulose.pdf) . Acesso em: 12 abr 2008.

SEIFFERT, M.E.; SANTOS, D.S. **Certificação ISO14001: Contribuições para a análise benefício/custo do processo.** Disponível em:  
<http://biblioteca.univap.br:88/inic/inic/INIC%20trabalhos%20paginados/ENGENHARIAS%20paginados/INIC0001122ok.pdf> . Acesso em: 16 set 2008.

SOARES, Raquel Baraldi Ramos. **Introdução à avaliação de Impactos ambientais.**2004.  
Disponível em: [educar.sc.usp.br/biologia/textos/impacto.htm](http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/impacto.htm) Acesso em:20.nov.2008

TEIXEIRA, J.C.A; ABREU, E. S. **Apresentação de trabalhos monográficos de conclusão de curso.** 2001.

USP- Universidade de São Paulo. Programa educar – poluição. 2003. Disponível em:  
[educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/poluentes/ar.ppt](http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/poluentes/ar.ppt). Acesso em: 16 set.2008