

# FONTES E CONTROLE DE POLUIÇÃO – ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA DE...



Universidade do Estado do Pará Centro de Ciências Naturais e Tecnologia Campus XV – Núcleo de Redenção Engenharia de Produção Disciplina: Fontes e Controle de Poluição Industrial Prof. Clédson Rocha Lima

Geanine Borges Araújo Nayara Cristina Ramos

Shayenne Caroline Ribeiro Coelho  
Rayanne da Silva e Silva

Redenção Setembro de 2013

Geanine Borges Araújo Nayara Cristina Ramos Rayanne da Silva e Silva Shayenne Caroline Ribeiro Coelho

Trabalho para obtenção parcial de nota da disciplina: Ergonomia e Segurança Industrial, sob orientação do Professor Clédson Rocha Lima

Redenção Setembro de 2013

## 1. INTRODUÇÃO

Existe uma variedade de produtos químicos que trazem benefícios à sociedade incluindo desde os que são usados para manter a saúde como medicamentos e vacinas (tanto homens quanto animais) até os de uso diário como produtos de limpeza, cosméticos, roupas e outros.

A indústria química é o segmento responsável por esse tipo de produção, em que os insumos principais podem ser de origem mineral, animal ou vegetal. Segundo Revista Abril (2011) ao longo dos anos, com os avanços tecnológicos vários outros tipos de insumos foram sendo utilizados, entre eles o petróleo e seus derivados, como os produtos petroquímicos por exemplo. Devido a emissão de gases que prejudica diretamente a camada de ozônio, há uma preocupação maior com a sustentabilidade, o que tem estimulado a substituição das fontes de matéria-prima normalmente utilizadas por outras renováveis, como o açúcar, o álcool e etc.

A ramificação desse tipo de indústria é variada, podendo ser de produtos na forma de matéria-prima para outros setores (fibras sintéticas que serão utilizadas em indústrias têxteis, por exemplo), também de produtos de consumo e bens duráveis como perfumaria e higiene pessoal, defensivos agrícolas, fertilizantes e outros.

Conforme a Revista Abril (2011) o maior produtor de produtos químicos atualmente são os Estados Unidos, e também se destacam o Japão e China. Em 2009 o valor da venda global desses produtos foi de US\$ 3,4 trilhões, representando aproximadamente 4,8 % do PIB mundial. No Brasil esses processos já existem desde o período colonial, as primeiras indústrias fabricavam pólvoras, velas e sabões, e depois se fundaram diversos segmentos como extração mineral e vegetal, refino do petróleo, vidro, cimento, açúcar, e atualmente algumas matérias-primas de fontes renováveis, como polímeros (polietileno) e solventes (acetatos, e álcoois), mas ainda é preciso um melhor aproveitamento dos recursos naturais que o país possui.

Neste estudo será abordado apenas um tipo de Indústria Química sendo esta responsável pela fabricação de Papel, que tem como fonte de matéria-prima o reino vegetal, especificamente a celulose. No Brasil, as principais indústrias se encontram em grandes metrópoles, localizadas principalmente no estado de São Paulo. De acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social –

BNDES, em 1995, havia 235 empresas de papel e celulose, mas a produção era concentrada em um número bem menor dessas indústrias. Atualmente a produção de celulose no mercado é representada por apenas cinco empresas grandes e as exportações de papéis representam 1,7% da exportação mundial.

O presente trabalho tem como intuito apresentar os principais processos que ocorrem nessas indústrias de transformação química, observando os principais resíduos e poluentes que são gerados durante a produção, assim como a abordagem de algumas medidas de controle dos poluentes buscando a redução dos impactos causados. As informações foram adquiridas através de pesquisas bibliográficas de ordem governamental e estudo de caso realizado em uma indústria brasileira de papel celulose.

## 2. INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

O setor de celulose e papel tem ganhado destaque na economia

Brasileira. Segundo a CETESB (2008), este é um dos segmentos industriais mais competitivos do País por apresentar padrão de qualidade paralela aos melhores do mundo. Em seu processo produtivo, o setor utiliza basicamente madeira plantada (eucalipto e pinus), proveniente de reflorestamentos.

### 2.1. Processo de produção de papel

A madeira é feita principalmente de fibras celulósicas (celulose é o componente básico dos tecidos vegetais), aderidas umas às outras pela lignina.

Para transformar madeira em polpa, e produzir o papel, deve-se então separar estas fibras, ou seja, remover a lignina. Para isso, baseado em CETESB (2008), existe um processo químico industrial para a obtenção da polpa, descrito a seguir.

As árvores são cortadas, os galhos são retirados e em alguns casos descascados ainda na floresta, logo após as toras das árvores são transportadas e armazenadas na fábrica, onde são separadas de acordo com o tamanho (diâmetro).

Figura 01: Pátio de estocagem de madeira



Fonte: CETESB– foto de Milton Souza (2008)

As toras que não preenchem os requisitos para o cozimento são enviadas para um picador, onde são reduzidas em cavacos, que vão alimentar a Caldeira de Biomassa. Em seguida estas são lavadas para a remoção de material argiloso, se já estiverem descascadas, seguem para picagem. A madeira para celulose passa por equipamentos descascadores que retiram a casca por atrito, através de discos giratórios.

A madeira é descarregada nos picadores por lâminas rotativas, obtendose os cavacos, estes seguem por uma esteira transportadora para uma peneira vibratória, separando novamente a madeira que tem tamanho ideal para cozimento.

“Os cavacos então são armazenados a céu aberto ou em silos cobertos, constituindo uma reserva estratégica caso ocorram problemas de fornecimento, onde os valores são de 4 a 6,6 m<sup>3</sup> de madeira por tonelada de polpa, com uma densidade média de madeira entre 0,4 e 0,6g/cm<sup>3</sup> e a quantidade de massa varia entre 12 e 15% em massa, (PIOTTO 2003, Apud

Figura 02: Pátio de cavacos



Fonte: CETESB, 2008– foto de Milton Souza Após a picagem, seleção e estocagem, inicia-se o processo de digestão.

Figura 03: Digestor Contínuo

Fonte: CETESB, 2008– foto de Celso Foelkel

Na digestão o processo geralmente é contínuo (batelada), inicialmente os cavacos são selecionados e colocados no digestor, (um vaso de pressão) onde a massa passa por um cozimento e os cavacos são impregnados pelos reagentes, hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na<sub>2</sub>S), dessa maneira, há a transformação dos cavacos em celulose marrom, “individualizando as fibras”. Esta etapa pode variar de 0,50 a 3 horas.

O produto obtido depois deste cozimento é chamado de “polpa”, ele passa por uma lavagem em tanques e centrifugas, onde são retirados os cavacos que não se dissolveram, e impurezas que possam ter passado despercebido, chamado processo de Depuração.

A polpa é deixada em repouso em tanques para separar a celulose, em outros tanques é a etapa chamada branqueamento para separar a celulose de outros resíduos, fase que causa o maior impacto ambiental, principalmente pela produção de efluentes líquidos, indica o CETESB (2008), onde este branqueamento do papel especialmente na produção de papel branco ou brilhante ocorre em estágios de repouso em ácidos ou em meio alcalino. No processo mais convencional, é empregado o cloro para impregnar a massa e oxidar qualquer resíduo de lignina que tenha resistido.

O remanescente é aproveitado sendo queimado em caldeira e transformado em energia elétrica (por meio de turbos geradores a vapor), esta energia é aproveitada no restante do processo de fabricação do papel.

Como a polpa de celulose ainda tem grande volume de água, passa pela mesa plana para retirada dessa água.

Figura 04: Mesas Planas para produção de papel



Fonte: Metal Service 2013

Após a retirada de água a polpa é transformada em uma massa úmida em forma de grande folha contínua e lisa, sobre uma esteira rolante de feltro. A folha é prensada por rolos de prensagem e secada com ar quente, que retiram o excesso de água, compactam o papel e alisam a folha.

Figura 05: Rolos de prensagem e secagem produção de papel



Fonte: Metal Service 2013

Se o papel produzido exigir mais brilho, passa por uma máquina chamada

Coater (revistadora) onde é aplicada uma película no papel, com o papel couchê.

Finalmente, a folha é processada em um aparelho chamado enroladeira e por rolos de rebobinagem,

Figura 06: Enroladeira



Fonte: NORSKE SKOG PISA, 2013

O papel se descola da esteira rolante e forma enormes rolos (bobinas) estando pronto para o corte e o empacotamento, como descreve a Revista Abril (2011).

Figura 07: Bobinas de Papel



Fonte: Logis Market (2012) Figura 08: Etapas produção de papel



Fonte:

Os processos químicos - mecânicos, e termos químicos - mecânicos, geram polpas mais puras, entretanto transformam quase metade da madeira em resíduo, além de demandar grandes volumes de água, e danos ambientais mais significativos que a produção mecânica, segundo CETESB (2008).

## 2.2. Aspectos e impactos ambientais

Com o decorrer dos anos a importância e consumo do papel só têm aumentado consequentemente a produção do mesmo e os impactos ambientais originados da execução desta atividade segue este aumento.

Conforme o CETESB (2008) os impactos ambientais oriundos do setor de celulose e papel são diversos e relevantes. No Brasil a produção da polpa de celulose é feita a partir da madeira de eucalipto e pinus, ocasionando grandes impactos no bioma e na saúde, por isso atualmente há uma elevada preocupação em relação à questão ambiental.

Segundo CETESB (2008) o florestamento da madeira é o principio dos impactos ambientais da produção de papel, a partir deste ponto começa a surgir os conflitos tais como: a) A grande extensão de terra reservada para o plantio de eucaliptos e pinus, que poderiam ter outras destinações. b) Diminuição da biodiversidade nas áreas cultivadas. c) Alto consumo de água de irrigação. d) Emissões atmosférica, resíduos sólidos e possíveis danos a terceiro originados de possíveis pilhas de detritos de corte de arvores e queimadas florestais. e) Risco de compactação do solo, gerado por uso de grandes e pesadas maquinas de extração da madeira. f) Risco de contaminação da fauna, solo e águas subterrâneas, oriundos do elevado uso de fertilizantes e defensivos.

### 2.2.2. Reagentes de Processo

A produção de celulose e papel, segundo CETESB (2008), emite um leque de diversos poluentes devido à ampla variedade de produtos químicos e aditivos que podem ser utilizados no processo produtivo. Vários destes poluentes possuem um elevado potencial de danos à saúde e ao ambiente, isto ocorre especialmente na fabricação da celulose, os principais são: a) Cloro gasoso: Empregado no processo de branqueamento de massas mais antigas, geralmente em estado líquido é dissolvido na água na forma de hipoclorito de sódio ou ácido hipocloroso, seus danos são proporcional ao tempo de exposição e concentração. Por ser um elemento de alto risco tanto patrimonial, ocupacional como ambiental, está sendo abandonado. b) Dióxido de Cloro: É dissolvido em água e utilizado nos processos de branqueamento de polpa Kraft, seus impactos não podem ser desprezados, pois, é um gás explosivo em concentrações maiores que 12% no ar, corrosivo, altamente tóxico por ingestão, prejudicial as plantas e animais. Sua concentração acima de 3% é extremamente nocivo a vida aquática devido a sensibilidade da mesma em relação aos seus feitos. c) Enxofre e seus compostos: Na fabricação de celulose usam-se grandes quantidades de sais de enxofre, no processo de Kraft é utilizada na forma de sulfato de sódio, que durante a digestão sofrem reações químicas transformando-se em compostos reduzidos de enxofre (ETR), responsáveis pelo odor característico nas plantas de celulose, devido à presença de substâncias como a metilmercaptana, seu odor a partir de um limiar muito baixo de concentração pode ser perceptível ao olfato das pessoas, gerando problemas com as comunidades em volta da fábrica, além disto, certos sulfatos são altamente tóxicos pois possuem características de anestesiar o olfato humano acima de certas concentrações, ocasionando acidentes que podem levar até aos óbitos por intoxicação ou sufocamento de funcionários desavisados que entram em contato em ambientes com altas concentrações proibidas de sulfeto como galeria subterrânea ou sistemas de tratamento. d) Hidróxido de Sódio (Soda Cáustica): É uma substância básica muito forte usada no processo kraft, onde é adicionada ao digestor para extração da lignina, possui características extremamente agressiva e corrosiva, que podem ter consequências graves se em contato com o corpo como queimaduras severas na pele, úlceras profundas, bruta irritação nos olhos com cicatrizes leves ou até mesmo a cegueira permanente, se ingerida pode causar queimaduras na boca, garganta e esôfago, em caso de inalação (sob forma de aerossol) seu efeito pode gerar edema pulmonar, em situações onde há uma maior exposição pode levar até a morte.

Na fabricação de papel os aditivos e produtos auxiliares conforme

de pessoas

CETESB (2008) são amplos e sua função é de atribuir a cada papel as propriedades necessárias e ajudar a aprimorar a eficiência e eficácia do processo, alguns tipos são os detergentes, destintantes, polímeros (aniônicos e catiônicos), resinas, antiespumantes e corantes (matizantes de papel), possuem atributos irritantes e tóxicas, pode causar contaminação do ambiente como solo e água, e intoxicações

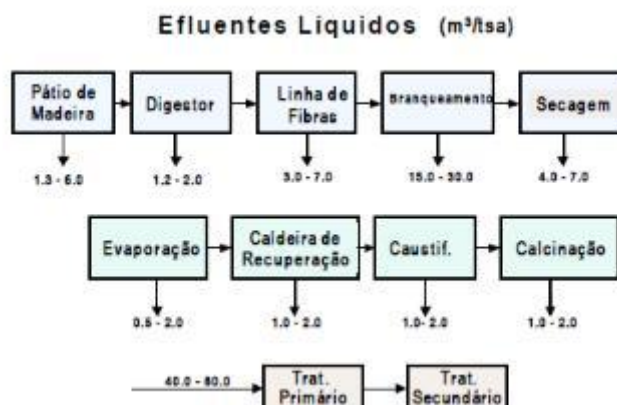
#### 2.2.4. Efluentes Industriais

o equilíbrio da biota

Os efluentes gerados na produção da celulose segundo CETESB (2008) são compostos por várias substâncias químicas, onde uns podem ter concentrações acima da permitida pela legislação, é possível citar alguns poluentes: a) Tensoativos: Possuem características lipossolventes que tem efeito bactericida e resistividade a degradação, podem gerar danos nos processos biológicos, prejudicar o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos, também há a suspeita de alguns terem atributos de disruptores hormonais que interfere na reprodução dos organismos aquáticos, deste modo afetando b) Resíduos de Cloro (AOX): Provavelmente sempre estará presente nos efluentes, pois está presente em matéria prima de celulose ou aparas branqueadas, possui atributo ofensivo. c) Soda Cáustica (NaOH): Em grandes quantidades apresenta propriedades corrosivas e biocidas, pode causar modificação no equilíbrio ecológico através da alteração do PH dos corpos d'água.

d) Metais Pesados: Originados de processo aditivos na produção de papel, tem efeito tóxicos que tendem a permanecer e acumular nos organismos.

Figura 09: Volume de efluente obtido por setor da Indústria de papel e celulose



#### 2.2.5. Processo de Branqueamento

O processo de branqueamento nem sempre é utilizado, CETESB (2008) afirma que isto depende da qualidade desejada do produto, dos fatores de mercado e da natureza da massa usada. Os impactos ambientais ocorrem em cada parte do processo, por exemplo: Branqueamento com cloro - Quando os compostos clorados são misturados com a polpa sofrem varias reações químicas, originando compostos organoclorados, onde uns são os



poluentes orgânicos persistentes (POP's) que são altamente nocivos e que interessam a legislação internacional e outros disruptores hormonais.

Os organoclorados voláteis prejudicam a camada de ozônio (ionosfera), tem um elevado potencial de bioacumulação, tendendo a permanecer dentro do organismo que os consome, uma parte da fauna marinha e das aves acumula esses POP's de modo que não consegue mais se reproduzir e também causa dano aos mamíferos afetados inclusive os seres humanos acabam excretando esses organoclorados através do leite materno.

#### 2.2.6. Emissões Atmosféricas

As emissões atmosféricas são de imensa relevância, tanto pelos produtos de combustão como pelas emissões fugitivas que podem acarretar materiais particulados, dióxido de enxofre, enxofre reduzido e os perigosos dioxinas e furanos. A natureza dos impactos segundo CETESB (2008) depende do tipo de processo utilizado, como: a) A caldeira de recuperação apresenta emissões de SOx, particulados e compostos reduzidos de enxofre. b) O forno de calcinação gera emissões de material particulado e outras substâncias. c) O digestor, os evaporadores e equipamentos de processo apresentam emissões fugitivas de compostos de enxofre reduzido, de odor desagradável. Todas essas substâncias são prejudiciais à saúde e podem contaminar o ambiente.

#### 2.2.7. Dioxinas e Furanos

As dioxinas e furanos são substâncias químicas originadas acidentalmente em vários processos industriais, onde há emprego de cloro e calor, conforme CETESB (2008) são imensamente tóxicas tanto para humanidade como para a biota, cancerígenas e danosas ao sistema imunológico e reprodutor, interferem na ação de determinados hormônios do corpo impedindo seu funcionamento natural.

Figura 10: Emissões Atmosféricas durante a produção do papel e celulose

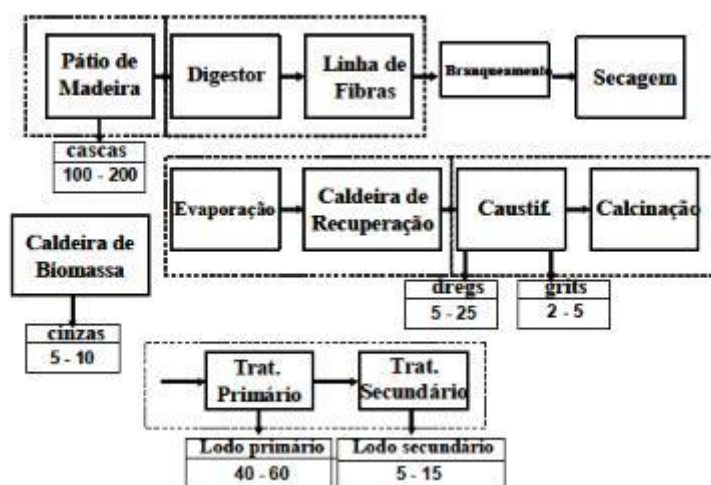


#### 2.2.8. Resíduos Sólidos

Segundo CETESB (2008) os resíduos sólidos gerados irão variar de acordo com cada parte do processo produtivo, por exemplo, no kraft as principais fontes de resíduos são: a) Grits,

oriundos no processo de apagamento da cal para produzir licor branco (soda cáustica); b) Dregs, gerados na classificação do licor verde (carbonato de sódio + sulfeto de sódio); c) Lama de cal, gerada nos filtros de lama de cal (carbonato de cálcio); d) Casca suja, oriunda do pátio de madeira; e) Serragem, surgida dos picadores; f) Rejeito originado da digestão da madeira; g) Cinzas, oriundas dos precipitadores das caldeiras de biomassa e forno de cal; h) Lodo da estação de tratamento de efluentes; i) Resíduos originados da operação e manutenção da caldeira (borras oleosas, cinzas, estopas sujas, etc.), este podem depender de autorização de específica de Órgãos de Controle Ambiental competente.

Figura 1: Resíduos Sólidos obtidos durante a produção do papel e celulose



### 2.2.9. Impactos da Reciclagem de Aparas

Apesar do processo de reciclagem ser um contribuinte para a sustentabilidade é preciso tomar algumas precauções de como será executado.

A maioria da reciclagem de papel é feita por empresas pequenas que geralmente não possuem um tratamento adequado para evitar os impactos ambientais e sociais, e estão localizadas perto de pequenos córregos, que acabam recebendo uma elevada carga de poluentes incluindo corantes, também uma mal seleção do papel recolhido para reciclagem e pouco tempo de vida útil dos aterros pode causar maiores riscos de contaminação do subsolo e águas subterrâneas, emissões de gases estufa, outros.

### 2.3 Controle e tratamento da poluição proveniente da indústria de papel e celulose.

Os efluentes líquidos, as emissões atmosféricas e os resíduos sólidos gerados durante o processo de produção do papel e celulose são fatores agravantes ao meio ambiente. Bernardes e Fofonka (2010) afirmam que estes efluentes são ricos em sólidos suspensos, matéria orgânica dissolvida com a predominância de compostos organoclorados devido ao uso do cloro no processo de branqueamento. Por este motivo há uma rígida legislação ambiental para o tratamento e controle destes poluentes.

Estes mesmos autores destacam os principais parâmetros de controle de efluentes das fábricas de celulose:

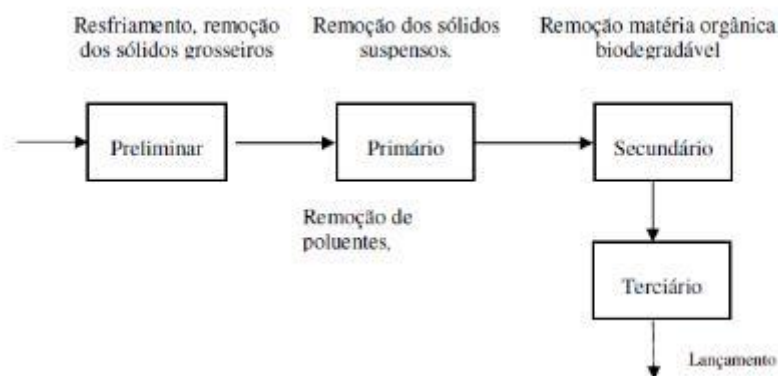
- DBO (demanda bioquímica de oxigênio) indica a quantidade de material biodegradável do efluente, é a quantidade necessária de oxigênio para oxidar a matéria orgânica dissolvida. - DQO (demanda química de oxigênio) é a medida de oxigênio consumido durante a oxidação química do material orgânico. - Sólido em suspensão mede a massa seca de sólidos secos retidos em filtro se 1,2  $\mu\text{m}$  expresso em mg/L. - Cor é determinada visualmente após comparação conhecida de determinadas soluções, a cor real é medida após a remoção da turbidez. - AOX é uma medida dos alógenos orgânicos adsorvíveis quantidade aproximada de material organoclorado do efluente. - Toxicidade e dioxinas: a toxicidade pode ser aguda ou crônica. A aguda é medida pela morte de 50% de uma espécie de peixe ou micro crustáceo selecionada em 96 horas de observação. A crônica relaciona-se a efeitos a longo prazo incluindo também letalidade das espécies. As dioxinas são normalmente os compostos cíclicos aromáticos clorados. (BERNARDES, Francisco J.; FOFONKA, Luciana. 2010.).

Segundo Mielli (2007) o tratamento dos efluentes líquidos na Indústria de papel e celulose segue as seguintes etapas:

a) Tratamento preliminar: responsável por remover os sólidos grosseiros, esta etapa diferencia-se em dois tipos, tais como, resfriamento do efluente e remoção dos sólidos grosseiros. O tratamento preliminar mais utilizado na Indústria de papel e celulose é o de resfriamento do efluente devido à necessidade de redução da temperatura do mesmo antes deste entrar no reator biológico. b) Tratamento primário: sua principal função é remover os sólidos suspensos como fibras de celulose, aditivos usados na fabricação de papel, e até mesmo, materiais originários do revestimento de papéis. Nesta etapa a remoção destes sólidos normalmente é feita por meio da decantação por gravidade e flotação. c) Tratamento secundário biológico: têm como objetivo reduzir a Demanda

Bioquímica de Oxigênio – DBO. São quatro os tipos de tratamento secundário biológico: Lagoa de estabilização – regulariza as descargas no corpo receptor e reduz o DBO, cujo tempo de retenção varia entre 10 a 30 dias; Lagoa aerada – requer um espaço menor que a de estabilização e produz menor quantidade de lodo biológico (0,1 a 0,2 Kg por DBO reduzida) em relação os demais processos biológicos; Lodos ativados – onde o lodo ativado e os efluentes são misturados, agitados e separados pelo processo de sedimentação, parte do lodo separado volta para o processo e o restante é retirado do sistema via desaguadoras e enviada ao destino final; e filtro biológico – devido ao entupimento do meio filtrante, é o menos utilizado, sendo empregado apenas quando há tratamento de efluente por lodo ativado. d) Tratamento terciário: é a etapa de finalização, também chamada de polimento, cujo processo compreende 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 e redução de espuma e de sólidos inorgânicos através da eletrodialise, da osmose reversa e da troca iônica.

Figura 12 - Tratamento dos efluentes líquidos



Vários são os poluentes atmosféricos gerados no processo de fabricação do papel e celulose, destacam-se: 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>). Cada um desses poluentes é tratado dentro da própria indústria de forma específica, Mielli (2007) destaca os principais equipamentos utilizados neste controle:

a) Material particulado (MP) – Oriundos principalmente das caldeiras de recuperação, caldeira de biomassa, forno de cal e tanque de dissolução de fundidos estes são controlados pelos seguintes equipamentos:

Precipitadores eletrostáticos – composto por eletrodos de placas carregadas positivamente, estes atraem as partículas dos gases carregadas negativamente, sendo capaz de remover 9% do material particulado. São usados geralmente nas caldeiras de biomassa, de recuperação e forno de cal.

Ciclones: funciona a base da força centrífuga tendo como função separar as partículas maiores e mais densas do gás. Estes equipamentos são utilizados normalmente em caldeiras de biomassa, tendo como vantagem o custo por apresentar-se pequeno e desvantagem por possuir eficiência baixa em relação o equipamento anterior.

Scrubbers ou lavadores de gás – Possui o mesmo princípio de

Funcionamento dos ciclones, no entanto a separação das partículas maiores é feita dispersando água para a lavagem dos gases. Os lavadores de gases mais usados nos tanques de dissolução de fundidos e caldeiras de biomassa são os chamados Venturini e ciclones múltiplos, cuja eficiência de remoção desses equipamentos atinge 98%. b) Enxofre Reduzido Total (TRS): Provenientes principalmente do forno de cal e a caldeira de biomassa, os gases com alta concentração e baixo volume são coletados dos digestores e evaporadores separadamente e encaminhados para incineração no forno de cal. Gases com características opostas referentes a concentração e volumes das áreas de lavagem da pasta escura e tanque de dissolução passam pela mesma operação 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>): Devido a eficiência para a

remoção de cloro e compostos clorados, as indústrias que utilizam estes compostos no processo de branqueamento, são equipadas com lavadores de gases (Scrubbers). d) Óxidos de enxofre e de nitrogênio (SO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>): Estes óxidos, normalmente são controlados através de condições operacionais específicas.

Os resíduos sólidos apresentam-se em dois tipos: perigosos e não perigosos. Conforme Mielli (2007) a legislação brasileira considera os resíduos sólidos gerados em indústrias de papel e celulose como não perigosos. Estes resíduos podem ser tratados, reutilizados ou encaminhados para o aterro industrial.

O Lodo primário segundo Miranda (2008) pode ser usado na confecção de blocos de cerâmica vermelha, devido à presença de celulose além de contribuir para a redução do consumo de combustível durante a etapa da queima e ser aproveitado na compostagem, quando misturado à casca.

O Lodo biológico secundário conforme Mielli (2007) pode ser aplicado nas florestas como condicionador do solo, nas fábricas este pode ser encaminhado para o aterro industrial ou ser misturado ao licor preto para a queima na caldeira de recuperação. Os Dregs e Grits normalmente são encaminhados para o aterro industrial, já as cinzas por serem ricas em potássio estas são aplicadas no solo.

### 3. MEDIDAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L) NA PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE (KRAFT)

Segundo CETESB (2008), existe várias medidas que colaboram para a

Produção mais Limpa em uma Indústria de Papel e Celulose, podendo ser aplicadas desde a etapa de extração da madeira até a finalização do produto. Algumas destas medidas são destacadas a seguir:

#### 3.1 Áreas florestais

O descascamento nas áreas de floresta pode realizar-se por máquinas do tipo anel, contribuindo para a redução dos custos do transporte e de combustível. O material orgânico deixado sobre o terreno por sua vez atua como uma capa protetora contra erosão, cooperando para próxima cultura.

#### 3.2. Redução do Consumo de Água

A redução do consumo de água pode ser obtida por meio de: a) Uso de medidas preventivas destinadas à redução da frequência e dos efeitos de episódios de derramamentos acidentais, além da minimização do consumo pela otimização dos volumes adequados a cada etapa Produtiva b) instalações e equipamentos de baixo consumo de água com controle eficiente de vazamentos e derramamentos c) Descascamento a seco reduz o consumo de água de

processo e a quantidade de matéria orgânica dissolvida nas águas residuárias, conforme a d) Lavagem e depuração: Utilização de lavadores tipo prensa no processo de separação do licor das fibras permitindo a redução de aproximadamente 70% do consumo de água nesta etapa, o que aumenta o teor de sólido da massa a ser queimada na caldeira de recuperação.

### 3.3. Processos de Branqueamento

A melhor alternativa em termos de P+L é o branqueamento da massa através de processos isentos de cloro elementar (ECF) e baixo AOX, caso isto não seja possível, pode-se agir de forma a aumentar a eficiência de deslignificação antes da etapa de branqueamento e a eficiência de lavagem da massa digerida não branqueada (brown stock).

### 3.4. Minimização de Emissões atmosféricas

As emissões atmosféricas podem ser reduzidas das seguintes maneiras:

a) Otimização da linha de licor negro: onde há a absorção de cargas adicionais de licores junto a uma produção de licor para queima com maior concentração possível b) Elevação da temperatura na fornalha da caldeira de recuperação: o que proporciona um aumento do teor de sólidos do licor para 75%, melhoramento das condições de queima e reduzindo da emissão de compostos de enxofre em até 80%.

c) Forno de cal: da lavagem da lama de cal proporciona a redução das emissões de compostos de enxofre no forno de cal e conseqüentemente reduz a contaminação por sulfeto.

### 3.5. Resíduos Sólidos

A minimização do acúmulo de resíduos sólidos por meio da recuperação, reuso e reciclagem desses materiais de volta ao processo produtivo, torna-se a melhor estratégia a ser utilizada. No entanto existem outras medidas podem ser tomadas como a utilização de embalagens a granel e prensagem dos resíduos orgânicos

## 4. CONSIDERAÇÕES

Em suma, conforme a abordagem do estudo, a produção do papel vem aumentando proporcionalmente ao consumo e em seu processo de produção utiliza diversos elementos químicos como reagentes e aditivos (dióxido de Cloro, dióxido de enxofre, cloro gasoso, e etc.), os quais são bastante nocivos à saúde tanto do homem, quanto da fauna e flora, por terem características corrosivas e tóxicas gerando resíduos sólidos, emissões atmosféricas, efluentes, e outros.

Portanto, faz-se necessário um processo de tratamento desses poluentes gerados para que esse impacto seja amenizado ao máximo, pois desde a extração da madeira, mesmo que seja

reflorestada, já existe um grande impacto no meio ambiente devido a redução da biodiversidade e os riscos de degradação do solo e afins.

Indústrias de pequeno porte possuem uma estrutura pouco eficiente, e há uma grande preocupação com isso, pois o mais afetado é primeiramente o bioma, e vai desencadeando uma série de consequências em um grau maior, que muitas vezes podem ser irreversíveis como a morte; Há também o consumo altíssimo de água, sendo que em seu maior volume se torna efluente, porém, partindo para a questão de uma produção mais limpa (p+L), o tratamento pode ser feito de diversas maneiras, em cada processo, em cada tipo de poluente, seguindo a característica de cada um, como por exemplo, os resíduos sólidos, que podem ser reciclados e reutilizados no processo produtivo, reduzindo assim o seu acúmulo. Todas essas medidas irão contribuir fortemente para uma indústria sustentável.

## 5. REFERÊNCIAS

ABRIL – Mundo Estranho. Como é feito o papel? Disponível em: <<http://w.casa.abril.com.br/materia/como-e-feito-o-papel>> Acesso em: 12/09/2013.

AGEITEC – Agencia Embrapa de Informação Tecnológica. BARROS, Talita Delgrossi. Arvore Do Conhecimento – Agroenergia. Disponível em: <<http://w.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sa wqe 35bc5orw.html>> Acesso em: 1/09/2013.

BERNARDES, Francisco J. e FOFONKA, Luciana. Tratamento de efluentes líquidos na indústria celulose Riograndence. Disponível em: <<http://w.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=905&class=02>>. Acesso em: 13/09/2013.

BNDES. O SETOR DE PAPEL E CELULOSE NO BRASIL E NO MUNDO. Disponível em: <[http://w.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conheciment o/r elato/rel52b.pdf](http://w.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conheciment o/r elato/rel52b.pdf)>. Acesso em 12/09/2013.

BNDES. Indústria química. Disponível em: <<http://w.escolamobile.com.br/emedio/esapiens/quimica/arquivos/artigos/industria-quimica.pdf>>. Acesso em: 12/09/2013.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia Técnico Ambiental da Indústria de Papel e Celulose. Disponível em: <[http://w.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao\\_limpa/documentos/papel.pdf](http://w.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/papel.pdf)>. Acesso em: 12/09/2013.

LOGIS MARKET. Bobinas de Papel. Disponível em: <<http://w.logismarket.pt/ip/cascade-hispaniasa-pinzas-para-bobinas-de-papel-305803.jpg>> Acesso em: 12/09/2013.

MARIANO, Renato. Papel e Celulose. Disponível em:  
<<ftp://ftp.unilins.edu.br/renato.mariano/QU%20CDMICA%20INDUSTRIAL%20-%20II/Aula%2003/PAPEL%20E%20CELULOSE.ppt>> Acesso em: 12/09/2013.

METAL SERVICE. Mesa Plana. Disponível em:  
<<http://w.hotsservico.com/clientes/metalservice/?pg=produto&secao=mesa-plana#produtos>> Acesso em: 12/09/2013.

MIELLI, João C. A. Sistema de Avaliação Ambiental na Indústria de Celulose e Papel. Disponível em: <[http://w.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde\\_arquivos/3/TDE-2008-02-27T064616Z-996/Publico/texto%20completo.pdf](http://w.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_arquivos/3/TDE-2008-02-27T064616Z-996/Publico/texto%20completo.pdf)>. Acesso em: 13/09/2013.

MIRANDA, Roselane E. S. Impactos ambientais decorrentes dos resíduos gerados na produção de papel e celulose. Disponível em:  
<[http://w.if.ufrj.br/inst/monografia/2008II/Monografia\\_Roselane.pdf](http://w.if.ufrj.br/inst/monografia/2008II/Monografia_Roselane.pdf)>. Acesso em: 13/09/2013.