

ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM UMA INDÚSTRIA DE PAINÉIS COMPENSADOS

Karina Stadler¹, Rafaelo Balbinot², Waldir Nagel Schirmer³,
Suelen Cristina Vanzetto⁴

Resumo

O efetivo controle da geração de resíduos é condição indispensável para que a empresa possa tratar e destinar corretamente os seus resíduos. Este trabalho trata da questão dos resíduos gerados por uma indústria de painéis compensados situada na cidade de Imbituva/PR, e as medidas que são usadas por ela para o gerenciamento desses subprodutos. O método utilizado foi o estudo de caso, e as informações foram obtidas dos arquivos da empresa e por meio de visitas de campo para a quantificação dos resíduos gerados na indústria com a posterior análise dos resultados. Os resíduos sólidos são totalmente aproveitados para a geração de energia na caldeira e reciclados para fabricação de embalagens. O efluente líquido retorna ao ciclo produtivo, não sendo despejado em corpos hídricos, evitando a poluição dos mesmos. Os resíduos atmosféricos emitidos estão de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente. A empresa estudada serve como exemplo de cuidado e atenção com o meio ambiente, já que possui controle eficaz de seus resíduos.

Palavras-chaves: Gerenciamento de resíduos, resíduos sólidos industriais.

Abstract

An effective control of waste generation is an indispensable step in a facility correct waste management. This paper deals with the issue of the generated solid waste and the subproduct management by an OSB (oriented strand board) company that is located in the city of Imbituva, PR (Brazil). The methodology performed consists in a case study, in which all information was obtained from the facility's archives; site visits, when the solid waste was quantified; and the subsequent analysis of the obtained results. Solid waste is entirely reused for both energy generation in the facility boiler and to produce packaging. Liquid waste is brought back into the productive cycle, thus not being discharged into water bodies, and avoiding their pollution. Atmospheric emissions are within current gas emission regulations. The studied company serves as an example of care and attention to the environment, since it controls its waste efficiently.

Key-words: Waste management, industrial solid waste.

1 Engenharia Ambiental - ka_stadler@hotmail.com

2 Prof. M.Sc. do Depto. de Engenharia Ambiental Universidade Estadual do Centro-Oeste – rbalbinot@yahoo.com.br

3 Prof. Dr. do Depto. de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste – wanasch@yahoo.com.br

4 Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste – suelen.van@hotmail.com

Introdução

O consumo de madeira mundialmente crescente e os limites de sua produção econômica e ecologicamente, levam alguns peritos a acreditar que, num futuro não muito distante, a carência de madeira tomará dimensões mundiais, tornando-se limitada regionalmente, em alguns países. Estima-se que do volume total de uma tora seja aproveitado apenas cerca de 40% a 60%. Isso significa que a cada 10 árvores cortadas, em média apenas cinco são aproveitadas comercialmente (GOMES e SAMPAIO, 2004).

O aproveitamento de todo esse resíduo gerado pode contribuir para a racionalização do uso dos recursos florestais, proporcionando uma nova alternativa socioeconômica às empresas, tornando-as ambientalmente adequadas ao gerenciamento de resíduos industriais.

A indústria de painéis compensados, no contexto econômico do Brasil, certamente, é de grande importância, devido à enorme disponibilidade de recursos florestais. A existência, no Paraná e também em Imbituva, de grande quantidade de pinheiros nativos fez com que a exploração da madeira, a partir do século XIX, tenha sido uma das atividades de maior destaque na região (STADLER, 2003). Hoje, no município de Imbituva, há cerca de 40 madeireiras, dentre as quais, 15 fabricam painéis compensados, o que além de gerar grande renda para o município, produz uma significativa quantidade de resíduos, os quais, muitas vezes, não possuem uma destinação e um tratamento correto.

Além de sua indiscutível importância econômica, as empresas de painéis compensados apresentam um elevado potencial de contaminação ambiental, não somente pela grande geração de resíduos de madeira, mas também pelo volume gerado de resíduos líquidos e gasosos, o que implica num significativo volume de efluente a ser tratado antes de seu lançamento nos corpos aquáticos e na atmosfera.

Neste contexto, há necessidade de se entender a questão da relação entre indústria e meio ambiente, os impactos gerados dessa relação e quais seriam as possíveis medidas a serem tomadas para que estes sejam minimizados.

No processo produtivo da indústria de painéis compensados são consideradas a geração de resíduos sólidos de madeira, a produção de água residuária e a emissão de gases de combustão e material particulado. O correto gerenciamento desses materiais poderia evitar a contaminação do solo, de rios e da atmosfera, bem como promover à empresa um retorno financeiro, à medida que esses resíduos vão sendo reaproveitados.

Os resíduos de madeira são classificados como ligno-celulósico, ou seja, contêm majoritariamente lignina e celulose e têm origem tanto em atividades industriais quanto em atividades rurais (QUIRINO, 2007). Inicialmente, o resíduo de madeira pode ser considerado bastante heterogêneo, devido à variedade, à granulometria da serragem, às diversas condições de

armazenamento, que alteram as suas características físicas e à dispersão geográfica, que dificulta o seu transporte.

Os resíduos de madeira são de baixa densidade e não são tóxicos se no seu volume não houver outros materiais, principalmente produtos químicos, tais como, conservantes, fungicidas, inseticidas, vernizes, tintas, dentre outros, que possam emitir gases ou vapores tóxicos durante o processo de reciclagem ou de queima (QUIRINO, 2007). Livre destes contaminantes, o resíduo pode ser considerado não inerte, pois é biodegradável, classificado pela NBR 10.004 (ABNT, 2004) como classe II B, com possibilidade de reciclagem por processos diferentes dos processos industriais iniciais e de ser transformado em produtos de uso similar ou diferente ao da madeira inicialmente serrada.

Os resíduos industriais de madeira são oriundos do processamento mecânico das toras de madeira sólida. Durante o corte e descascamento, processos de desdobro, desengrosso, serragem e acabamento, há a geração de vários tipos de sobras sólidas peculiares a cada etapa citada. Portanto, o resíduo de madeira é considerado a “sobra” após uma ação ou processo produtivo e passam a ser descartados e acumulados no meio ambiente (TEIXEIRA, 2005).

De acordo com Fontes (1994), os resíduos de madeira são classificados em três tipos: 1) Serragem: resíduo originado da operação de serras, encontrado em todo tipo de indústria, à exceção das laminadoras; 2) Cepilho: conhecido também como maravalha, é o resíduo gerado pelas plainas nas instalações de serraria/beneficiamento e beneficiadoras (indústrias que adquirem a madeira já transformada e a processam em componentes para móveis, esquadrias, pisos, forros, etc.); e, 3) Lenha: resíduos de maiores dimensões, gerado em todos os tipos de indústria, composto por costaneiras, aparas, refilos, resíduo de topo de tora, e restos de lâminas.

Considerando todas as etapas da produção de painéis compensados, são gerados subprodutos com variadas aplicações e destino final, sendo os resíduos mais importantes, as cascas, o refil da lâmina, o material particulado e a água residuária. O resíduo líquido proveniente do tanque de cozimento e da lavagem do equipamento para aplicação de cola e passadeira pode ser classificado como efluente líquido industrial.

De acordo com a Norma Brasileira NBR 9.800 (ABNT, 1987), efluente líquido industrial é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo emanções de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico. Azevedo Neto *et al.* (1998) comentam que o uso industrial da água pode ser dividido em quatro grandes categorias, que são: 1) utilização como matéria-prima, 2) no processo industrial; 3) água empregada para resfriamento; e, 4) água necessária para as instalações sanitárias, refeitórios, etc.

Por muito tempo não existiu a preocupação de caracterizar a geração de efluentes líquidos industriais e de avaliar os seus impactos no meio ambiente. No entanto, a legislação vigente e a conscientização ambiental fizeram com que algumas indústrias desenvolvessem atividades para quantificar a vazão e determinar a composição dos resíduos líquidos industriais.

Os resíduos de emissões industriais são gases ou partículas que alteram a composição do ar atmosférico, podendo danificar materiais e ocasionar prejuízos para a saúde de homens, animais e plantas. Os efeitos da presença de poluentes na forma de gases ou de partículas no ar atmosférico variam muito, quer em qualidade, quer em quantidade. Em geral, esses efeitos se classificam em estéticos, irritantes e tóxicos, sendo que um poluente atmosférico quase nunca produz apenas um desses inconvenientes. Um mesmo gás pode ter efeito irritante e tóxico, assim como um material particulado pode exercer efeitos estéticos e irritantes (BRANCO e MURGEL, 2000).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi diagnosticar a produção de resíduos em uma indústria de painéis compensados de Imbituba/PR, analisando seu processo produtivo e caracterizando os impactos ambientais causados por meio da determinação das fontes geradoras de resíduos no processo produtivo e a quantificação dos resíduos gerados.

Material e Métodos

O método utilizado foi o estudo de caso. Este estudo foi realizado em uma indústria de painéis compensados que processa diariamente aproximadamente 80 m³ de madeira, situada na cidade de Imbituva/PR. A metodologia utilizada neste estudo consiste em um trabalho realizado em campo para a quantificação de resíduos gerados na indústria, com a posterior análise dos resultados.

A espécie estudada foi o *Pinus caribaea* e a fase de quantificação dos resíduos foi realizada na indústria de painéis compensados, em visitas à empresa, e por análises dos dados fornecidos pela própria.

Processo produtivo da empresa

O processo de produção da empresa inicia-se com a seleção de árvores na floresta, em termos de diâmetro e forma do tronco. Na indústria as toras são aquecidas e laminadas e as lâminas produzidas passam por processos de secagem, para a formação do compensado. As mesmas são coladas sobrepostas e prensadas a frio para facilitar as operações de carregamento e melhorar a distribuição do adesivo nas lâminas, antes da prensagem a quente. Em seguida, os painéis de compensado seguem uma

seqüência de operações de acabamento, como: esquadrejamento, reparos e lixamento, para que posteriormente seja realizada a classificação e armazenagem do produto final. Cada etapa do processo é descrita e analisada a seguir.

Cozimento das toras: O cozimento das toras tem como finalidade amolecer as fibras da madeira, tornando-as mais flexíveis, para que se possa minimizar fenda e aumentar a sua resistência à tração perpendicular. A qualidade da lâmina tem relação direta com o tempo e a temperatura do cozimento. As toras ficam armazenadas em estufas aquecidas com vapor em média, por 6 a 8 h com temperatura de 160° C.

Laminação e corte das lâminas: Depois de cozidas, as toras entram no torno, que é o equipamento utilizado para a obtenção das lâminas contínuas por meio de cortes paralelos. Esta etapa caracteriza-se por seu processo de desenrolamento da tora. Em seguida, as lâminas são transportadas para a guilhotina por meio de correias, onde são cortadas em medidas específicas para cada tipo de chapa. Neste processo também são separadas as lâminas para a produção onde aquelas com resíduos da casca ou quebradas servirão de combustível para o funcionamento da caldeira.

Secagem: A secagem das lâminas é o processo de retirada da água até um determinado teor de umidade (8%). O objetivo da secagem de lâminas é oferecer condições adequadas para a formação de painéis onde, durante a prensagem, a quantidade de umidade influencia na velocidade de solidificação do adesivo, ou seja, quanto menor o conteúdo de umidade da madeira, maior será a velocidade de solidificação ou cura do adesivo. Neste processo, as lâminas passam pelos secadores e o processo conclui-se em aproximadamente 20 min de secagem.

Aplicação da cola: É o processo em que a lâmina recebe a cola feita com resina, trigo e água. A cola é preparada de acordo com as exigências de resistência do compensado e do tipo de madeira a ser colocada.

Montagem: A montagem é o processo de formação das camadas do compensado, as quais devem ser formadas da seguinte forma: as fibras de uma camada devem ser orientadas perpendicularmente às fibras situadas imediatamente abaixo e acima dela. Usa-se um número ímpar de camadas, sendo que as duas lâminas externas são chamadas de capas e as demais, de miolo molhado (com cola) e o centro seco.

Prensagem: É o processo de aplicação de pressão a vapor, onde as chapas ficam submetidas aproximadamente um minuto por milímetro de espessura a 130°C para a cura da cola.

Usinagem: É o processo em que as chapas passam pela máquina esquadrejadeira, onde é feito o acabamento lateral.

Lixamento: É o processo em que a chapa passa pela máquina lixadeira, para obter-se as faces lisas.

Resíduos Sólidos

Determinação do volume geométrico da tora: O volume geométrico das toras foi determinado, tomando-se o diâmetro médio das extremidades da tora e o comprimento da mesma. Foram utilizadas cinco toras, as quais serviram de repetição para o estudo de rendimento do processamento primário da madeira.

Determinação de resíduo produzido na laminação das toras: o volume de resíduos foi determinado com base na diferença entre o volume da tora e o volume de lâminas obtidas no torno laminador, conforme a Equação 1.

$$VR = VT - VL \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: VR - volume de resíduos, m³; VT - volume da tora, m³; VL - volume da tora laminada, m³.

Resíduos Líquidos

A água utilizada no processo produtivo da indústria é dividida em duas partes: uma parte é utilizada para a lavagem da passadeira e batedeira e a outra é utilizada para o cozimento das toras. Neste caso, não foi contabilizada a água utilizada nas instalações sanitárias e para outros fins.

A quantificação do resíduo líquido foi feita por estimativa, já que a água utilizada na empresa provém de poço artesiano e não há volumes mensais contabilizados. A base para se estimar esta quantidade foi o volume que a empresa trata diariamente. O tratamento da água residuária apresenta-se em duas etapas: tratamento biológico e tratamento físico-químico. Este tratamento, primeiramente, é baseado na ação metabólica de microrganismos, especialmente bactérias, que estabilizam o material orgânico biodegradável em um reator compacto e com ambiente controlado. Em seguida, é realizado tratamento físico-químico.

Resíduo atmosférico

A quantificação de poluentes emitidos na chaminé da caldeira foi realizada por meio da análise de relatórios cedidos pela empresa, que são enviados ao Instituto Ambiental do Paraná. Foram analisados dois relatórios emitidos em fevereiro e agosto de 2007, realizados por uma empresa terceirizada.

Foram determinadas as concentrações de efluentes gasosos (NO_x, SO₂, O₂ e CO) provenientes da chaminé da caldeira, utilizando dez amostras para cada efluente.

A caldeira tem uma potência nominal de 4,80 MW e utiliza como combustível os resíduos da madeira. O equipamento utilizado para as medições consiste em um analisador automático de emissões, modelo TEMPEST 100, cuja leitura é baseada em sonda de gases munida de sensores termoquímicos, que operam reagindo com o gás a ser detectado, produzindo um sinal elétrico proporcional à sua concentração e remetendo-o a microprocessadores para a identificação em tempo real.

Também há a geração de resíduo atmosférico na forma de material particulado, proveniente das etapas de usinagem e lixamento das chapas na produção do painel. A sua quantificação baseou-se na quantidade que é retirada semanalmente dos filtros de manga, durante a limpeza.

Os resultados obtidos neste trabalho foram comparados com a Resolução n.º 054/2006 da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), que estabelece os limites máximos de emissão permissíveis de serem lançados na atmosfera por fontes estacionárias potencialmente poluidoras.

Resultados e Discussão

Resíduos sólidos

De acordo com a Tabela 1, a porcentagem média de aproveitamento das toras é de 38,7%, com conseqüente perda média de 61,3%. Portanto, para cada metro cúbico de madeira processada tem-se 0,613 m³ de resíduo, entretanto, todo o resíduo gerado reaproveitado. A geração de resíduos é grande, porém concorda com o trabalho realizado por Silva (2001), na região sul do Brasil, em indústria de compensados de *Pinus*, ele constatou que se produz 1,9 m³ de resíduos para cada m³ de compensados, considerando a laminação e as atividades de manufatura dos painéis. Mencionou ainda que a produção de resíduos é de 65% quando considerado todo o processo produtivo, como neste trabalho. Brand *et al.* (2004) relatam que o fato de as indústrias de base florestal gerarem grandes quantidades de resíduos no processo produtivo não é novidade. Porém, o aumento progressivo da quantidade de madeira desdobrada tem revelado o problema da disponibilização de quantidades ainda maiores de resíduos, que muitas vezes não têm utilização na indústria onde foram gerados.

Dentre as alternativas usadas para aplicação dos resíduos de madeira, pode-se citar a geração de energia através da incineração direta e carbonização, que de modo geral, para qualquer resíduo, constituem soluções para atingir os objetivos de: destruir os resíduos, descaracterizando-os e transformando-os em cinzas; reduzir drasticamente o volume de resíduos; gerar energia a partir de resíduos combustíveis. Dessa forma, 95% dos resíduos, com exceção da serragem, que é armazenada para venda a criadores de aves, são aproveitados como combustível na caldeira da empresa

estudada. A empresa também faz a reciclagem do resíduo gerado a partir do compensado já pronto, através da fabricação de embalagens utilizadas para a expedição do painel.

A Tabela 1 apresenta a geração de resíduos sólidos (madeira) conforme o consumo de toras da empresa.

Tabela 1 - Geração de resíduos sólidos de acordo com o consumo de toras da empresa.

<i>Mês</i>	<i>Consumo de toras (m³)</i>	<i>Aproveitamento da tora (m³)</i>	<i>Resíduo (m³)</i>	<i>Rendimento (%)</i>	<i>Resíduo (%)</i>
Agosto	2477	1518	959	61.3	38.7
Setembro	2618	1589	1029	60.7	39.3
Outubro	2091	1321	770	63.1	36.9
Novembro	2369	1469	900	62.2	37.8
Dezembro	2070	1289	781	62.2	37.8
Janeiro	2008	1236	772	61.5	38.5
Fevereiro	1471	864	607	58.7	41.3
Março	1420	844	576	59.4	40.6
Abril	1950	1209	741	62	38
Mai	1705	1091	614	63.9	36.1
Junho	1733	1037	696	59.8	40.2
Agosto	2074	1255	819	60.5	39.5

De acordo com a Resolução do CONAMA N° 237, de 19 de dezembro de 1997, a própria empresa que realiza atividade poluidora deverá promover o tratamento e disposição final de seus resíduos. O estudo constatou que esta empresa está cumprindo com os requisitos da legislação vigente, já que todos os resíduos sólidos tiveram uma destinação e tratamento adequados.

Resíduos Líquidos

Na empresa em questão, a água é utilizada para duas finalidades: parte é utilizada para lavagem da passadeira e bateadeira gerando um efluente com alto teor de fenol, devido à cola presente, e a outra parte é utilizada para o cozimento das toras, onde a contaminação é oriunda das substâncias (resinas, lignina, tanino) que são exudadas durante o cozimento.

A quantidade de água utilizada para a lavagem da passadeira e bateadeira é de aproximadamente 6 m³ por mês. Este efluente é retido em canaletas e encaminhado para um tanque dotado de uma bomba, que retorna o efluente ao processo produtivo. Os resíduos da cola voltam para a bateadeira, onde são reaproveitados. Para este processo, ainda são necessários mais 14 m³ de água limpa, para ser incorporada à cola.

No processo de cozimento são consumidos cerca de 40 m³ de água por mês, e a água residuária condensada, é canalizada, sendo disposta para tratamento. O efluente oriundo do tratamento biológico alimenta o

tanque floculador, este processo se dá por batelada, onde o líquido é tratado com solução de cal a 5%, até que o pH fique na faixa de 8 a 8,5. Em seguida é adicionada uma solução de sulfato de alumínio a 2%, como floculante e deixado para decantar por um período mínimo de 4 h. O líquido livre de impurezas é destinado para o tanque reservatório. Após, o efluente retorna ao ciclo produtivo e é reutilizado no processo de depuração do gás de combustão da caldeira.

O lodo é enviado para o leito de secagem que é pavimentado e permanece durante um período mínimo de três meses, sendo que a produção mensal de lodo é de aproximadamente 60 kg (seco). Devido ao reduzido volume a empresa utilizava o lodo como fertilizante em suas plantações de *Pinus spp.* Porém, devido a necessidade de enquadramento com a Resolução nº 375/2006 do CONAMA a empresa está armazenando o lodo seco e aguardando orientação do órgão ambiental estadual.

Resíduo atmosférico

Na Tabela 2, são mostradas as concentrações resultantes das medições na chaminé e os índices máximos referentes aos padrões de emissão atmosférica para processos de geração de calor ou energia utilizando derivados de madeira como combustível para o mês de fevereiro e agosto de 2007.

Tabela 2 – Concentrações de gases e padrões de emissões atmosféricas

Amostra	SO ₂ (mg.Nm ⁻³) ¹		NOx (mg.Nm ⁻³)		CO (mg.Nm ⁻³)		O ₂ %	
	Fev.	Ag.	Fev.	Ag.	Fev.	Ag.	Fev.	Ag.
1	129	34	163	116	1718	1152	16,3	12,0
2	209	36	144	124	2229	955	16,3	10,1
3	136	50	158	121	1734	2074	15,9	10,3
4	145	53	171	148	1448	1407	16,2	12,5
5	104	52	136	129	1385	1864	11,1	15,0
6	119	66	193	119	1519	3149	15,2	15,9
7	236	83	146	108	3654	4333	15,5	16,6
8	208	99	151	86	3093	2753	15,6	5,6
9	144	56	161	117	2054	1787	15,6	9,5
10	251	47	171	129	3329	1559	16,5	12,0
Padrão	Não aplicável		Não aplicável		2500 mg.Nm ⁻³		11%	
Médias	168,1	57,6	159,4	119,7	2216,3	2103,3	13,8	11,9

Constatou-se que a média das emissões de CO encontram-se abaixo do limite estabelecidos no artigo 21 da Resolução nº 054/2006 da SEMA. Enquanto que o volume de oxigênio, acima de 11%, oferece boas condições para uma efetiva combustão.

¹ mg.Nm⁻³ - valor referenciado nas CNTP (0°C e 1 atm).

A diferença entre as concentrações das emissões em fevereiro e agosto deve-se apenas a variação no volume de produção.

Entretanto, não há limites impostos para os demais gases (SO_x e NO_x) dentro da faixa de potência de operação do gerador de energia analisado (2 até 10 MW.), o que torna-se desnecessária a medição destes compostos sendo os mesmos não significativos para a legislação, além de gerar maiores custos para a empresa contratante, devido ao maior número de medições e amostragens.

A geração de material particulado é de 30 kg por mês, e este fica retido nos filtros de mangas, que são efetivos para material particulado.

Considerações Finais

A partir deste estudo foi possível verificar que os resíduos sólidos de madeira, estes recebem um bom gerenciamento, sendo todos dispostos adequadamente, conforme as suas características, o que representa um ganho ambiental e econômico, com a utilização como combustível na caldeira (95% do resíduo) e a reciclagem na forma de embalagens para os painéis prontos.

Quanto à geração de efluentes líquidos, a sua disposição é feita através de práticas ambientalmente corretas e a empresa se esforça para fazer um tratamento adequado. A utilização de técnicas de reuso pela incorporação ao próprio processo de fabricação das chapas é apropriada. Porém, ela não realiza análises da qualidade da água, o que seria de grande importância, para certificar-se da eficiência do tratamento adotado.

Não há problema com resíduos atmosféricos, pois a empresa está operando em conformidade com a legislação vigente. As tecnologias utilizadas para o controle das emissões são eficazes, pois a caldeira tem uma boa combustão e o filtro de manga é apropriado para a retenção de material particulado.

Em relação à aplicabilidade da legislação, existe legislação no âmbito federal e estadual que estabelece diretrizes para gerenciamento de resíduos sólidos, parâmetros para emissão de efluentes líquidos e emissões atmosféricas, as quais são cumpridas pela empresa.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9800** Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10004** Resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 48 p.

AZEVEDO NETO, J. M., FERNANDEZ, M. R., ARAUJO, R., ITO, A.E, **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: E.Blucher, 1998. 669 p.

BRANCO, S.M.; MURGEL, E. **Poluição do ar**. São Paulo: Moderna, 2000. 87p.

BRAND, M.A.; KLOCK, U.; de MUÑIZ, G.I.B; SILVA, D.A. Avaliação do processo produtivo de uma indústria de manufatura de painéis por meio do balanço de material e do rendimento da matéria-prima. **Revista Árvore**. vol. 28, no. 4, Viçosa July/Aug. 2004.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 237**, 19 de dezembro de 1997.

FONTES, P. J. P. **Auto-suficiência energética em serraria de *Pinus* e aproveitamento dos resíduos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 1994. 14 p.

GOMES, J.I., SAMPAIO, S.S. **Aproveitamento de resíduos de madeira em três empresas madeireiras do Pará**. Comunicado Técnico, 2004. 5 p. Disponível no site:

http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_site/comunicado-tecnico/2004/aproveitamento-de-residuos-de-madeira-em-tres-empresas-madeireiras-do-estado-do-para-com-tec-102

HELLMEISTER, João César. **Madeiras e suas características**. I EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Anais. São Carlos, 1983, pag 1 à 37.

QUIRINO, W. F. **Utilização Energética de Resíduos Vegetais**. Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA. 35 p. Disponível no site: www.funtec.org.br/arquivos/aproveitamento.pdf. Acessado em maio 2007.

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Resolução, nº 054, 2006**.

SILVA, D.A. **Avaliação da eficiência energética de uma indústria de painéis compensados**. 2001. 205f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

STADLER, C. B. **Imbituva: uma cidade dos campos gerais**. Imbituva, 2003. 185 p.

TEIXEIRA, M.G. **Aplicação de conceitos da ecologia Industrial para a produção de Materiais ecológicos: O exemplo do resíduo de madeira**. Dissertação de Mestrado, UFBA, 2005. 159 p.