

## III-140 - QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS EM UMA SERRARIA NA CIDADE DE GOIANÉSIA DO PARÁ -PA

**Brenda Lays Menezes da Silva e Silva**<sup>(1)</sup>

Graduanda em engenharia ambiental pela Universidade do Estado do Pará

**Samyr Salim Monteiro Mauad**<sup>(2)</sup>

Engenheiro ambiental pela Universidade do Estado do Pará (2014)

**Luiz Felipe Santiago da Silva**<sup>(3)</sup>

Engenheiro ambiental pela Universidade do Estado do Pará (2012)

**Luís Felipe da Costa leal**<sup>(4)</sup>

Engenheiro ambiental pela Universidade do Estado do Pará (2012)

**Glauber Epifanio Loureiro**<sup>(5)</sup>

Engenheiro ambiental pela Universidade do Estado do Pará (2008), e Mestre em Engenharia Civil (2011) com habilitação em Recursos Hídricos e Saneamento. Consultor ambiental em Resíduos Industriais, Professor efetivo do curso de engenharia ambiental (UEPA) e doutorando do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA/UFPA)

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Folha 17, Quadra 30, Lote 03- Bairro Nova Marabá - Marabá - Pará - CEP: 68505-533 - Brasil - Tel: +55 (94) 99100-0773 - +55 (94) 98193-7496 - e-mail: brenda\_menezes123@hotmail.com / belysmenz@gmail.com

### RESUMO

A economia da região amazônica é baseada no setor rural (extração de madeira, pecuária e agricultura) e na mineração industrial. No Pará o setor madeireiro é responsável por inúmeros empregos diretos e indiretos, principalmente nas menores cidades. Entretanto esse setor é responsável por uma grande geração de resíduos. Com isso o estudo foi realizado com o objetivo de quantificar os resíduos sólidos industriais do desdobro, juntamente com o rendimento e coeficiente de conversão volumétrica da madeira nos dez dias de estudo. Foi possível observar que a geração de resíduos por dia é elevada, com média de 21,31 m<sup>3</sup>. As médias do rendimento e da conversão volumétrica da madeira foram de 47,43% e 2,33. Os resíduos quantificados foram classificados em aparas 8,14 m<sup>3</sup>/dia, costaneiras 8,34 m<sup>3</sup>/dia e pó de serra 3,87 m<sup>3</sup>/dia. Por último o trabalho demonstrou que a melhor forma de uso para o resíduo que não estava sendo aproveitado seria a compostagem. Propondo soluções ambientalmente corretas correlacionando com o lucro, demonstrando que a geração de resíduos sólidos é uma alternativa de arrecadação de verba e de diminuição do passivo ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Quantificação, Rendimento, Pó de Serra, Desdobro da madeira.

### INTRODUÇÃO

O município de Goianésia A economia no Pará se baseia no extrativismo mineral (ferro, bauxita, manganês, calcário, ouro, estanho), vegetal (madeira), na agricultura, pecuária, indústria e no turismo. O setor madeireiro se apresenta como um grande gerador de empregos, contribuindo de forma significativa para a ascensão do Produto Interno Bruto – PIB do estado, devido à exportação da madeira (AIMEX, 2004).

Durante as últimas décadas, as mudanças na economia estimularam os investimentos na indústria madeireira, através da abertura de novas áreas para exploração e alteração da forma de extrair, transportar e processar a madeira. Porém, a indústria madeireira resulta na geração de resíduos sólidos, que podem ser conceituados como todos os restos sólidos ou semissólidos das atividades humanas, que embora possam não apresentar utilidade para a atividade de onde foram gerados, podem virar insumos para outras atividades.

Um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade moderna é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos. A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos, em especial os domiciliares e os industriais, tem aumentado diante o crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final (BESEN; JACOBI, 2011).

Para os processos industriais os resíduos são definidos como “matéria-prima e insumos não convertidos em produto”, logo sua geração significa perda de lucro para a indústria e, por isso é interessante que haja a criação de tecnologias e processos que visem à diminuição destas perdas ou reaproveitamento desses resíduos. As indústrias madeireiras geram resíduos definidos como os subprodutos decorrentes dos desdobros primário e secundário. Dessa forma, são resíduos a casca, a costaneira, as pontas, as aparas, as lascas, os nós, o pó de serra e as maravalhas (NUMAZAWA, 2003).

As questões relativas ao aproveitamento dos resíduos gerados pelas indústrias madeireiras na região amazônica têm sido abordadas pela sociedade, principalmente com relação à poluição do meio ambiente.

Essas indústrias geram grande quantidade destes resíduos, apresentando um baixo rendimento, que dispersos ao meio ambiente podem trazer sérios problemas de poluição, especialmente, em sua incineração sem um prévio controle ambiental. ( NASCIMENTO; DUTRA; NUMAZAWA, 2005).

Um dos primeiros passos para resolver esta problemática é a quantificação dos resíduos industriais. Pois, a quantificação é um instrumento que auxilia no planejamento para uma política em que se definem diretrizes claras, arranjos institucionais e recursos a serem aplicados na indústria. Aponta e sistematiza a articulação entre instrumentos legais, de planejamento e investimentos para poder garantir de fato a constância e eficácia do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais, objetivando destinar às varias formas de aproveitamento do resíduo sólido industrial (MOROSINE; GERMANO, 2003).

O município de Goianésia do Pará, centrado na mesorregião Sudeste Paraense apresenta-se como grande produtor de madeira (beneficiada e semi-beneficiada) com 100 a 200 mil m<sup>3</sup> de madeira desdobrada (AIMEX, 2004). Onde foi observado que uma grande parte do resíduo não é aproveitada, virando um passivo ambiental afetando negativamente tanto o proprietário da serraria quanto a população.

## OBJETIVO

O presente trabalho consistiu em descrever o processo produtivo, origem, tipo e classificação dos resíduos sólidos da madeira, sugerindo um aproveitamento dos mesmos, propondo soluções ambientalmente corretas diante da utilização e comercialização dessas sobras, correlacionando com o lucro, transformando a geração de resíduos sólidos em uma forma de arrecadação de verba, onde com isso haja a possibilidade de diminuir consideravelmente o seu passivo ambiental.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo realizado em uma serraria no município de Goianésia do Pará possui caráter exploratório, com pesquisa em campo, observando os fatos tal como ocorrem. Foram necessários dois dias para a coleta de dados, que se deram do dia 15/09/2014 até o dia 16/09/2014 para levantamento de informações relevantes da caracterização geral da empresa, verificando todo o funcionamento, divisão da área de estudo e localização geográfica. Os dados da caracterização da área de estudo foram obtidos através da visita *in loco*, de capturas de imagens, marcações de pontos com o GPS – garmin 72s e aplicação de questionário.

Os resíduos foram classificados segundo a ABNT 10004/2004 e conforme quantificados na equação 1 de acordo com o percentual de serragem com base em Carré & Schenkel (1992) é de 10%, o percentual de costaneiras segundo Contente et. al (2002) é de 21,54%, e segundo Numazawa et. al (2003) o percentual de aparas com grandes bitolas e comprimentos é 21,03%.

Para a obtenção das informações sobre o rendimento e quantificação dos resíduos foram necessários dez dias úteis, que se deram do dia 17/09/2014 até o dia 29/09/2014 para a obtenção da quantidade de resíduo gerado. A determinação do coeficiente de transformação ou fator de rendimento e conversão de coeficiente volumétrico – CCV, foram determinados para esta indústria conforme Instrução Normativa do IBAMA nº 112/2006.

Para a destinação correta visando o aproveitamento do resíduo foram verificados alguns parâmetros e propriedades, pois só a partir da verificação será possível apontar a melhor forma para o seu reuso. Os pontos analisados foram:

- Poder calorífico e teor de umidade: Verificação na literatura de acordo com as espécies estudadas.
- Matéria prima: Verificação da disponibilidade na serraria Carajás;
- Viabilidade técnica e econômica: Verificação na literatura e na quantidade de matéria prima presente na serraria.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES

Durante dez dias úteis foi realizado o levantamento da entrada das espécies no processo de desdobro da madeira. Com isso a classificação das madeiras foi realizada através dos dias de coleta, verificando durante as oito horas de funcionamento todas as entradas da madeira. A seguir a ordem sucessiva dos dias de coleta com as espécies serradas identificadas como: Ipê (*Handroanthus sp*), Guajará (*Pouteria sp*), Goiabão (*Pouteria pachycarpa Pires*), Jatobá (*Hymenaea courbaril*), Maçaranduba (*Manilkara huberi*), Tachi (*Tachigali myrmecophilla*), Tachi (*Tachigali myrmecophilla*), Cedrinho (*Erismia uncinatum*), Itaúba (*Mezilaurus itauba*), Amesclão (*Trattinnickia burserifolia*), Cedrorana (*Cedrelinga cateniformis*), Ipê (*Handroanthus sp*), Angelim-vermelho (*Dinizia excelsa Ducke*) e Angelim-pedra (*Hymenolobium spp*).

### CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS POR ETAPA

A classificação dos resíduos sólidos é a primeira etapa a ser realizada quando o objetivo é considerar os cuidados relativos ao manuseio, transporte e armazenamento. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT 10004/2004, classifica o resíduo da madeira como não perigoso, com o código de identificação A 009. Estes são provenientes das etapas de serra fita, serra circular, destopadeira e ripeira.

### QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Para quantificação do volume de resíduo da madeira foi necessário à coleta de dados durante dez dias úteis na indústria. Os dois parâmetros utilizados foram à quantificação das toras na entrada e a saída beneficiada do produto. O método aplicado na entrada foi o Smalian, o mesmo adotado pelo CONAMA e para obtenção da cubagem de saída os parâmetros verificados foram à espessura, largura e o comprimento.

O estudo foi quantificar em cada dia a porcentagem de resíduo com a aplicação do método cubagem sugerido por Carre e Schenkel (1992), Contente et al. (2002) e Numazawa (2003), a fim de obter a quantidade de resíduo de aparas, costaneiras e pó de serragem esperado no beneficiamento. Com a diferença de volume de entrada e saída, constatou-se que estes apresentavam valores diferentes, contudo muito parecido quanto à geração de resíduos.

No primeiro momento não foi realizado a distinção dos resíduos. Foram somados todos os resíduos para encontrar a quantidade esperada com base na literatura e a encontrada no campo. A tabela 01 abaixo mostra que a diferença total entre o volume de resíduo esperado de acordo com a metodologia citada e o volume coletado em campo é de 9,544 m<sup>3</sup>, com a diferença de menos de 1 m<sup>3</sup> por dia, quando os números se tornam porcentagem, podemos identificar que a diferença foi menor que 5%. De forma que apesar da distinção dos números a metodologia ainda sim foi válida, lembrando que cada madeira tem sua particularidade.

**Tabela 01 - Avaliação da quantificação dos resíduos**

<b>Dia de Campo</b>	<b>Espécies</b>	<b>Volume tora (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume literatura* (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume Resíduo Medido (m<sup>3</sup>)</b>
1°	Ipê	39,760	20,91	16,423
2°	Guajará Goiabão	37,030	19,45	21,227
3°	Jatobá	40,094	21,16	25,064
4°	Maçaranduba	40,113	21,09	22,383
5°	Tachi	38,460	20,20	25,663
6°	Tachi	37,540	19,72	24,532
7°	Cedrinho Itaúba	38,200	20,07	16,7
8°	Amesclão Cedrorana	36,880	19,37	21,828
9°	Ipê	41,290	21,69	18,089
10°	Angelim- vermelho Angelim- pedra	37,930	19,93	21,225
<b>Média</b>		<b>38,729</b>	<b>20,359</b>	<b>21,313</b>
<b>Total</b>		<b>387,297</b>	<b>203,59</b>	<b>213,134</b>

Fonte: Autor

\* Carre e Schenkel (1992), Contente et al. (2002) e Numazawa (2003)

A tabela 02 abaixo demonstra a classificação dos resíduos segundo Contente et al. (2002), Numazawa (2003), Carre e Schenkel (1992), diferenciam em números as costaneiras, aparas e serragem. A quantidade gerada de cada resíduo durante todo o dia, e foi constatado que nos dez dias de coleta foram gerados de costaneiras 83,41 m<sup>3</sup>, de aparas 81,41m<sup>3</sup> e de pó de serra 38,77 m<sup>3</sup>. A frequência média de geração por dia das costaneiras é de 8,34 m<sup>3</sup>, de aparas 8,14 m<sup>3</sup> e da serragem 3,87 m<sup>3</sup>, conhecer a quantidade de resíduo por dia é importante para o seu acondicionamento, tratamento e aproveitamento.

**Tabela 02: Percentual dos resíduos.**

<b>Dia de campo</b>	<b>Costaneiras (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aparas (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Serragem (m<sup>3</sup>)</b>
1°	8,57	8,37	3,97
2°	7,97	7,78	3,70
3°	8,64	8,43	4,09
4°	8,65	8,43	4,01
5°	8,28	8,08	3,84
6°	8,08	7,89	3,75
7°	8,22	8,03	3,82
8°	7,94	7,75	3,68
9°	8,89	8,68	4,12
10 °	8,17	7,97	3,79
<b>Média</b>	<b>8,34</b>	<b>8,14</b>	<b>3,87</b>
<b>Total</b>	<b>83,41</b>	<b>81,41</b>	<b>38,77</b>

Fonte: Adaptada pelo autor conforme literatura\*

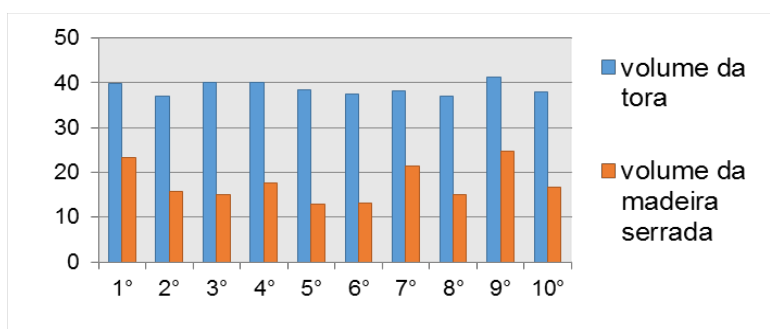
\* Carre e Schenkel (1992), Contente et al. (2002) e Numazawa (2003).

Foram identificados na distribuição dos resíduos de acordo com a sua classificação e quantidade sendo 19% proveniente da serragem, 40% proveniente das costaneiras e 41% proveniente das aparas. Podemos analisar que as porcentagens gerais de costaneiras e aparas são quase a mesma, como demonstrada no método. Segundo Nascimento, Dutra e Numazawa (2003), onde seu trabalho verificou três espécies (muiracatiará, maçaranduba e Guajará) o percentual de aparas foi de 50%, costaneiras 33,9% e de serragem 15,7%. A diferença é pequena

em relação ao estudo realizado na serraria, tal fato pode ser explicado porque os autores utilizaram apenas três toras e os mesmos afirmam no seu trabalho que os equipamentos de desdobros são arcaicos, podendo interferir no corte da tora.

#### RENDIMENTO E COEFICIENTE DE CONVERSÃO VOLUMÉTRICA DA MADEIRA

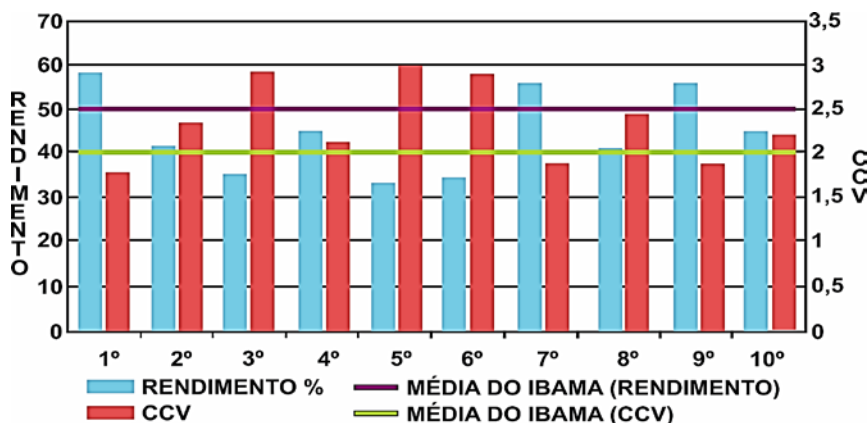
A realização do rendimento foi obtida através da quantificação do volume de entrada e o volume de saída da madeira desdobrada. A Figura 01 a seguir demonstra os dez dias de coleta na serraria. Podemos verificar que o volume de madeira serrada por dia é muito semelhante, ficando assim com a média geral de 38,729 m<sup>3</sup>, devido essa igualdade podemos destacar que a indústria funcionou às oito horas de forma correta durante todos os dias, sem nenhuma falta dos colaboradores. Essa pequena variância na entrada é decorrente o pedido feito no dia, onde para a obtenção de peças menores, como é o caso do caibro, a tora é serrada mais vezes, aumentando assim o tempo de duração do desdobramento.



**Figura 01: Relação do desdobro do volume da tora e madeira serrada.**

Fonte: Autores (2014).

Para melhor entendimento sobre o aproveitamento de cada dia, foi elaborada uma tabela demonstrando o rendimento e coeficiente de conversão volumétrica - CCV. A figura 02 a seguir demonstra o rendimento e o CCV do desdobro da madeira em cada dia.



**Figura 02: Rendimento da produção e do CCV por dia.**

Fonte: Autores (2014).

Na Figura 02 de rendimento e do CCV ilustra essa variância de uniformidade com a sua menor taxa de desdobro e aproveitamento no quinto dia, alcançando somente 33,27% de rendimento e 3,0 de CCV e com sua taxa máxima de 58,69% e 1,70 no nono dia. Os dias de CCV que se aproximam de 1 são os de melhores em termos de aproveitamento e rendimento, sendo os dias que se distanciaram de 1 demonstram o oposto.

O rendimento em madeira serrada da empresa, foi de 44,24% quase idêntico ao estabelecido pela Resolução nº 411 de 6 de maio de 2009 do CONAMA, que especifica o coeficiente volumétrico para empresas que trabalham com transformação de toras em madeira serrada em 45%. O rendimento da serraria ficou próximo ao pressuposto pelo IBAMA, vista que sua norma preconiza 50% para madeira serrada.

A média dos dias foi de 2,33. Com essa média a serraria em questão foge um pouco do padrão estabelecido pela instrução normativa do IBAMA nº112/2006 que é 2,0 para madeira serrada. Entretanto sua média se aproxima muito do CCV proposto pelo CONAMA nº411/2009 que é 2,22, com isso constatamos que a indústria se encontra muito próxima dos padrões preconizados.

#### DISPOSIÇÃO FINAL E FORMA DE APROVEITAMENTO DO RESÍDUO

Os principais resíduos sólidos gerados durante a operação do empreendimento são o pó de serra, aparas e costaneiras. Estes, por sua vez são resíduos orgânicos e não possuem constituintes químicos perigosos, podendo ser reaproveitados para diversos fins. Ambos os resíduos citados são totalmente reaproveitados para este fim, onde parte da porcentagem de costaneiras geradas é doada para pequenos produtores de carvão vegetal. Esta prática é muito comum na região em função da limpeza que estes pequenos produtores realizam nos pátios de armazenamento de resíduos das serrarias.

Quanto ao pó de serra, percebeu-se que foi o resíduo menos reutilizado, seja pela própria serraria, ou por outros empreendimentos. O pátio de armazenamento do pó de serra é o maior e mesmo sendo o resíduo com menor percentual de geração/dia é o mais acumulado pela empresa.

As principais maneiras de reaproveitar o pó de serra são a produção de adubo orgânico, painéis (aglomerados, MDF, OSD e outros), ou para a produção de briquetes (REMADE, 2003). O reaproveitamento em painéis foi logo descartado devido que para a sua fabricação é necessário outro tipo de resíduos da madeira, possui alto custo de implantação e só aproveitaria a serragem que se encontra acondicionado há pouco tempo no pátio de resíduos. Com isso foram explanadas as duas maneiras que possivelmente podem ser utilizadas na serraria: a compostagem e a briquetagem.

#### CONCLUSÕES

O processamento da madeira na serraria de estudo gera uma grande quantidade de resíduos sólidos provenientes do processo de desdobro. A média dos 10 dias de coleta de dados foi de 21,31 m<sup>3</sup> de resíduos. A média da quantificação dos três tipos de resíduos no estudo foram de acordo com a literatura, classificados em: costaneiras 8,34 m<sup>3</sup>/dia (41%), aparas 8,14 m<sup>3</sup>/dia (40%) e pó de serra 3,87 m<sup>3</sup>/dia 19%.

Conclui-se que a principal medida para o aproveitamento dos resíduos de pó de serra, observando seus parâmetros é a efetuação da compostagem, pois é medida que reaproveita tanto o pó de serra que forma o passivo quanto o gerado diariamente. Os gastos para implantação são baixo em relação à briquetagem, o seu custo benefício mostrou-se mais vantajoso, pois é um investimento de retorno rápido. Simplicidade do processo e a importância de adubos orgânicos para região foram outros parâmetros para sua escolha.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AIMEX. Associação das Indústrias **Exportadoras de Madeiras do Estado do Pará. Pará exporta mais produtos beneficiados**. Belém, 2004. Disponível em: < <http://www.aimex.com.br/>>. Acesso em: 13 jun. 2014.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004**. Resíduos Sólidos. Classificação. Rio de Janeiro. ABNT, 2004. 71 p.
3. BESEN, G. R.; JACOBI, P. R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Estud. av.vol.25no.71 São Paulo Jan./Apr. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142011000100010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142011000100010&script=sci_arttext)>. Acesso em: 03 jun. 2014.
4. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução 411 de 06 de maio de 2009**. Brasília: **Diário Oficial da União**, 06 de maio de 2009
5. CARRÉ, J.; SCHENKEL Y. (1992b)-Biomass Characteristics and combustion process in E.C. workshop: Designs and selection of biomass boilers, yogyakarta.
6. CONTENTE, P. L. B; SILVA, J. N. Macedo. **Relação entre volumes de árvores em pé e volume Francon**. Belém: FCAP-serviço de documentação, 2002 p 25-41 (FCAP. Informe técnico,28).

7. INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Instrução normativa nº 112**. Documento de Origem Floresta. Brasília 23 p. 2006.
8. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Informações sobre madeira**. 2014. Disponível em:< [http://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras](http://www.ipt.br/informacoes_madeiras)>. Acesso em: 30 out. 2014.
9. MOROSINE, F.; GERMANO, A.G. Resultados Preliminares do Inventário dos Resíduos Sólidos Industriais do Estado da Paraíba- Brasil. **Anais do 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**. Setembro 2003. Joinville- SC
10. NASCIMENTO, S.M; DUTRA, R. I. J. P.; NUMAZAWA **Resíduos de indústria madeireira: caracterização, conseqüências sobre o meio ambiente e opções de uso**. Revista Científica Florestal. 2005.
11. NUMAZAWA, S. C. **Determinação do índice de conversão da tora em madeira serrada de oito espécies florestais processadas na empresa Comércio Madeira Dunorte Ltda**. In: Anais do IX Congresso Internacional de Compensado e madeira Tropical; 2003; Belém. 2003.
12. REMADE. **Gestão de resíduos sólidos na indústria madeireira**. Revista da Madeira. Edição nº 77 – novembro de 2003.