

III-086 - AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORIGINADOS DURANTE O PROCESSAMENTO MECÂNICO PRIMÁRIO DA MADEIRA EM UMA EMPRESA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI

Marcelo de Almeida Cavalcante⁽¹⁾

Tecnologia Agroindustrial – Universidade do Estado do Pará (UEPA). Especialista Gestão, Consultoria e Auditoria Ambiental pelo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM).

Leonardo de Araújo Neves⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil (Área de concentração: Recursos Hídricos) pela Universidade Federal de Campina Grande. Professor do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM) e do Centro Universitário do Pará (CESUPA).

Heline Santana Modesto⁽³⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil (Área de concentração: Engenharia Sanitária e Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - Campus II. Professora do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM).

Érika Sofia Conte Lima⁽⁴⁾

Administração – Gestão Ambiental pelo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM). Especialista Gestão, Consultoria e Auditoria Ambiental pelo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM).

Endereço⁽¹⁾: Rua Boaventura da Silva, N. 361, Apt. 402 - Bairro: Reduto - Cidade: Belém - Estado: Pa - CEP: 66053-050 - País: Brasil - Tel: (91) 3230-2919 - e-mail: marcelodeacavalcante@gmail.com

RESUMO

A indústria madeireira é um exemplo significativo da área de beneficiamento de produtos florestais que processam uma grande quantidade de receitas em vários setores da economia nacional. Entretanto, associado à riqueza que este mercado produz, estão os danos causados ao meio ambiente, que são resultantes do acúmulo ou descarte inapropriado dos resíduos sólidos decorrentes do desdobro da madeira. Esses resíduos podem ser gerados na atividade florestal (desbaste de árvores) ou durante as etapas de transformação da madeira em produtos acabados ou semi-acabados. No entanto apesar de serem tratados, na maioria das vezes, como um empecilho para um mecanismo de produção ambientalmente correto, os restos de madeira possuem um potencial extraordinário de conversão e, principalmente de geração de lucros, podem ser usados como, biomassa para a produção de energia, através da queima direta e até mesmo na fabricação de móveis de qualidade inferior, porém aceitável, além de muitas alternativas de aproveitamento. Considerando tal fato, esse estudo foi realizado numa empresa no Distrito industrial de Icoaraci, na região metropolitana de Belém, baseia-se em uma avaliação dos resíduos gerados, indicando o aproveitamento dos resíduos produzidos no processo de desdobro da madeira para a empresa avaliada.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Madeira, Impactos ambientais e Aproveitamento de Resíduos da Madeira.

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos é resultado do crescimento da população combinado ao grande processo de industrialização desordenada, já que, a busca por desenvolver produtos cada vez mais resistentes e eficientes para a população, muitas vezes, torna a composição de seus resíduos mais poluidores (BIDONE & POVINELLI, 1999).

A Amazônia possui um extraordinário potencial de recursos florestais, com estoque de 60 milhões de metros cúbicos de madeira comercializável, garantindo as necessidades internas e externas de produtos à base de madeira. Essa situação desperta o interesse de muitos empresários do setor madeireiro principalmente após a quase extinção das florestas da China e do sul do Brasil.

De acordo com o conceito de Zilberman (1997) sobre resíduos sólidos, conclui-se que a indústria madeireira fornece como resíduo, material com grande potencial na aplicação industrial e com substâncias químicas de elevada pureza, porém os métodos ainda antigos de processamento mecânico oneram o setor por não incluírem uma gestão de resíduos adequada para absorver e transformar as sobras de cada etapa do beneficiamento em produtos com potencial de qualidade aceitável.

O recente enfoque da gestão de resíduos visa otimizar os processos tradicionais que utilizam metodologias antigas possibilitando o aumento da produção e o acréscimo do valor agregado do produto, além de elevar o rendimento do volume total da tora processada.

O estudo de novos métodos de reutilização dos resíduos sólidos torna-se uma alternativa viável para aumentar a receita das empresas e associar a imagem da indústria a um modelo de exploração ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável, uma vez que poderiam produzir uma nova demanda de produtos, gerando fontes de renda viáveis e emprego (QUANTIFICAÇÃO, 2006).

As políticas públicas de proteção ambiental, como elementos preponderantes nessas pesquisas, não deverão ser esquecidas e novas técnicas de administração e gerenciamento, deverão ser aplicadas de forma a minimizar as perdas durante o processamento.

Na região amazônica, a questão dos crescentes aumentos no custo dos insumos energéticos tem levado as indústrias a pensarem nas vantagens do aproveitamento dos resíduos como fonte alternativa de combustível ou utilizá-lo como matéria-prima para outros produtos, quais sejam para a produção de pequenos objetos de madeira ou para a geração de energia, como já é praticado nas regiões Sul e Sudeste com espécies de reflorestamento.

Desta forma, é necessário se levantar os dados e informações técnicas referentes ao rendimento em madeira serrada e geração de resíduos, em função das espécies utilizadas para a produção de madeira serrada, com o objetivo de se obter as diferenças entre rendimento de madeira serrada por espécie.

Entende-se por resíduos, tudo aquilo que sobra, que é resto e que não possui valor sendo então considerado como lixo e gerando problemas ao meio ambiente. Os resíduos sólidos classificados pela norma NBR 10004, podem ser de origem industrial, doméstica, hospitalar, agrícola, de serviços e de varrição, segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (1988).

A política do meio ambiente, visa um controle notadamente mais efetivo dos danos ambientais, causados por pessoas físicas e/ou jurídicas, os quais vêm provocando situações impactantes negativamente, como acontece atualmente em várias regiões do Brasil, através de atividades, como, agropecuária e a exploração de madeiras nobres para sua comercialização, realizada por serrarias, localizadas irregularmente, pois muitas às vezes não se encontram em área industrial, mas sim residencial. A destinação inadequada de seus resíduos, ocasiona em desconforto, além de diversas conseqüências negativas: *social* (prejudiciais à saúde) e *ambiental* (impacto ao meio ambiente devido ao acúmulo de resíduo) e se enquadram, assim na constituição como fonte poluidora.

Os impactos causados por esses resíduos provenientes de serrarias ao meio ambiente estão diretamente ligados à exploração madeireira e na quantidade de serragem desperdiçada ou queimada. O primeiro passo para a conservação e uso sustentável de um recurso, é minimizar os desperdícios, ou seja, reduzir os desperdícios significa minimizar a área florestal necessária para atender a uma dada demanda de madeira.

O modelo tradicional de extração de toras, como é praticado na Amazônia, causa perda de madeira. Os desperdícios nas operações tradicionais de extração de madeira são ocasionados, principalmente, pela falta de treinamento em derruba de árvores e do planejamento no arraste das toras, com um planejamento adequado a serraria, conseguiria reduzir o possível desse resíduo (BORGES, 1993).

A solução passa pela identificação de um descarte apropriado. Na busca de otimização, consideram-se as opções de uso dos resíduos para a geração de bens de mercado, resolvendo a geração de descartes e gerando rendas adicionais ao negócio. Os resíduos podem ser utilizados pela própria indústria que o produz, principalmente na geração de energia, ou podem ser vendidos para outras empresas e aplicado em diversos usos. Se isto for feito os resíduos deixam de ser um problema e passam a ser um sub-produto da empresa em questão, podendo até gerar lucro. Existem diversas aplicações que podem ser dadas aos resíduos de madeira, dependendo muito do tipo, podem-se destacar:

- Energia - os resíduos são muito utilizados para gerar energia devido a sua capacidade calorífica. Estes resíduos podem gerar energia para própria indústria, ou serem vendidos. A geração de energia por resíduos é bastante vantajosa, pois economiza outras fontes de energia. No entanto os resíduos usados para este fim não

devem possuir nenhum elemento químico adicional, caso contrário podem emitir poluentes causando danos ambientais (BRAND, 2004).

- Chapas de partículas e fibras - os resíduos podem ser utilizados para confecção de chapas de fibras ou partículas como o aglomerado, chapas duras, MDF. Inclusive a indústria de chapas aglomeradas surgiu para o melhor aproveitamento de madeiras menos nobres e resíduos. Os EUA utilizam os resíduos de madeira como fonte principal de matéria-prima na indústria de aglomerados, no entanto o Brasil utiliza no máximo 15%. É importante ressaltar que para utilização dos resíduos na indústria de chapas, devem ser observadas questões com relação ao tamanho das partículas utilizadas, que devem ser adequadas para o processo influenciando diretamente a qualidade do produto (BRITO, 1995).
- Briquetes - outra forma de se utilizar os resíduos para gerar energia é através de briquetes, que possuem grandes vantagens sobre o uso dos resíduos em sua forma primária, pois com a compactação destes para formar os briquetes existe um controle maior sobre o teor de umidade, queimando de maneira mais uniforme, além de facilitar o manuseio e o transporte. Além de gerar energia para as indústrias esse material pode ser utilizado em restaurantes, olarias, lareiras, etc., desde que esteja livre de produtos químicos como tintas e produtos para madeiras tratadas.
- Polpa - a utilização dos resíduos como polpa para produção de papel também é bastante viável. Existem algumas limitações quanto ao tipo de resíduo a ser usado, sua origem e a origem da madeira, pois são fatores que podem, influenciar diretamente na qualidade do produto final.
- Cargas para compostos poliméricos - uma forma alternativa para aplicação dos resíduos de madeira, é a de carga para compostos poliméricos, a utilização de diversos tipos de cargas em polímeros é bastante comum, e existem vários tipos de cargas, como talco, cálcio, e entre eles está a farinha de madeira. O uso dos resíduos de madeira como aditivo de polímeros termoplásticos é bastante viável e possui diversas aplicações. Os polímeros termoplásticos aditivados com pó de madeira encontram aplicações em perfis extrudados, nas mais diferentes áreas, sejam elas moveleira, automobilística, refrigeração, construção civil, podendo ser citados produtos como: rodapés, molduras, divisórias, laminados, forros, esquadrias, assoalhos, etc. (BRANKS, 2003).
- Pequenos objetos de madeira (POM): Definem-se como pequenos objetos de madeira, pequenas peças confeccionadas de modo industrial ou artesanal que podem ser manuseadas ou conduzidas facilmente com as mãos. Considerando os vários produtos feitos com madeira, destaca-se o artesanato e os pequenos objetos de madeira, por apresentarem uma maior flexibilidade em relação às dimensões das peças utilizadas na sua confecção. Esses dois produtos podem ser produzidos, a partir de pequenos pedaços, provenientes de resíduos, sejam eles, de serrarias, laminadoras, marcenarias ou fabricas de móveis (VIEIRA, 2006).

O objetivo do trabalho é diagnosticar quantitativamente e qualitativamente os resíduos sólidos gerados durante o processo mecânico primário de uma indústria madeireira e o mesmo foi executado em cinco etapas.

Na primeira, realizou-se a *Determinação do Volume Geométrico da Tora* nesta etapa foram utilizadas espécies de Angelim Vermelho, Pequiá e Roxinho, com toras de diâmetros médios entre 16,4 e 53,6 cm, os quais foram determinados pela média aritmética dos diâmetros da ponta fina e ponta grossa, com casca. A segunda etapa consiste nos *Sistemas de Desdobro Utilizados*, as toras foram selecionadas e divididas em três grupos de acordo com a espécie. A terceira etapa, consta a *Obtenção do Volume de Madeira Serrada*, para realização do cálculo do volume de madeira serrada, todas as peças obtidas, tiveram suas espessuras, larguras e comprimentos medidos. A quarta etapa, foi a *Obtenção do Volume de Resíduos* para obter-se o volume dos resíduos produzidos, seja costaneiras, refilos, destopos ou serragem, foram medidas a largura, a altura e o comprimento da “caixa de resíduos” e finalmente a quinta etapa realizou-se o *Cálculo do Rendimento*, isto é, o rendimento em madeira serrada, é a relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume das toras antes do desdobro, expresso em porcentagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma serraria localizada no Distrito Industrial de Icoaraci, na cidade de Belém (PA). É uma serraria de médio porte, com uma capacidade produtiva média em madeira serrada de aproximadamente 1200 m³/mês.

No desdobro principal, foi utilizada uma serra-fita com diâmetro de volantes de 1,25 m e altura de corte de 80 cm e com dois motores de 100cv. Para resserragem dos pranchões, utilizou-se uma resserra horizontal de dois cabeçotes com volantes de 1,25 m de diâmetro, com um motor de 30cv e altura de corte de 50 cm. Para refilamento das tábuas e semiblocos obtidos no desdobro principal foram direcionados para uma serra circular múltipla com altura de corte de 110 mm.

As cinco etapas do trabalho serão descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: DETERMINAÇÃO DO VOLUME GEOMÉTRICO DA TORA

As espécies utilizadas para o estudo foram: Angelim Vermelho, Pequiá e Roxinho, com toras de diâmetros médios entre 16,4 e 53,6 cm, os quais foram determinados pela média aritmética dos diâmetros da ponta fina e ponta grossa, com casca. Foram utilizadas 68 toras divididas em classe de acordo com as espécies. Cada classe foi dividida em lotes contendo 20 toras de Pequiá, 21 toras de Roxinho e 28 toras de Angelim Vermelho. Os lotes de toras foram submetidos ao desdobro convencional adotado pela serraria. Após o procedimento normal de recebimento das toras no pátio da serraria, elas foram separadas em lotes e mensuradas individualmente para obtenção do volume geométrico. Os diâmetros foram medidos na ponta fina (d1) e grossa (d2) das toras, sendo que o diâmetro médio (D) de cada tora foi tomado como referência, tanto para classificação diamétrica quanto para cálculo de volume. Depois de tomadas as medidas de todas as toras, para obtenção do volume real foi utilizada a seguinte equação:

$$V = \frac{\pi \times D^2}{40000} \times L \quad \text{equação (1).}$$

Onde:

V = volume da tora (m³)

D = diâmetro médio da tora (cm) (Figura 1)

L = comprimento da tora (m) (Figura 2)



Figura 1: Determinação do diâmetro médio da tora.

SEGUNDA ETAPA: SISTEMAS DE DESDOBRO UTILIZADOS

As toras foram selecionadas e divididas em três grupos de acordo com a espécie. O sistema de desdobro convencional utilizado pela serraria consistiu na entrada das toras classificadas para esse sistema aleatoriamente, ou seja, sem nenhuma classificação diamétrica, sendo que, na entrada da serra principal (serra-fita), elas eram classificadas visualmente pelo operador da máquina. Através de uma classificação visual, o operador optava pelo melhor posicionamento da tora sobre o carro porta-tora, definindo o diagrama de corte a ser desenvolvido para cada uma. Após o desdobro, todas as pranchas obtidas de cada tora, vão até a resserra

desdobrando-as em diversos produtos, como dormentes, cruzetas e tábuas. Tábuas e cruzetas irão através da mesa de roletes até a serra-circular múltipla (multilâminas) produzindo madeira serrada em diversas dimensões que posteriormente irão a destopadeira para o corte no comprimento do pedido.

Os dormentes e algumas vezes as cruzetas irão da reserra através da mesa de rolete direto a destopadeira para o corte no comprimento. Quando destopados, todos os produtos são classificados e os considerados aprovados são empacotados e medidos para posterior obtenção dos rendimentos em madeira serrada.

TERCEIRA ETAPA: OBTENÇÃO DO VOLUME DE MADEIRA SERRADA

Para o cálculo do volume de madeira serrada, todas as peças obtidas, tiveram suas espessuras, larguras e comprimentos medidos. Foram tomadas duas medidas da espessura em dois pontos da peça (E1 e E2), sendo uma em cada topo, com auxílio de paquímetro digital. Da mesma forma, foram tomadas duas medidas da largura, uma em cada topo da tábua, com auxílio de trena. Dessa forma, foram obtidos “E” (espessura média da tábua) e “L” (largura média da tábua). O volume de cada tábua foi determinado através da fórmula:

$$V_t = E \times L \times C$$

equação (2).

Onde:

V_t = volume da tábua (m^3);

E = espessura média da tábua (m);

L = largura da peça (m);

C = comprimento da tábua (m).

Em função de que as peças são aproveitadas no processo de usinagem em suas medidas nominais, e tendo em vista da dificuldade de separação das mesmas após o desdobro, não foram tomadas as medidas de largura, espessura e comprimento, sendo consideradas, para determinação do volume em madeira serrada, as medidas nominais, ou seja, 13 cm para a espessura, 30 cm para a largura e 2,60 m para comprimento. Desta forma, o volume em madeira serrada de cada tora foi obtido através da contagem das peças originadas por casa uma delas.



Figura 2: Comprimento da peça.

QUARTA ETAPA: OBTENÇÃO DO VOLUME DE RESÍDUOS

Considerando-se que no processo de industrialização da madeira a geração de resíduos está em função da matéria-prima utilizada, do tipo de equipamento, do nível de processamento na indústria e do produto final, procurou-se controlar estas variáveis, utilizando os mesmos tipos de matéria-prima, nível de processamento e produto final para as três espécies estudadas.

Para obter-se o volume dos resíduos produzidos, seja costaneiras, refiles, destopos ou serragem, foram medidas a largura, a altura e o comprimento da “caixa de resíduos” (Figura 3). O volume da “caixa de resíduos” foi determinado através da fórmula:

$$V_{\text{caixa}} = H \times L \times C$$

equação (3).

Onde:

 V_t = volume da caixa (m^3); H = altura da caixa (m); L = largura da caixa (m); C = comprimento da caixa (m).**Figura 3: Caixa de resíduos.**

QUINTA ETAPA: CÁLCULO DO RENDIMENTO

O rendimento volumétrico, também chamado de coeficiente de serragem, coeficiente de transformação ou fator de rendimento, é a relação entre o volume produzido de madeira serrada e o volume utilizado de madeira em forma de tora, expresso em porcentagem. O rendimento em madeira serrada ou porcentagem de aproveitamento é a relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume das toras antes do desdobro, expresso em porcentagem. Este coeficiente é afetado pela interação de diversos fatores como o diâmetro, o comprimento, a conicidade e a qualidade das toras, bem como o número de produtos alternativos.

Após os processos de desdobro, todas as peças obtidas por classe diamétrica que tinham seus topos pintados com cores diferentes, para facilitar a separação dos lotes, foram medidas e agrupadas segundo suas respectivas cores. Para mensurar o rendimento de cada lote, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$R\% = \frac{\Sigma V_t}{\Sigma V}$$

equação (4).

Onde:

 $R\%$ = rendimento em madeira serrada obtida de um lote (%); ΣV_t = somatória dos volumes de todas as tábuas serradas no lote (m^3); ΣV = somatória dos volumes de todas as toras do lote (m^3).

RESULTADOS

Com a caracterização do resíduo gerado na serraria de toras, o primeiro ponto de geração de resíduos foi no carro transportador de toras da serra-fita. Neste local, parte da casca das toras se solta e cai na esteira transportadora da linha de produção. O segundo ponto é a própria serra-fita, onde os principais resíduos são as costaneiras e a serragem. Na resserra também é gerado costaneiras e serragem após a retirada das pranchas, que através das esteiras vão para a caixa de resíduos. As serras-circulares que fazem o refilo e o destopo das pranchas do reaproveitamento geram peças menores retiradas no processo de determinação da largura e

comprimentos finais das pranchas de aproveitamento. Todos os resíduos (costaneiras, serragem e sobras e aparas) são primeiramente encaminhados à “caixa de resíduos” até completar seu volume. Posteriormente são armazenados no pátio da empresa.

A determinação do rendimento e quantificação do processo produtivo foi realizado, através da análise dos dados mensurados duas vezes por semana, durante todo o mês de Fevereiro/2007. Os resultados da quantidade de matéria prima, de madeira serrada e o rendimento verificado nesse período são demonstrados na Tabela 01. Esses valores foram encontrados de acordo com a equação de obtenção do volume de toras, volume de madeira serrada e o cálculo do rendimento.

Tabela 01: Rendimento do processo produtivo

Espécie	Volume Tora (m³)	Volume Serrado (m³)	Rendimento (%)
Angelim Vermelho	96,889	48,780	50,35
Piquiá	66,834	34,355	51,40
Roxinho	77,204	40,503	52,46

Como neste trabalho foram utilizados e operados, da mesma maneira, os mesmos equipamentos, e que as espécies seguiram a mesma classificação. A qualidade das toras foi o fator determinante para as tendências observadas. Desta maneira, pode-se afirmar que a espécie Roxinho apresentou melhor forma e qualidade em relação às outras espécies para obtenção de madeira serrada.

A inferioridade no rendimento do Angelim vermelho ocorreu em função das toras apresentarem incidência de falhas internas como rachaduras, ataques por insetos, podridões, etc., o que acarretou uma redução no rendimento em madeira serrada.

O balanço entre o rendimento produtivo e os resíduos gerados foi constituído a partir dos passos produtivos da serraria que são desdobro e classificação. A serraria é o setor da indústria com maior volume de resíduos gerados, devido ao grande volume de madeira processada e também ao baixo rendimento apresentado pela atividade de desdobro de toras. Através da Tabela 01, pode-se perceber que de uma forma geral os valores de rendimento do Angelim Vermelho, Pequiiá e Roxinho são baixos, não ultrapassando o valor de 53% encontrado por Carré (1994).

Conforme o consumo de matéria prima em quantidade de resíduo gerado por m³ do produto como demonstra a Tabela 02, consegue-se visualizar a relação entre a quantidade de tora com casca necessária para a produção de madeira serrada classificada, e a quantidade de resíduo produzido no processo para as três espécies.

Tabela 02: Quantidade de resíduos gerados.

Espécie	Quantidade de tora com casca necessária (m³)	Serragem (m³)	Sobras e Aparas (m³)	Outros Resíduos (m³)	Total de Resíduo (m³)
Angelim Vermelho	96,889	23,321	17,488	7,299	48,109
Piquiá	66,834	12,124	9,091	11,265	32,479
Roxinho	77,204	14,005	10,501	12,195	36,701

Constatou-se que são necessários 1,95m³ de tora com casca para a produção de 1m³ de madeira serrada classificada. Portanto, existe a produção de 0,95m³ de resíduo no processo.

Com relação à empresa, a quantidade de serragem corresponde a 42,16% dos resíduos de madeira gerados. As sobras e aparas correspondem a 31,61% dos resíduos e demais resíduos correspondem a 26,22%. De acordo com os dados calculados, observa-se que a empresa teve seu rendimento médio avaliado em 51,40% no período em que foram feitas as medições, o fator determinante para o baixo rendimento da serraria é a extrema exigência para exportação e o baixo preço pago pela madeira em tora. A situação se torna ainda mais alarmante, quando se depara com o desperdício da madeira refugada pós-classificação que poderia ser perfeitamente comercializada no mercado interno, porém não se notou nesta empresa um maior interesse nesse ramo.

Em relação a potencialidade de uso dos resíduos, a serraria em questão enfrenta sérios problemas referente ao aproveitamento dos resíduos gerados pelo processamento primário de madeira. O potencial de uso dessa enorme quantidade de resíduos vem sendo subestimado por esta indústria madeireira, que consiste de uma fonte potencial de matéria-prima básica para inúmeras aplicações, tais como em pequenos objetos de madeira “POM” e geração de energia. Transformar resíduos de madeira em energia é uma das alternativas para evitar o destino inadequado desse material no ambiente, aumentando a qualidade no suprimento de energia e reduzindo custos.

Há vários benefícios para a indústria. Do ponto de vista ambiental, a biomassa gerada pela indústria passa de resíduos para se tornar combustível, o que gera um maior cuidado com sua captação no processo produtivo da indústria e destino posterior. O uso do refugo de madeira pós-classificação para produção de pequenos objetos já não é uma novidade no setor florestal. Tal atividade é reforçada pela idéia do trabalho ambientalmente correto, pois ao mesmo tempo em que uma matéria não retornável é reciclada, também gera lucros sem a necessidade de devastar a floresta. É fato que esta prática consome menos resíduos do que a conversão em energia, mas essa ligação com o eco-design agrega pontos positivos à imagem da empresa.

CONCLUSÕES

Durante esse estudo pôde-se inferir que o rendimento da serraria estudada apresentou valor inferior à média dos rendimentos das serrarias estudadas por Carré (1994), tendo como principais fatores o baixo nível tecnológico de conversão mecânica da tora em serrado, a qualidade das toras e a extrema exigência para exportação.

O estudo também mostrou que os maiores graus de perdas ocorrem na serra-fita, na ressera, na multilâmina e na destopadeira, equipamentos responsáveis pelo bitolamento das peças e a última perda ocorre após a classificação.

Na produção de artefatos, o uso de resíduos é uma alternativa para reduzir o grau de efluentes tradicionalmente lançados no solo, já a combustão desses resíduos (costaneiras, cascas, serragem, sobras e aparas) é uma fonte de geração de energia térmica e elétrica.

Com os dados coletados nesse estudo, pode-se então concluir que, o aproveitamento de resíduos pode gerar receitas através de agregação de valor aos produtos que tradicionalmente são abandonados no pátio da empresa.

O planejamento adequado das etapas (principalmente as que tenham mais perdas), equipamentos (os mais modernos desperdiçam menos), mão de obra (qualificada, treinada e motivada) e reaproveitamento dos resíduos são fundamentais para que a empresa estudada obtenha lucros a curto, médio e longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos, SP: EESC - USP, 1999.
2. BORGES, A.S.; CINIGLIO, G.; BRITO, J.O. Considerações Energéticas e Economicas sobre Resíduos de Madeiras Processadas em Serrarias. In: CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7. 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba 1993. v.3 p.603-606.
3. BRAND, M. A. Contribuição dos resíduos de Pinus para a geração de energia na Região Sul do Brasil. Revista da Madeira, Curitiba, p.170-173, 2004. Edição especial-pinus.
4. BRANKS, A.D. Aproveitamento de resíduos da indústria da madeira. Revista da Madeira, Curitiba, ano 12, n. 69, p.28-30, 2003
5. BRITO, E. O. Estimativa da produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação de madeira. Revista da Madeira, Curitiba, ano IV, n. 26, p. 34-39, 1995.
6. CARRÉ, J. Résidus de L'industrie de transformation du bois. Guide Biomasse-Energie, ADAME, France, p.97-98, 1994.
7. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 006 de 15 de junho de 1988. Diário Oficial da União, 1988.

8. QUANTIFICAÇÃO e qualificação de resíduos e modelagem de sistemas tecnológicos para o aumento da competitividade da cadeia de madeira e móveis (Madres-PR). Disponível em: <www.cirad.org.br/projets/510br.html>. Acesso em: 30 nov.2006.
9. VIEIRA, Renato. Pequenos objetos de madeira de eucalyptus: possibilidade de aproveitamento de resíduo. Lavras: UFLA, 2006.
10. ZILBERMAN, I. Introdução á engenharia ambiental. Canoas, RS: Ed. ULBRA, 1997.