

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

FERNANDO MORELI SALVADOR

DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA SERRARIA NA
MICRORREGIÃO POLO LINHARES, ESPÍRITO SANTO

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2013

FERNANDO MORELI SALVADOR

DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA SERRARIA NA
MICRORREGIÃO POLO LINHARES, ESPÍRITO SANTO

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências Florestais e da
Madeira da Universidade Federal do
Espírito Santo, como requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro
Industrial Madeireiro.

Orientador: Prof. Dr. Djeison Cesar
Batista

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2013

FERNANDO MORELI SALVADOR

DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA SERRARIA NA
MICRORREGIÃO POLO LINHARES, ESPÍRITO SANTO

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em 12 de setembro de 2013.

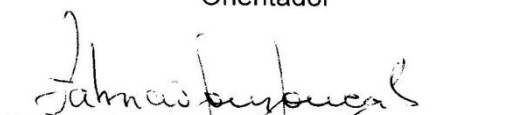
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. DSc. Djeison Cesar Batista

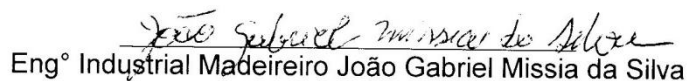
DCFM/CCA/UFES

Orientador



Prof. DSc. Fabricio Gomes Gonçalves

DCFM/CCA/UFES



Engº Industrial Madeireiro João Gabriel Missia da Silva

DCFM/CCA/UFES

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por renovar a cada momento a minha força, disposição e pelo discernimento concedido ao longo dessa jornada.

Aos meus familiares, meus pais, Luis Fernando Salvador e Anadir Moreli Salvador, e minha irmã Natara Moreli Salvador, pelo apoio que nunca me foi negado nos momentos de dificuldades. Obrigado por contribuir com tantos ensinamentos, tanto conhecimento, tantas palavras de força e ajuda.

Ao meu orientador Djeison Cesar Batista, que acreditou em mim, que ouviu pacientemente as minhas considerações partilhando comigo as suas ideias, conhecimento e experiências e que sempre me motivou. Quero expressar o meu reconhecimento e admiração pela sua competência profissional e minha gratidão pela sua amizade.

Aos meus amigos e companheiros, tanto os da turma, quanto os que conquistei ao longo de minha jornada, e que sempre estiveram ao meu lado, tanto me proporcionando inúmeros momentos de alegria, quanto me apoiando nos meus momentos de dificuldade.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, por terem me acolhido e terem sido muito importantes na minha formação como pessoa.

À Serraria Serramatti, na pessoa dos senhores Sebastião Mattiuzzi, Thierry Mattiuzzi e Thiago Mattiuzzi, e também aos funcionários, não só pela oportunidade, mas também por toda a ajuda que foi me dada.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

As serrarias do Espírito Santo, bem como em outras regiões do Brasil, possuem pouco ou nenhum tipo de informação do desempenho de sua produção. A ausência dessas informações dificulta a tomada de decisões, principalmente no investimento em maquinários para a melhoria do processo produtivo. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional de uma serraria de pequeno porte localizada na Microrregião Polo Linhares, estado do Espírito Santo. Para tanto, foram estabelecidos três objetivos específicos: analisar o efeito da substituição de uma máquina no rendimento da serraria; determinar a eficiência operacional; e analisar o tempo de produção e identificar os gargalos. Para avaliação do desempenho foram utilizados o rendimento e a eficiência operacional, e para o tempo efetivo de trabalho foi utilizado o Método da Amostragem de Trabalho. De modo geral, o desempenho operacional da serraria foi baixo, em que a mesma possui potencial para ter maiores índices de rendimento, eficiência operacional e trabalho produtivo. A utilização da serra circular múltipla resserradeira foi responsável pelo aumento do rendimento em madeira serrada, porque mais ripas de maior qualidade passaram a ser produzidas. Para a melhoria do desempenho da serraria, recomenda-se a substituição da serra de fita vertical simples utilizada no desdobro primário por uma serra circular que efetue cortes duplos, para aumentar a produção de semiblocos e atender a demanda por matéria-prima da serra circular múltipla resserradeira.

Palavras-chave: Rendimento. Eficiência operacional. Amostragem de trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 O problema e sua importância	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Classificações de serrarias	4
2.2 Avaliação do desempenho	4
2.2.1 Rendimento	5
2.2.2 Eficiência operacional	6
2.2.3 Amostragem de trabalho	7
3. METODOLOGIA.....	9
3.1 Características da serraria	9
3.1.1 Localização e classificação	9
3.1.2 Pátio de toras e matéria-prima	9
3.1.3 Galpão de máquinas	10
3.1.4 Produtos e subprodutos	11
3.1.5 fluxo produtivo	12
3.2 Avaliação do desempenho da serraria	13
3.2.1 Rendimento	13
3.2.1.1 Análise estatística	16
3.2.2 Estudo de tempo	16
3.2.3 Eficiência operacional	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Comparação do rendimento.....	18
4.2 Eficiência operacional	20

4.3 Estudo do tempo de produção	22
4.3.1 Trabalho produtivo	22
4.3.2 Tempo perdido	24
5.CONCLUSÕES	25
6. RECOMENDAÇÕES.....	26
7.REFERÊNCIAS.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise estatística do rendimento.....	20
Tabela 2 – Eficiência operacional da serraria	22
Tabela 3 – Proporções de trabalho produtivo da serraria	24
Tabela 4 – Estudo do tempo perdido	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise estatística do rendimento.....	19
Tabela 2 – Eficiência operacional da serraria	21
Tabela 3 – Proporções de trabalho produtivo da serraria	22
Tabela 4 – Estudo do tempo perdido	24

1. INTRODUÇÃO

Conforme a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2013), a área ocupada por plantios florestais no País totalizou 6,6 milhões de hectares, sendo 76,5% de *Eucalyptus spp.* e 23,5% de plantios de *Pinus spp.*, tornando o Brasil um dos países com as maiores áreas de plantios florestais no mundo.

Os grandes maciços florestais, com espécies de rápido crescimento, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, tem sido uma alternativa viável para o uso da madeira serrada (NOGUEIRA, 2007).

O processamento da madeira no Brasil está relacionado diretamente com as espécies florestais utilizadas, associadas aos produtos gerados. Para tanto o processamento pode ser dividido em três grandes grupos: i) aqueles que utilizam as madeiras nativas do Norte do Brasil; ii) aqueles que processam a madeira de *Pinus spp.* localizada em sua maioria no Sul do Brasil e iii) aqueles que têm a madeira de *Eucalyptus spp.* como principal matéria-prima, e estão localizados principalmente no Sudeste (FAGUNDES, 2003).

A Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI, define madeira serrada como peças obtidas por meio do desdobro de toras em serras, o que representa um tipo de transformação primária da madeira. Dependendo do formato e das dimensões das peças, os serrados possuem diversas denominações, tais como: vigas, tábuas, pranchas, pontaletes, sarrafos, ripas e caibros (ABIMCI, 2010).

A indústria em que o desdobro de toras é realizado é denominada serraria, que de acordo com Rocha (2002) é o local em que as toras são recebidas, armazenadas e processadas, e posteriormente a madeira serrada é estocada para secagem. A serraria é geralmente composta por pátio de toras, galpão para a alocação do maquinário e um depósito para a secagem e armazenamento da madeira serrada.

No período entre 2002–2012, a produção de serrados evoluiu de 8,3 milhões de m³ anuais para 9,2 milhões de m³, um crescimento médio de 1,0% ao ano. E o consumo, de 6,4 milhões de m³ anuais, para 8,3 milhões de m³ anuais, ou seja, um incremento de 2,7% ao ano. Em 2012, a produção de serrados totalizou um volume 1,1% superior ao volume produzido e o consumo, um valor 2,5% superior. Nos últimos anos, o crescimento do consumo de madeira serrada foi influenciado em sua maioria pelo desenvolvimento do mercado interno, estimulado pelo crescimento da indústria da construção civil e do mercado de embalagens (ABRAF, 2013).

O segmento de madeira serrada apresenta uma considerável contribuição socioeconômica. Desta forma, o uso racional da matéria-prima, a especialização da mão de obra, segurança no trabalho, reestruturação interna das empresas, adequação dos mercados regionais e estratégias conjuntas de comércio, podem tornar o setor de serrados mais eficiente e conseqüentemente mais competitivo (POLZL et al., 2003).

1.1 O problema e sua importância

As serrarias do Espírito Santo, bem como em outras regiões do Brasil, possuem pouco ou nenhum tipo de informação ou base de dados do desempenho de sua produção. A ausência dessas informações afeta o empreendimento como um todo, pois a gerência dessas serrarias fica sem subsídios para a tomada de decisões, principalmente com respeito ao investimento em maquinários para a melhoria do processo produtivo. Por isso, torna-se evidente a importância da análise do desempenho de serrarias, principalmente o levantamento do rendimento, eficiência operacional e o estudo do trabalho produtivo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho operacional de uma serraria localizada na Microrregião de Linhares, estado do Espírito Santo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar o efeito da substituição de uma máquina no rendimento em madeira serrada da serraria;
- Determinar a eficiência operacional;
- Analisar o tempo de produção e identificar os gargalos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Classificações de serrarias

Existem diferentes classificações de serrarias, que variam de acordo com conceitos e autores. Rocha (2002) discorre que alguns dos aspectos utilizados para a classificação dessas indústrias são: i) a matéria-prima utilizada; ii) o tamanho da serraria; iii) os equipamentos utilizados; iv) a produtividade e; v) a mobilidade. Todavia, o aspecto mais relevante para a classificação de uma serraria é a produção. As serrarias são classificadas em pequenas (processamento de até 50 m³ de toras/dia), médias (processamento de 50 a 100 m³ de toras/dia) e grande porte (processamento maior que 100 m³ de toras/dia).

O sucesso econômico de uma serraria não depende apenas de seu porte ou nível tecnológico, mas sim, de planejamento prévio do local onde será instalada, procurando obter disponibilidade de matéria-prima, energia elétrica e redução de custos (principalmente com mão de obra, transporte e produção). Com isso, objetiva-se obter o máximo de rendimento, maior geração de produtos de alta qualidade e competitividade. Para tanto, a constituição das instalações físicas também é fator fundamental para o sucesso do empreendimento (VITAL, 2008).

2.2 Avaliação do desempenho

O processamento da madeira é ainda realizado de maneira empírica em grande parte das serrarias, gerando resultados inadequados e ineficientes. Essa realidade afeta diretamente a utilização racional desse recurso e limita o desenvolvimento e competitividade frente aos demais materiais (NÉRI et al., 2000).

Nas serrarias é comum o emprego de equipamentos usados e obsoletos, o estado de conservação do maquinário faz com que algumas serrarias se tornem ineficientes, antieconômicas e de baixo rendimento gerando uma grande quantidade de subprodutos. Ou seja, o estado de conservação dos equipamentos influencia

diretamente o desempenho do empreendimento (WALKER et al., 1993 citados por VITAL, 2008).

Conforme Walker et al. (1993) citados por Vital (2008), em certas ocasiões a substituição de um único equipamento, unido com melhorias nas técnicas e padrões de desdobro, no fluxo de material no processo e a manutenção adequada podem melhorar a qualidade dos produtos, aumentando o rendimento e a eficiência operacional.

Com o conhecimento do desempenho de uma serraria, podem-se obter informações sobre todo o processo produtivo, criando-se subsídios para que a gerência possa analisar e julgar se as operações estão sendo executadas de forma adequada. Para esta análise dois parâmetros revelam com relativa transparência o desempenho de uma serraria: o rendimento em madeira serrada e a eficiência operacional (ROCHA, 2002).

2.2.1 Rendimento em madeira serrada

O rendimento de uma serraria é a relação entre o volume de madeira serrada e o volume de toras desdobradas em um período ou turno (ROCHA, 2002).

Com base no rendimento as seguintes informações podem ser obtidas: i) volume e quantidade de toras para a produção; ii) equipamentos necessários; iii) estoque a ser disponibilizado; iv) projeções futuras (custos, ampliações e investimentos); v) alteração dos métodos e sistemas utilizados para aumentar a produção e; vi) a porcentagem de perdas de matéria-prima ou de resíduos (SILVA, 2010).

A espécie utilizada no desdobro, a qualidade e diâmetro das toras, a tecnologia dos equipamentos empregados, o treinamento e qualificação da mão de obra, as técnicas de desdobro utilizadas e o produto final são fatores que influenciam diretamente no rendimento de uma serraria (SILVA, 2010).

Considera-se uma amplitude de rendimento de 55 a 65% em média para madeira serrada de coníferas, e entre 45 e 55%, para as folhosas. Esta diferença se deve ao fato das coníferas possuírem troncos mais cilíndricos e com menor incidência de

defeitos, gerando assim menor percentual de perdas. Esse grupo também possui menor densidade, maior homogeneidade que as folhosas e alburno sempre utilizável, o que aumenta o rendimento (VITAL, 2008).

A qualidade do maquinário e o tipo de ferramenta de corte também são fatores que afetam o rendimento. Em geral, as serras circulares têm maior espessura de corte que as serras de fita, resultando em maior rendimento nestas do que naquelas. As dimensões das peças produzidas também devem ser consideradas, porque peças menores são produzidas com maior quantidade de cortes, o que tende a reduzir o rendimento (PONCE, 1992 citado por GATTO, 2002).

2.2.2 Eficiência operacional

A eficiência operacional expressa a relação entre o volume de toras desdobradas por período ou turno e o número de operários envolvidos em todas as operações de desdobro (ROCHA, 2002). De acordo com o mesmo autor, utiliza-se o volume de toras para o cálculo da eficiência, para que os diâmetros das mesmas e o rendimento não afetem o resultado.

A eficiência operacional é afetada por alguns fatores: i) matéria-prima (densidade, uniformidade, homogeneidade e defeitos); ii) *layout* da serraria; iii) homogeneidade dos produtos (padronização); iv) características e condições operacionais do maquinário; v) disponibilidade de energia elétrica para movimentação da serraria e; vi) grau de mecanização e automação (BROWN; BETHEL, 1958; STELLE, 1984; WALTER et al., 1993 citados por VITAL, 2008).

Conforme Latorraca (2004) citado por Batista (2006), a avaliação da eficiência operacional está em desuso atualmente por causa da automação, no qual o processo é controlado por poucos operários, com o uso de comandos eletrônicos. Todavia, em serrarias de pequeno e médio portes do Brasil, nas quais o grau de automação é baixo ou inexistente, a informação da eficiência se torna importante para as tomadas de decisão da organização produtiva.

O setor de serrarias tem como desafio a modernização dos equipamentos, que por sua vez acarretam em ganhos em eficiência operacional, rendimento e qualidade

dos produtos. Atualmente, existem serrarias operando com eficiências variando de 0,1 m³/operário/dia até 50 m³/operário/dia em serrarias com alto grau de automação e mecanização (ROCHA, 2002). Tal afirmação reforça a importância do presente estudo.

2.2.3 Amostragem de trabalho

A amostragem de trabalho foi desenvolvida com o propósito de possibilitar a coleta de informações precisas com relação ao modo pelo qual as atividades são distribuídas em um dia de trabalho. São aplicados métodos estatísticos para determinação da proporção entre o tempo produtivo e improdutivo de uma máquina, propiciando as informações necessárias para melhorar suas funções. Tem sido empregada na elaboração de padrões de tempo e na determinação de tempo improdutivo de máquinas (NORDSTROM, 1962).

O método aplicado na amostragem de trabalho pode ser explicado assim: um observador (ou mais) seleciona, por processo aleatório, uma série de momentos de observação e verifica em cada um deles o que está sendo realizado. Previamente é preparada uma lista de atividades, de forma que, quando a observação é feita, possa ser anotada com um simples visto. Depois de terem sido feitas todas as observações, os vistos são contabilizados. O número de vistos em cada classificação está para o número total de vistos como o tempo de cada atividade para o tempo total (NORDSTROM, 1962).

Com a amostragem de trabalho pode-se determinar o tempo padrão para atividades e serviços e ao mesmo tempo gerar a oportunidade de verificar as variáveis do processo que influenciam na produtividade (REITZ, 2004).

Em uma serraria, as atividades de trabalho são classificadas como: trabalho produtivo e tempo perdido, nas quais o observador, ao percorrer a linha de produção ou observar de um ponto determinado, assinala que tipo de atividade está sendo realizada no exato momento da observação (SANTOS et al., 2000 citados por CARVALHO; HEINECK; JUNGLES, 2004).

O trabalho produtivo é definido como o complemento operador e máquina para desdobrar madeira. O tempo perdido é observado quando as máquinas estão paradas ou operando sem que haja o desdobro de madeira, e se subdivide em: trabalho não produtivo, tempo ocioso e demoras (LATORRACA, 2004 citado por BATISTA, 2006).

O trabalho não produtivo é definido como as atividades do conjunto operador e máquina, diferentes à produção de madeira, por exemplo, movimentação da matéria-prima, recuo do carro porta toras, troca de ferramentas de corte, dentre outras (LATORRACA, 2004 citado por BATISTA, 2006). O tempo ocioso é classificado como a falta de matéria-prima para a execução do desdobro, por exemplo, a falta de toras na mesa ou rampa de abastecimento; e as demoras ocorrem como resultado de uma má operação do sistema, por exemplo, quando as máquinas são paradas danos ou quebra de algum dos equipamentos (SILVA, 2010).

3. METODOLOGIA

3.1 Características da serraria

3.1.1 Localização e classificação

O estudo foi realizado na Serraria Serramatti, localizada na cidade de Ibiraçu, Microrregião Polo Linhares, estado do Espírito Santo (Figura 1). Conforme informação do proprietário, a serraria processa menos de 50 m³ de toras por dia, o que a classifica como de pequeno porte (ROCHA, 2002). A serraria possui apenas uma linha de produção de madeira serrada, na qual trabalham oito operários.



Figura 1 – Localização geográfica da serraria Serramatti

Fonte: Modificado de <http://www.territorioscuola.com> (2013).

3.1.2 Pátio de toras e matéria-prima

A serraria processa toras de *Eucalyptus* sp. adquiridas de terceiros, com diâmetro mínimo de 15 cm e comprimento variável entre 1,90 e 4,00 metros. O pátio de toras não é pavimentado, possui drenagem insatisfatória e relevo irregular, o que dificulta

a movimentação da matéria-prima. As toras são transportadas até a serraria por caminhões e são descarregadas por uma grua e depositadas diretamente no solo.

As toras não são descascadas para o processamento, e a casca é eliminada juntamente com os subprodutos durante o desdobro primário. A serraria trabalha com estoque de toras, ou seja, as toras são depositadas no pátio e posteriormente processadas. A movimentação das toras do pátio até a rampa de abastecimento é realizada por trator com carregador frontal.

3.1.3 Galpão de máquinas

O galpão onde fica alocado o maquinário (Figura 2) possui iluminação natural, o piso não é pavimentado, e a movimentação da madeira no seu interior é realizada manualmente. O galpão possui sistema de exaustão para a remoção dos subprodutos de menor dimensão (pó de serra e cepilho). A remoção de aparas e costaneiras é feita manualmente, e são depositadas em caçambas, transportadas por trator, para posterior processamento em um picador.



Figura 2 – Galpão do maquinário da serraria Serramatti

Fonte: O autor (2013).

Em seguida, a madeira serrada é levada para o estoque, que semelhante ao pátio de toras, não possui pavimentação, possui drenagem insatisfatória e relevo irregular. Posteriormente este material é levado ao segundo galpão da empresa, e nele a madeira serrada é transformada nos *pallets*, que são levados ao local de armazenamento.

A serraria possui como máquina primária uma serra de fita vertical simples com carro porta toras fabricado pela Metalúrgica Schiffer. Não foi possível identificar os dados das máquinas, porque as mesmas não possuem mais a placa de identificação e o proprietário não tem nenhum tipo de registro.

A serraria utiliza o sistema de desdobro tangencial, sem a separação das toras em classes diamétricas. Tal condição, na maioria das vezes, induz a um baixo aproveitamento da tora, propiciando uma maior geração de subprodutos, muitas vezes considerados resíduos do processo.

Para o desdobro secundário a serraria possui uma serra de fita resserradeira, duas serras circulares simples e uma serra circular destopadeira. Essas máquinas também são fabricadas pela Metalúrgica Schiffer e, da mesma forma que a primária, não possuem placa de identificação.

3.1.4 Produtos e subprodutos

A serraria produz oito tipos diferentes de *pallets* e dez tipos diferentes de estrados. Como produtos secundários são produzidos ripas, caibros e pranchões e pedidos sob encomenda.

Durante o processo produtivo da empresa são gerados subprodutos, que são comercializados, a saber:

- Pó de serra: coletado pelo sistema de exaustão e armazenado em silo, e posteriormente é comercializado com cerâmicas da região;

- Costaneiras e aparas: são coletadas durante o processo produtivo e estocadas em caçambas, e posteriormente picadas e transformadas em cavacos, e são comercializadas com cerâmicas da região;
- Cepilho: é produzido em máquinas de usinagem de acabamento (plainas desengrossadeira e S4S), coletado pelo sistema de exaustão, e armazenado em silo, e comercializado para granjas da região.

3.1.5 Fluxo produtivo

Na Figura 3 encontra-se uma representação do fluxo produtivo atual da serraria Serramatti, em que podem ser vistos os modelos de corte com as respectivas máquinas e operações de desdobro.

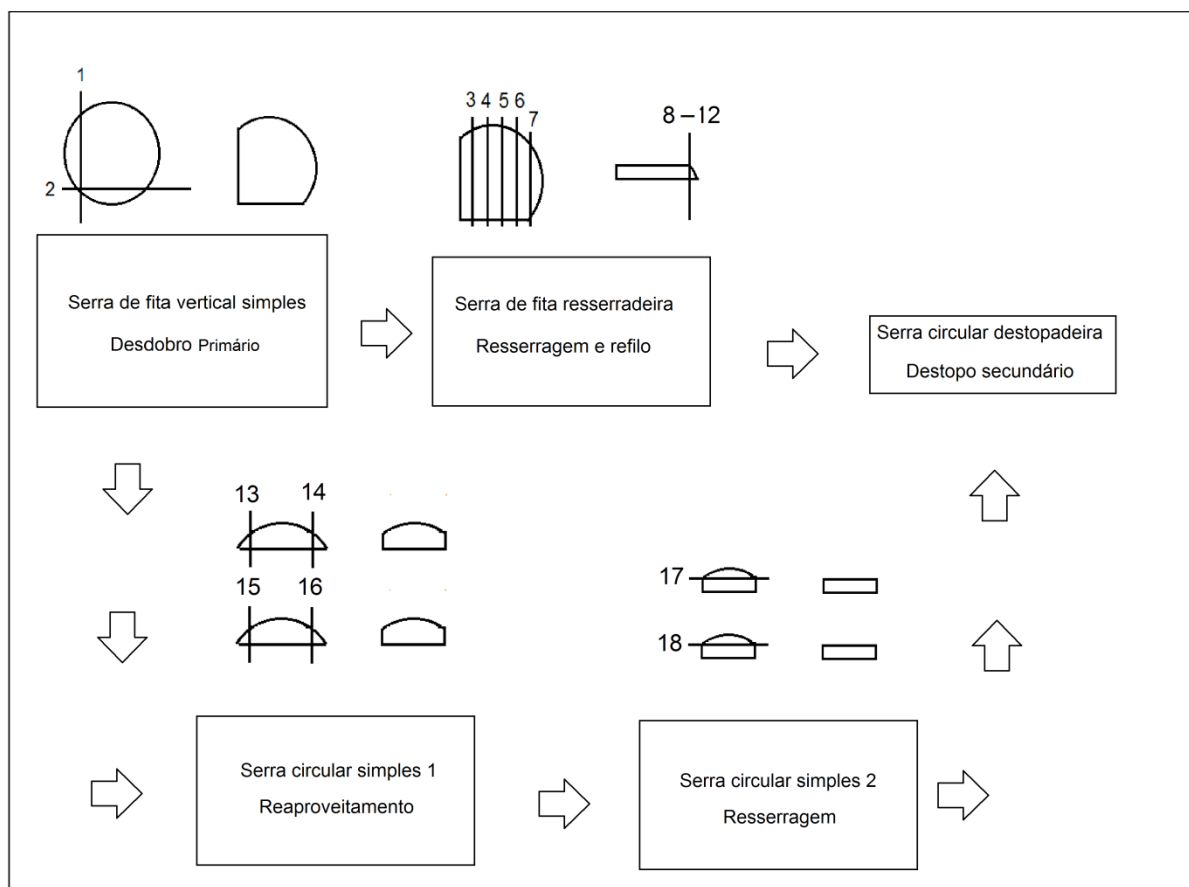


Figura 3 – Fluxo produtivo atual da serraria Serramatti

Fonte: O autor (2013).

3.2 Avaliação do desempenho da serraria

O desempenho da serraria foi avaliado com base nas seguintes ferramentas: rendimento, eficiência operacional e estudo do tempo, conforme proposto pela literatura (ABREU, 2005; BATISTA, 2006; SILVA, 2010).

Inicialmente, essas ferramentas seriam quantificadas e comparadas em duas etapas: no estado atual da serraria e após a instalação de novos equipamentos. Todavia, apesar de a empresa ter conseguido instalar uma das máquinas (o que viabilizou a comparação do rendimento), a mesma ainda não havia sido incorporada ao processo, o que impossibilitou a comparação da eficiência operacional e do trabalho produtivo entre os tratamentos inicialmente delineados.

3.2.1 Rendimento

O rendimento da serraria foi avaliado em dois momentos. No primeiro momento (Tratamento 1) foi mensurado o rendimento na linha de produção atual e no segundo momento (Tratamento 2), com a incorporação de uma serra circular múltipla resserradeira (Figura 4), conforme o fluxo produtivo apresentado na Figura 5.

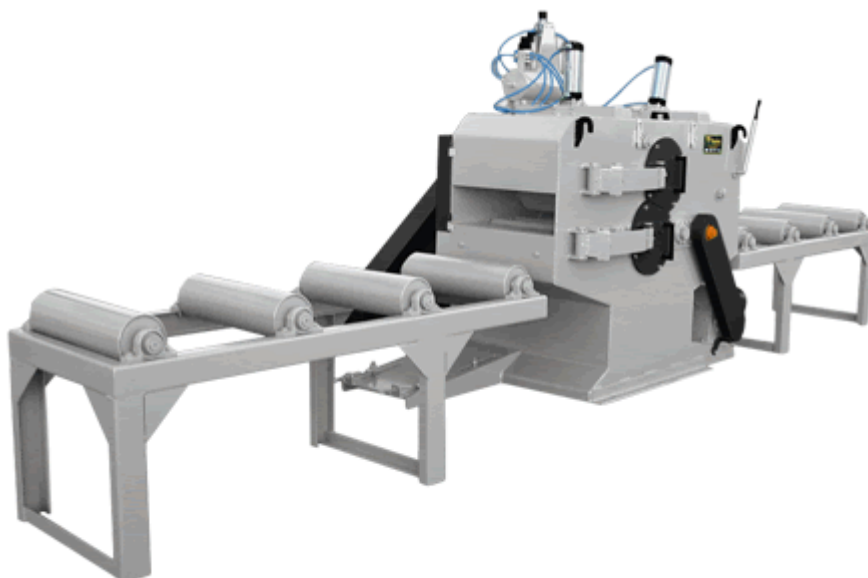


Figura 4 – Serra circular múltipla resserradeira

Fonte: Vantec Máquinas (2013).

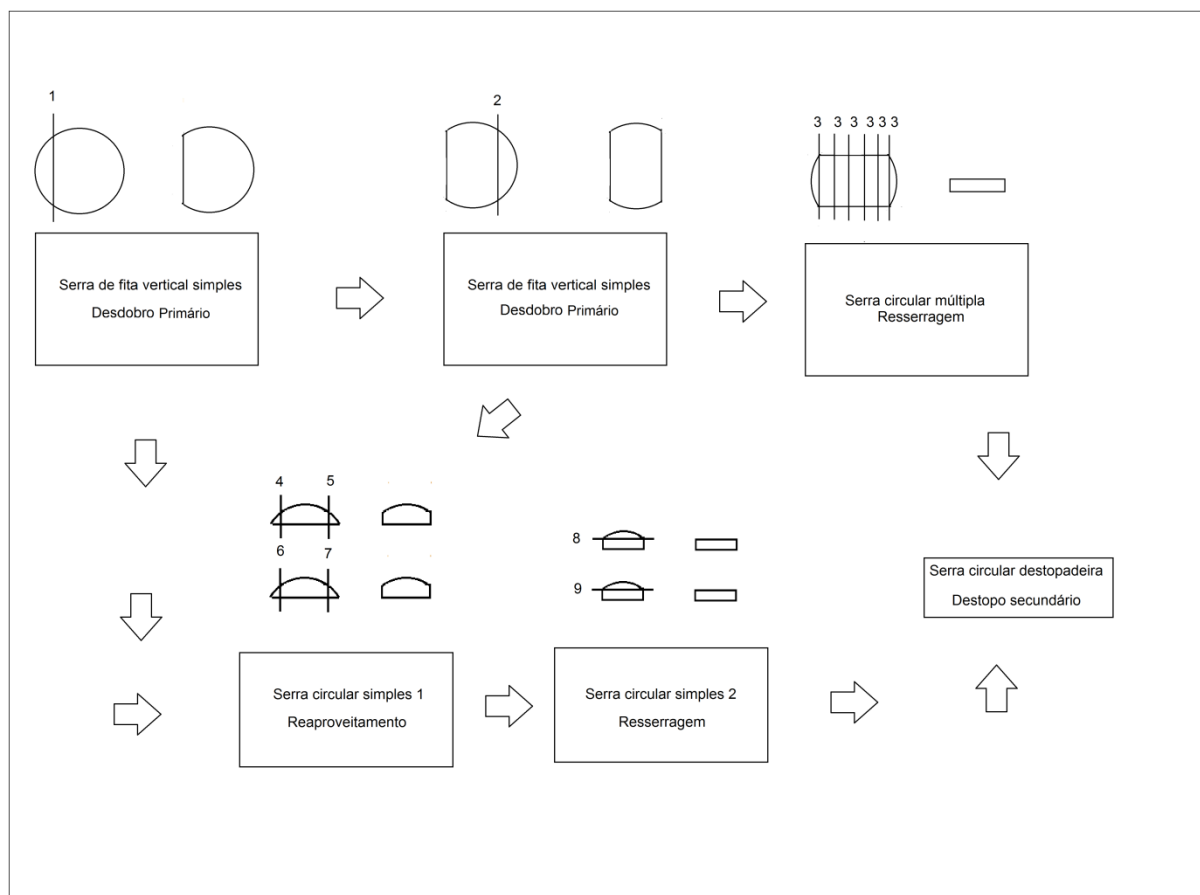


Figura 5 – Novo fluxo produtivo da serraria Serramatti

Fonte: O autor (2013).

Para avaliação do rendimento no Tratamento 1 foram medidas 19 toras representativas do estoque do pátio, que foram processadas no período da manhã do primeiro dia de avaliação do estudo do tempo. Para o Tratamento 2 foram medidas 22 toras, que foram processadas posteriormente, no período matutino. O volume sem casca das toras foi determinado de acordo com o método de Smalian (MACHADO,2003), conforme a Equação 1.

$$Vt = \frac{\pi}{80.000} \cdot (D1^2 + D2^2) \cdot L \quad (1)$$

Em que - Vt: volume sem casca da tora (m³); D1 e D2: diâmetros sem casca das extremidades da tora (cm); L: comprimento da tora (m).

Os diâmetros sem casca foram determinados pela Equação 2.

$$D = \frac{C}{\pi} \quad (2)$$

Em que - D: diâmetro (cm); C: circunferência (cm).

Para a determinação do volume sem casca e do comprimento, as toras foram mensuradas com o auxílio de uma trena com precisão de 0,1 centímetros. Para mensuração das circunferências sem casca das toras, as duas extremidades foram descascadas manualmente, com auxílio de um facão e foram medidas a cerca de 10 centímetros das extremidades com o auxílio de uma fita métrica com precisão de 0,1 centímetros. Para ter o controle durante o desdobro, as toras foram identificadas e numeradas, tanto na base quanto no topo, com o auxílio de giz de cera.

Em seguida, as toras foram encaminhadas para o desdobro. A madeira serrada originada de cada tora foi devidamente identificada com o respectivo número da tora, marcada com giz de cera e empilhada separadamente.

Posteriormente, foi efetuado o cálculo do volume de madeira serrada. Para tal, de cada peça foram mensurados o comprimento, a largura e a espessura com o auxílio de uma trena de 0,1 centímetros de precisão. A largura foi mensurada em três pontos: nas extremidades (a dez centímetros dos topos) e na porção mediana. A espessura foi medida nos mesmos pontos que a largura, porém a espessura mediana foi medida no lado oposto das demais medidas. Todas as medidas foram anotadas na planilha de rendimento. O volume de cada peça de madeira serrada foi calculado de acordo com a Equação 3.

$$V = l * b * e \quad (3)$$

Em que - V: volume da peça (m³); l: comprimento da peça (m); b: largura da peça (m); e: espessura da peça (m).

O volume de madeira serrada de cada tora foi calculado de acordo com a Equação 4.

$$V_m = \sum_{i=1}^n V_i \quad (4)$$

Em que - V_m : volume de madeira serrada (m^3); V_i : volume de cada peça i (m^3).

O rendimento em madeira serrada foi calculado de acordo com a Equação 5 (ROCHA, 2002).

$$R = \left(\frac{V_m}{V_t} \right) * 100 \quad (5)$$

Em que - R : rendimento (%); V_m : volume de madeira serrada (m^3); V_t : volume sem casca da tora (m^3).

3.2.1.1 Análise estatística

Para comparação do rendimento entre os dois tratamentos, foi utilizado o teste t de Student com nível de 5% de probabilidade, em que foram testadas as seguintes hipóteses:

H_0 : não existe diferença significativa entre os rendimentos estudados;

H_1 : existe diferença entre os rendimentos estudados.

3.2.2 Estudo do tempo

O Método da Amostragem de Trabalho foi a técnica utilizada para quantificar e analisar o tempo gasto em cada operação desempenhada pelo conjunto homem-máquina na linha de produção da serraria.

A coleta de dados foi constituída de uma amostragem sistemática, pela observação direta das atividades desempenhadas pelo conjunto homem-máquina, de dois em dois minutos durante a jornada de trabalho (nove horas).

As atividades desempenhadas foram classificadas em trabalho produtivo e tempo perdido, em que este foi subdividido em trabalho não produtivo, demoras e tempo ocioso, e foram quantificadas em porcentagem do total de observações. A linha de produção foi avaliada por cinco dias consecutivos (segunda-feira a sexta-feira), analisando-se sempre os mesmos operários.

3.2.3 Eficiência operacional

A eficiência operacional da serraria foi avaliada concomitantemente ao Método da Amostragem de Trabalho, anotando-se o número de toras desdobradas por turno de trabalho, multiplicado pelo volume médio das toras, que foi obtido na avaliação do rendimento. A eficiência operacional foi calculada de acordo com a Equação 6 (ROCHA, 2002).

$$E = \frac{N \cdot V}{O} \quad (6)$$

Em que - E: eficiência operacional (em m³/ operário/ dia); N: número de toras processadas por dia (m³); V: volume médio por tora (m³); O: número de operários.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparação do rendimento

Para o cálculo do rendimento foram descartadas as peças que possuíam esmoado ou “quina morta” ao longo de mais de 50% do comprimento total. Na Figura 6 encontra-se um exemplo desse tipo de defeito.

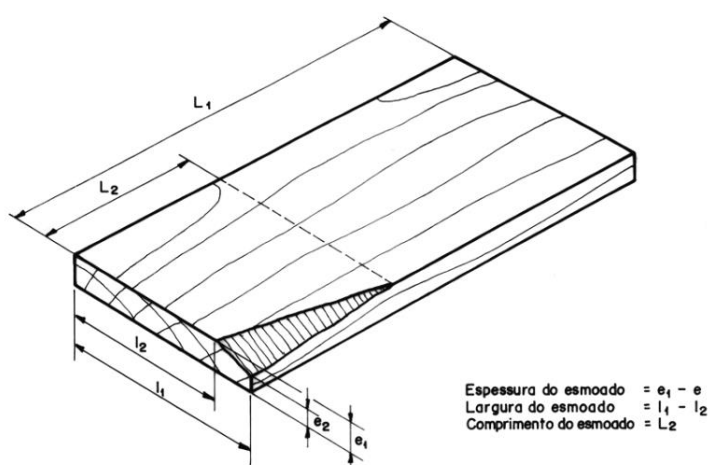


Figura 6 – Exemplo de esmoado

Fonte: NBR 9487 (ABNT, 1986).

As toras utilizadas no Tratamento 1, apresentaram comprimento médio de 2,64 m, diâmetro médio de 15,1 cm. As mesmas foram desdobradas em ripas de bitola média igual a 14 x 47 mm (espessura e largura).

As toras utilizadas no Tratamento 2 apresentaram comprimento médio de 1,92 m, diâmetro médio de 16,6 cm. As mesmas também foram desdobradas em ripas de bitola média igual a 15,5 x 44 mm (espessura e largura). Para a comparação do rendimento, foi fundamental que o diâmetro médio das toras e a bitola média dos produtos fossem semelhantes entre os tratamentos. O diâmetro das toras dos tratamentos pode ser considerado o mesmo, porque a diferença encontra-se dentro das amplitudes comumente utilizadas para separação de toras de reflorestamento

em classes diamétricas (2 a 3 cm). Em relação à bitola, os produtos serrados foram os mesmos (ripas), conforme a classificação da norma NBR 14807 (ABNT, 2002).

Na Tabela 1 encontram-se as estatísticas do rendimento dos dois tratamentos.

Tabela 1 – Análise estatística do rendimento

Estatísticas	Tratamento 1	Tratamento 2
Média	33% a	41% b
Nº de toras	19	22
Máximo	43%	53%
Mínimo	24%	30%
Coeficiente de variação	15,5%	15,1%

Fonte: O autor (2013).

Antes da aplicação do teste t de Student aos resultados dos tratamentos, utilizou-se o teste F para comparação da homogeneidade das variâncias das duas populações independentes. O valor de F calculado foi igual a 0,702731 (p-value= 0,453477), o que significa que não existe diferença estatisticamente significativa entre as variâncias populações com 95% de confiança. O valor de t calculado foi igual a -4,20203 (p-value= 0,000149274), o que significa que há diferença estatisticamente significativa entre as médias dos tratamentos.

Ao contrário do que se era esperado a média do rendimento no Tratamento 2 foi maior que a do Tratamento 1, e pode ser explicada pela maior proporção de ripas com menos de 50% de esmoado produzidas na serra circular resserradeira múltipla, em relação ao maquinário antigo. Enquanto que com o maquinário antigo a serraria utilizava cerca de 304 toras para a obtenção de 100 m³ de madeira serrada, com o novo maquinário, a mesma utiliza 244 toras, uma economia de 60 toras.

Os rendimentos médios encontrados na Serraria Serramati foram, 33% no Tratamento 1 e 41% no Tratamento 2, ambos estão abaixo do esperado quando comparado com a amplitude de rendimento de 45 a 55% considerada normal pela literatura para madeira de folhosas (ROCHA, 2002; VITAL, 2008).

Ressalta-se que esse resultado foi obtido por causa de alguns fatores: i) o pequeno diâmetro das toras; ii) realização de muitas operações de desdobro em serra

circular, que possui ferramenta de corte espessa e; iii) as pequenas dimensões das ripas, que necessitam de grande número de cortes para serem produzidas, aumentando as perdas em pó de serra.

Scanavaca e Garcia (2003) estudaram o rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*, obtendo média igual a 42,54%. O rendimento foi maior que os da serraria Serramatti. Todavia os produtos foram gerados exclusivamente em serra de fita vertical simples (que possui menor espessura de corte) ao passo que na serraria Serramatti para a geração dos produtos, os mesmos passaram em serra de fita vertical simples e serras circulares (que possuem maior espessura de corte). Outro fator determinante foi o produto gerado, para a avaliação do rendimento os autores citados utilizaram tábuas, que exigem um menor número de cortes e passagem por máquina para sua geração do que as ripas geradas pela serraria Serramatti.

Batista e Carvalho (2007) avaliaram uma serraria de pequeno porte no Sul do Estado do Rio de Janeiro. A serraria apresentou um rendimento médio em madeira serrada de 44,86%, apesar de a empresa efetuar o desdobro com serra circular dupla de dois eixos e serra circular múltipla de dois eixos, o rendimento encontrado foi superior ao encontrado na serraria Serramatti que utiliza serra de fita e serra circular simples. Este fato é explicado pelas dimensões dos produtos finais gerados, os autores estudaram o rendimento de madeira serrada em tábuas, que exigem um menor número de cortes e passagem por máquina para sua geração do que as ripas produzidas pela serraria Serramatti.

4.2 Eficiência operacional

Para o cálculo da eficiência operacional, o volume médio/tora foi dividido pelo número de operários que atuavam na linha de produção, sendo oito na segunda-feira e sete nos demais dias da semana. Os resultados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Eficiência operacional da serraria

Turno	Eficiência operacional (m ³ /operário/turno)					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Média
Manhã	0,73	1,76	0	2,04	0,54	1,01
Tarde	0	2,24	1,26	1,44	2,15	1,42
Total	0,73	4,00	1,26	3,48	2,69	2,43

Fonte: O autor (2013).

A eficiência operacional média da serraria foi de 2,43 m³/operário/dia, com amplitude de 0,73 a 4,00 m³/operário/dia.

A baixa eficiência operacional ocorreu por causa de alguns fatores: i) no primeiro dia de análise, a serraria não produziu durante o turno da tarde, por falta de energia elétrica; ii) insuficiência de operários na linha de produção, que ao decorrer do processo saíram de suas funções originais para suprir a demanda em outras áreas; iii) defeito no sistema de exaustão, que ocasionou a parada no fluxo produtivo para limpeza da serra circular de reaproveitamento diversas vezes e iv) o alto índice de tempo ocioso dos operários.

Batista e Carvalho (2007) estudaram uma serraria de pequeno porte no município de Piraí, sul do Estado do Rio de Janeiro. Esta serraria processa em média na linha de produção avaliada cerca de 572 toras por dia, o que confere um volume de madeira serrada de 20,02 m³/dia e a eficiência operacional média de 4,96 m³/operário/dia. Esses pesquisadores encontraram uma eficiência e um volume de madeira serrada superiores ao da serraria Serramatti. Fato este observado pela diferença do maquinário utilizado, a serraria fluminense utiliza em sua linha de produção uma serra circular dupla de dois eixos, uma serra circular múltipla de dois eixos com cinco cortes e uma serra circular dupla, maquinário este mais novo e mais produtivo do que os da serraria Serramatti.

A eficiência operacional encontrada na serraria Serramatti foi inferior ao encontrado por Batista, Silva e Corteletti (2013), que estudaram uma serraria de pequeno porte no município de Dores do Rio Preto - ES e obtiveram uma eficiência média da serraria estudada igual a 5,06 m³/operário/dia. Apesar das duas empresas trabalharem com mesmo maquinário e mesma espécie de matéria prima, este fato

foi observado devido ao maior diâmetro das toras em Dorés do Rio Preto, que variava de 10 a 40 cm e o tipo de produto gerado (tábuas, pontaletes, ripas e outros).

De um modo geral, foram processadas mais toras durante o período da tarde, fato que pode ser explicado pela maior jornada de trabalho neste turno (cinco horas) do que no da manhã (quatro horas). A serraria processou em média 358 toras por dia, com variação de 121 toras no dia em que ocorreu a falha no abastecimento de energia elétrica e 583 no dia em que a produção não parou para o reaproveitamento das costaneiras. Esta média confere um volume de toras serradas de 17,17 m³/dia, enquadrando a serraria como de pequeno porte. Mesmo considerando-se o dia em que a maior quantidade de toras foi processada, a classificação da serraria não mudaria, porque resultaria em 27,96 m³/dia, abaixo dos 50 m³/dia estabelecidos por Rocha (2002).

A terça-feira foi o dia de maior eficiência operacional, pois a serraria produziu acumulando as costaneiras. Na quarta-feira pela manhã, a serraria realizou apenas o reaproveitamento dessas costaneiras, e parte dos funcionários foi deslocado para outras funções. Por isso a eficiência desse turno foi zero e poucas toras foram desdobradas no turno da tarde, e o mesmo ocorreu no turno da manhã da sexta-feira.

4.3 Estudo do tempo de produção

4.3.1 Trabalho produtivo

Na Tabela 3 encontram-se os resultados do estudo do tempo de produção da serraria Serramatti.

Tabela 3 – Proporções de trabalho produtivo da serraria

Período	Trabalho produtivo (%)					Média
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	
Manhã	73	75	71	79	77	75
Tarde	36	82	73	77	74	69
Média	55	79	72	78	76	72

Fonte: O autor (2013).

É observado na Tabela 3 que mesmo na segunda-feira (momento em que a serraria não processou toras no período da tarde) e quarta-feira (momento em que a serraria não processou toras no período da manhã) houve trabalho produtivo. Isto aconteceu, pois com a falta de funcionários na linha para o reaproveitamento das costaneiras, parava-se as operações de desdobro principal e a resserra e iniciava a serra circular de reaproveitamento, continuando a operação da serra circular dupla para a produção das ripas.

A serraria avaliada não atingiu o valor mínimo de 75% de trabalho produtivo sugerido por Martins e Laugení (2003 citado por ABREU, 2005).

O trabalho produtivo médio da serraria foi igual a 72%, e foi predominante em comparação às atividades de tempo perdido, que apresentaram média igual a 28%. O resultado foi superior à média de 69,6% obtida por Silva (2010), que avaliou uma serraria em Alegre - ES que possuía as mesmas características de matéria-prima. Este fato ocorreu, pois na serraria estudada por Silva (2010) ocorreram algumas atividades de tempo perdido que não foram observados na serraria Serramatti, como: i) regulagem dos volantes e da guia da serra de fita; ii) conserto das garras do carro porta toras e iii) carregamento do caminhão.

O trabalho produtivo da serraria também foi superior às médias observadas nas duas linhas de produção avaliadas por Batista e Carvalho (2007). A serraria analisada pelos autores estava operando abaixo da capacidade produtiva, por causa de atrasos no abastecimento da matéria-prima e de elevada proporção de tempo perdido, causada pelo mau estado de conservação do maquinário.

Batista, Silva e Corteletti (2013) estudaram uma serraria de pequeno porte no município de Dores do Rio Preto - ES e encontraram trabalho produtivo médio igual a 77,1% e às atividades de tempo perdido, apresentaram média igual a 22,9%, valores estes superiores aos da serraria Serramatti. Apesar das atividades classificadas como tempo perdido na serraria estudada pelos autores serem semelhantes às deste trabalho, na realização do trabalho dos mesmos não foram observados fatos como: i) parada da linha de produção por falta de energia e ii) falta de funcionários na linha de produção.

4.3.2 Tempo perdido

Na Tabela 4 encontram-se as proporções do tempo perdido da serraria Serramatti.

Tabela 4 – Estudo do tempo perdido

Dias avaliados	Trabalho não produtivo (%)	Demoras (%)	Tempo ocioso (%)
Segunda-feira	21	10	69
Terça-feira	69	7	24
Quarta-feira	36	54	10
Quinta-feira	30	66	4
Sexta-feira	61	19	20
Total	40	28	32

Fonte: O autor (2013).

Em média, as atividades de trabalho não produtivo foram as mais observadas para a configuração do tempo perdido, seguido pelo tempo ocioso e pelas demoras, com respectivamente 40%, 32% e 28%.

Os eventos que contribuíram para o trabalho não produtivo foram em ordem de importância: i) movimentação de matéria-prima; ii) recuo morto do carro porta toras; iii) manutenção; iv) regulagem do maquinário e v) troca de ferramentas de corte da serra principal e da resserradeira.

O tempo ocioso foi caracterizado, principalmente, por: i) necessidades especiais dos operadores; ii) falta de energia elétrica; iii) falta de matéria-prima e iv) abastecimento da rampa.

As atividades que contribuíram para as demoras foram em ordem de relevância: i) pausa no processo produtivo (parada na produção devido a saída dos funcionários do maquinário para realização de outras atividades dentro da empresa); ii) limpeza e; iii) coleta de pó de serra.

A distribuição do tempo perdido da serraria foi heterogênea ao longo dos dias de produção, em que na segunda-feira predominou o tempo ocioso, na terça-feira e na sexta-feira o trabalho não produtivo, ao passo que as demoras foram mais representativas na quarta-feira e quinta-feira.

5.CONCLUSÕES

De modo geral, o desempenho operacional da serraria foi baixo, em que a mesma possui potencial para ter maiores índices de rendimento, eficiência operacional e trabalho produtivo.

O rendimento da serraria está abaixo da média, principalmente por causa do pequeno diâmetro das toras processadas, das ferramentas de corte do maquinário utilizado e da pequena dimensão do produto gerado.

A utilização da serra circular múltipla resserradeira foi responsável pelo aumento do rendimento em madeira serrada , porque mais ripas de maior qualidade passaram a ser produzidas.

A eficiência operacional média da serraria foi inferior à de outras empresas de mesmo porte e nível tecnológico.

O trabalho produtivo médio da serraria foi inferior ao mínimo recomendando pela literatura, principalmente por causa da parada do maquinário no primeiro dia de avaliação e pela ausência de operários na linha de produção para a operação do reaproveitamento de costaneiras.

O trabalho não produtivo foi mais representativo na composição do tempo perdido, contudo a distribuição deste foi heterogênea, em que as demoras e o tempo ocioso também foram mais representativos em outros dias da produção.

6. RECOMENDAÇÕES

Substituição da serra de fita vertical simples utilizada no desdobro primário por uma serra circular que efetue cortes duplos, para aumentar a produção de semiblocos e atender a demanda por matéria-prima da serra circular múltipla resserradeira.

Para compensar o baixo desempenho produtivo da serra de fita e continuar atendendo a demanda existente por produtos de maiores dimensões, a serraria deveria utilizar esta máquina apenas para serrar toras de maiores diâmetros, compensando o pouco trabalho produtivo com maiores volumes de madeira serrada.

Promover melhorias no sistema de exaustão, com o objetivo de diminuir o tempo gasto com a limpeza dos subprodutos mais leves (principalmente o pó de serra) na linha de produção.

Implantação de um sistema de remoção dos subprodutos mais pesados (esteiras transportadoras, por exemplo), como forma de diminuir as demoras na produção.

Promover o treinamento e a conscientização dos operários, a fim de diminuir o tempo perdido com demoras.

Implementação de um programa de participação nos lucros e resultados, incentivando os funcionários a se comprometerem cada vez mais com os objetivos da empresa.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Estudo setorial da ABIMCI** – Ano Base 2008. Curitiba, 2009. 48p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF** – Ano Base 2012. Brasília, 2013. 146p.

ABREU, F. A. **Eficiência operacional de serra fita**: estudo de caso em duas serrarias no município de Paragominas, PA. 2005. 30 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BATISTA, D. C. **Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo de tempo, rendimento e eficiência**: estudo de caso em Piraí - RJ. 2006. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BATISTA, D. C.; CARVALHO, A. M. Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo de tempo, rendimento e eficiência. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 31-38, set. 2007.

BATISTA, D. C.; SILVA, J. G. M.; CORTELETTI, R. B. Desempenho de uma serraria com base na eficiência e na amostragem do trabalho. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p.271-280, abr./jun. 2013

CARVALHO, L. O.; HEINECK, L. F. M.; JUNGLES, A. E. Uma metodologia para obtenção de constantes orçamentárias utilizando a técnica da amostragem de trabalho. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENEGEP, 2004. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2004_Enegep0115_0774.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2013.

FAGUNDES, H. A. V. **Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas do Rio Grande do Sul**. 2003. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre.

GATTO, D. A. **Avaliação quantitativa e qualitativa da utilização madeireira na Região da quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul**. 2002. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal na área de Concentração em Tecnologia de Produtos Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2002.

NÉRI, A. C.; GONÇALVES, R.; HERNANDEZ, R. E. Forças de corte ortogonal 90-0 em três espécies de madeira de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 275-280, 2000.

NOGUEIRA, M. Técnicas de serraria. In: OLIVEIRA, J. T. da S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Vitória: Aquarius, 2007. p. 165 - 183.

NORDSTROM, J. A. A amostragem de trabalho. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v.2, n. 3, p. 29-42, 1962.

POLZL, W. B.; SANTOS, A.J.; TIMOFEICZYC JUNIOR, R.; POLZL, P.K. Cadeia produtiva do processamento mecânico da madeira -Segmento da madeira serrada no Estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 127-134. 2003.

REITZ, V. **Estudo de tempos e movimentos na indústria de camisaria**. 2004. 36 f. Monografia (Graduação em Tecnologia do Vestuário) – Faculdade Educacional de Dois Vizinhos, Dois Vizinhos, 2004.

ROCHA, M. P. **Tecnologia e Planejamento em Serrarias**. Edição revista e ampliada. Curitiba: FUPEF, 2002.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 63, p. 32-43, jun. 2003

SILVA, J. G. M. **Desempenho e amostragem do trabalho de uma serraria no município de Alegre, Espírito Santo**. 2010. 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

VANTEC MÁQUINAS. **Produtos**. Disponível em:
<[http://www.vantec.ind.br/images/produtos/serraria/serra-circular-multipla/serra-circular-multipla%20\(1\).gif](http://www.vantec.ind.br/images/produtos/serraria/serra-circular-multipla/serra-circular-multipla%20(1).gif)>. Acesso em: 3 set. 2013.

VITAL, B. R. **Planejamento e operações de serrarias**. Viçosa: UFV, 2008.

