

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

ERICA CESCHIM MAGNAGO

DESEMPENHO OPERACIONAL E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS
MADEIREIROS NA PRODUÇÃO DE TÁBUAS E PRÉ-CORTADOS DE
EUCALIPTO

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2015

ERICA CESCHIM MAGNAGO

DESEMPENHO OPERACIONAL E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS
MADEIREIROS NA PRODUÇÃO DE TÁBUAS E PRÉ-CORTADOS DE
EUCALIPTO

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

Orientador (a): Graziela Baptista
Vidaurre.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2015

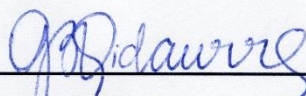
ERICA CESCHIM MAGNAGO

DESEMPENHO OPERACIONAL E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS
MADEIREIROS NA PRODUÇÃO DE TÁBUAS E PRÉ-CORTADOS DE
EUCALIPTO

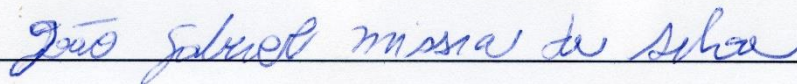
Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Industrial Madeireira.

Aprovado em 27 de novembro de 2015

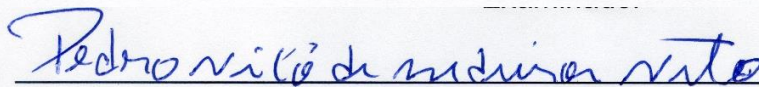
COMISSÃO EXAMINADORA



Profª. D. Sc. Graziela Baptista Vidaurre
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora



M. Sc. João Gabriel Missia da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
Conselheiro



M. Sc. Pedro Nicó de Medeiros Neto
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

“Não confunda derrotas com fracasso nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.”

Roberto Shinyashiki

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse e que é o maior mestre que alguém pode ter. Ele que com seu amor de Pai, me deu força nos momentos que pensei que não ia suportar, que me amparou quando pensei em desistir.

Aos meus pais, Maria José e Edmar, toda minha gratidão e amor. Minha vida dedico a vocês, que são meu porto seguro, meu alicerce. Essa conquista não seria possível sem toda base, apoio, orientação e suporte que vocês nunca deixaram de me dar, obrigada por tudo.

Agradeço ao meu irmão, que esteve comigo boa parte da minha graduação, com quem pude dividir todas as minhas angústias, raivas, tristezas e que também me proporcionou muitas alegrias e risadas.

Ao meu namorado, que esteve ao meu lado por todo esse período. Que muitas vezes amparou meus choros, ouviu minhas reclamações, lamentos e me deu forças para continuar.

Aos meus amigos e companheiros de UFES, agradeço muito a vocês que fizeram meus dias na universidade mais divertidos e descontraídos. Tenho certeza que aqui fiz amigos que levarei para toda vida, com vocês aprendi muito.

Agradeço imensamente a minha equipe orientadora, Professora Graziela Baptista Vidaurre e ao doutorando João Gabriel Missia da Silva. Obrigada pela oportunidade, ensinamentos, suporte e aprendizado no decorrer deste trabalho. Foi muito importante para mim. Sem menor importância, minha gratidão ao mestrando José Clailson Franco Coelho, pelo auxílio durante a coleta de dados na empresa.

Não posso me esquecer de agradecer ao Gildo, por abrir as portas da empresa Gildo Madeiras, pela atenção e apoio para que este trabalho pudesse ser realizado.

A Pedro Nicó de Medeiros Neto por aceitar o convite de fazer parte da banca examinadora e pelas valiosas sugestões para a melhoria do trabalho.

A Universidade Federal do Espírito Santo, seu corpo docente e diretoria, pela formação profissional e pessoal e por permitir o vislumbre de um horizonte próspero, muito obrigada.

RESUMO

Com a grande demanda por produtos madeireiros, a madeira de eucalipto passou a ser introduzida em vários segmentos da indústria madeireira, inclusive no setor de madeira serrada. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional e a geração de resíduos madeireiros na produção de pré-cortados e tábuas de madeira de *Eucalyptus* de uma serraria de pequeno porte na Microrregião Caparaó, Espírito Santo, Brasil. As toras foram separadas e identificadas de acordo com sua classe diamétrica e foi feita a cubagem. Posteriormente, as toras foram encaminhadas ao processo de desdobro, sendo as peças geradas identificadas e separadas para a posterior mensuração do seu volume e também dos resíduos gerados no processo. Com posse do volume de tora e volume de madeira serrada calculou-se o rendimento em madeira serrada e posteriormente, a eficiência operacional. O rendimento em madeira serrada médio da serraria abrangeu a faixa considerada normal pela literatura para a madeira de folhosas, sendo o maior valor deste parâmetro para a classe de toras com maiores diâmetros. A eficiência operacional da linha de produção foi considerada boa, uma resposta ao nível tecnológico da empresa. O maior volume de cavacos e serragem foi obtido na classe de maior diâmetro das toras, por esta apresentar um maior volume a ser desdobrado por tora individual.

Palavras-chave: Eucalipto. Desdobro. Aproveitamento em madeira serrada. Classe diamétrica.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O problema e sua importância.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo geral.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Madeira serrada de eucalipto.....	3
2.2 Pré-cortados de madeira.....	4
2.3 Influência do diâmetro das toras no rendimento em madeira serrada.....	5
2.4 Eficiência operacional no desdobro de toras.....	6
2.5 Aproveitamento de resíduos madeireiros.....	8
3. METODOLOGIA.....	9
3.1 Classificação da pesquisa.....	9
3.2 Localização e caracterização da serraria em estudo.....	9
3.3 Seleção das toras por classes diamétricas.....	11
3.4 Rendimento em madeira serrada.....	13
3.4.1 Mensuração do volume das toras.....	13
3.4.2 Mensuração do volume das peças serradas.....	14
3.5 Eficiência operacional da serraria.....	15
3.6 Quantificação do volume de resíduos madeireiros.....	16
3.7 Análise estatística.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1 Rendimento em madeira serrada.....	17
4.2 Eficiência operacional da serraria.....	19
4.3 Quantificação do volume de resíduos.....	20
4.4 Limitações à produção da Serraria.....	22
5. CONCLUSÕES.....	23
6. RECOMENDAÇÕES.....	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

1. INTRODUÇÃO

O setor de florestas plantadas contribui com a preservação dos recursos naturais, disponibiliza matéria-prima para suprir as necessidades internas do país e para exportação, além de contribuir com a geração de produtos, tributos e empregos. No agronegócio do Espírito Santo, o setor florestal é um dos que mais tem crescido nos últimos anos. Em 2013, a área estadual de plantios florestais com o gênero *Eucalyptus* correspondeu a 228.781 ha (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ, 2015; CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO – CEDAGRO, 2011).

Destaca-se para a atualidade do setor florestal capixaba, o segmento de serrarias e usinas de tratamento de madeira, pelo crescente número de empreendimentos, sua distribuição espacial e elevada oferta de produtos madeiráveis diversificados (CEDAGRO, 2011).

Segundo dados do CEDAGRO (2011), existem trinta e três serrarias distribuídas na microrregião do Caparaó, que é onde fica localizada a empresa foco deste estudo. Estas empresas produzem juntas aproximadamente 111.694 m³ de madeira serrada por mês, correspondendo a cerca de 16% da produção madeireira do estado do Espírito Santo.

O processo de fabricação da madeira serrada, como qualquer outra atividade, gera resíduos, portanto, considerando o rendimento em madeira serrada em torno de 50%, a quantidade de madeira serrada que é produzida pelas serrarias é a mesma produzida de resíduos. A partir deste cenário, faz-se necessário o aproveitamento dos resíduos tanto por questões ambientais quanto econômicas para a empresa. Os resíduos que antes eram vistos como problemas, atualmente são considerados como uma forma de incrementar a receita da indústria madeireira.

1.1 O problema e sua importância

Existe um desconhecimento por parte dos empreendedores das serrarias da Microrregião do Caparaó, estado do Espírito Santo, quanto a aquisição e qualidade da matéria-prima, do aproveitamento da madeira de acordo com a classe diamétrica, do volume de resíduos gerados na produção, da eficiência operacional e da

viabilidade técnica de investimento em um classificador de toras e/ou outros sistemas que possam trazer melhorias à produção.

Dentro da problemática dos resíduos madeireiros, destaca-se que quando dispostos de forma inadequada, estes materiais podem ser considerados fontes poluidoras ao meio ambiente, sendo por isso intensificada a fiscalização dos órgãos de defesa florestal para a sua destinação correta por parte da empresa geradora. Além de contribuir com a racionalização dos recursos florestais, o destino adequado dos resíduos proporciona uma nova alternativa socioeconômica à empresa.

Diante desse cenário, o presente estudo tem o importante papel de gerar informações quanto ao desempenho operacional e volume de resíduos gerados na produção de pré-cortados e tábuas da madeira de eucalipto, para direcionar as pequenas serrarias produtoras na tomada de decisões gerenciais e operacionais, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico, o crescimento e a competitividade do setor madeireiro na Microrregião do Caparaó, Espírito Santo, Brasil. De posse dos resultados e análise dos dados obtidos, foi possível propor sugestões e soluções para a problemática mencionada e outros impedimentos observados na linha de produção.

Buscou-se saber qual a classe diamétrica fornece um maior rendimento em pré-cortado e tábuas de eucalipto e qual o volume de resíduos gerados por classe. A hipótese inicial é que as toras com maiores diâmetros contribuirão para um maior rendimento na produção destes produtos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho operacional e a geração de resíduos madeireiros na produção de pré-cortados e tábuas de madeira de eucalipto de uma serraria de pequeno porte.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar o rendimento em madeira serrada por classe diamétrica;
- Determinar a eficiência operacional da serraria;
- Quantificar o volume de resíduos produzidos por classe diamétrica;
- Sugerir modificações para melhoria do desempenho da produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Madeira serrada de eucalipto

Anteriormente a década de 1960, toda a madeira serrada utilizada no Brasil era proveniente de florestas nativas. Com o passar do tempo a demanda por produtos madeireiros aumentou e as fontes de madeiras nativas ficaram cada vez mais escassas, fazendo com que incentivos fiscais para o reflorestamento em larga escala fossem criados, para atender e suprimir a exploração de florestas nativas (EVANGELISTA, 2007).

Tendo em vista, a boa adaptação aos solos e climas do país e o rápido crescimento (maior volume de madeira em curto tempo), a madeira de eucalipto dominou as florestas plantadas do Brasil (JAEGER E ZIGER ,2007). Segundo a IBÁ(2015), no ano de 2014 a área plantada de eucalipto correspondeu a 5,6 milhões de hectares.

Os principais destinos da madeira de eucalipto são as indústrias de celulose, carvão vegetal e de chapas de partículas e fibras. Contudo, as indústrias de madeira serrada estão utilizando, cada vez mais, o eucalipto como matéria-prima, por causa da possibilidade de programas de melhoramento genético e técnicas de silvicultura adequadas, aumentando o potencial dessa espécie para a produção de serrados (ROCHA; TRUGILHO, 2006).

No estado do Espírito Santo, os principais usos da madeira serrada de eucalipto são pallets, vigas, ripas, ripões, caibro, tábuas, pranchas e toretes para acomodação de cargas, sendo que em média cada serraria produz de dois a três destes tipos de produtos (CEDAGRO, 2011).

A madeira de eucalipto, por ser proveniente de árvores de crescimento acelerado e rotação curta, apresenta altos índices de tensões de crescimento, alta proporção de madeira juvenil e conseqüentemente, propensão ao colapso durante a secagem. Mas, essas características podem ser manipuladas geneticamente, sendo possível encontrar madeiras desse gênero de alta qualidade, possibilitando seu uso específico como madeira serrada (PRODUTOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO DE MAIOR VALOR AGREGADO, 2007).

A densidade é umas das principais propriedades físicas da madeira por estar relacionada com a maioria das suas características. Características estas que são fundamentais para a fabricação e utilização dos produtos madeireiros e afetam a qualidade da madeira, pois é uma quantificação direta do material lenhoso por unidade de volume (SHIOYAMA 1990 citado por LOBÃO et al., 2004). Na Tabela 1 são descritas algumas propriedades tecnológicas da madeira serrada de duas espécies de *Eucalyptus*.

Tabela 1. Propriedades tecnológicas da madeira de duas espécies de *Eucalyptus* a 12% de umidade.

Propriedades	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>
Densidade básica (g cm ⁻³)	0,49	0,56
Compressão paralela às fibras (MPa)	59,72	46,80
Flexão estática (MPa)	66,64	72,15
Cisalhamento (MPa)	7,0	8,2

Fonte: Adaptado de MULLER (2013).

2.2 Pré-cortados de madeira

Os pré-cortados são peças de madeira serrada, com 20 mm de espessura, 30 mm de largura e comprimento que pode variar de acordo com o desejo do comprador. Estas peças, de acordo com a norma brasileira NBR 14807 (2002) de dimensões de peças de madeira, podem ser consideradas como ripas. A principal utilização do pré-cortado é na composição da estrutura de estofados, vendidos para empresas do setor moveleiro (SILVA, 2010).

Este produto é vendido pelas serrarias da Microrregião do Caparaó, Espírito Santo, para o polo moveleiro de Ubá – MG, com preço em torno de R\$ 300,00 (trezentos reais) o metro cúbico, com o frete por conta do fornecedor.

Batista et al. (2015) avaliando a eficiência operacional de uma serraria na produção de pré-cortados de *Eucalyptus* sp., encontraram média de 2,77 m³/operário/dia.

2.3 Influência do diâmetro das toras no rendimento em madeira serrada

A relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume da tora antes do desdobro, expresso em porcentagem, é o rendimento em madeira serrada. Segundo Vital (2008), em folhosas, considera-se normal um rendimento em madeira serrada entre 45 e 55%. Este coeficiente é afetado pela interação de diversos fatores, sendo os mais importantes o diâmetro, o comprimento, a conicidade, a qualidade das toras, a funcionalidade e tipos de equipamentos utilizados e a quantidade de subprodutos (STEELE, 1984 citado por SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2003).

Geralmente quanto maior o diâmetro das toras maior será o rendimento em madeira serrada, uma vez que o volume de toras perdido com costaneiras e aparas é menor em relação ao volume das toras (WADE et al., 1992 citado por SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2003).

Em plantios florestais o diâmetro das toras é a ainda mais influenciador no rendimento, pois os troncos tendem a ter uma maior conicidade no sentido base-topo, aumentando a diferença entre diâmetros na mesma árvore (SOUZA et al., 2007). Destaca-se que o desempenho da empresa aumenta, quando é possível gerar a mesma quantidade de produtos, utilizando menos matéria-prima (VALE; SABLowski, 2006).

O trabalho realizado por Hornburg et al. (2012) demonstra a influência do diâmetro das toras no rendimento em madeira serrada. Observou-se que a maioria das espécies de *Eucalyptus* em estudo apresentaram rendimento em madeira serrada inferior para as toras da classe diamétricas de 14 a 19,9 cm, e rendimento superior para as toras da classe diamétrica 20 a 25 cm. Os resultados de outros estudos sobre a influência do diâmetro no rendimento estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Influência do diâmetro das toras no rendimento em madeira serrada (Rms), de acordo com a espécie de eucalipto, produto e autor.

Espécie	Diâmetro (cm)	Rms (%)	Produto	Autor
<i>Eucalyptus grandis</i>	19,0 a 24,0	48,22	Tábuas	Rocha (2000)
	25,0 a 30,0	43,19		
<i>Eucalyptus dunnii</i>	19,0 a 24,0	41,68		
	25,0 a 30,0	40,84		
<i>Eucalyptus benthamii</i>	20,0 a 24,9	40,71	Tábuas	Müller (2013)
	25,0 a 29,9	43,11		
<i>Eucalyptus dunnii</i>	23,52 ¹	36,71	Tábuas	Anjos (2013)
	28,93	41,02		
	35,33	49,32		
<i>Eucalyptus saligna</i>	22,24	43,87		
	24,75	47,46		
	33,58	53,55		
<i>Eucalyptus grandis</i>	33,90	41,07		
	35,33	43,85		
	39,34	48,55		
<i>Eucalyptus benthamii</i>	20,0 a 25,0	48,69	Tábuas	Cunha et al. (2014)
	25,1 a 30,0	39,31		
<i>Eucalyptus grandis</i>	20,0 a 25,0	56,70		
	25,1 a 30,0	51,90		

¹ Diâmetro médio das toras (ANJOS, 2013)

Fonte: A autora (2015).

Observa-se que alguns autores encontraram maiores resultados de rendimento em madeira serrada na menor classe diamétrica, esse fato pode acontecer em função dos produtos gerados e do sistema e condução do desdobro.

2.4 Eficiência operacional no desdobro de toras

A eficiência operacional expressa a relação entre o volume de tora desdobrada por período ou turno e o número de operários envolvidos nas operações de desdobro (ROCHA, 2007).

Segundo o mesmo autor, alguns fatores devem ser levados em consideração quando se deseja analisar a eficiência de uma empresa, tais são: espécie (conífera e folhosas; plantadas e nativas), uniformidade da matéria-prima ou produto, *layout* da serraria, disponibilidade de máquinas, nível tecnológico da serraria (qualidade das máquinas, mecanização e automação), produto (sistema de desdobro e modelo de corte), adequação entre equipamentos e produtos, mão-de-obra e disponibilidade de energia elétrica.

Rocha (2002) afirma que existem serrarias que operam com eficiências variando de 0,1 m³/operário/dia até 50 m³/operário/dia, dependendo do grau de automação e mecanização. Na Tabela 3 encontram-se alguns resultados de eficiência operacional de diferentes estudos e autores, sendo possível observar uma discrepância nos valores entre madeira de nativas e plantadas, e entre as plantadas, nota-se que a possível diferença de nível tecnológico das empresas é influenciadora neste parâmetro.

Tabela 3. Eficiência operacional de acordo com a espécie e autor.

Espécie	Localidade	Eficiência (m³/operário/dia)	Autor
<i>Erismia uncinatum</i>		0,48	
<i>Qualea albiflora</i>	Sinop, MT	0,55	Biasi (2005)
<i>Mezilaurus itauba</i>		0,44	
<i>Eucalyptus</i> sp.	Barra do Piraí, RJ	4,96	Batista e Carvalho (2007)
<i>Eucalyptus</i> sp.	Dores do Rio Preto, ES	5,06	Batista, Silva e Corteletti (2013)
<i>Eucalyptus</i> sp.	Ibiraçu, ES	2,43	Salvador (2013)
<i>Eucalyptus</i> sp.	Alegre, ES	2,77	Batista et al. (2015)

Fonte: A autora (2015).

2.5 Aproveitamento de resíduos madeireiros

A produção de resíduos é diretamente proporcional ao volume produzido de madeira serrada, podendo tornar-se um problema para as serrarias caso esse material não seja adequadamente aproveitado. Os resíduos podem ser utilizados na fabricação de pequenos produtos de madeira, contribuindo para a racionalização dos recursos florestais e proporcionando uma nova alternativa socioeconômica às empresas (WYSE, 2007).

Existem várias opções de aproveitamento dos resíduos de madeira, como a geração de energia (a principal delas), uso na produção de painéis reconstituídos, fabricação de pequenos objetos de madeira, decoração, compostagem, entre outras. O que vai definir qual a melhor destinação dos resíduos é a sua gramatura, o mercado local, a logística, a disponibilidade de equipamentos, o volume disponível e a relação custo-benefício (PAULA, 2006).

Em um estudo para analisar os destinos dos resíduos madeireiros em uma usina de reciclagem de madeira, Silva Júnior, Medeiros Junior e Levy (2006) constataram que os resíduos com granulometria até 4,8 mm são enviados para empresas de fabricação de chapas de fibra, e os resíduos com granulometria entre 9,5 e 50 mm são vendidos como biomassa para geração de energia.

Para solucionar os problemas provenientes dos resíduos gerados e obter o maior rendimento possível nas empresas é necessário o conhecimento dos fatores geradores, do volume e tipos, da sazonalidade e os possíveis usos que podem ser dados a estes materiais. Sendo então, fundamental a realização de análise de cada fase do processo produtivo (BRAND et al., 2002).

3. METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

A pesquisa foi classificada como explicativa pois visou esclarecer os fatores que contribuíram para ocorrência de determinado fenômeno, sendo este o aproveitamento da madeira por classe diamétrica da serraria. Também como pesquisa aplicada, motivada pela necessidade de resolver um problema concreto, o qual é representado pela falta de informações sobre o desempenho na produção de pré-cortados e tábuas de madeira em serrarias de pequeno porte. Quanto aos meios, a pesquisa classifica-se como pesquisa de campo, realizada no local onde ocorreu o fenômeno e também como estudo de caso, realizado no campo e associado a uma empresa (VERGARA, 2006).

A coleta de dados foi registrada em planilhas pré-elaboradas para mensuração do volume das toras, de madeira serrada e dos resíduos por classe diamétrica e outras observações pontuais, durante a produção.

3.2 Localização e caracterização da serraria em estudo

O estudo foi realizado na Serraria Gildo Madeiras, localizada no município de Iúna, Microrregião do Caparaó, estado do Espírito Santo. O porte da serraria foi classificado como pequeno pois processa em torno de 50 m³ de toras por dia (ROCHA, 2002).

Os principais produtos gerados na serraria em estudo são pré-cortados (Figura 1 - A) e tábuas (Figura 1 - B) com dimensões médias de 25 x 40 x 700 mm e 25 x 100 x 2500 mm (espessura, largura e comprimento), respectivamente, e são destinados principalmente para o polo moveleiro de Ubá – Minas Gerais.



Figura 1 – Produtos da Serraria Gildo Madeiras: (A) Pré-cortados e (B) tábuas.

Fonte: A autora (2015).

O *layout* e o fluxograma da serraria Gildo Madeiras podem ser observados nas Figuras 2 e 3 respectivamente, em que pode ser visto o modelo de corte com as respectivas máquinas e operações de desdobro.

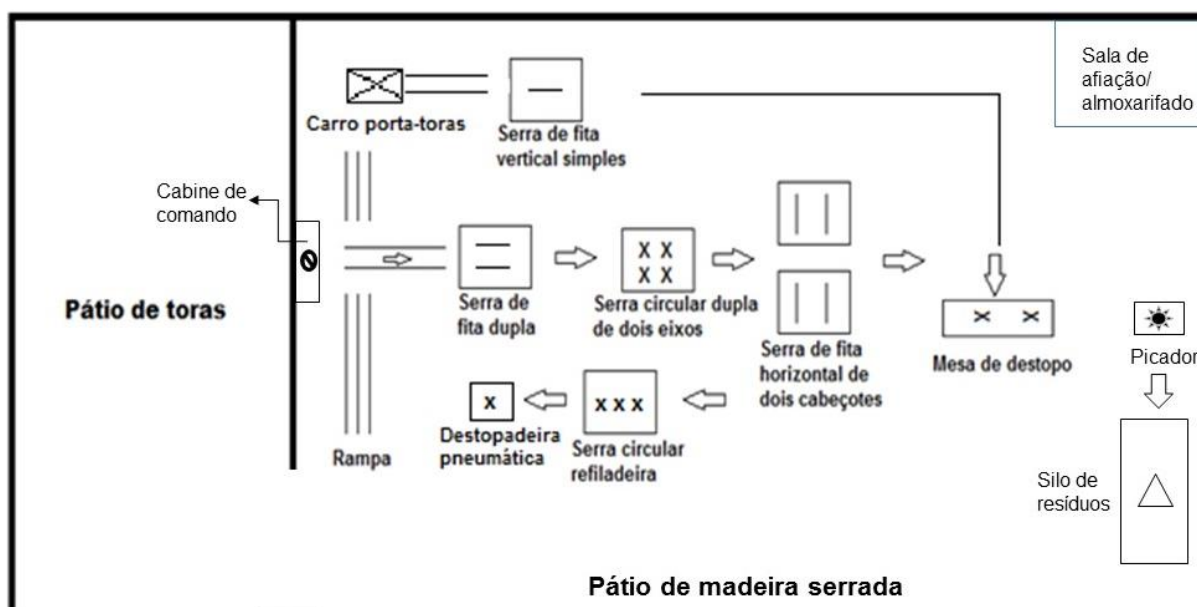


Figura 2 – *layout* da serraria.

Fonte: A autora (2015).

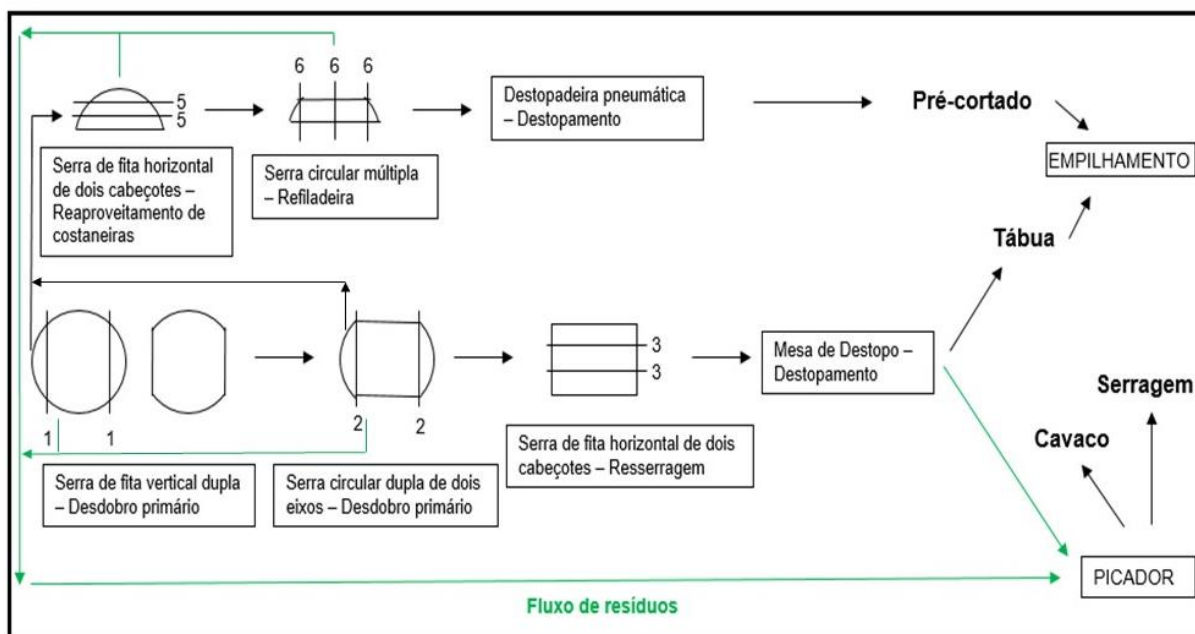


Figura 3 – Fluxograma produtivo dos pré-cortados e tábuas.

Fonte: A autora (2015).

O desempenho operacional da serraria foi avaliado pelos parâmetros, rendimento em madeira serrada por classe diamétrica e eficiência operacional.

3.3 Seleção das toras por classes diamétricas

As toras de *Eucalyptus* sp. presentes no pátio da serraria, de um lote de um mesmo fornecedor de madeira (no intuito de padronizar a procedência), foram separadas em três classes diamétricas, com amplitudes representativas dos diâmetros observados no estoque e em acordo com a necessidade da empresa. Foram utilizadas dez toras por classe diamétrica, agrupadas com base no diâmetro da ponta fina, igual ou superior ao limite inferior da classe considerada (Tabela 4).

Tabela 4 – Identificação das classes diamétricas

Classes Diamétricas	Cor	Diâmetro (cm)	Comprimento médio (m)
I	Vermelho	15,0 – 19,0	2,50
II	Verde	19,1 – 23,0	2,50
III	Preto	> 23,0	2,50

Fonte: A autora (2015).

Após a separação, foi realizada a identificação e listagem de cada tora dentro da classe, marcando nas duas extremidades, com *spray* de tinta vermelha, verde e preta, a cor representativa de cada classe de diâmetro e o número individual de cada tora (Figura 4). A identificação foi importante para o controle durante todo o processo de desdobro.



Figura 4 – Toras selecionadas e identificadas por classe diamétrica

Fonte: A autora (2015).

3. 4 Rendimento em madeira serrada

3.4.1 Mensuração do volume das toras

Após a separação por classes diamétricas, foi mensurado o volume das toras. Para tal, o comprimento e as circunferências com casca das toras foram medidos com uma trena e fita métrica, respectivamente. Os diâmetros das toras com casca foram determinados com base na Equação 1.

$$D_{cc} = \frac{C_c}{\pi} \quad (1)$$

Em que: D_{cc} : diâmetro com casa (cm); C_c : circunferência com casca (cm).

Para eliminar o percentual de casca no cálculo do rendimento, o diâmetro sem casca (D_{sc}) foi calculado utilizando-se Equação 2.

$$D_{sc} = D_{cc} - 2 \times E_c \quad (2)$$

Em que: D_{sc} : Diâmetro sem casca (cm); D_{cc} : Diâmetro com casca (cm); E_c : espessura da casca (cm).

A espessura média da casca foi mensurada em quatro pontos do diâmetro das toras (Figura 5), com auxílio de um paquímetro digital.

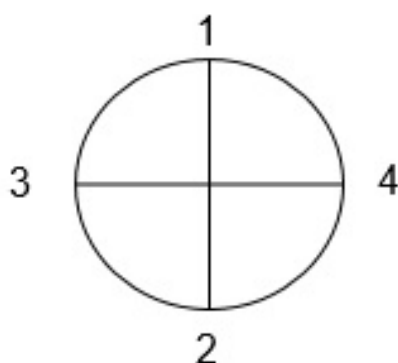


Figura 5 – Pontos de mensuração da espessura da casca.

Fonte: A autora (2015).

Por fim, foi utilizada a equação de Smalian para o cálculo do volume das toras, adaptada de Machado e Figueiredo (2003), descrita na Equação 3.

$$V_t = \frac{\pi}{80000} \times (D_1^2 + D_2^2) \times L \quad (3)$$

Em que: V_t : volume sem casca da tora (m^3); D_1 e D_2 : diâmetros sem casca das extremidades da tora (cm); L : comprimento da tora (m).

3.4.2 Mensuração do volume das peças serradas

Realizada a identificação e mensuração do volume, as toras de cada classe diamétrica foram encaminhadas para o desdobro, seguindo o modelo de corte para semi-blocos, adotado pela serraria em estudo. Cada peça gerada foi identificada com o respectivo número da tora.

Posteriormente, o volume de madeira serrada foi calculado. De cada peça foi mensurado o comprimento, a largura e a espessura com o auxílio de uma trena. A largura e a espessura foram mensuradas nas extremidades (dez centímetros dos topos) e na porção mediana. O volume de cada peça de madeira serrada foi calculado de acordo com a Equação 4.

$$V_p = l \times b \times e \quad (4)$$

Em que: V_p : volume da peça (m^3); 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 5.

$$V_{ms} = \sum_{i=1}^n V_{pi} \quad (5)$$

Em que: V_{ms} : volume de madeira serrada (m^3); V_{pi} : volume de cada peça i (m^3).

O rendimento em madeira serrada foi calculado de acordo com a Equação 6, recomendada por Vital (2008).

$$Rms = \left(\frac{Vms}{Vt} \right) \times 100 \quad (6)$$

Em que: Rms: rendimento em madeira serrada (%); Vms: volume de madeira serrada (m³); Vt: volume sem casca da tora (m³).

3.5 Eficiência operacional da serraria

A eficiência operacional da serraria foi calculada de acordo com a Equação 7, proposta por Rocha (2007).

$$E = \frac{Ti}{O} \quad (7)$$

Em que: E: eficiência operacional (m³/operário/turno); Ti: volume de toras sem casca desdobradas por determinado período de tempo (m³/turno); O: número de operários.

Para o cálculo da eficiência operacional, foi cronometrado o tempo total de desdobro de 30 toras, representativas das três classes diamétricas avaliadas, desde a movimentação da primeira tora no sistema de avanço da serra de fita dupla até o desdobro da última peça. Considerando o turno de trabalho de nove horas, este foi dividido pelo tempo total de desdobro (em horas). O resultado foi multiplicado pelo volume total das toras, determinando-se assim o volume de toras por turno. Em seguida, este valor foi dividido pelo número de operários participantes das operações de desdobro.

O estudo da eficiência operacional foi realizado em um lote de toras diferente do usado na avaliação do rendimento em madeira serrada, uma vez que, o tempo total de produção, pelo controle que é exigido para a identificação de cada peça ao longo do desdobro, não seria condizente com a situação real da empresa. Durante este estudo, somente as tábuas estavam sendo produzidas.

3.6 Quantificação do volume de resíduos madeireiros

Os resíduos de cada classe diamétrica foram identificados quanto ao tipo (cavaco e serragem), e o seu volume foi quantificado utilizando uma caixa de dimensões estabelecidas (0,4 x 0,4 x 0,4 m³). A caixa foi disposta de acordo com o sistema de movimentação dos resíduos da linha de produção, durante o desdobro de cada classe diamétrica. O volume total de resíduos em metro cúbico a granel, foi igual ao número de caixas cheias contabilizadas durante o desdobro de cada classe diamétrica, multiplicado pelo volume da respectiva caixa.

3.7 Análise estatística

O experimento foi conduzido como um delineamento inteiramente casualizado, onde as três classes diamétricas foram designadas como tratamentos, cada uma com dez repetições. Para todos os testes foi utilizado o nível de 5% de probabilidade.

Foi feita uma análise de variância (ANOVA) para verificar se os tratamentos causam efeito significativo na variável em análise (rendimento em madeira serrada). No caso de efeito significativo dos tratamentos, foi realizado o teste de Tukey para discriminar as diferenças entre as médias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Rendimento em madeira serrada

Os valores referentes ao volume de toras (Vt) e de madeira serrada (Vms) e de rendimento em madeira serrada (Rms), para as diferentes classes diamétricas estudadas, são dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 – Volume das toras (Vt), volume de madeira serrada (Vms) e rendimento (Rms) para diferentes classes diamétricas.

Classes	Vt (m³)	Vms (m³)	Rms (%)
I (15,0 – 19,0)	0,0582 (0,0435) (0,0791) (22,15)	0,0276 (0,0178) (0,0410) (33,70)	47,19 b (34,24) (72,64) (25,09)
II (19,1 – 23,0)	0,0897 (0,0691) (0,1108) (16,90)	0,0415 (0,0277) (0,0545) (23,06)	46,17 b (33,26) (55,96) (14,87)
III (> 23,0)	0,1664 (0,1100) (0,2351) (24,51)	0,0947 (0,0658) (0,1638) (26,82)	56,91 a (49,37) (66,34) (10,27)
Média Geral	0,1048	0,0546	50,09

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Os valores entre parênteses são mínimo, máximo e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Fonte: A autora (2015)

O rendimento em madeira serrada de folhosas varia entre 45 a 55% (VITAL, 2008), permitindo diagnosticar que o rendimento médio da empresa em estudo, está dentro do padrão normal, e até superior quando diz respeito a classe de diâmetro III, considerando-se a espécie e os produtos produzidos (tábuas e pré cortados).

Observa-se que o rendimento em madeira serrada foi superior na classe III, isto é explicado pela ocorrência de maiores diâmetros nas toras desta classe e conseqüentemente maior volume de madeira serrada por volume de tora. Toras com diâmetros maiores apresentam menor volume de tora perdido em costaneiras e

aparas, possibilitando acréscimos nos valores de rendimento (WADE et al., 1992 citado por SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2003).

Resultados semelhantes, foram obtidos em um trabalho feito por Muller (2013), onde toras com classe de diâmetro menor tiveram rendimento em madeira serrada inferior quando comparadas a toras com maiores diâmetros, este fato ocorreu tanto para a madeira seca quanto a madeira verde.

O rendimento em madeira serrada também foi examinado por tipo de peça em função da classe diamétrica (Figura 6). Nota-se uma discrepância de valores em rendimento entre tábuas e pré-cortados, pelo fato do volume gerado não ser o mesmo entre os diferentes tipos de peças. Uma vez que a produção de tábuas permite um maior aproveitamento das toras, sendo este produto a prioridade na produção da empresa.

O rendimento médio das tábuas da classe III diferiu estatisticamente das classes I e II, já as classes I e II obtiveram resultados estatisticamente semelhantes. Em pré-cortado, o rendimento médio foi estatisticamente igual para as classes I e II, e para as classes I e III, porém, entre as classes II e III o resultado obtido foi estatisticamente diferente.

Visando prioritariamente a produção de tábuas, a classe III é a mais indicada pois permite maior rendimento neste produto. Já se o objetivo for a produção de pré-cortado as classes I e II são as mais interessantes visto que estas possibilitam uma maior geração deste produto.

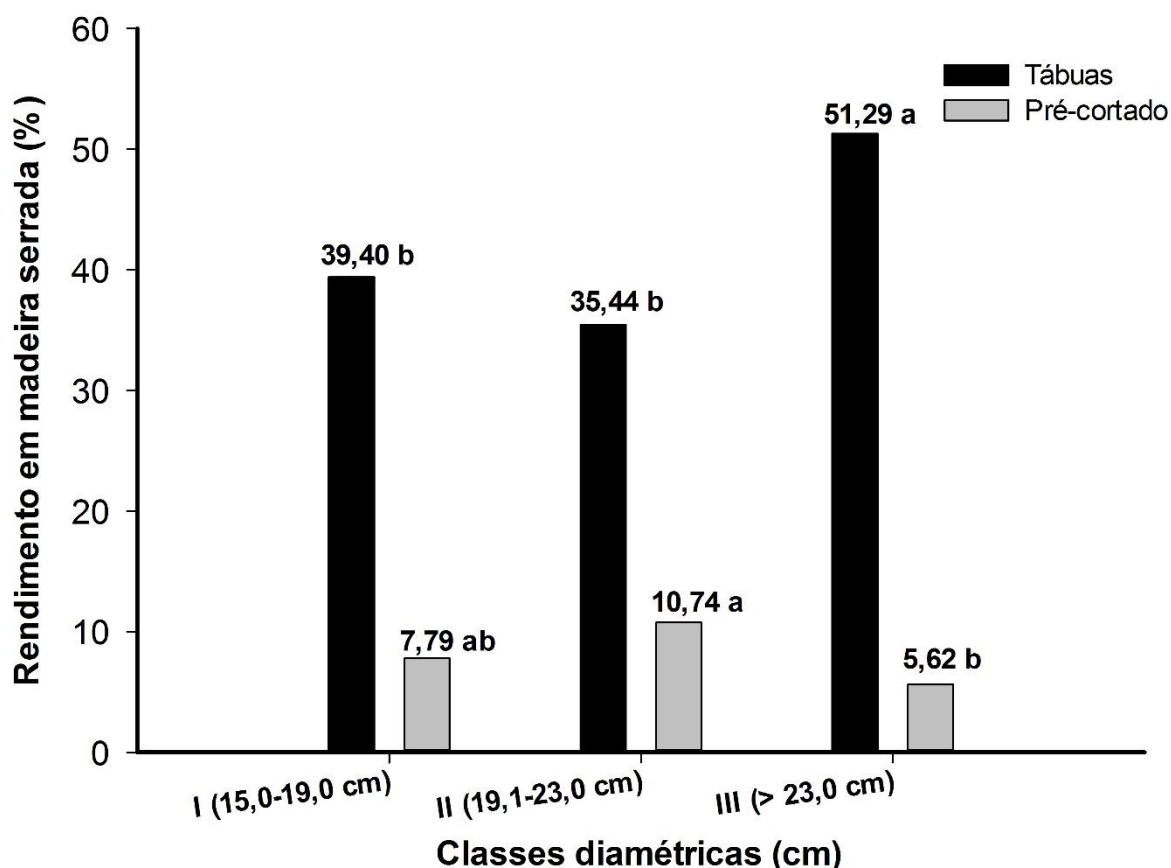


Figura 6 – Rendimento em madeira serrada por tipo de peça (tábuas e pré-cortados) e classes diamétricas. Médias de tábuas e pré-cortados seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: A autora (2015).

4.2 Eficiência operacional da serraria

Para o cálculo da eficiência operacional, o volume de toras desdobradas, considerando o turno de nove horas, 51,43 m³/dia, foi dividido pelo número de operários, oito, envolvidos no processo de desdobro. A eficiência operacional encontrada foi de 6,42 m³/operário/dia, este valor está compreendido na faixa de eficiência (5 a 10 m³/operário/dia) para serrarias comuns, de acordo com Rocha (2007). Este resultado pode ser considerado eficaz, pois encontra-se acima das médias deste parâmetro observadas em serrarias do Espírito Santo.

Por exemplo, trabalhando com o desdobro de toras de *Eucalyptus* sp. Em serrarias do sul do Espírito Santo, Batista, Silva e Corteletti (2013) obtiveram médias de 5,06 m³/operário/dia; Salvador (2013) encontrou média de 2,43 m³/ operário/ dia; Batista e Euflozino (2013) encontraram média de 2,14 m³/ operário/ dia, todos valores inferiores ao observado neste trabalho.

A boa eficiência operacional apresentada pela serraria Gildo madeiras pode ser justificada pela utilização da serra de fita dupla como máquina primária, esta máquina além de fazer dois cortes simultâneos, é uma máquina potente que possibilita uma maior velocidade de avanço, acarretando em desdobro de maior número de toras por dia. Somado a isso, os sistemas de avanço, fixação e movimentação das toras e maquinário relativamente novos e o programa de manutenção periódica dos mesmos, também são influenciadores no resultado de eficiência operacional encontrado.

4.3 Quantificação do volume de resíduos

Os resíduos gerados na produção das tábuas e pré-cortados foram classificados em cavaco e serragem. Estes, expressos em volume a granel por classe diamétrica estão dispostos na Figura 7.

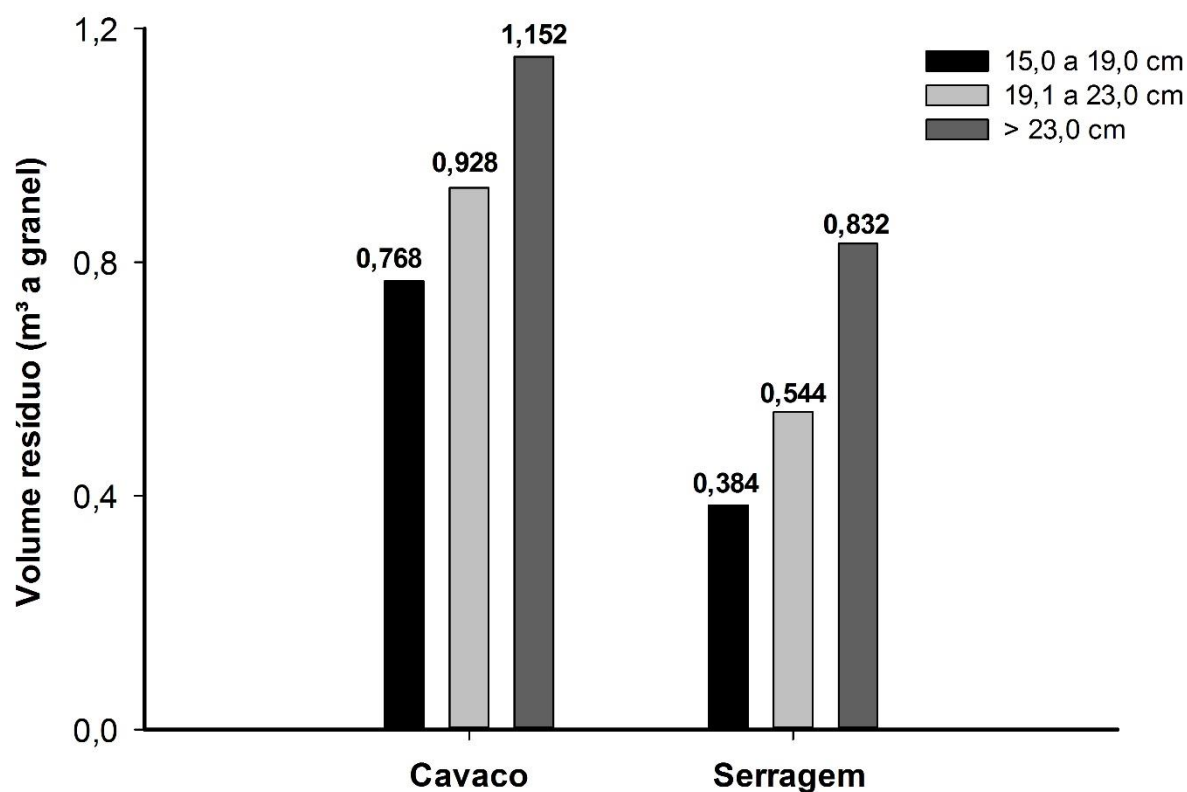


Figura 7 – Volume de resíduos por tipo (cavaco e serragem) e classe diamétrica.

Fonte: A autora (2015).

A classe III apresentou o maior volume de resíduos por possuir maior volume de toras. O volume de cavacos é superior ao volume de serragem em todas as classes diamétricas, pois eles tem a maior granulometria, ocupando maior espaço na caixa de medida. Contudo, este resultado é satisfatório para a empresa, pois o mesmos possuem maior valor agregado por volume.

As pequenas dimensões dos pré-cortados contribuem para o aumento do volume de serragem, pois necessitam de grande número de cortes para serem produzidos, porém, os mesmos são uma forma de reaproveitamento das costaneiras superdimensionadas, uma prática mais viável economicamente para a empresa.

Embora a classe III tenha o maior rendimento em madeira serrada, está também apresentou um maior volume de resíduos, o que é justificado pelo maior volume a ser serrado por tora, contribuindo para a maior geração de serragem. Uma vez que, a geração de tábuas nesta classe é maior e menor o rendimento em pré-

cortado, o volume de cavacos gerado é acrescido pela picagem de costaneiras finas que não são reaproveitadas, pelos destopos e refilos das tábuas.

4.4 Limitações à produção da Serraria

Durante o período de convivência na empresa, pode-se constatar algumas adversidades para o gerenciamento e controle da produção da mesma, dentre elas estão:

- I. Matéria-prima de baixa qualidade: há uma preocupação por parte dos fornecedores de matéria-prima quanto ao volume de toras entregue, porém o mesmo critério não é exercido para a qualidade da madeira, buscando-se o plantio de clones mais produtivos e de maior potencial para a produção de madeira serrada;
- II. Falta de assistência técnica: a empresa enfrenta dificuldades para conseguir assistência técnica para manutenção das máquinas e equipamentos, uma vez que os fabricantes se encontram muito distantes do município;
- III. Falta de revendedores próximos: para a reposição de qualquer peça ou utensílio danificado durante o processo é necessário a compra em cidades distantes da localização da empresa, sendo a produção afetada pela demora na entrega do insumo.
- IV. Falta de mão-de-obra qualificada: o empreendedor tem dificuldades de encontrar trabalhadores com experiência na área de serraria e operação de máquinas, e de realizar o treinamento dos funcionários. A conscientização quanto ao uso e manutenção de Equipamentos de Proteção Individual também é uma tarefa árdua da gerência da produção.
- V. Mercado restrito para venda da serragem: Faz-se necessário a adequação da granulometria do pó de serra para que esta seja aceita no mercado, acarretando em custos à empresa.

5. CONCLUSÕES

O rendimento em madeira serrada médio da serraria abrangeu a faixa considerada normal pela literatura para a madeira de folhosas. A maior classe em diâmetro, obteve o maior rendimento médio em tábuas, evidenciando que a utilização de toras com maiores diâmetros proporcionará um acréscimo deste parâmetro na produção da empresa.

As tábuas, por possuírem maiores dimensões, tiveram menores perdas em serragem, fazendo com que este produto contribua para um maior rendimento em comparação ao pré-cortado.

A separação das toras por classe diamétrica poderá elevar os resultados de rendimento da empresa, visto que possibilitará o trabalho com o modelo de corte e o produto mais adequado para cada classe de diâmetro.

A eficiência operacional da linha de produção foi considerada boa, uma resposta ao nível tecnológico da empresa, sendo superior as médias observadas para empresas da região, processadoras da mesma matéria-prima.

O maior volume de cavacos e serragem foi obtido na classe de maior diâmetro das toras, por esta apresentar um maior volume a ser desdobrado por tora individual.

6. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se à Serraria Gildo Madeiras:

- A separação das toras por classe diamétrica antes do desdobro, pois esta ação possibilitará o uso de modelos de corte mais adequado para cada classe e também o bitolamento da máquina primária para a classe a ser serrada no momento, contribuindo para o aumento do rendimento em madeira serrada e da eficiência operacional;
- Trabalho com toras de diâmetro superior a 23 cm, permitindo um ganho na produção de tábuas e pré-cortado, e também mantendo o volume de resíduos a ser comercializado.
- Se houver viabilidade econômica, recomenda-se o agendamento de visita de um técnico esporadicamente para manutenção e assistência às máquinas e equipamentos;

Para o problema com o fornecimento de matéria-prima de qualidade, recomenda-se as indústrias madeireiras da região, buscar a formação de parcerias com universidades e instituições de pesquisa do estado para a consolidação de um programa de qualidade da madeira, com objetivo de informar, treinar e conscientizar sobre a importância do tema para a competitividade e desenvolvimento do setor e para a fabricação de produtos de maior valor agregado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, R. A. M. dos. **Estudo sobre a qualidade de madeira serrada de três espécies de eucalipto**. 2013. 153f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14807**: Peças de madeira serrada. Rio de Janeiro, 2002, 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148 p.

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, 2007.

BATISTA, D. C.; SILVA, J. G. M.; ANDRADE, W. S. P.; VIDAURRE, G. B. Desempenho Operacional de uma Serraria de Pequeno Porte do Município de Alegre, Espírito Santo, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 487 - 496, 2015.

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, 2013.

BATISTA, D. C.; EUFLOSINO, A. E. R. Desempenho de uma serraria de eucalipto em Rio Novo do Sul, Espírito Santo. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA e III SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DO RJ, 2013, Petrópolis, RJ, Brasil. **Anais...** Petrópolis, RJ: UFRRJ e SBCTEM, 2013. CD-ROM.

BIASI, C. P. **Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais**. 2005. 72f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BRAND, M. A et al. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 247-259, 2002.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO – CEDAGRO. **Dimensionamento do Mercado Capixaba de Produtos Florestais Madeiráveis**. Vitória, 2011. (Relatório final).

CUNHA, A. B. da et al. Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial, Curitiba, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, 45, n. 2, p. 241 - 250, abr. / jun. 2014

EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, oriundos de consórcio agrossilvipastoril**. 2007. 141f. Dissertação (mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

HORNBURG, K. F. et al. Qualidade das toras e da madeira serrada de seis espécies de eucalipto cultivada no litoral de Santa Catarina. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 463-471, 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DA ÁRVORE – IBÁ. **Relatório Ibá 2015**. Brasília: Indústria Brasileira de árvores, 2015. 80 p.

JAEGGER, P.; ZIGER, M. Avaliação das propriedades mecânicas de painéis compensados de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus dunnii* / *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 329-338, 2007.

LOBÃO, M. S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: A. Figueiredo Filho. 2003, 309p.

MULLER, B. V. **Efeito de sistemas de desdobro na qualidade e rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. 2013. 120f. Dissertação (Mestrado em engenharia florestal) – Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2013.

PAULA, J. C. M. de. **Aproveitamento de resíduos de madeira para confecção de briquetes**. 2006. 48. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidades Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

PRODUTOS de madeira de eucalipto de maior valor agregado. **Revista da madeira**, Curitiba, n. 107, 2007. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1137&subject=E%20mais&title=Produtos%20de%20madeira%20de%20eucalipto%20com%20maior%20valor%20agregado>. Acesso em: 05 jun. 2014.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 2000. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal – Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROCHA, M. P. Técnicas de serrarias. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Org.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2007. p. 209-270.

ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 314-321, 2006.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento de serrarias**. Edição Revisada. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2002.

SALVADOR, F. M. **Desempenho operacional de uma serraria na microrregião polo Linhares, Espírito Santo**. 2013. 39f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

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

SILVA JÚNIOR, N. V.; MEDEIROS JUNIOR, J. S.; LEVY, S. M. Análise da viabilidade técnica e econômica da reciclagem de madeira. **Exacta**, São Paulo, v. 4, n. especial, p. 97-98, 2006.

SOUZA, A. N. et al. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de eucalipto cultivada em sistema agroflorestal. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 222-238, 2007.

VALE, A. T.; SABLÓWSKI, A. R. M. Fluxo de energia e de massa na análise de eficiência da linha de produção de uma serraria de pequeno porte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 213-223, 2006

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

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

WYSE, C. C. **Gerenciamento de resíduos da serraria Flosul indústria e comércio de madeiras Ltda**. 2007. Monografia (Bacharel em Administração) – Universidades Ritter dos Reis, Porto Alegre.