

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

RAFAEL BRIDI CORTELETTI

DESEMPENHO E ANÁLISE DE CUSTOS DO DESDOBRO
DE *Eucalyptus grandis* COM MOTOSSERRA

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2010

RAFAEL BRIDI CORTELETTI

DESEMPENHO E ANÁLISE DE CUSTOS DO DESDOBRO
DE *Eucalyptus grandis* COM MOTOSSERRA

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade Federal
do Espírito Santo, como requisito
parcial para obtenção do título de
Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2010

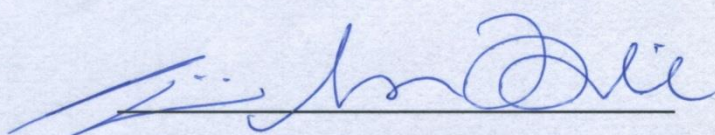
RAFAEL BRIDI CORTELETTI

DESEMPENHO E ANÁLISE DE CUSTOS DO DESDOBRO
DE *Eucalyptus grandis* COM MOTOSSERRA

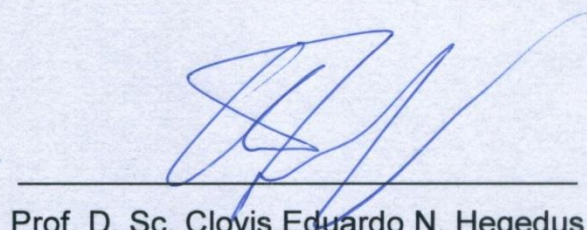
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em 19 de novembro de 2010

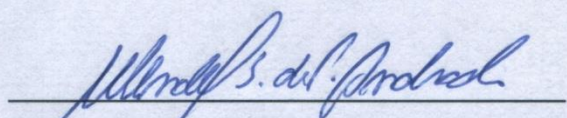
COMISSÃO EXAMINADORA



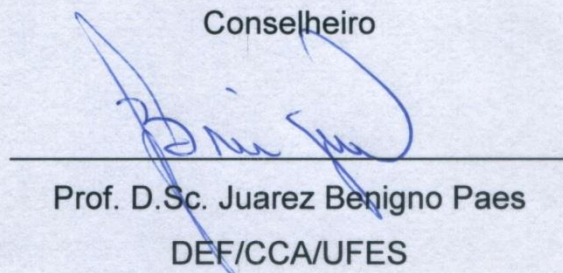
Prof. M. Sc. Djeison Cesar Batista
DEF/CCA/UFES
Orientador



Prof. D. Sc. Clovis Eduardo N. Hegedus
DEF/CCA/UFES
Conselheiro



Prof. D.Sc. Wendel Sandro P. Andrade
DEF/CCA/UFES
Examinador



Prof. D.Sc. Juarez Benigno Paes
DEF/CCA/UFES
Examinador

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, que me guarda e me conduz e que nunca se ausentou de mim, além de ter me dado o que tenho de mais precioso, minha vida.

Aos meus pais Desidério e Ivane, pois sem o apoio e motivação eu sequer teria começado a minha caminhada.

Ao Professor, Djeison Cesar Batista, meu orientador, pela paciência e colaboração durante os anos que me orientou, socorrendo em momentos de angústia com calma e tranquilidade.

Ao Professor, Clovis Eduardo Nunes Hegedus, que com seus conhecimentos e sugestões participaram da coorientação desta pesquisa.

Ao Cristiano, Vinnicius, João Gabriel e Thiago pela imensa colaboração e boa vontade durante a coleta de dados.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de cursar a graduação em um curso de excelência.

Por fim, agradeço ao apoio de todas as pessoas que me ajudaram na conclusão de mais uma etapa da minha vida.

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a viabilidade do desdobro de *Eucalyptus grandis* com motosserra para pequenos produtores rurais, juntamente com os aspectos de desempenho deste tipo de desdobro que vem sendo utilizado correntemente em pequenas propriedades rurais. Para atender ao objetivo, foi levantado e comparado o custo total de produção do desdobro com motosserra, desdobro em serraria portátil e desdobro em serraria fixa em suas capacidades máxima e em faixas pré determinadas de produção de madeira serrada por dia, além de analisar os fatores que afetam o rendimento e a eficiência do desdobro com motosserra para toras com variação diamétrica de 20 a 41 cm. Os resultados obtidos demonstraram que o rendimento e a eficiência no desdobro com motosserra equiparam-se ao desdobro em serrarias portáteis e em serrarias fixas, por causa da menor execução de cortes por tora, gerando pouca variedade de produto final. Foi demonstrado que a viabilidade em cada tipo de desdobro possui custo total de produção favorável em faixas específicas de produção de madeira serrada por dia. Para pequenas propriedades rurais o desdobro com motosserra surge como uma alternativa viável economicamente por ter um custo total de produção inferior aos demais tipos de desdobro, na faixa de até 1,7 m³ de madeira serrada por dia.

Palavras-chave: Desdobro com motosserra. Análise econômica. Madeira. *Eucalyptus grandis*.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE QUADRO.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O problema e sua importância.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo geral.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 O gênero <i>Eucalyptus</i>	4
2.1.1 <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden.....	5
2.2 Desdobro da madeira com Motosserra.....	5
2.3 Serrarias não fixas.....	7
2.4 Rendimento em madeira serrada.....	9
2.4.1 Fatores que influenciam no rendimento do desdobro.....	9
2.4.1.1 Qualidade da tora.....	10
2.4.1.2 Espécie de madeira.....	10
2.4.1.3 Diâmetro da tora.....	11
2.4.1.4 Mão de obra empregada.....	11
2.4.1.5 Técnicas de desdobro de toras	12
2.5 Eficiência da serraria.....	12
2.6 Conceitos de receita e custos.....	13
2.7 Classificação dos custos.....	13
2.7.1 Custos fixos.....	14
2.7.2 Custos variáveis.....	14
2.8 Custo total e unitário.....	15
3 METODOLOGIA.....	16
3.1 Classificação da pesquisa.....	16
3.2 Local do experimento e coleta do material.....	16
3.3 Classes diamétricas das toras	17

3.4 Determinação do volume das toras.....	18
3.5 Desdobro com motosserra.....	19
3.6 Obtenção do volume de madeira serrada.....	23
3.7 Rendimento de madeira serrada.....	25
3.8 Eficiência do desdobro com motosserra.....	25
3.9 Análise de custos e renda gerada	26
3.9.1 Custos fixos.....	27
3.9.2 Custos variáveis.....	30
3.9.3 Custo total de produção.....	31
3.9.4 Receita bruta.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Rendimento no desdobro com motosserra.....	32
4.2 Eficiência no desdobro com motosserra.....	36
4.3 Análise dos custos em relação a quantidade máxima de madeira serrada por dia em cada tipo de desdobro.....	38
4.3.1 Custos fixos.....	39
4.3.2 Custos variáveis.....	40
4.3.3 Custo total de produção e receita.....	43
4.4 Análise dos custos em faixas de volume de madeira serrada por dia em cada tipo de desdobro.....	44
5 CONCLUSÕES.....	49
6 REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICES	53
Apêndice A – Planilha do custo total de produção do desdobro com motosserra em faixas de volume de madeira serrada por dia com variação de 0,1 m ³	54
Apêndice B – Planilha do custo total de produção do desdobro em serraria portátil em faixas de volume de madeira serrada por dia com variação de 0,1 m ³	55
Apêndice C – Planilha do custo total de produção do desdobro em serraria fixa em faixas de volume de madeira serrada por dia com variação de 0,1 m ³	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Árvores com as respectivas quantidades e comprimentos das toras.....	17
Tabela 2 – Classificação das toras em classes diamétricas.....	17
Tabela 3 – Tipo de produto obtido em cada classe diamétrica.....	23
Tabela 4 – Rendimentos obtido pelo desdobro com motosserra nas diferentes classes diamétricas.....	32
Tabela 5 – Custos fixos em relação a quantidade máxima de madeira serrada por dia no desdobro com motosserra, serraria portátil e serraria fixa.....	40
Tabela 6 – Custos variáveis em relação a quantidade máxima de madeira serrada por dia no desdobro com motosserra, serraria portátil e serraria fixa.....	42

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Tipo de desdobro viável x faixa de volume de madeira serrada por dia.....	48
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Método de cubagem por Newton.....	18
Figura 2 – Fixação da tora e delimitação dos fios de corte.....	20
Figura 3 – Retirada de duas costaneiras da tora e produção do semibloco.....	20
Figura 4 – Delimitação para a retirada das últimas costaneira e do produto final.....	21
Figura 5 – Retirada de costaneiras do semibloco.....	21
Figura 6 – Cortes internos.....	22
Figura 7 – Produto final.....	22
Figura 8 – Esquema de medição da largura, espessura e comprimento das peças de madeira serrada (b: largura; e: espessura; l: comprimento).....	24
Figura 9 – Condições de financiamento e capital próprio.....	29
Figura 10 – Rendimento médio por classe diamétrica.....	33
Figura 11 – Variação da conicidade por classe diamétrica.....	34
Figura 12 – Tempo médio/tora por classe diamétrica.....	36
Figura 13 – Eficiência média por classe diamétrica.....	37
Figura 14 – Custo total de produção x faixas de volume de madeira serrada por dia, com variação de 0,1 m ³	44
Figura 15 – Custo total de produção x faixas de volume de madeira serrada por dia, com variação de 0,3 m ³	45
Figura 16 – Custo total de produção x faixas de volume de madeira serrada por dia, com variação de 7,1 m ³	47

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material que vem sendo largamente utilizado pelo homem ao longo da história. Atualmente é cada vez mais estudada e compreendida, dando-lhe usos mais adequados e um elevado padrão de utilização.

A cadeia produtiva da madeira é bem ampla e engloba desde a parte de energia (lenha e carvão) até o processamento mecânico (laminados e madeira serrada). Dentre essas utilizações o uso na forma de serrados é um dos segmentos da economia brasileira que traz uma significativa contribuição sócio-econômica, além de ser a base para produção de produtos de maior valor agregado. Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2008), o mercado doméstico brasileiro consome quase toda a produção de serrados. Por exemplo, no ano de 2008 foram consumidos 21,8 milhões m³ de madeira serrada, dos quais 24,5 milhões de m³ foram produzidos no Brasil, o que corresponde a cerca de 90% da produção.

A escassez de espécies tipicamente amazônicas e a crescente preocupação com a conservação dos recursos florestais intensificaram a busca de madeiras alternativas, que tivessem assegurado o seu suprimento, a qualidade e o nível de preço. Estes elementos, associados à redução da pressão sobre as florestas nativas, fizeram da madeira de reflorestamento, principalmente do gênero *Eucalyptus*, a resposta ideal para a demanda de madeiras para o uso em serrados.

No período de 1850 a 1880 surgiram nos Estados Unidos, os primeiros experimentos de cortar árvores mecanicamente. No entanto, somente na Segunda Guerra Mundial que se desenvolveu uma motosserra de 15 kg operada facilmente por um só homem. A partir de 1950, iniciou-se a expansão da utilização das motosserras como ferramenta alternativa na exploração florestal e para as operações afins em várias regiões do Brasil (HASELGRUBER; GRIEFFENHAGEN, 1989).

A colheita da madeira no campo tem grande influência na realização das operações subseqüentes, e engloba as etapas de abate, desgalhamento e traçamento da árvore. No Brasil, um dos métodos mais difundido é a utilização de motosserras, para a colheita florestal. Porém, atualmente, o uso da motosserra não

é restrito somente às operações de colheita florestal, sendo também utilizada na operação de desdobro, que é a transformação das toras em peças serradas.

Com o uso de motosserras para operações de desdobro no próprio campo, os pequenos produtores eliminam o transporte de toras, viabilizando trabalho em pequenos volumes de árvores e o transporte da madeira serrada pode ser feito por tração animal, minimizando os impactos ambientais. Além disso, a utilização da motosserra pode contribuir substancialmente para inserir o pequeno produtor na cadeia produtiva florestal, agregando valor econômico e ambiental a sua propriedade, contribuindo para geração de empregos e aumento de renda.

O desdobro com motosserra tem alguns inconvenientes, por exemplo, baixo rendimento, qualidade e produtividade, quando comparado com as técnicas de desdobro em serrarias fixas. Entretanto, tem baixo custo de aquisição e manutenção.

Para o desdobro com motosserra, torna-se imprescindível ao proprietário obter informações que contribuam para a escolha da melhor alternativa de desdobro, identificando os pontos críticos e mostrando se seu desempenho é rentável. Para tal, a estimativa do custo de produção é uma ferramenta importante da análise econômica, e que vem se tornando um instrumento indispensável para auxiliar na análise da eficiência e viabilidade de processos produtivos.

1.1 O problema e sua importância

Atualmente muito se tem comentado sobre o desdobro com motosserra, porém poucas investigações científicas tem sido realizadas a respeito deste tema. Ainda existem dúvidas se a viabilidade dessa técnica compensa quando comparada com o uso de serrarias fixas e não fixas. Assim, faz-se necessário estudar se a operação de desdobro com serrarias não fixas, o que inclui o desdobro com motosserras, é realmente uma alternativa viável aos pequenos produtores em termos econômicos e de desempenho. Enfim, a cada ano a técnica de desdobro com motosserra vem ganhando importância, principalmente por pequenos produtores, criando oportunidades de estudo a respeito da análise de custos, rendimento e eficiência obtidos por esta técnica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade do desdobro de *Eucalyptus grandis* com motosserra no município de Espera Feliz, MG, visando a sua aplicação em pequenas propriedades rurais.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar o custo da operação;
- Analisar o desempenho do desdobro com motosserra — rendimento e eficiência;
- Comparar os custos de operação com motosserra, em relação a outros tipos de desdobro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O gênero *Eucalyptus*

Segundo Rocha (2000), as espécies do gênero *Eucalyptus* têm sua origem na Austrália, Tasmânia e ilhas da Oceania. Possuem hábito arbóreo de grande porte, rápido crescimento e grande diversidade de espécies, vantagens estas que possibilitam a adaptação a diferentes tipos de clima e solo, além de possibilitar sua utilização para diversos fins.

Conforme Santos (2002) o gênero *Eucalyptus* foi introduzido no Brasil, no século XIX, com mudas oriundas de Portugal e plantadas no estado do Rio Grande do Sul. Os primeiros estudos foram conduzidos por Edmundo Navarro de Andrade, com a finalidade de reflorestamento.

Segundo Martini (2004), o objetivo inicial da introdução do gênero *Eucalyptus* era de paisagismo, depois passou a ser utilizado para suprir as necessidades de lenha, postes e dormentes das estradas de ferro, na Região Sudeste. Na década de 50, passou a ser usado como matéria-prima no abastecimento das fábricas de papel e celulose e recentemente tem sido utilizado para a produção de painéis de fibra de média densidade (MDF) e móveis.

De acordo com Scanavaca Junior e Garcia (2003), o gênero de *Eucalyptus* no Brasil destinava-se principalmente à empresas de celulose e papel ou siderúrgicas, porém, o baixo preço de carvão coque e a oscilação do preço da celulose e papel, além das pressões ecológicas do uso de madeiras nativas fizeram com que este gênero assumisse um papel cada vez mais importante nos produtos sólidos de madeira.

Conforme Santos, Garcia e Geraldi (2004), o uso da madeira do gênero *Eucalyptus* para a serraria tem apresentado certa restrição por causa das tensões de crescimento, que são mais marcantes nas toras de pequenos diâmetros obtidas de árvores jovens. Porém, este gênero tem potencial para ser a principal madeira de serraria do País, pois cada vez mais tem realizadas investigações e pesquisas, tanto no aspecto tecnológico como silvicultural.

Fernandes (1982 citado por SILVA, 2002) afirmou que o sucesso da utilização da madeira do gênero *Eucalyptus* em serrarias implicará nos seguintes aspectos:

uso de espécies adequadas; melhoramento genético; técnicas complementares de manejo; idade superior a trinta anos e métodos de desdobro que permitam a obtenção de peças radiais.

2.1.1 *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

A área de ocorrência natural do *Eucalyptus grandis* situa-se ao norte de Nova Gales do Sul e ao sul de Queensland. Sua madeira é de tom branco-rosado, leve e fácil de ser trabalhada (ROCHA, 2000).

Aguiar e Jankowsky (1986) afirmaram que o *Eucalyptus grandis* é a espécie de mais rápido crescimento dentre as plantadas. Isso a tornou a mais implantada em reflorestamentos e, naquela época, as pesquisas já a indicavam como espécie potencial para a indústria de processamento mecânico, o que permanece até a atualidade. Todavia, a existência das tensões de crescimento e de secagem, tem inviabilizado a produção de madeira serrada e laminada.

Segundo Silva (2002), a madeira de *Eucalyptus grandis* teve um bom desempenho nas operações de usinagem, sendo serrado com certa facilidade e apresentando boa qualidade de superfície quando aplainado, indicando ser entre os eucaliptos um dos melhores para diversos usos, entre eles a movelaria.

Rocha (2000) complementa que a espécie apresenta boa forma, fornecendo toras adequadas para a produção de serrados e apresenta ainda densidade ideal para a produção de móveis.

2.2 Desdobro da madeira com motosserra

No ano de 1916 o engenheiro sueco Westfeld lançou a primeira motosserra feita especialmente para a exploração florestal. Com aperfeiçoamentos esta mesma motosserra recebeu o nome de "Sector" em 1924, que compreendia um motor a gasolina de dois tempos, 5 cv e a corrente se movimentava sobre um quadro separado do conjunto-motor. Ainda na década de 1920, a corrente da motosserra passou a deslizar sobre um sabre que tinha canaletas, com motor a gasolina de quatro tempos de 8 a 10 cv, e 72 kg, que a chamavam de "Rapid". Foi somente na Segunda Guerra Mundial que se desenvolveu uma motosserra mais leve (15 kg)

capaz de ser operada por um só homem (HASELGRUBER; GRIEFFENHAGEN, 1989).

A motosserra é usada especialmente para técnicas de derrubada de árvores, traçamento e desgalhamento, porém tem sido usada no desdobro de toras de madeira em peças de seções retangulares e quadradas.

Existem dois tipos de desdobro: o primário que visa reduzir a altura de corte das toras para o posterior processamento, e o secundário que visa o dimensionamento final das peças. No desdobro com motosserras os conceitos de desdobro primário e secundário não se aplicam, uma vez que todo o processo é executado por apenas uma máquina em diversas etapas.

Vianna Neto (1984 citado por MURARA JUNIOR, 2005) afirma que há uma classificação no sistema de desdobro de toras: em função dos anéis de crescimento (cortes radiais ou tangenciais); em relação ao eixo longitudinal da tora (corte paralelo a medula ou paralelo a casca) e em função da sequência de cortes (sucessivo, simultâneo ou alternado). Em relação à sequência de cortes, Rocha (2000) afirma que esta classificação depende basicamente do tipo de maquinário utilizado e do produto final desejado. No caso de desdobro com motosserras essa classificação não é precisa, uma vez que depende da metodologia utilizada pelo operador, o que pode variar muito. No entanto, não são utilizados cortes simultâneos em hipótese alguma, por questões de segurança e limitações técnicas operacionais.

Segundo Haselgruber e Grieffenhagen (1989), o rendimento de corte da motosserra depende, essencialmente, da potência do motor, diâmetro da tora e da dureza da madeira. Além disso, o rendimento de corte é influenciado por uma série de fatores, como, instrução e treinamento, manejo correto e boa manutenção da motosserra.

A espessura de corte no desdobro com motosserra varia normalmente de 1 a 1,4 cm e é a principal causa que influencia no rendimento. Normalmente 30% a 60% do volume é transformado em serragem (PORTAL DA MADEIRA MANEJADA, 2010). De acordo com Haselgruber e Grieffenhagen (1989) a espessura de corte de uma motosserra é determinada pela diferença de altura entre a placa superior do dente e a parte superior do limitador de profundidade.

Murara Junior (2005) afirma que a espessura de corte depende de diferentes fatores: velocidade de alimentação (maior velocidade de alimentação significa maior

canal de corte); espécie da madeira utilizada (maior dureza da madeira significa menor canal de corte); e a condição de afiação dos dentes.

O desdobro com motosserra pode produzir corte irregular, com pequenas ondulações ao longo das peças e, dependendo do operador, o paralelismo das faces é perdido. Para se ter uma melhor qualidade da madeira desdobrada com motosserra, o operador deve fixar firmemente a tora e ter um correto alinhamento desta, além de ter uma vasta experiência com o equipamento.

O desdobro com motosserra é viável para o processamento de toras em pequenas propriedades rurais, uma vez que o pequeno volume serrado não justifica toda a operação de colheita e transporte até uma serraria fixa.

A produtividade do operador desta atividade varia de 0,5 a 2 m³ por dia, sendo uma atividade extenuante, do ponto de vista ergonômico (PORTAL DA MADEIRA MANEJADA, 2010).

Segundo estudos feitos por Medina e Pokorny (2006?) em Mamirauá (AM), um grupo de quatro operários produziu 10,84 m³ de madeira serrada a partir de 24,10 m³ de madeira em tora, resultando em um rendimento volumétrico de 45%. Araújo (1999), objetivando quantificar o rendimento do processo de transformação de toras com motosserra em madeira serrada em Rio Branco (AC), observou que 45,30% foram perdas em costaneiras, casca e imperfeições do corte.

2.3 Serrarias não fixas

As serrarias são classificadas de acordo com sua mobilidade em fixas e não fixas. As serrarias não fixas são subdivididas em serrarias móveis e portáteis. As serrarias móveis são montadas sobre algum tipo de veículo, geralmente reboque e carrocerias, enquanto as portáteis são normalmente montadas sobre uma fundação de madeira (ROCHA, 2007).

Conforme Batista (2006), serraria é o local onde as toras são armazenadas e processadas em madeira serrada, sendo posteriormente estocadas para a secagem. Porém, em uma serraria móvel ou portátil as toras depois do abate já são processadas, no campo, com pouca ou nenhuma movimentação, eliminando a etapa de transporte.

As serrarias não fixas e o desdobro com motosserra são técnicas de processamento primário que tem praticamente o mesmo objetivo, que é eliminar os custos de manuseio e transporte das toras. Entretanto, as serrarias não fixas têm vantagens em relação ao desdobro com motosserra, destacando-se: precisão de corte; menor perda de material lenhoso; menor tempo necessário para se produzir o mesmo volume de madeira serrada e no desdobro com motosserra têm-se problemas mais acentuados de ergonomia, conforto e bem-estar do operador. Porém, o custo inicial de compra de uma serraria não fixa é um fator que limita o seu uso.

Existem serrarias não fixas desde as mais baratas e simples até aquelas mais sofisticadas e caras, o que quer dizer que há uma grande diferença nas características e na capacidade produtiva entre os modelos. Schaitza et al. (2000) enfatiza que, no momento da escolha de uma serraria não fixa, não se pode levar em consideração apenas a produtividade e a disponibilidade de matéria-prima, pois o custo inicial do investimento pode ser o principal fator limitante.

Os resíduos gerados pelas serrarias não fixas e pelo desdobro com motosserra podem ter diversos usos, desde a serragem que pode ser utilizada na cobertura de pomares até as costaneiras que podem ser usadas como lenha e em construções rurais simples.

Uma das vantagens da serraria não fixa para o desdobro do gênero *Eucalyptus*, que sofre rachaduras de topos por causa das tensões de crescimento, é o processamento imediato das toras após a derrubada, antes do surgimento das rachaduras.

Segundo Schaitza et al. (2000), do ponto de vista tecnológico não há restrições quanto à qualidade das serrarias não fixas e seus produtos. Porém, os produtos dessas serrarias terão seu preço determinado pelo mercado e precisam ter a mesma qualidade dos produtos obtidos em uma serraria fixa.

Medina e Pokorny (2006?) trabalharam com uma serraria portátil fabricada pela empresa Lucas Mill modelo 827 com possibilidade de serrar peças de até 21,5 x 21,5 cm, e chegaram a conclusão que, para a produção de 1 m³ de madeira serrada utilizou-se 2,226 m³ de madeira em tora; ou seja, rendimento volumétrico de 45%. Souza (2006) em seu trabalho utilizando uma serraria portátil da empresa Lucas Mill modelo 618 com espessura de corte de 5,0 mm e cinco espécies de

madeiras tropicais, conclui que o rendimento médio das espécies variou de 38,53 a 50,81%.

2.4 Rendimento em madeira serrada

O rendimento volumétrico é a relação entre o volume produzido de madeira serrada e o volume utilizado de madeira (BIASI, 2005). Ocorre, entretanto, uma série de fatores que interferem no volume obtido de madeira serrada, como por exemplo, se a madeira é desdobrada em uma serraria fixa ou não fixa, influenciando assim no rendimento.

Carpinelli (2002 citado por SOUZA, 2007), afirma que o rendimento do desdobro de toras e a produtividade em madeira serrada de uma floresta de *Eucalyptus grandis* varia de 33% a 61%.

2.4.1 Fatores que influenciam no rendimento do desdobro

Conforme Iwakiri (1990), as condições de desdobro das madeiras nas serrarias estão condicionadas a dois conjuntos de fatores: i) fatores inerentes à madeira (densidade, presença e quantidade de minerais, conteúdo de umidade); e ii) fatores inerentes às condições operacionais da serra (tipos de dentes, largura da lâmina, espaçamento entre os dentes da serra).

Steele (1984 citado por SOUZA, 2006) afirma que o rendimento em madeira serrada é determinado pelos seguintes de fatores:

- i) Diâmetro e comprimento das toras: quanto maior o diâmetro de uma tora, maior será o volume de madeira serrada em relação ao volume inicial. Já o comprimento total da tora provoca a diminuição do rendimento em madeira serrada quando o comprimento do produto final é muito menor que o comprimento da tora, e ocasiona grandes perdas na operação de destopo;
- ii) Espessura da serra: o rendimento aumenta com a diminuição da espessura da serra;

- iii) Tempo de funcionamento e manutenção dos equipamentos: equipamentos obsoletos e falta de manutenção são as principais causas das variações de espessura de corte (desvios de corte);
- iv) Gama de produtos: afeta substancialmente o rendimento. As indústrias que produzem uma ampla gama de produtos conseguem obter um maior volume de madeira comercial por tora.

Latorraca (2004 citado por BATISTA, 2006) afirma que o rendimento em madeira serrada depende, também, de outros fatores: tipo de mão-de-obra utilizada; tipo de desdobro; máquinas utilizadas; volume total de madeira em tora utilizada pela serraria e dimensões finais das peças desejadas.

2.4.1.1 Qualidade da tora

Conforme Murara Junior (2005), a conicidade dos troncos, espessura da casca das toras e tortuosidade são características da matéria-prima que afetam a produção de madeira serrada.

A conicidade é o defeito no formato do tronco que se caracteriza pela diminuição excessiva do diâmetro da base para a copa da árvore. As consequências dessa característica no rendimento volumétrico são desperdícios de madeira na forma de costaneiras (BIASI, 2005).

Toras de formatos irregulares ou mais tortuosas são geradoras de maior quantidade de resíduos. Esse defeito reduz tanto o aproveitamento longitudinal como transversal, conduzindo à obtenção de peças pequenas (MURARA JUNIOR, 2005).

2.4.1.2 Espécie de madeira

Gomide (1974 citado por BATISTA, 2006) afirma que o rendimento obtido em coníferas está entre 55 a 65%, enquanto para folhosas este rendimento varia de 45 a 55%. O rendimento maior das coníferas deve-se a fato deste grupo de espécies possuir forma mais retilínea do tronco, com menos defeitos e terem o alborno sempre utilizável.

Murara Junior (2005) concluiu que o rendimento médio obtido pelo desdobro convencional de toras de pinus foi de 44,21%. Já Biasi (2005), ao trabalhar com *Eucalyptus urophylla* obteve rendimento médio de 42,54%. Portanto, pode-se

concluir que, dentre os demais fatores explanados, a espécie exerce influência relevante no rendimento em madeira serrada.

2.4.1.3 Diâmetro da tora

Conforme Biasi (2005) é necessário processar mais toras de pequenos diâmetros para produzir o mesmo volume de madeira serrada que poucas toras com diâmetros maiores.

Moosmayer (1984 citado por BIASI, 2005) enfatiza que, somente um número maior de toras processadas pode compensar a diminuição do diâmetro, mas para ocorrer este fato a velocidade de processamento tem que aumentar na mesma proporção em que diminui o volume com a diminuição do diâmetro da tora.

A seleção de toras em classes diamétricas e o estabelecimento de diagramas de corte são fatores de importância primária, visando atingir níveis de rendimento mais elevados. Desta forma, é possível melhorar o rendimento em madeira serrada proporcionado por cada classe utilizada (MURARA JUNIOR, 2005).

Murara Junior (2005), obteve para a madeira de pinus rendimento médio de 37,03% para a classe diamétrica de 18 a 24 cm, enquanto na classe diamétrica de 34,1 a 38 cm o rendimento foi de 46,75%, concluindo que os maiores rendimentos médios ocorrem nas maiores classes diamétricas.

Rocha (2000) afirmou que é normal serrarias que processam toras de menores diâmetros apresentarem menor rendimento, porém, o mesmo autor trabalhando com *Eucalyptus grandis* em duas classes diamétricas, obteve rendimento médio superior em classes de menores diâmetros.

2.4.1.4 Mão de obra empregada

No desdobro em serrarias fixas pequenas, não fixas ou até mesmo com motosserra a operação das máquinas depende da mão de obra. Os operadores tomam decisões que interferem na produtividade e qualidade do produto (SOUZA, 2006).

Segundo Leite (1994 citado por MURARA JUNIOR, 2005), dificilmente um operador obterá um nível ótimo de como desdobrar uma tora, pois, não conseguirá obter a visualização ótima de todas as alternativas possíveis no pouco tempo que tem para tomada de decisões. Por isso, é importante um adequado treinamento dos operadores, para melhorarem o rendimento e a produtividade.

2.4.1.5 Técnicas de desdobro de toras

Chama-se técnica de desdobro a maneira pela qual a madeira em tora é transformada em madeira serrada, o que envolve uma complexidade de fatores (SOUZA, 2006).

As serrarias são divididas, em relação à técnica utilizada no processamento da madeira, em serrarias modernas e convencionais.

As técnicas convencionais utilizam matéria-prima de origem nativa, com custo elevado, grande variação de espécies, diâmetros e comprimentos. Por causa dessa grande variação, a serraria não possui estoque suficiente para trabalhar por um período com uma única espécie e uma mesma classe diamétrica, ou seja, cada tora desdobrada recebe um tratamento particular fazendo com que haja um maior aproveitamento da tora, proporcionando um maior rendimento. Esse processo convencional de desdobro de toras é lento, por causa da trajetória da tora e das peças serradas serem pouco automatizadas em função da variabilidade da matéria-prima, resultando em baixa produção e eficiência, porém resulta em um produto final com maior valor agregado.

As técnicas modernas, por sua vez, utilizam matéria-prima de baixo custo, espécies semelhantes, pouca variação nas dimensões de diâmetro e comprimento, além de utilizar matéria-prima homogênea. Com essa homogeneidade da matéria-prima o processamento é rápido, resultando em elevada produção e eficiência, porém baixo rendimento e produtos com menor valor agregado (ROCHA, 2007).

Conforme Murara Junior (2005), existe também o sistema de desdobro programado, que consiste em utilizar um sistema de corte previamente estudado objetivando a máxima utilização da tora, definindo assim o melhor rendimento.

2.5 Eficiência da serraria

Conforme Rocha (2000) a eficiência expressa a relação entre o volume de toras serrada por um período de tempo ou turno e o número de operários envolvidos em todas as operações de desdobro.

Latorraca (2004 citado por BATISTA, 2006), afirma que em serrarias onde o grau de automatização é baixo, a eficiência é importante para as tomadas de decisão do número de operários destinados a cada atividade. Além disso, permite

saber a produtividade de cada operário por ciclo de trabalho, o que possibilita avaliação custo-benefício de cada operário.

A eficiência explica fatores como: mão de obra envolvida, produtividade, automação do processo e aspectos gerenciais e administrativos Segundo Rocha (2007) a eficiência pode ser afetada por: características e condições do maquinário; grau de automatização e mecanização da serraria; uniformidade da matéria-prima e produtos; mão de obra empregada; horas trabalhadas e o uso de coníferas ou folhosas.

Rocha (2007) destaca que no Brasil, a média da eficiência está entre 5 e 10 m³/operário/dia, mas para a Região Amazônica, tendo em vista, principalmente as características da matéria-prima e do nível tecnológico das serrarias, a média é de 0,3 m³/operário/dia.

Batista (2006) observou eficiência média de 4,96 m³/operário/dia em uma serraria fixa que processava *Eucalyptus* sp. com uma serra circular dupla de dois eixos (desdobro principal) seguida de uma serra circular múltipla (desdobro secundário). Biasi (2005) estudou a eficiência de uma serraria em Mato Grosso, processando espécies nativas e obteve média de 0,49 m³/operário/dia.

2.6 Conceitos de receita e custos

Segundo Kroetz (2001), receita é a entrada de elementos para o ativo sob a forma de dinheiro ou de direitos a receber correspondente normalmente à venda de bens ou serviços.

Existem vários conceitos sobre custos, mas dentro dessa gama Martins (2008) afirma que custo é o gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços, ou seja, são todos os gastos relativos à atividade de produzir.

2.7 Classificação dos custos

Os custos podem ser classificados em relação aos produtos fabricados, em que se leva em consideração a relação ao produto feito ou serviço prestado, e não à

produção no sentido geral, podendo ser diretos ou indiretos. E a classificação em relação aos níveis de produção que leva em consideração o valor total do custo num período e o volume de produção, podendo ser fixos e variáveis.

Serão abordados detalhadamente os custos em relação aos níveis de produção, devido à importância destes na pesquisa.

2.7.1 Custos fixos

Os custos fixos são aqueles que num período têm o seu valor fixado não em função de oscilações na atividade, ou seja, não se alteram com qualquer que seja o volume de produção (FERREIRA, 2007).

Martins (2008) afirma que os custos fixos permanecem constantes dentro de determinada capacidade instalada independente do volume de produção, ou seja, uma alteração do volume de produção para mais ou para menos não altera o valor total do custo fixo.

As principais características dos custos fixos segundo Kroetz (2001) são: o valor total permanece constante dentro de determinada faixa de produção; o valor por unidade produzida varia à medida que ocorre variação no volume de produção, por tratar de um valor fixo diluídos por uma quantidade maior; sua alocação necessita, na maioria das vezes, de critérios de rateios determinados pelo contador de custos e a variação dos valores totais podem ocorrer em função da desvalorização da moeda ou por aumento/redução significativa do volume de produção.

Exemplos de custos fixos são: depreciação, salários, custos de oportunidade investimentos, entre outros.

2.7.2 Custos variáveis

Conforme Martins (2008), os custos variáveis são aqueles que num período têm o seu valor determinado em função de oscilações na atividade, ou seja, se alteram com o volume de produção. Esses custos dependem do nível de produção e devem necessariamente aumentar à medida que a produção aumenta.

Kroetz (2001) afirma que as principais características dos custos variáveis são: o seu valor total varia na proporção direta do volume de produção; a alocação

aos produtos é, normalmente, feita de forma direta, sem a necessidade de utilização de critérios de rateios.

Enquadram-se nessa categoria: combustível, manutenção para máquinas e energia.

2.8 Custo total e unitário

Leftwich (1991 citado por MURARA JUNIOR, 2005) afirma que o custo total depende do tamanho e do nível de produção, e que as partes componentes do custo total são os custos fixos e custos variáveis. Este mesmo autor cita ainda que mais importante que a curvas de custos totais, são as curvas de custos unitários que são compostas pelas curvas de custo fixo médio, custo variável médio, custo total médio e o custo marginal. Com exceção do custo marginal, todas as curvas de custos unitários são obtidas dividindo os custos totais, fixos e variáveis pela produção.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

A pesquisa, quanto a sua natureza foi classificada como aplicada, pois objetivou gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Em relação à forma de abordagem do problema, foi classificada como quantitativa, por recorrer à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno e as relações entre as variáveis. Do ponto de vista dos objetivos foi classificada como exploratória, pois foi realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. E em relação aos procedimentos técnicos foi considerada um estudo de caso, pois envolveu um estudo profundo e exaustivo sobre uma situação específica que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico.

3.2 Local do experimento e coleta do material

Este estudo foi realizado na propriedade Paraíso, localizada no Distrito de São José, Município de Espera Feliz, Estado de Minas Gerais. O material utilizado foi obtido do plantio de sementes de *Eucalyptus grandis* localizado na propriedade Paraíso, às coordenadas geográficas 20° 32' 25" S e 41° 49' 43" W. Este talhão possui aproximadamente dois hectares, 34 anos de idade, está localizado em relevo declivoso, não sofreu nenhum tipo de trato silvicultural (desbaste ou desrama) e possui espaçamento de plantio variável.

Das árvores foi coletado material botânico para correta identificação da espécie. Este material foi registrado no herbário VIES, localizado no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo.

Foram utilizadas quatro árvores, aparentemente sadias, com fuste sem defeitos (tortuosidades ou bifurcações) e diâmetro à altura do peito (DAP) representativo de todo o talhão. Na Tabela 1, encontra-se a quantidade de toras de cada árvore com seus respectivos comprimentos. Os comprimentos das toras foram definidos pelo operador de acordo com a conicidade da árvore.

Tabela 1 – Árvores com as respectivas quantidades e comprimentos das toras

Árvore	Quantidades de toras	Comprimento das toras (m)
1	12	2
2	11	2
3	6	3,5
4	4	3 toras – 2 m e 1 tora – 3,5 m

Fonte: Elaborado pelo autor (2010).

As toras utilizadas foram serradas com 2 m e 3,5 m de comprimento e o diâmetro mínimo foi definido pelo operador, de acordo com o produto a ser gerado.

3.3 Classes diamétricas das toras

As toras foram classificadas em cinco classes diamétricas, de acordo com a Tabela 2. A classificação foi necessária uma vez que o diâmetro das toras é um fator que interfere no rendimento em madeira serrada.

Tabela 2 – Classificação das toras em classes diamétricas

Classe	Número de toras	Comprimento das toras		Diâmetro (cm)
		2 m	3,5 m	
1	6	6 toras	-	20 – 25,99
2	7	6 toras	1 tora	26 – 28,99
3	7	5 toras	2 toras	29 – 31,99
4	8	6 toras	2 toras	32 – 34,99
5	5	3 toras	2 toras	35 – 41,00
Total	33	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2010).

3.4 Determinação do volume das toras

Para a determinação do volume sem casca das toras, foi utilizado o método de cubagem proposto por Newton, demonstrado na Figura 1.

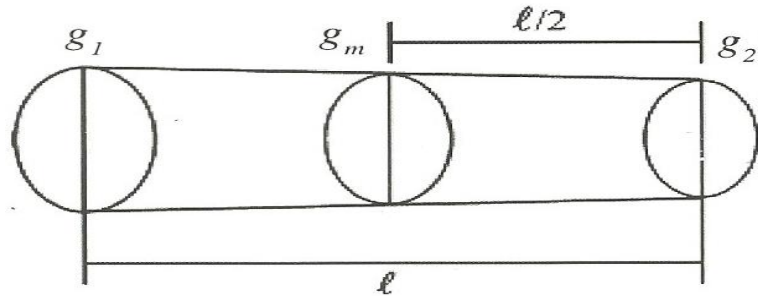


Figura 1 – Método de cubagem por Newton

Fonte: Machado e Figueiredo Filho (2003).

O comprimento das toras foi mensurado com o auxílio de uma trena, enquanto os diâmetros sem casca da porção média e das duas extremidades foram medidos com o auxílio de uma fita diamétrica. O volume sem casca das toras foi determinado de acordo com o método de Newton (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003), descrita na Equação 1.

$$V_{SCT} = \left(\frac{g_1 + 4g_m + g_2}{6} \right) \times L \quad (1)$$

Em que:

V_{SCT} : volume sem casca da tora, em m^3 ;

g_1 e g_2 : áreas basais do diâmetros das extremidades da tora, em m^2 ;

g_m : área basal do diâmetro na metade da tora, em m^2 ;

L : comprimento da tora, em m.

As áreas basais aproximam-se à superfície de um círculo e sua determinação é dada em função do diâmetro, segundo a Equação 2 (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003).

$$g_n = \left(\frac{\pi \times D^2}{40000} \right) \quad (2)$$

Em que:

g_n : área seccional, ou área basal, em m^2 ;

D: diâmetro da tora, em cm;

π : valor da constante pi, equivalente a 3,1416.

3.5 Desdobro com motosserra

Depois de mensuradas, as toras foram numeradas e encaminhadas para o processamento. Para tal, foram feitos cortes longitudinais utilizando uma motosserra de sabre de 75 cm; massa 7,3 kg e potência igual a 7,1 cv.

Segundo informação verbal de Protazio (2010), existe diferença no uso de motosserra para o abate da árvore e para o desdobro de uma tora. Para o desdobro com motosserra é necessário que sejam feitas alterações na corrente, sendo elas: rebaixar e arredondar o limitador de profundidade; e a placa superior do dente da corrente deve ser quadrada, para que não ocorram marcas e farpas nas superfícies da madeira.

O processo de desdobro começou com o operador da motosserra apoiando, medindo e por fim marcando a tora com auxílio de uma corda embebida em óleo queimado para orientação onde deveriam passar os fios corte (Figura 2).



Figura 2 – Fixação da tora e delimitação dos fios de corte

Fonte: O autor (2010).

Em seguida, ocorreu a retirada de duas costaneiras da tora, gerando-se um semibloco (Figura 3).



Figura 3 – Retirada de duas costaneiras da tora e produção do semibloco

Fonte: O autor (2010).

Depois, o operador girou o semibloco em 90°, e novamente com uma corda embebida em óleo queimado delimitou no semibloco onde deveriam ser realizados os cortes para a retirada das costaneiras restantes e do produto final (Figuras 4 e 5).



Figura 4 – Delimitação para a retirada das últimas costaneira e do produto final
Fonte: O autor (2010).



Figura 5 – Retirada de costaneiras do semibloco
Fonte: O autor (2010).

Por fim, ocorreu a realização dos cortes internos gerando os produtos finais (Figuras 6 e 7).



Figura 6 – Cortes internos

Fonte: O autor (2010).



Figura 7 – Produto final

Fonte: O autor (2010).

O desdobro com motosserra foi realizado de acordo com a experiência do operador e foram gerados pranchões (espessura maior que 7 cm e largura maior que 20 cm) e vigas (espessura maior que 4 cm e largura entre 11 cm e 20 cm) como produtos, de acordo com a classificação da Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 7203: madeira serrada e beneficiada (Associação Brasileira de Normas Técnica, ABNT 1982). O diâmetro das toras foi que delimitou o produto final sendo viga ou pranchão.

Das 33 toras desdobradas, 12 toras originaram o produto final viga, em que para cada tora, foram feitos cinco cortes, resultando em duas vigas/tora. Para o produto final pranchão, foram utilizadas as 21 toras restantes, nas quais foram executados seis cortes/tora, resultando em três pranchões/tora. Na Tabela 3, encontra-se a quantidade de produto obtido em cada classe diamétrica.

Tabela 3 – Tipo de produto obtido em cada classe diamétrica

Classe	Pranchões	Vigas
1	-	12
2	3	12
3	21	-
4	24	-
5	15	-
Total	63	24

Fonte: Elaborado pelo autor (2010).

3.6 Obtenção do volume de madeira serrada

Para o cálculo de volume de madeira serrada, todas as peças produzidas tiveram a espessura, largura e comprimento medidos. De acordo com a Figura 9, foram tomadas três medidas com o auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm de precisão) para a determinação da espessura: nas extremidades (a dez centímetros dos topos) e na porção mediana. Da mesma forma, foram tomadas três medidas da largura nas mesmas posições, com auxílio de uma trena (1 mm de precisão). O comprimento foi medido apenas uma vez, com o uso da mesma trena. O volume de cada peça foi calculado de acordo com a Equação 3.

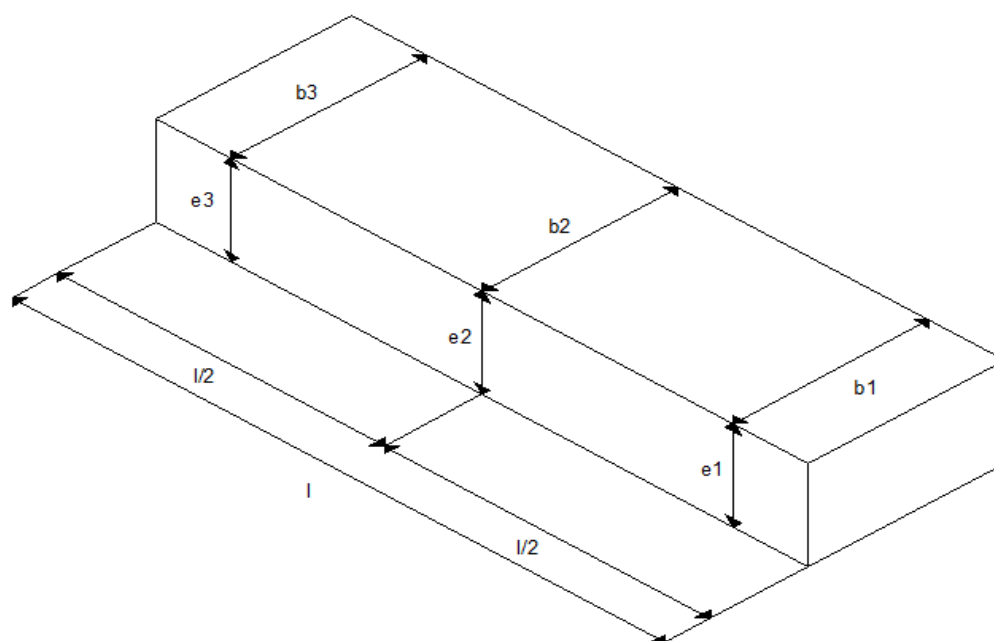


Figura 8 – Esquema de medição da largura, espessura e comprimento das peças de madeira serrada (b: largura; e: espessura; l: comprimento)

Fonte: Elaborado pelo autor (2010).

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

Em que:

V: volume da peça, em m³;

e: espessura média da peça, em m;

b: largura média da peça, em m;

l: comprimento da peça, em m.

O volume de madeira serrada por tora foi determinado pela soma do volume de cada peça obtida da respectiva tora, de acordo com a Equação 4.

$$V_s = \sum (V_1 + V_2 + \dots + V_n) \quad (4)$$

Em que:

V_s: volume total de madeira serrada por tora, em m³;

V_n: volume de madeira da enésima peça serrada, em m³.

3.7 Rendimento de madeira serrada

O rendimento de madeira por tora foi calculado a partir da Equação 5 (ROCHA, 2007). Neste trabalho não houve nenhum tipo de reaproveitamento das costaneiras.

$$R = \left(\frac{V_s}{V_{SCT}} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que:

R: rendimento de madeira serrada, em %;

V_s : volume total de madeira serrada por tora, em m^3 ;

V_{SCT} : volume sem casca da tora, em m^3 .

A conicidade um dos fatores que interfere no rendimento de madeira serrada foi obtido pela Equação 6 (VITAL, 2008).

$$C = \left(\frac{D - d}{L} \right) \quad (6)$$

Em que:

C: conicidade da tora, em cm/m;

D: diâmetro ponta grossa, em cm;

d: diâmetro ponta fina, em cm;

L: comprimento da tora, em m.

3.8 Eficiência do desdobro com motosserra

Para a determinação da eficiência foi obtido o volume sem casca de cada tora e o tempo total que cada tora foi desdobrada, além do número de operadores envolvidos no processo. Neste caso, o estudo foi feito com apenas um operador em todas as etapas. A eficiência do desdobro com motosserra foi obtida a partir da Equação 7 (ROCHA, 2007).

$$E = \left(\frac{V_{SCT}}{TT \times O} \right) \quad (7)$$

Em que:

E: eficiência, em m³/operário/hora;

V_{SCT}: volume sem casca da tora, em m³;

TT: tempo total, em horas;

O: número de operário.

O tempo total gasto pelo conjunto homem/máquina na operação de desdobro com motosserra foi feito pela observação direta, pelo emprego de um cronômetro para a contagem do tempo. O tempo total por tora foi contado a partir do momento em que o operador começou a preparar a tora para o desdobro, e se encerrou quando a última peça foi produzida da respectiva tora.

Para complementar a análise de eficiência foi calculado o tempo médio por tora em cada classe diamétrica, determinado pela Equação 8.

$$TM = \left(\frac{TT}{NT} \right) \quad (8)$$

Em que:

TM: tempo médio por tora, em horas;

TT: tempo total, em horas;

NT: número de toras.

3.9 Análise de custos e renda gerada

A análise de custos foi estruturada no custo total de produção da operação, ao considerar o desdobro com motosserra, desdobro em serraria portátil e desdobro em serraria fixa. Para realizar a análise e comparar os três tipos de desdobro foram levantados os principais componentes dos custos fixos e variáveis.

O custo total de produção foi avaliado pela produtividade máxima de madeira serrada que cada sistema desdobra por dia e em faixas de volume de madeira serrada por dia.

3.9.1 Custos fixos

Os custos fixos considerados em cada tipo de desdobro foram os seguintes:

- i) Desdobro com motosserra: mão de obra; depreciação e financiamento da motosserra.
- ii) Desdobro em serraria portátil: mão de obra; depreciação e financiamento da serraria portátil.
- iii) Desdobro em serraria fixa: mão de obra; depreciação; financiamento da serra fita, do carro porta tora e do afiador; financiamento do pátio de toras e galpão; e o custo de transporte de resíduos.

A depreciação corresponde a perda do valor dos ativos, sujeitos a desgastes (deterioração) ou perda da utilidade (obsolescência). A depreciação das máquinas dos três tipos de desdobro foram calculadas com base no método de quota fixa, demonstrado pela Equação 9 (MARTINS, 2008), onde foi considerado que o valor do ativo no final da vida útil, também chamado valor de sucata, igual a zero.

$$D = \left(\frac{C}{N} \right) \quad (9)$$

Em que:

D: depreciação, em R\$/ano;

C: custo inicial do equipamento, em R\$;

N: tempo de vida útil do equipamento, em anos.

Para o cálculo da depreciação da motosserra e da serraria portátil o tempo de vida útil do equipamento foi embasado em cinco anos e para os equipamentos da serraria fixa (serra fita, carro porta tora e afiador) esse tempo foi de 10 anos.

Para o caso do financiamento das máquinas, têm-se duas condições possíveis a serem analisadas, além de uma condição caso o proprietário tenha capital próprio. A seguir, estão apresentadas essas condições:

- i) O indivíduo não tem capital próprio e recorre ao empréstimo para o financiamento da máquina, porém, quando a máquina estiver totalmente deteriorada, ele toma um novo empréstimo para adquirir uma nova máquina. Nesta condição, será seguida a proposta feita na Equação 10, além do cálculo da depreciação da máquina.

$$F = C \times (1+i)^n - C \quad (10)$$

Em que:

F: financiamento da máquina, em R\$/ano;

C: custo inicial do equipamento, em R\$;

i: taxa de juros do financiamento, em anos

n: tempo de aplicação, em anos.

- ii) O indivíduo não tem capital próprio e recorre ao empréstimo para o financiamento do bem, porém, quando encerra o período de deterioração ele acumula o capital para uma situação de compra com os recursos próprios, neste caso será utilizada a proposta da Equação 11, além do cálculo da depreciação da máquina.

$$F = C \times (1+i)^n \quad (11)$$

Em que:

F: financiamento da máquina, em R\$/ano;

C: custo inicial do equipamento, em R\$;

i: taxa de juros do financiamento, em anos

n: tempo de aplicação, em anos.

- iii) O indivíduo tem capital próprio e assim não necessita de financiamento. Nesta condição seria necessário apenas o cálculo da depreciação, que permitiria ao final do período da deterioração, que ele tivesse capital suficiente para a compra de uma nova máquina.

A Figura 9 auxilia a visualização das possíveis situações de financiamento ou por capital próprio.

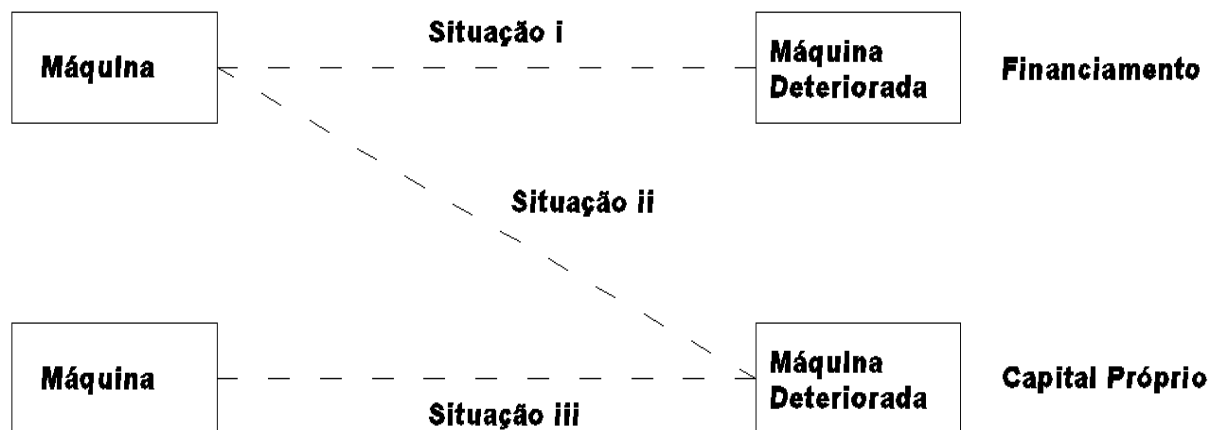


Figura 9 – Condições de financiamento e capital próprio

Fonte: Elaborado pelo autor (2010).

Para o efeito do trabalho, o financiamento das máquinas foi utilizado a situação i (Equação 10). O financiamento das máquinas teve como base os princípios de juros compostos, a uma taxa média de 1% ao mês, de acordo com estimativas do Banco Central do Brasil (2010). O tempo de aplicação foi de cinco anos para a motosserra e serraria portátil; e um tempo de aplicação de 10 anos para a serra fita, carro porta tora e o afiador.

O financiamento do pátio de toras e galpão, para este trabalho foi considerado a situação ii (Equação 11), porém, para imóveis não se utiliza o cálculo da depreciação. O tempo de aplicação foi de cinco anos, com a mesma taxa de juros do financiamento das máquinas.

No desdobro com serraria fixa ocorre um custo de transporte de resíduos, que este em questão não será aproveitado pela serraria, apresentando assim um gasto relativo a atividade de produzir a madeira serrada, ou seja, para uma serraria com rendimento de 50%, para produzir 1 m³ de madeira serrada é necessário um volume de transporte de tora de 2 m³. O custo de transporte de resíduos foi obtido a partir da Equação 12, para a capacidade máxima de carga do caminhão de 25 m³ de madeira em tora.

$$CTR = [(D/CD) \times PD \times (1-R/100)] \times 2 \quad (12)$$

Em que:

CTR: custo de transporte de resíduos, em R\$;

D: distância da serraria fixa até a floresta (ida e volta), em km;

CD: consumo diesel do caminhão, em km/litro;

PD: preço do diesel, em R\$;

R: rendimento da serraria fixa; em %

2: coeficiente referente a gastos decorrentes do caminhão (freio, óleo do motor, pneu).

Para o custo de transporte de resíduos foram consideradas as seguintes características: percurso da serraria fixa até a floresta de 20 km, consumo de 1 litro de diesel por quatro quilômetros rodado e rendimento no desdobro com serraria fixa de 60%.

3.9.2 Custos variáveis

Os principais componentes dos custos variáveis de acordo com cada tipo de desdobro foram:

- i) Desdobro com motosserra: gasolina; óleo queimado; óleo dois tempos; limatão; corrente e manutenção.
- ii) Desdobro em serraria portátil: gasolina, rebolo diamantado; disco de serrar e manutenção.
- iii) Desdobro em serraria fixa: energia; lâmina denteada e manutenção.

Os custos com gasolina, óleo queimado e óleo dois tempos no desdobro com motosserra, tiveram como base a média de consumo diário obtido nesta pesquisa. Quanto a troca da corrente da motosserra e a utilização dos limatões para a afiação, foi feito um levantamento médio do gasto relativo a essa tipo de desdobro com o auxílio da informação do operador.

Os custos com a gasolina, rebolo diamantado e disco de serrar no desdobro com serraria portátil foram embasados de acordo com o catálogo da empresa Lucas Mill Brasil (2009) em sua serraria portátil modelo 830.

Os custos com energia e lâmina denteada, para o desdobro com serraria fixa, foram estimados com base no catálogo da empresa Metalúrgica Schiffer (2009).

Com base em uma estimativa proposta pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) os custos com manutenção foram calculados a partir de 60% do valor da depreciação (MEDINA; POKORNY, 2006?).

3.9.3 Custo total de produção

O levantamento dos custos de produção envolvidos nos três tipos de desdobro foi determinado pela Equação 13 (MARTINS, 2008).

$$CT = \sum CF + \sum CV \quad (13)$$

Em que:

CT: custo total produção, em R\$.

CF: somatório dos custos fixos, em R\$;

CV: somatório dos custos variáveis, em R\$;

3.9.4 Receita bruta

A receita bruta contempla as receitas com a venda de madeira serrada pelo desdobro, sendo obtido pela multiplicação do preço de mercado da madeira serrada pela sua respectiva quantidade vendida (Equação 14).

$$R = PMS \times QMS \quad (14)$$

Em que:

R: receita bruta, em R\$;

PMS: preço do m³ de madeira serrada, em R\$/m³;

QMS: quantidade de madeira serrada, em m³.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Rendimento no desdobro com motosserra

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de rendimento médio para as cinco classes diamétricas e o rendimento médio geral, no desdobro com motosserra.

Tabela 4 – Rendimentos obtido pelo desdobro com motosserra nas diferentes classes diamétricas

Classe	Número de toras	Volume em tora (m ³)	Volume serrado (m ³)	Rendimento (%)	CV (%)
1	6	0,51	0,27	54,81	10,04
2	7	0,89	0,50	56,97	19,01
3	7	1,22	0,79	66,56	14,85
4	8	1,69	1,01	59,78	6,51
5	5	1,53	0,83	54,42	6,73
Σ	33	5,84	3,40	-	-
Média	6,6	1,17	0,68	58,91	-

Nota: CV(%) – Coeficiente de variação

Fonte: Dados da pesquisa.

Os rendimentos médios obtido utilizando o desdobro com motosserra para o *Eucalyptus grandis* variaram de 54,42% (classe 5) a 66,56%, (classe 3) gerando uma média de 58,91%. Estes resultados foram superiores aos obtidos no desdobro com motosserra nos estudos feitos por Medina e Pokorny (2006?) e Araújo (1999), os quais ambos os trabalhos obtiveram rendimento médio de 45%.

O rendimento médio com motosserra também foi superior aos 51% obtidos por Souza (2006), que estudou o desempenho de uma serraria portátil que desdobrava madeira nativa e aos 44,86% obtidos por Batista (2006), que estudou o desempenho de uma serraria fixa que desdobrava madeira de *Eucalyptus* sp.

No entanto, a obtenção de um rendimento médio no desdobro com motosserra superior ao desdobro em serrarias fixas e portáteis pode ser explicado, pois foram executados poucos cortes por tora, gerando pouca variedade de produto

final (pranchão e viga) e pouco compromisso com a qualidade da madeira serrada, quando comparada a uma serraria fixa.

Na Figura 10 pode-se observar melhor a tendência do rendimento médio do desdobro com motosserra por classe diamétrica

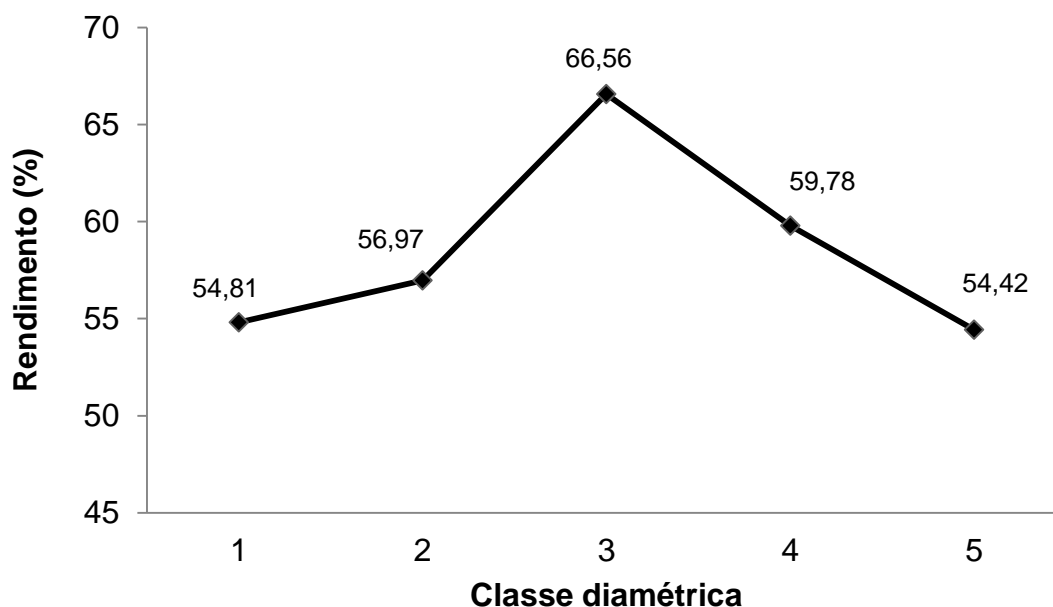


Figura 10 – Rendimento médio por classe diamétrica

Fonte: Dados da pesquisa.

Nas classes 1, 2 e 3 ocorreu um aumento gradativo do rendimento, o que era esperado, por se tratar do aumento do diâmetro de cada classe. Rocha (2000), cita ser normal que toras de menores diâmetros apresentem menores rendimentos, porém o mesmo autor ao trabalhar com duas classes diferentes obteve um rendimento superior para a classe de menor diâmetro, comprovando que o rendimento pode ser influenciado por outras variáveis, e não somente pelo diâmetro.

Comparando-se a classe 5, que possui as toras com maiores diâmetros, com a classe 3, que obteve o maior rendimento, ficou em evidência que as duas classes apresentaram uma diferença no rendimento de 12,14 pontos percentuais, demonstrando que toras de maiores diâmetros não influenciaram diretamente no rendimento em madeira serrada.

Murara Junior (2005) estudou o desdobro convencional em uma serraria fixa utilizando toras de *Pinus* sp de 18 a 24 cm, obteve um rendimento médio de 37,03%,

inferior quando comparado com a classe 1 (20 a 26 cm) deste trabalho. Provavelmente, o desdobro com motosserra obteve um rendimento superior por estar executando cinco cortes por tora nesta classe, gerando apenas duas vigas por tora, enquanto o estudo feito por Murara Junior (2005) executava um maior número de cortes por tora, gerando cinco tábuas por tora.

Biasi (2005) trabalhou com o desdobro de cedrinho (*Erisma uncinatum*) em serraria fixa na classe diamétrica de 31 a 40 cm, encontrou um rendimento médio de 57,30 %, superior ao da classe 5 (35 a 41 cm). Mesmo o autor utilizando uma amplitude diamétrica elevada, encontrou um rendimento superior ao desdobro com motosserra. Porém, neste caso não se pode descartar a diferença entre as espécies, pois este é um fator de grande importância no rendimento em madeira serrada.

O decréscimo de rendimento ocorrido nas classes diamétricas 3, 4 e 5 pode ser justificado pela variação da conicidade média das toras apresentado (Figura 11).

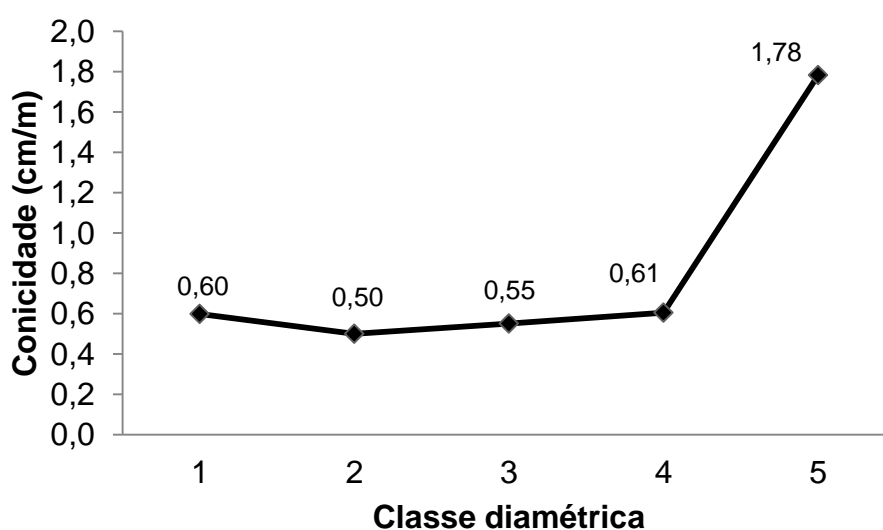


Figura 11 – Variação da conicidade por classe diamétrica

Fonte: Dados da pesquisa.

As classes diamétricas 4 e 5 por apresentarem maior conicidade em relação a classe 3, obtiveram maiores desperdícios de madeira em forma de costaneira, justificando o decréscimo de rendimento de ambas as classes.

Em função da maior amplitude diamétrica existente entre as classes 1 e 5, era esperado que houvesse uma diferença expressiva entre os rendimentos dessas

classes, porém, a diferença foi de apenas 0,39 pontos percentuais. Isso demonstrou que entre essas duas classes, o diâmetro não foi o fator determinante no rendimento em madeira serrada. Assim, o fator que pode explicar a diferença de rendimento é a elevada conicidade das toras da classe 5. Entretanto, comparando a classe 3 com a classe 2, notou-se que, embora a classe 3 seja a de conicidade superior, esta obteve um rendimento superior por possuir toras de maiores diâmetros. Ou seja, o rendimento em madeira serrada, pelo desdobro com motosserra, pode ser explicado em determinadas classes diamétricas pela variável conicidade, enquanto, para outras classes diamétricas pode ser justificado pelo aumento dos diâmetros das toras.

Notou-se que quando foi utilizado um menor número de cortes (cinco cortes) na classe 1 (vigas), o rendimento teve uma diferença de 4,97 pontos percentuais em relação a classe 4, que utilizou seis cortes para a geração de pranchões. Isso sugere que, nas duas classes diamétricas o produto final não foi determinante no rendimento, tampouco a conicidade, uma vez que ambas as classes apresentaram conicidade semelhante (0,60 e 0,61 cm/m, respectivamente). Assim, o fato da classe 4 possui maiores diâmetros sugere que o diâmetro tenha sido o principal fator que interferiu no rendimento superior, em relação a classe 1.

4.2 Eficiência no desdobro com motosserra

A Figura 12 auxilia a observação dos resultados de tempo médio gasto por tora para as cinco classes diamétricas, no desdobro com motosserra.

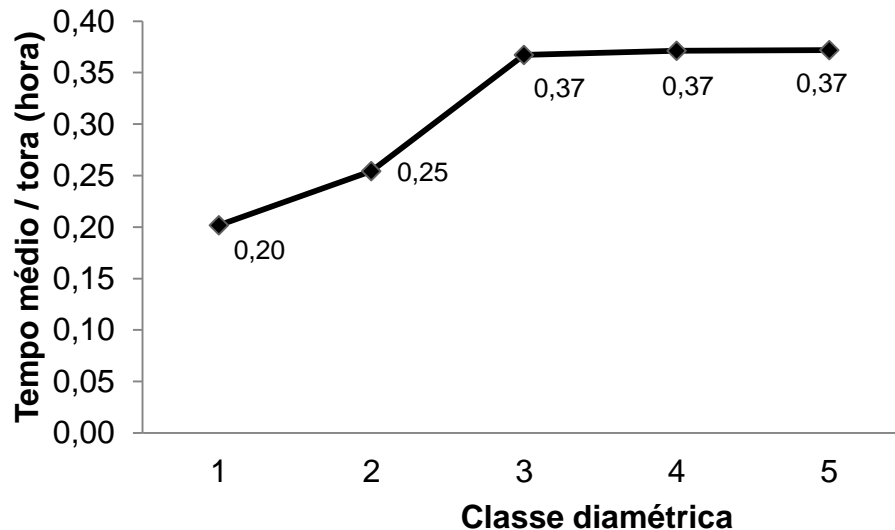


Figura 12 – Tempo médio/tora por classe diamétrica

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que da classe diamétrica 1 até a 3 o tempo médio despendido para desdobrar uma tora foi crescente, e a partir da classe 3 permaneceu estável. Este resultado significou que a partir do aumento do diâmetro das toras da classe 3 em diante o tempo médio para desdobrar uma tora com motosserra permaneceu constante, demonstrando assim a vantagem em termos de produtividade que esta técnica possui com toras de maiores diâmetro.

Porém, é necessário investigar se ocorrerá modificação desse padrão com a utilização de classes diamétricas inferiores e superiores às utilizadas neste estudo.

A Figura 13 auxilia a observação dos resultados da eficiência média para as cinco classes diamétricas, no desdobro com motosserra.

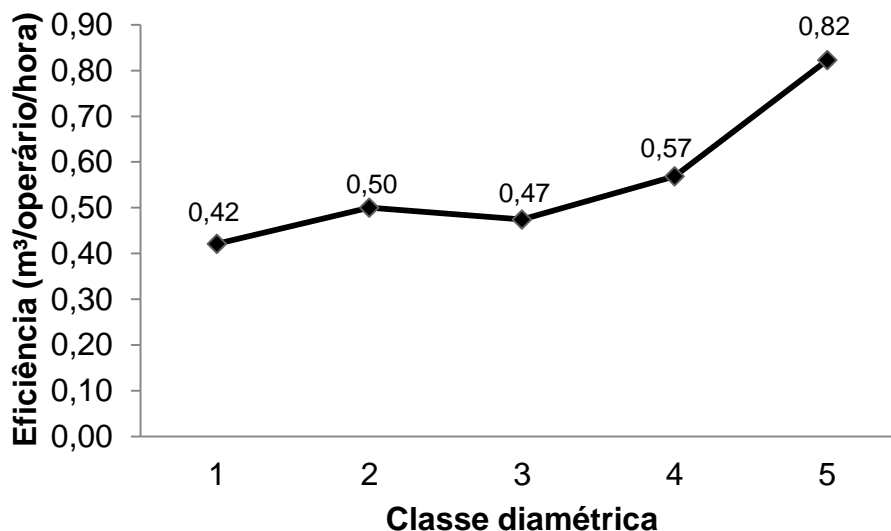


Figura 13 – Eficiência média por classe diamétrica

Fonte: Dados da pesquisa.

Em valores absolutos, observa-se que a eficiência teve um aumento gradativo conforme o aumento das classes diamétricas. Apenas a classe 3 não apresentou essa tendência, com uma pequena queda de produtividade. A eficiência média do desdobro com motosserra foi de 0,55 m³/operário/hora, com amplitude de 0,42 a 0,82 m³/operário/hora, na qual a classe 1 apresentou a pior eficiência, enquanto a classe 5 apresentou a melhor eficiência.

Pode-se dizer que, para a madeira estudada, dentro da amplitude diamétrica considerada e para as condições de desdobro utilizadas, quanto maior o diâmetro, maior foi a eficiência do desdobro com motosserra, uma vez que o acréscimo em volume por classe foi superior ao aumento do tempo despendido para se desdobrar cada classe.

A eficiência no desdobro com motosserra, de maneira geral, será inferior aquela obtida no desdobro em serrarias fixas e não fixas, por não ser um equipamento projetado para esse tipo de operação. Além disso, para esse tipo de operação, a motosserra é ergonomicamente desfavorável para o operador. Porém, verificou-se que a eficiência média no desdobro com motosserra deste estudo (0,55

m³/operário/hora) equiparou-se ao estudo de Batista (2006), o qual avaliou a eficiência no desdobro de *Eucalyptus* sp. em uma serraria fixa obtendo como resultado uma eficiência média de 0,62 m³/operário/hora. Ainda, a eficiência do desdobro com motosserra foi superior a da serraria portátil Lucas Mill modelo 830, na qual a empresa relata uma eficiência média de 0,5 m³/operário/hora (LUCAS MILL BRASIL, 2009). Tal resultado pode ser explicado pelo número de operários que estão envolvidos nestes três tipos de desdobro, ou seja, no desdobro com motosserra opera-se a máquina com um único operador, enquanto no desdobro em serraria fixa e portátil necessitam de mais operadores.

Não a trabalhos científicos a respeito da eficiência no desdobro com motosserra. Por isso, há pouco conhecimento da eficiência similar do desdobro com motosserra em relação desdobro em serrarias fixas e portáteis brasileiras. No entanto, não se pode comparar a eficiência do desdobro com motosserra com serrarias que possuem um elevado nível de automação que possuem eficiência da ordem de 6,25 m³/operário/hora (ROCHA, 2000).

4.3 Análise dos custos em relação quantidade máxima de madeira serrada por dia em cada tipo de desdobro

Neste item foi executada a análise dos custos do desdobro com motosserra, serraria portátil e serraria fixa com base na quantidade máxima de produção de madeira serrada por dia.

Para cada tipo de desdobro o volume máximo de madeira serrada por dia foi:

- i) Desdobro com motosserra: em função da coleta de dados deste trabalho, um único operador conseguiu produzir 1,70 m³ de madeira serrada em um dia de trabalho (oito horas).
- ii) Desdobro em serraria portátil: embasados no catálogo Lucas Mill Brasil (2009), o modelo 830 tem uma capacidade de produção máxima de 4 m³ de madeira serrada por jornada de 8 horas/dia, com um operador e um ajudante.
- iii) Desdobro em serraria fixa: analisado em função de uma serra fita, um carro porta tora e um conjunto básico de afiação, esta serraria de acordo com o catálogo da Metalúrgica Schiffer (2009), possui uma produção

média diária de 50 m³ de madeira serrada, com três operadores e dois ajudantes.

A seguir, estão apresentados os custos fixos e variáveis dos três tipos de desdobro, o custo total de produção e a receita, de acordo com a quantidade máxima de madeira serrada produzida por dia.

4.3.1 Custos fixos

A motosserra utilizada para o desdobro da madeira, no mercado local possui preço de R\$ 2.590,00. Na região de estudo, o operador cobra por dia de trabalho (8 horas/dia) o valor de R\$ 100,00.

De acordo com o catálogo Lucas Mill Brasil (2009), o valor da serraria portátil modelo 830 é R\$ 48.000,00. O preço da mão de obra por dia usada nesta serraria é de R\$ 70,00 para o operador e R\$ 30,00 o ajudante.

Segundo o catálogo da Metalúrgica Schiffer (2009), uma serraria fixa de pequeno porte, possui: uma serra de fita com um valor de R\$ 72.217,00; um carro porta tora com preço de R\$ 74.600,00 e o conjunto de afiação com um custo R\$ 30.363,00; resultando em um custo total de R\$ 177.180,00. Para a utilização da serraria fixa e para a movimentação das toras estimou-se a necessidade de três operadores e dois ajudantes, com o mesmo custo de mão de obra por dia do desdobro em serraria portátil.

Foi considerado para esta serraria fixa o financiamento de um pátio de toras e um galpão para os equipamentos com custo de R\$ 40.000,00. E em relação ao custo de transporte dos resíduos foi pesquisado o valor do diesel de R\$ 2,00/litro.

Na Tabela 5 encontram-se os custos fixos, de acordo com o volume máximo de madeira serrada por dia no desdobro com motosserra, desdobro em serraria portátil e desdobro em serraria fixa.

Tabela 5 – Custos fixos em relação a quantidade máxima de madeira serrada por dia no desdobro com motosserra, serraria portátil e serraria fixa

Custos fixos	Tipo de desdobro		
	Motosserra	Serraria portátil	Serraria fixa
Mão obra	100,00	100,00	270,00
Depreciação	2,07	38,40	70,87
Financiamento da máquina	1,69	31,36	163,03
Financiamento pátio de toras + galpão	-	-	58,13
Custo de transporte de resíduos	-	-	16,00
Total (R\$/dia)	103,76	169,76	578,03

Fonte: Dados da pesquisa.

Os custos fixos computados no desdobro com motosserra, serraria portátil e serraria fixa pela quantidade máxima de madeira serrada por dia foram de R\$ 103,76; R\$ 169,76 e R\$ 578,03; respectivamente.

4.3.2 Custos variáveis

Na região do estudo foi pesquisado o preço da gasolina (R\$ 2,90/litro); o preço do óleo queimado (R\$ 1,50/litro); o preço do óleo dois tempos (R\$ 24,00/litro) e o preço do limatão (R\$ 8,00/unidade). Para o desdobro com motosserra de 1,70 m³ de madeira serrada foram consumidos 6,60 litros de gasolina; 0,16 litros de óleo dois tempos e 2,75 litros de óleo queimado.

De acordo com o operador, a corrente da motosserra utilizada para desdobro necessita ser trocada de 15 em 15 dias, para o desdobro de 1,7 m³ de madeira serrada e o seu preço no mercado local é de R\$ 80,00/unidade. O operador ainda afirma ser necessário que se façam alterações na corrente, antes dela ser utilizada para o desdobro, e para isso são utilizados dois limatões/corrente, além de dois limatões no tempo de 15 dias para a afiação da corrente, para o desdobro de 1,7 m³ de madeira serrada.

De acordo com catálogo Lucas Mill Brasil (2009), a serraria portátil modelo 830 para produzir 4 m³ de madeira serrada haverá um consumo de 32 litros de gasolina. O equipamento de afiação está incluso no preço da serraria portátil, porém se consome um rebolo diamantado (utilizado na afiação) a cada 15 dias e ocorre a troca do disco de serrar em 150 dias, para a produção de 4 m³ de madeira serrada. O rebolo diamantado custa R\$ 50,00, enquanto o disco de serrar custa R\$ 200,00.

Embasado no catálogo da empresa Metalúrgica Schiffer (2009), a serra de fita, carro porta tora e afiador, possuem um consumo de energia de 37 kWh. No Brasil, o preço por kWh é de R\$ 0,35; considerando-se que esta serraria trabalhe 8 horas/dia, para produzir 50 m³ de madeira serrada. A vida útil de uma lâmina denteada de serra de fita é de aproximadamente 12 meses, considerando-se a produção de 50 m³ de madeira serrada por dia, serão consumidos nesses 12 meses quatro lâminas denteada e o seu custo é de R\$ 800,00/unidade.

Na Tabela 6 encontram-se os custos variáveis, de acordo com o volume máximo de madeira serrada por dia no desdobro com motosserra, serraria portátil e serraria fixa.

Tabela 6 – Custos variáveis em relação a quantidade máxima de madeira serrada por dia no desdobro com motosserra, serraria portátil e serraria fixa

Custos variáveis	Tipo de desdobro		
	Motosserra	Serraria portátil	Serraria fixa
Gasolina	19,14	92,80	-
Óleo queimado	3,84	-	-
Óleo dois tempos	4,13	-	-
Energia	-	-	103,60
Corrente	5,33	-	-
Disco de serrar	-	1,33	-
Lâmina denteada	-	-	12,80
Limatão	2,13	-	-
Rebolo diamantado	-	3,33	-
Manutenção	1,24	23,04	42,52
Total (R\$/dia*)	35,81	120,50	158,92

* Nota: Em relação à quantidade máxima de madeira serrada por dia em cada tipo de desdobro.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os custos variáveis computados no desdobro com motosserra, serraria portátil e serraria fixa pelo volume máximo de madeira serrada produzida por dia foram de R\$ 35,81; R\$ 120,50 e R\$ 158,92; respectivamente.

4.3.3 Custo total de produção e receita

No desdobro com motosserra, o custo total de produção diário de 1,70 m³ de madeira serrada foi de R\$ 139,57. Em um mês de trabalho (20 dias), produz-se aproximadamente 34 m³ de madeira serrada, tendo, portanto um custo total de produção de R\$2791,40/mês. A receita gerada pela venda desta madeira serrada considerando o preço local de R\$ 300,00/m³ foi de R\$ 10.200,00.

No desdobro em serraria portátil, o custo total de produção diário de 4 m³ de madeira serrada foi de R\$ 290,26. Produzindo sua capacidade máxima (4 m³ de madeira serrada) em um mês de trabalho (20 dias), o sistema de desdobro em serraria portátil produz 80 m³ de madeira serrada, possuindo um custo total de produção de R\$ 5.805,20/mês. A renda gerada pelo desdobro em serraria portátil, tomando como base o mesmo preço da madeira serrada pelo desdobro com motosserra, foi de R\$ 24.000,00/mês.

No desdobro em serraria fixa, o custo total de produção diário de 50 m³ de madeira serrada foi de R\$736,95. Produzindo sua capacidade máxima de produção (50 m³) em um mês de trabalho (20 dias), o sistema de desdobro em serraria fixa produz 1000 m³ de madeira serrada, possuindo um custo total de produção de R\$ 14.739,00/mês. A receita gerada no desdobro em serraria fixa, embasado no mesmo preço de madeira serrada pelo desdobro com motosserra foi de R\$ 300.000,00/mês.

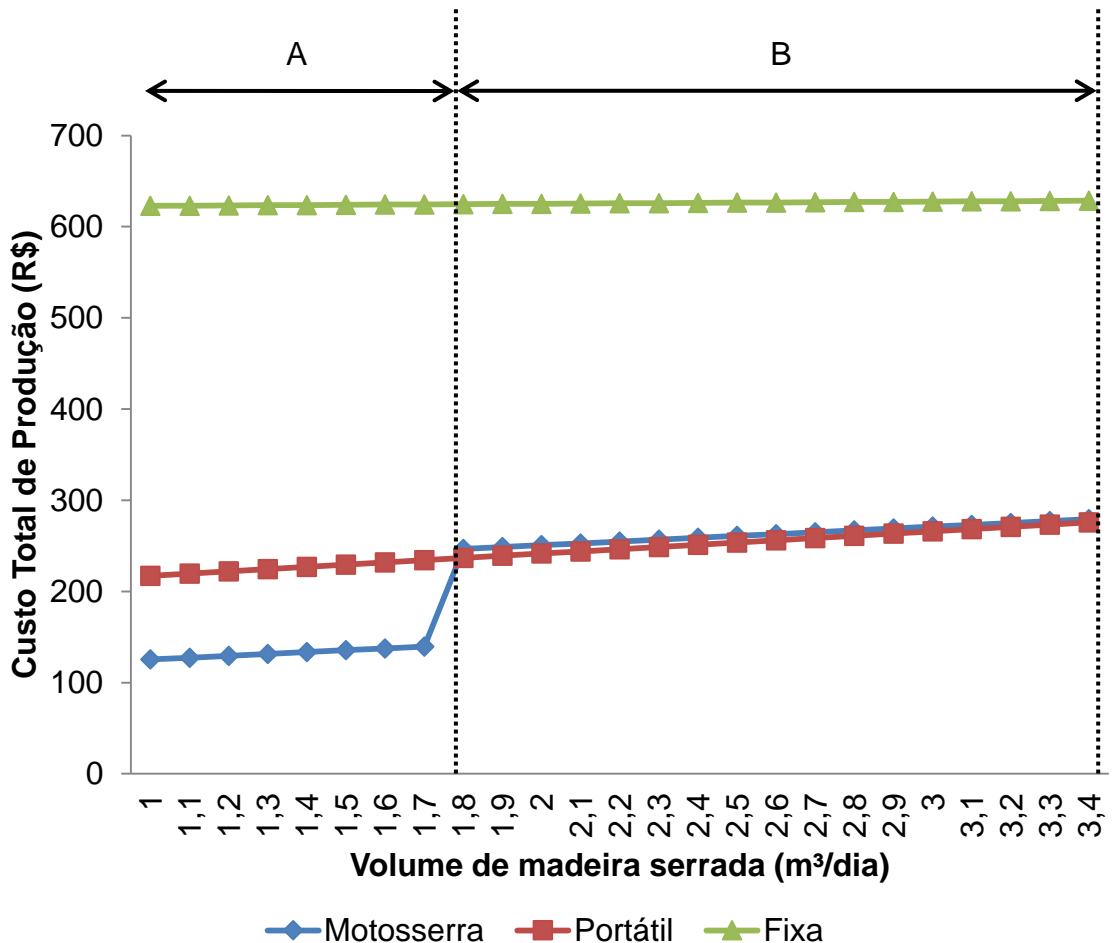
O menor custo total de produção diário para o volume máximo de madeira serrada por dia, foi obtido pelo desdobro com motosserra. Este apresentou os menores custos fixos por causa do baixo valor do financiamento com a motosserra e de sua depreciação, além, de apresentar os menos custos variáveis por dia, pelo pretexto da baixa capacidade de produção de madeira serrada por dia.

Para a receita gerada, o desdobro em serraria fixa apresentou o valor superior aos demais tipos de desdobro pelo motivo do maior volume de madeira serrada por dia.

4.4 Análise dos custos em faixas de volume de madeira serrada por dia em cada tipo de desdobro

A análise dos custos para os três tipos de desdobro feito no item 4.3 demonstrou a idéia do custo total de produção diário se todos os tipos de desdobro utilizam-se sua capacidade máxima de produção de madeira serrada por dia. Neste item, realizou-se o custo total de produção, dos três tipos de desdobro, em faixas de volume de madeira serrada por dia.

Na Figura 14, encontra-se o custo total de produção dos três tipos de desdobro, em faixas de volume de madeira serrada por dia com variação de 0,1 m³ (Apêndice A, B, C).



Nota: A e B referem-se às faixas de maior viabilidade de desdobro, em que A – motosserra; e B – serraria portátil.

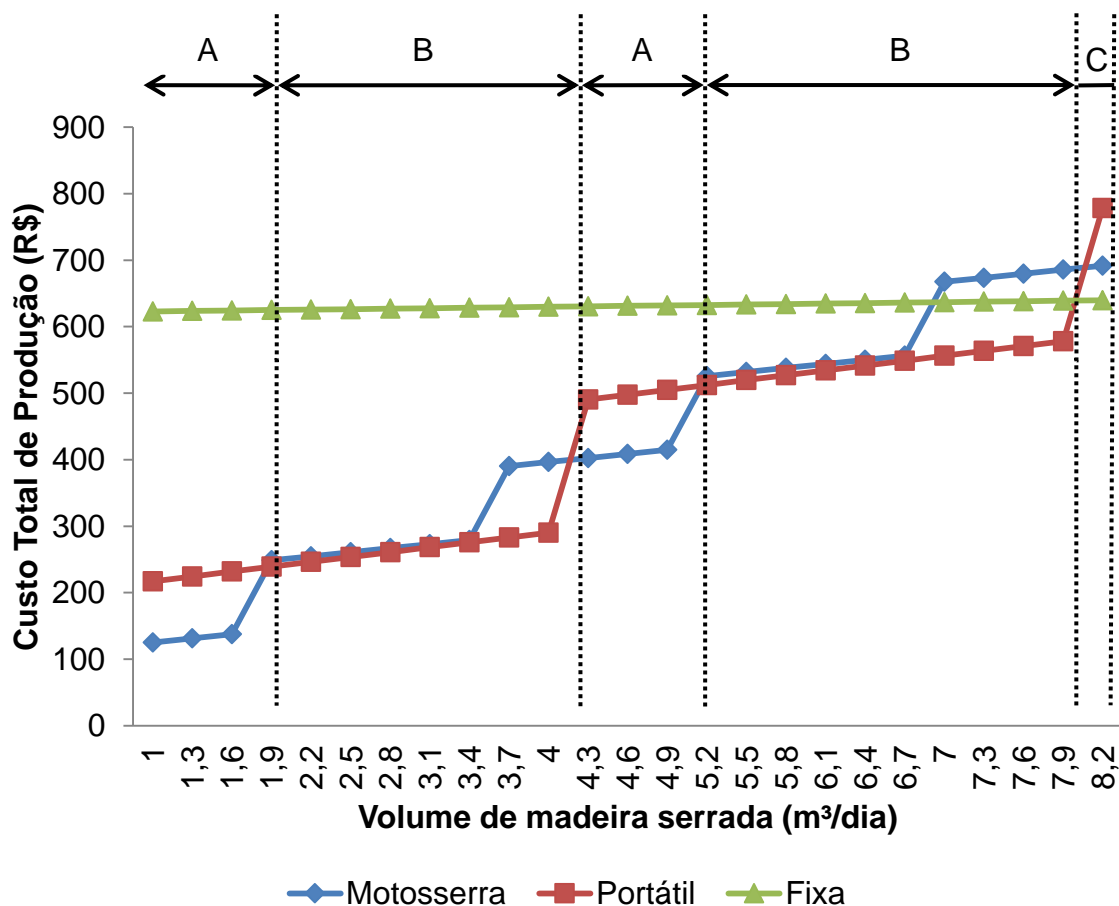
Figura 14 – Custo total de produção x faixas de volume de madeira serrada por dia, com variação de 0,1 m³

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que na faixa de volume de 1,0 a 1,7 m³ de madeira serrada por dia o desdobro com motosserra apresentou os menores custos de produção e que a partir da faixa 1,8 a 3,4 m³ de madeira serrada por dia, os menores custos foram obtidos pelo desdobro com serraria portátil.

Nota-se que na faixa de 1,7 a 1,8 m³ de madeira serrada por dia o custo total no desdobro com motosserra cresce por causa do financiamento de outra motosserra e a aquisição de mão de obra, para produzir além de seu volume máximo de madeira serrada por dia, ou seja, para produzir 1,8 m³ de madeira serrada por dia pela técnica de desdobro com motosserra, necessitariam de duas motosserras, dois operadores, aumentando assim, principalmente os custos fixos.

A Figura 15, auxilia a observação do custo total de produção dos três tipos de desdobro, em faixas de volume de madeira serrada por dia com variação de 0,3 m³



Nota: A, B e C referem-se às faixas de maior viabilidade de desdobro, sendo A – motosserra; B – serraria portátil; e C – serraria fixa.

Figura 15 – Custo total de produção x faixas de volume de madeira serrada por dia, com variação de 0,3 m³

Fonte: Dados da pesquisa.

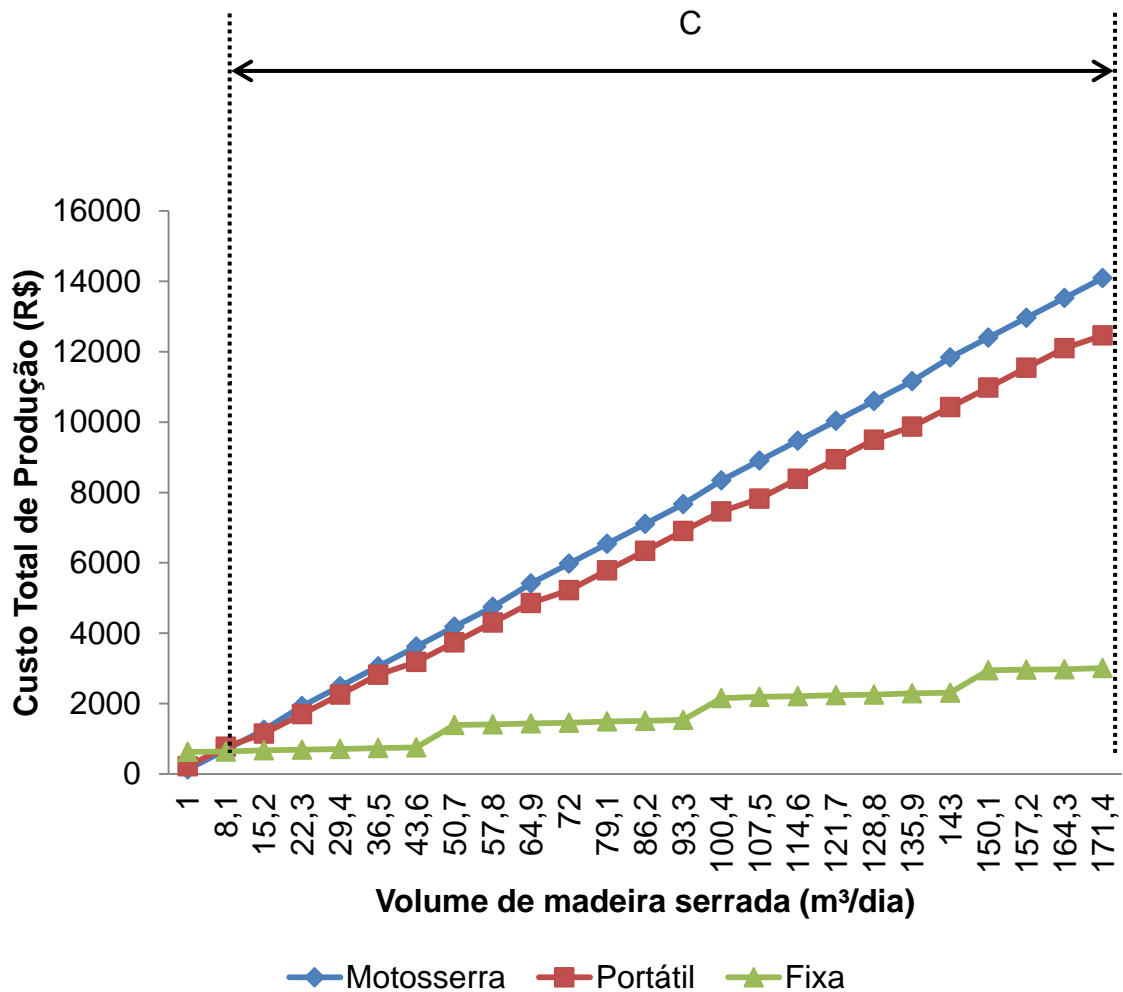
Verifica-se que na faixa de 3,4 a 4,0 m³ de madeira serrada por dia, recomenda-se o desdobro com serraria portátil. Porém, a partir da faixa de 4 a 4,3 m³ de madeira serrada por dia, ocorre o crescimento do custo total de produção devido principalmente o aumento dos custos fixos deste tipo de desdobro, gerado pelo financiamento em outra serraria portátil e a contratação de mais operários.

Na faixa de 4,1 a 5,1 m³ de madeira serrada por dia, o desdobro com motosserra torna-se mais viável. Mesmo operando com três motosserras e três trabalhadores, os custos fixos e variáveis são menores do que trabalhando com duas serrarias portáteis.

Observa-se que na faixa de 5,2 a 8 m³ de madeira serrada por dia, novamente o desdobro com serraria portátil torna-se mais rentável. Nesta faixa, os custos variáveis deste tipo de desdobro são maiores do que o desdobro com motosserra, porém o que viabiliza o uso da serraria portátil são os menores valores dos custos fixos.

A partir de 8,1 m³ de madeira serrada por dia os tipos de desdobro com motosserra e serraria portátil tornam-se inviável e passa a ser conveniente o desdobro em uma serraria fixa.

A Figura 16, apresenta o custo total de produção dos três tipos de desdobro, em faixas de volume de madeira serrada por dia com variação de 7,1 m³.



Nota: C refere-se a faixa de maior viabilidade de desdobro em serraria fixa.

Figura 16 – Custo total de produção x faixas de volume de madeira serrada por dia, com variação de 7,1 m³

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota-se que em 50,7 m³ de madeira serrada por dia, na serraria fixa houve um aumento do custo total de produção, justificado pelo aumento do maquinário e da mão de obra, para produzir um volume de madeira serrada por dia superior a sua capacidade máxima.

Na faixa de produção de 1,0 a 8,0 m³ de madeira serrada por dia a utilização do tipo de desdobro em serraria fixa foi inviável, pelo fato desse método possuir altos custos fixos. Na produção de 8,1 m³ de madeira serrada por dia, este tipo de desdobro apresenta ainda os maiores custos fixos, porém, analisando os custos

variáveis apresentou os menores custos variáveis, totalizando o custo total de produção menor que os demais tipos de desdobro.

Vale ressaltar, que no desdobro em serraria fixa, pequenas alterações na quilometragem do custo de transporte de resíduos, haverá mudanças não significativas na curva total de produção deste sistema de desdobro.

No Quadro 1 observa-se o tipo de desdobro que apresentou a maior viabilidade em cada faixa de volume de madeira serrada por dia.

Quadro 1 – Tipo de desdobro viável x faixa de volume de madeira serrada por dia

		Faixa de volume de madeira serrada por dia				
		1 a 1,7 m ³	1,8 a 4 m ³	4,1 a 5,1 m ³	5,2 a 8 m ³	A partir de 8,1 m ³
Tipo de desdobro viável		Desdobro com motosserra	Desdobro em serraria portátil	Desdobro com motosserra	Desdobro em serraria portátil	Desdobro em serraria fixa

Fonte: Dados da pesquisa.

5 CONCLUSÕES

Os pequenos produtores rurais vêm utilizando a motosserra para transformar toras em peças serradas, porém, não havia um estudo que comprovasse se esta técnica de desdobro seria viável em termos de desempenho quando comparada com o uso de serrarias fixas e portáteis. Com isso, surgiu a oportunidade de se fazer este estudo para obter informações importantes a respeito deste tipo de desdobro e repassá-la aos produtores rurais, para que possam diversificar a produção e contribuir para o aumento da renda.

Em cada faixa de produção de madeira serrada por dia obteve-se um custo total de produção favorável a um tipo de desdobro. Porém para o pequeno produtor rural, foi comprovado que o desdobro com motosserra é uma alternativa viável, uma vez que este não possui grandes áreas para a produção de madeira para atender o abastecimento de uma serraria fixa e portátil ao longo dos anos.

O resultado dos produtos finais gerados em termos de rendimento e eficiência foi satisfatório. O alto rendimento obtido pode ser explicado pela execução de poucos cortes por tora, enquanto a elevada eficiência foi esclarecida por ter apenas um operário envolvido no processamento da tora e este possuir grande habilidade com o equipamento.

Sugere-se o estudo da realização de diferentes diagramas de corte, além de se comparar a qualidade de madeira serrada obtida por esta técnica com outros tipos de desdobro.

O desdobro com motosserra em pequenas propriedades pode ser utilizado para se obter produtos finais com a execução de poucos cortes por tora, aumentando a capacidade de transporte de madeira serrada e reduzindo assim os custos de transporte.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, O. J. R; JANKOWSKY, I. P. Prevenção e controle das rachaduras de topo em tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **IPEF**, n. 33, p. 39-46, ago.1986.

ARAÚJO, H. J. B. Rendimento do processo de transformação de toras com motosserra. **Embrapa Acre**, Rio Branco, n. 104, p. 1-5, dez. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7203**: madeira serrada e beneficiada. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico 2008**: ano base 2007. Brasília, DF: ABRAF, 2008. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 02 maio 2010

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Mercado financeiro e de capitais**: taxa de juros reais e expectativa de mercado. São Paulo: 2009.

BATISTA, D. C. **Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo do tempo, rendimento e eficiência**: estudo de caso em Pirai - RJ. 2006. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

BIASI, C. P. **Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais**. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal na área de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FERREIRA, J. A. **Custos industriais**: uma ênfase gerencial. São Paulo: STS, 2007.

HASELGRUBER, F.; GRIEFFENHAGEN, K. F. G. **Motosserras**: mecânica e uso. Porto Alegre: Metrópole, 1989.

IWAKIRI, S. Rendimento e condições de desdobro de 20 espécies de madeiras da Amazônia. **Acta Amazônica**, vol. 20, p. 271-281, 1990.

KROETZ, C. E. S. **Apostila de contabilidade de custos I**. Rio Grande do Sul: 2001. Disponível em: <<http://www.netsaber.com.br/apostilas/apostilas/1029.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2010.

LUCAS MILL BRASIL. **Catálogos de serrarias portáteis**. Brasília: 2009

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

MARTINI, A. J. **O plantador de eucalipto: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. 2004. 320 f. Dissertação (Mestrado em História Social) – Programa de Pós-

Graduação em História Social, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MEDINA, P.; POKORNY, B. **Avaliação financeira de sistemas de manejo florestal por produtores familiares apoiados pelo ProManejo**. Disponível em: <http://www.waldbau.unifreiburg.de/forlive/06_Products/SciPub/Compendio_Avalia_Financaira.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2010

METALÚRGICA SCHIFFER. **Catálogos de máquinas para serrarias**. Paraná: 2009

MURARA JUNIOR, M. I. **Desdobro de toras de pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diamétricas**. 2005. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PORTAL DA MADEIRA MANEJADA. **Colheita florestal**. Disponível em: <<http://www.florestavivaamazonas.org.br/21125.php>>. Acesso em: 18 mar. 2010

PROTAZIO, C. J. **Motosserra**. 2010. Entrevista concedida a Rafael Bridi Corteletti, Paraíso, 27 abr. 2010.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 2000. 170 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

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.

SANTOS, G. R. V. **Otimização da secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* [Hill ex Maiden]**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Madeiras) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Madeiras, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, P. E. T.; GARCIA, J. N.; GERALDI, I. O. Posição da tora na árvore e sua relação com a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 142-151, dez. 2004.

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

SCHAITZA, E. et al. A utilização de serrarias portáteis em florestas de pinus e eucaliptos em pequenas propriedades rurais: a experiência da Embrapa/Cotrel. **Embrapa Florestas**, Colombo, n. 35, p. 1-25, 2000.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 160 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais na área de Tecnologia e Utilização de

Produtos Florestais) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SOUZA, A. N. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de eucalipto cultivado em sistema agroflorestal. **Cerne**, vol. 13, n. 2, p. 222-238, 2007.

SOUZA, C. I. F. **Rendimento do desdobro de toras, utilização dos resíduos e otimização do tempo de trabalho com uma serraria portátil (Lucas Mill) numa comunidade rural na Amazônia.** 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Programa de Biologia Tropical e Recursos Naturais do Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade Federal da Amazônia, Manaus.

STIHL. **Produto florestal ms 660.** Disponível em: < www.stihl.com.br >. Acesso em: 17 maio 2010.

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

APÊNDICES

Apêndice A – Planilha do custo total de produção do desdobro com motosserra em faixas de volume de madeira serrada por dia com variação de 0,1 m³.

Desdobro com motosserra (m³/dia)	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20
Custos fixos													
Operador	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Depreciação	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14
Financiamento da motosserra	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38
Total (R\$)	103,76	103,76	103,76	103,76	103,76	103,76	103,76	103,76	207,53	207,53	207,53	207,53	207,53
Custos variáveis													
Gasolina	11,26	12,38	13,51	14,64	15,76	16,89	18,01	19,14	20,27	21,39	22,52	23,64	24,77
Óleo queimado	2,43	2,67	2,91	3,15	3,40	3,64	3,88	4,13	4,37	4,61	4,85	5,10	5,34
Óleo dois tempos	2,26	2,48	2,71	2,94	3,16	3,39	3,61	3,84	4,07	4,29	4,52	4,74	4,97
Limatão	1,25	1,38	1,51	1,63	1,76	1,88	2,01	2,13	2,26	2,38	2,51	2,64	2,76
Corrente	3,14	3,45	3,76	4,08	4,39	4,71	5,02	5,33	5,65	5,96	6,27	6,59	6,90
Manutenção	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	2,49	2,49	2,49	2,49	2,49
Total (R\$)	21,58	23,61	25,65	27,68	29,71	31,75	33,78	35,81	39,09	41,13	43,16	45,19	47,23
Custo total (R\$)	125,34	127,38	129,41	131,44	133,48	135,51	137,55	139,58	246,62	248,65	250,69	252,72	254,75

Apêndice B – Planilha do custo total de produção do desdobro em serraria portátil em faixas de volume de madeira serrada por dia com variação de 0,1 m³.

Desdobro em serraria portátil (m³/dia)	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20
Custos fixos													
Operador	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Depreciação	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40
Financiamento da serraria portátil	31,36	31,36	31,36	31,36	31,36	31,36	31,36	31,36	31,36	31,36	31,36	31,36	31,36
Total (R\$)	169,76	169,76	169,76	169,76	169,76	169,76	169,76	169,76	169,76	169,76	169,76	169,76	169,76
Custos variáveis													
Gasolina	23,20	25,52	27,84	30,16	32,48	34,80	37,12	39,44	41,76	44,08	46,40	48,72	51,04
Rebolo diamantado	0,83	0,92	1,00	1,08	1,17	1,25	1,33	1,42	1,50	1,58	1,67	1,75	1,83
Disco serrar	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73
Manutenção	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04
Total (R\$)	47,41	49,84	52,28	54,72	57,15	59,59	62,03	64,46	66,90	69,34	71,77	74,21	76,65
Custo Total (R\$)	217,17	219,60	222,04	224,48	226,91	229,35	231,79	234,22	236,66	239,10	241,53	243,97	246,41

Apêndice C – Planilha do custo total de produção do desdobro em serraria fixa em faixas de volume de madeira serrada por dia com variação de 0,1 m³.

Desdobro em serraria fixa (m³/dia)	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20
Custos fixos													
Mão obra	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00
Depreciação	70,87	70,87	70,87	70,87	70,87	70,87	70,87	70,87	70,87	70,87	70,87	70,87	70,87
Financiamento das máquinas	163,03	163,03	163,03	163,03	163,03	163,03	163,03	163,03	163,03	163,03	163,03	163,03	163,03
Financiamento pátio + galpão	58,13	58,13	58,13	58,13	58,13	58,13	58,13	58,13	58,13	58,13	58,13	58,13	58,13
Custo de transporte de resíduos	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Total (R\$)	578,04	578,04	578,04	578,04	578,04	578,04	578,04	578,04	578,04	578,04	578,04	578,04	578,04
Custos variáveis													
Energia	2,07	2,28	2,49	2,69	2,90	3,11	3,32	3,52	3,73	3,94	4,14	4,35	4,56
Lamina denteada	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38	0,41	0,44	0,46	0,49	0,51	0,54	0,56
Manutenção	42,52	42,52	42,52	42,52	42,52	42,52	42,52	42,52	42,52	42,52	42,52	42,52	42,52
Total (R\$)	44,85	45,08	45,32	45,55	45,78	46,02	46,25	46,48	46,71	46,95	47,18	47,41	47,64
Custo Total (R\$)	622,89	623,12	623,36	623,59	623,82	624,05	624,29	624,52	624,75	624,99	625,22	625,45	625,68