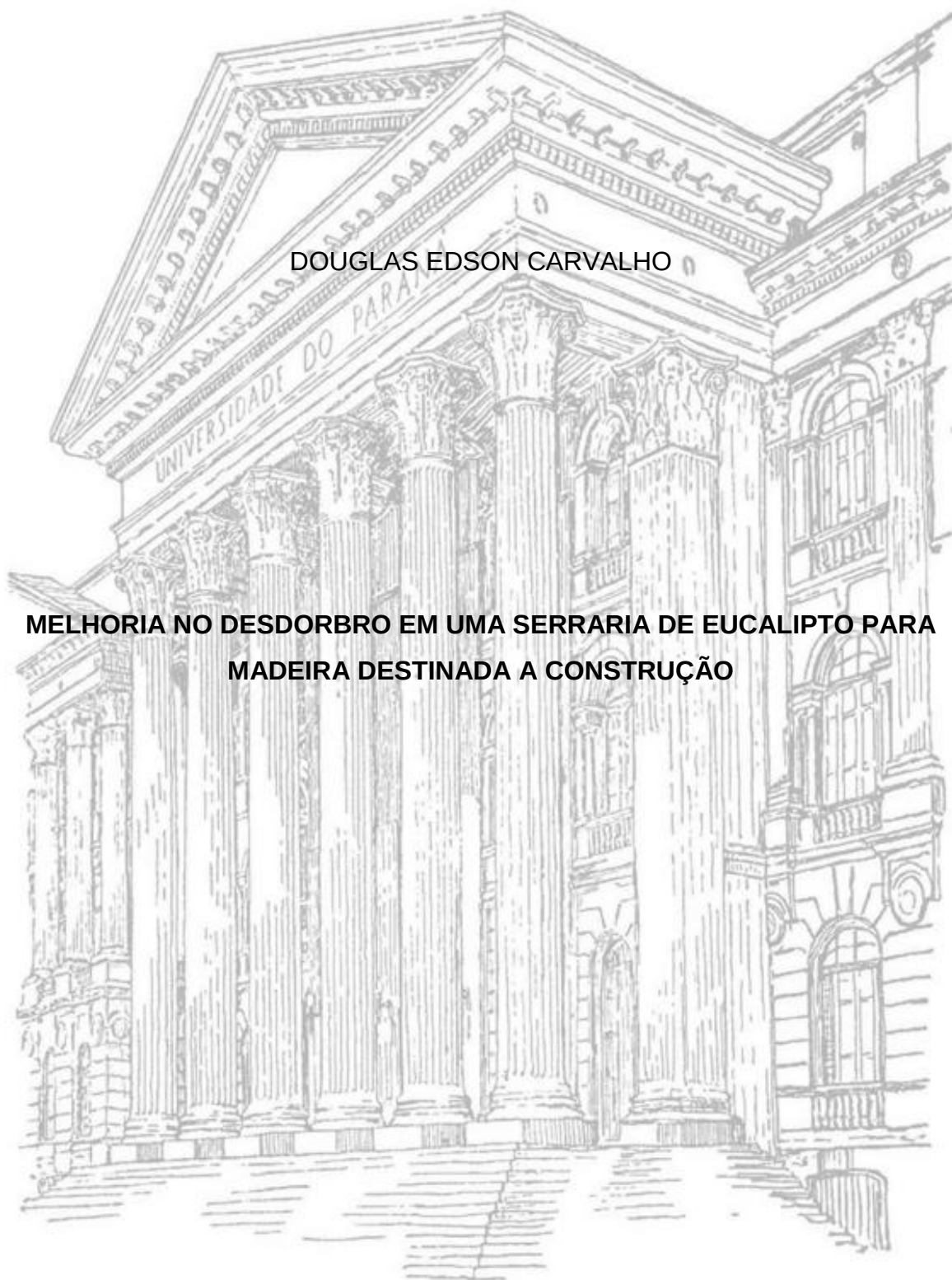


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DOUGLAS EDSON CARVALHO

**MELHORIA NO DESDORBRO EM UMA SERRARIA DE EUCALIPTO PARA
MADEIRA DESTINADA A CONSTRUÇÃO**



CURITIBA

2016

DOUGLAS EDSON CARVALHO

**MELHORIA NO DESDORBRO EM UMA SERRARIA DE EUCALIPTO PARA
MADEIRA DESTINADA A CONSTRUÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha
Co-orientadores: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke
Prof. Dr. Romano Timofeiczky
Junior

CURITIBA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Carvalho, Douglas Edson

Melhoria no desdobro em uma serraria de eucalipto para madeira destinada a construção / Douglas Edson Carvalho. – Curitiba, 2016.
80 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

Coorientadores: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

Prof. Dr. Romano Timofeiczky Junior

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 23/02/2016.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Madeira – Custos. 2. Eucalyptus grandis. 3. Eucalyptus saligna. 4. Toras de madeira 5. Madeira serrada – Comércio. 6. Teses. I. Rocha, Márcio Pereira da. II. Klitzke, Ricardo Jorge. III. Timofeiczky Junior, Romano. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

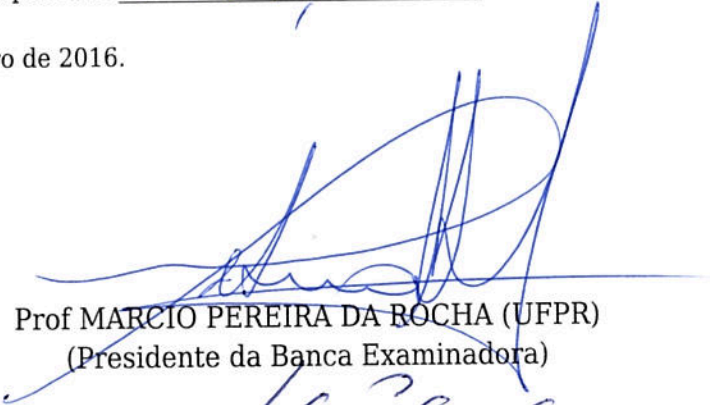
CDD – 634.9

CDU – 634.0.66

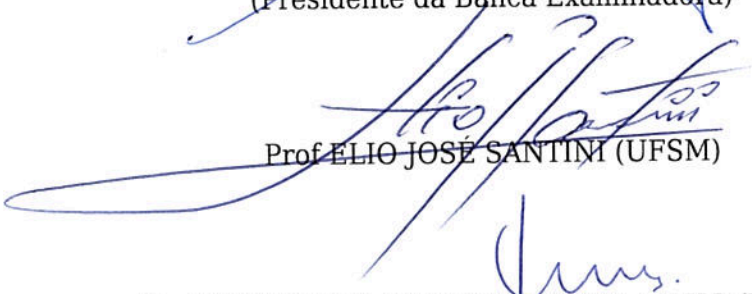
TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **DOUGLAS EDSON CARVALHO**, intitulada: **"MELHORIA NO DESDOBRIO EM UMA SERRARIA DE EUCALIPTO PARA MADEIRA DESTINADA A CONSTRUÇÃO."**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.

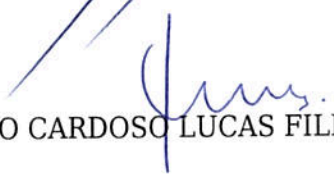
Curitiba, 23 de Fevereiro de 2016.



Prof MARCIO PEREIRA DA ROCHA (UFPR)
(Presidente da Banca Examinadora)



Prof ELIO JOSÉ SANTINI (UFSC)



Prof FERNANDO CARDOSO LUCAS FILHO (UFAM)



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a força maior que rege meus caminhos.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, a Universidade Federal do Paraná e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela estrutura e apoio financeiro.

Ao meu orientador Professor Dr. Márcio Pereira da Rocha, e co-orientadores, Professor Dr. Ricardo Jorge Klitzke e Professor Dr. Romano Timofeiczky Junior, pelos ensinamentos, apoio, confiança, determinação e amizade.

A Comissão Examinadora da dissertação.

A Mademape Madeiras, nomeadamente os empresários Luciano Zatti, Piero Passuelo Zatti e Humberto Zatti, pela amizade e a oportunidade para realização desta pesquisa.

Aos amigos e colegas do Programa de Pós Graduação pelo companheirismo e convivência.

Em especial, a minha mãe Ilce Venilda Arnemann, pelo apoio incondicional em todas as minhas decisões, até mesmo naquelas em que não concordava, além da educação, criação, simplicidade e todos os ensinamentos da vida que me proporcionou.

A meu pai, João Vanderlei Carvalho, e aos demais familiares que de alguma forma estiveram presentes nesta caminhada.

A colega, amiga e namorada Ana Paula Marques Martins pelo companheirismo, compreensão e auxílio nas diversas etapas do desenvolvimento desta dissertação.

A todos que contribuíram de alguma forma.

Muito Obrigado!

RESUMO

O setor de serrarias no Brasil é em sua maioria composto de carências tecnológicas em relação aos demais setores florestais, tornando o processo produtivo de madeira serrada deficiente. Diante desta situação, o presente trabalho teve como objetivo aprimorar o aproveitamento da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Sm. com uso de modelos de corte no desdobro primário das toras, do tipo tangencial alternado e do tipo radial, os quais foram aplicados em duas classes diamétricas, sendo avaliada a conicidade das toras e o rendimento médio de cada modelo de desdobro. Posteriormente foram quantificados os tipos de produtos de cada modelo de desdobro e realizada análise de custos de produção para os modelos utilizados. As toras utilizadas apresentaram baixa conicidade, com valores médios de 0,92 cm/m para toras utilizadas no modelo de desdobro tangencial alternado e 1,48 cm/m para toras utilizadas no modelo de desdobro radial, o que indicam características satisfatórias para uso em serraria. Obteve-se rendimento médio para o modelo de desdobro tangencial alternado de 47,08% com toras de diâmetro médio de 33,0 cm e rendimento médio para o modelo de desdobro radial de 53,43% com toras de diâmetro médio de 47,0 cm. A madeira de eucalipto apresentou alto rendimento e potencial para substituir demais espécies utilizadas para obtenção de madeira serrada. O modelo de desdobro radial proporcionou acréscimo quantitativo do produto principal da empresa (viga), o qual é usado em construção. O modelo de desdobro radial apresentou maior rendimento em madeira serrada, maior quantidade do produto principal da serraria e menor custo médio de produção, sendo o modelo mais indicado a ser utilizado com toras da classe diamétrica empregada.

Palavras-chave: Madeira de eucalipto, Rendimento, Radial, Tangencial, Custos de produção.

ABSTRACT

The lumber industry in Brazil is mostly composed of technological needs in relation to other forest areas, making the production process of deficient lumber. In this situation the study aimed at improving the use of *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden and *Eucalyptus saligna* Sm. wood, using cutting models on primary sawing of logs, the alternating tangential type and radial type, in which two diametric classes were applied, with evaluation of taper of logs and average income of each cutting model. Subsequently, the products of each cutting model were quantified and analysis of production costs for the cutting models evaluated was carried out. The logs used presented low conicity, with average values of 0.92 cm/m for logs used in conventional cutting model and 1.48 cm/m for logs used in the proposed cutting model, which indicate satisfactory characteristics for using at lumber. Average income for alternating tangential cutting model of 47.08% was obtained with logs of 33.0 cm in average diameter and average income for the radial cutting model of 53.43% with logs of 47.0 cm in average diameter. The wood of *Eucalyptus* presented high income and potential to substitute other species. The radial cutting model provided quantitative increase of the main product of the company (beam), which is used in construction. The radial cutting model presented higher income in lumber, higher quantity of the main product of the sawmill and lower average production cost, so it can be considered the most appropriate model to be used with logs of the used diameter class.

Key-words: *Eucalyptus* wood, Yield, Radial, Tangential, Production costs.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MODELOS DE CORTE UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DE PEÇAS RADIAIS.....	23
FIGURA 2 - AUMENTO DO CUSTO DE PRODUÇÃO DA MADEIRA EM TORA VERSUS INFLAÇÃO BRASILEIRA (IPCA).....	25
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO MUNDIAL DE MADEIRA PROVINDA DE PLANTIOS FLORESTAIS POR CLASSE DE USO	26
FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE SERRADOS	26
FIGURA 5 - PÁTIO DE TORAS DE EUCALIPTOS CLASSIFICADAS EM CLASSES DIAMÉTRICAS E COMPRIMENTOS	31
FIGURA 6 - PROCESSO DE DESDOBRO DE TORAS DE EUCALIPTO DO MODELO DO TIPO TANGENCIAL ALTERNADO: 1) RETIRADA DE COSTANEIRA; 2 A 5) CORTES SUCESSIVOS; 6, 8 E 9) REFILO; 7, 10 E 11) APROVEITAMENTO	32
FIGURA 7 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO DE EUCALIPTO	33
FIGURA 8 - PROCESSO DE DESDOBRO DE TORAS DE EUCALIPTO DO MODELO RADIAL: 1) TORAS SERRADAS AO MEIO; 2 A 6) DESDOBRO DE METADE DA TORA NA SEGUNDA SERRA FITA; 7 E 8) REFILO; 9, 10 E 11) APROVEITAMENTO	34
FIGURA 9 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO MODELO DE DESDOBRO RADIAL DE EUCALIPTO	34
FIGURA 10 - CONTROLE DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO PROVENIENTE DE CADA MODELO DE DESDOBRO.....	35
FIGURA 11 - GRÁFICO DA QUANTIDADE PERCENTUAL DE PRODUTOS ORIUNDOS DE DOIS MODELOS DE DESDOBRO DE MADEIRA DE EUCALIPTO	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - FONTES DE COMBUSTÍVEIS NA INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE MADEIRA NOS ESTADOS UNIDOS	17
TABELA 2 - DIMENSÕES DOS PRINCIPAIS PRODUTOS DE MADEIRA SERRADA.....	18
TABELA 3 - PRODUTOS DA SERRARIA DE EUCALIPTO E SUAS RESPECTIVAS DIMENSÕES.....	37
TABELA 4 - CONICIDADE PARA CADA MODELO DE DESDOBRO DE TORAS DE EUCALIPTO.....	44
TABELA 5 - VOLUME MÉDIO DE TORAS, VOLUME MÉDIO DE MADEIRA SERRADA E RENDIMENTO MÉDIO NO DESDOBRO DE TORAS DE EUCALIPTO	48
TABELA 6 - QUANTIDADE DE PRODUTOS GERADOS NO MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO	59
TABELA 7 - QUANTIDADE DE PRODUTOS GERADOS NO MODELO DE DESDOBRO RADIAL.....	60
TABELA 8 – MÉDIA DE CADA PRODUTO (M ³), NÚMERO DE PEÇAS, E VOLUME TOTAL DE CADA PRODUTO PARA OS DOIS MODELOS DE DESDOBRO UTILIZADOS NA OBTENÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO	61
TABELA 9 - CUSTO FIXO TOTAL, CUSTO VARIÁVEL TOTAL E CUSTO TOTAL PARA O MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO	62
TABELA 10 - CUSTOS FIXOS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO UTILIZANDO MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO	63
TABELA 11 - CUSTOS VARIÁVEIS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO UTILIZANDO MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO	64
TABELA 12 - CUSTO FIXO TOTAL, CUSTO VARIÁVEL TOTAL E CUSTO TOTAL PARA O MODELO DE DESDOBRO RADIAL	65
TABELA 13 - CUSTOS FIXOS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO UTILIZANDO MODELO DE DESDOBRO RADIAL	66

TABELA 14 - CUSTOS VARIÁVEIS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO UTILIZANDO MODELO DE DESDOBRO RADIAL.....	67
TABELA 15 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS FIXOS MÉDIOS ENTRE O MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO E MODELO DE DESDOBRO RADIAL	68
TABELA 16 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS VARIÁVEIS MÉDIOS ENTRE O MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO E MODELO DE DESDOBRO RADIAL	69
TABELA 17 - CUSTOS MÉDIOS DE PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO PARA O MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO E MODELO DE DESDOBRO RADIAL	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 GÊNERO <i>Eucalyptus</i>	13
3.2 UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA MADEIRA	15
3.3 RENDIMENTO E EFICIÊNCIA OPERACIONAL EM SERRARIAS	18
3.4 TÉCNICAS DE DESDOBRO	22
3.5 ASPECTOS ECONÔMICOS DO SETOR	24
3.5.1 Custos	27
3.5.2 Custos Médios	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 LOCAL DA COLETA DE DADOS	30
4.2 ESPÉCIES UTILIZADAS	30
4.3 CLASSIFICAÇÃO DIAMÉTRICA DAS TORAS	30
4.4 DESDOBRO DAS TORAS	31
4.4.1 Modelo de desdobro tangencial alternado	31
4.4.2 Modelo de desdobro radial	33
4.5 CONICIDADE DA TORA	35
4.6 VOLUME DAS TORAS E DE MADEIRA SERRADA	35
4.7 RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA	37
4.8 CUSTOS DE PRODUÇÃO	38
4.8.1 Custos fixos	38
4.8.2 Remuneração do capital próprio	39
4.8.3 Custos variáveis	40
4.8.4 Custo total de produção	40
4.8.5 Custos médios de produção	41
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 CONICIDADE DAS TORAS	44
5.2 RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA	47

5.3 PRODUTOS OBTIDOS NOS DESDOBROS	55
5.3.1 Análise dos produtos.....	59
5.3.2 Comparação entre produtos e modelos de desdobro	60
5.4 ANÁLISE DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO	62
5.4.1 Custo fixo, custo variável e custo total	62
5.4.2 Custos médios de produção.....	68
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1 INTRODUÇÃO

O setor madeireiro no Brasil está fazendo uso de espécies exóticas, como as do gênero *Eucalyptus*, devido principalmente às restrições ambientais e os altos custos de exploração de florestas nativas, as quais limitam a exploração e uso destas espécies no mercado de madeira serrada. Este gênero, oriundo de florestas plantadas, possui espécies que se adaptaram muito bem às condições edafoclimáticas do Brasil, destacando-se dentre as demais espécies. No mercado brasileiro de madeira o uso do eucalipto está em constante expansão, conforme dados da Bracelpa (2014), devido a seu uso múltiplo, como papel, lenha, madeira serrada, carvão e uso energético, sempre com o apoio de pesquisas que buscam novas tecnologias que visam aperfeiçoar o produto final oriundo do eucalipto, de modo que possam minimizar os impactos negativos do uso deste recurso, acelerar e incrementar os sistemas produtivos.

É de fundamental importância perceber que a utilização de espécies do gênero *Eucalyptus*, está atrelada ao uso consciente e sustentável da madeira. Segundo Falk (2010), garantir que as matérias-primas sejam produzidas e utilizadas de uma forma sustentável é fundamental. E dessa forma, se as práticas de manejo florestal e de exploração adequada forem seguidas, o recurso madeira estará disponível por tempo indeterminado. Para isso pesquisas buscam por métodos sustentáveis que maximizam o aproveitamento da madeira, otimizando processos de modo a reduzir perdas e agregar valor a produtos de madeira, aplicando a noção de uso inteligente da mesma.

A madeira serrada é o principal produto de uma serraria, variando suas dimensões conforme os produtos praticados pela empresa, entretanto, para sua obtenção, subprodutos são gerados, como cavaco e serragem, e o conhecimento acerca da quantidade de cada tipo de produto originado é de grande valia para melhor administração da serraria e redução dos impactos ambientais.

A madeira de eucalipto é aplicável em diferentes ambientes desempenhando várias funções, e quando exposta a situações adversas pode sofrer danos que alteram suas características, alterando sua resistência e durabilidade. Dentre as aplicações, o uso de madeira serrada de eucalipto para

a construção ganha espaço, uma vez que a mesma apresenta condições adequadas para suprir a demanda de outras espécies.

Em grande parte as serrarias do Brasil atuam distintamente das demais empresas do segmento florestal do país, uma vez que utiliza máquinas e equipamentos considerados ultrapassados, o que despende grande atenção quanto à manutenção e conservação, o que acarreta em elevação dos custos de produção, redução da qualidade da madeira e consequente perda de competitividade no setor. Para Vital (2008) o estado de conservação dos equipamentos faz com que algumas serrarias sejam mais produtivas, ao passo que outras são ineficientes e antieconômicas, e geram uma grande quantidade de subprodutos.

A complexidade que abrange o setor de serrarias, desde a disparidade de oferta de toras até o mix de produtos, faz com que a conversão de madeira em tora para madeira serrada consista em um fator determinante para o sucesso do empreendimento, atrelado ao fator preço de tora e madeira serrada. O melhor aproveitamento da madeira reflete em questões econômicas, que é o fator determinante para a empresa se manter ativa no mercado.

Deste modo, os gestores de serrarias devem buscar por novos métodos, tecnologias e ferramentas que lhes auxiliem no momento de tomar decisões, a fim de proporcionar soluções aceitáveis quanto à classe diamétrica ideal para cada produto, o tipo de corte aplicado na madeira e as inovações em todo seu processo, objetivando a redução de custos de modo que torne suas empresas mais competitivas e atuantes neste tipo de mercado.

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo fornecer informações quanto ao rendimento de madeira serrada de eucalipto voltada para o mercado de construção e seus custos de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aprimorar o processo produtivo da madeira serrada de *Eucalyptus* através do uso de dois modelos de corte para redução dos custos de produção no desdobro primário de toras.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a operacionalidade da classificação diamétrica de toras para utilização nos dois modelos de desdobro.
- Avaliar a conicidade e o rendimento do desdobro principal em toras de *Eucalyptus* utilizadas nos dois modelos de desdobro.
- Analisar o efeito dos dois modelos de desdobro e da classe diamétrica nos produtos gerados no desdobro.
- Analisar os custos de produção de madeira serrada nos modelos de desdobro.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GÊNERO *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* tem origem na Austrália, Tasmânia e as ilhas da Oceania. As espécies desse gênero apresentam árvores de rápido crescimento, consideradas de grande porte, suscetíveis ao manejo por talhadia, permitindo cultiva-las por mais de duas rotações (RODERJAN, 1999). Conforme Oliveira (1999), a madeira desse gênero apresenta alburno delgado, com menos de 3 cm e com coloração clara. Segundo esse mesmo autor, o cerne pode apresentar tons de amarelo até avermelhados, sendo a madeira com pouco brilho, apresentando grã direita e revessa, textura fina a média, e com característica de macia até moderadamente dura ao corte, variando conforme a espécie de madeira leve a pesada, com sua massa específica aparente variando de 0,40 a 1,20 g/cm³.

Como citado por Vital e Della Lucia (1986), as espécies de eucalipto no Brasil apresentam um leque amplo de usos da madeira, justamente devido à variação de suas propriedades físicas, anatômicas, químicas e mecânicas. No território brasileiro, as espécies do gênero *Eucalyptus* encontraram ótimas condições edafoclimáticas para se desenvolver, com rápido crescimento e alto índice de produtividade, sendo consideradas espécies de uso múltiplo, por serem a base da indústria de celulose, além de fonte de carvão vegetal para energia e emprego na construção civil (BRACELPA, 2014).

Atualmente o Brasil conta com 7,74 milhões de hectares de florestas plantadas, cerca de 0,9% do território brasileiro, o que corresponde a 91% de toda a madeira produzida para fins industriais, e os 9% restantes provêm de florestas nativas manejadas de forma legal (IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015). Desta totalidade, 3,6% das florestas plantadas são destinadas a produção de serrados, móveis e demais produtos sólidos (IBÁ, 2015). Segundo esse mesmo relatório, os plantios de eucalipto perfazem 5,56 milhões de hectares da área plantada no País, o que representa 71,9% do total, e estão localizados principalmente nos estados de Minas Gerais (25,2%), São Paulo (17,6%) e Mato Grosso do Sul (14,5%).

A falta de conhecimento das propriedades da madeira por muitos de seus usuários e a persistência em processos de construção antigos são as maiores causas de desempenho insatisfatório da madeira frente a outros materiais (PANSIN; DE ZEEUW, 1970). No Brasil, existe um preconceito generalizado em relação a um uso mais intenso da madeira na construção civil de edifícios para fins habitacionais. Esse preconceito está fundamentado no uso impróprio da madeira e na tradição herdada dos colonizadores espanhóis e portugueses (PEREZ; KAMAZOE, 1988).

Para Martins, Martins e Pinho (2006), *Eucalyptus grandis* é a espécie mais plantada no mundo, devido às suas características silviculturais e a utilização ampla da madeira, além de fácil obtenção de sementes em quantidade e qualidade. Müller (2013) cita que a produção de madeira serrada de eucalipto ainda é pequena, embora acredita-se que em um curto espaço de tempo esta situação será revertida, devido ao aperfeiçoamento de técnicas de desdobro, secagem e beneficiamento da matéria prima.

Complementarmente, Valença, Pamplona e Souza (2002) afirmam que estas espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam preços competitivos quando comparadas às espécies nativas. Dessa forma, tendo em vista a alta demanda por madeira nos diferentes segmentos da indústria brasileira, o uso de florestas plantadas para provimento do mercado faz com que as pressões sobre a floresta nativa sejam mitigadas (VITAL, 2008).

Silva (2002) corrobora com tal afirmação e cita que as empresas florestais procuram nas espécies do gênero *Eucalyptus* uma alternativa para abastecimento de matéria-prima. Entre essas espécies, destacam-se as madeiras de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus saligna*, usadas para produção de madeira serrada, lâminas e compensados, entre outros produtos. Esse tipo de uso para essas espécies se dá devido às altas taxas de produtividade das mesmas, a adequação das espécies na maior parte do país e também devido a sua disponibilidade imediata de uso. Assis (1999) segue o mesmo pensamento do autor anterior, e afirma que devido à variabilidade do gênero *Eucalyptus*, sua capacidade produtiva e adequação às condições edafoclimáticas variáveis, a madeira deste gênero pode atender a demanda dos vários setores de produção madeireiros.

Ainda há resistência de alguns empresários em empregar a madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada como, por exemplo, no setor moveleiro. Santos (1996) cita que para as espécies de eucaliptos, os mercados consumidores baseiam-se em moveleiro, construção civil, embalagens, indústrias de transformação, divisórias e artefatos. Entre os demais, o autor exemplifica o campo de artigos escolares, esportivos, brinquedos e utensílios domésticos, como mercados potenciais para o consumo desta madeira.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) estudou várias espécies de madeira para uso na construção civil, classificando-as em grupos de utilização, de acordo com a exigência quando submetidas em uso para esse fim. Dentre as espécies analisadas foi dado destaque para o gênero *Eucalyptus*, o qual foi classificado para uso em estruturas (FERREIRA et al., 2004).

3.2 UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA MADEIRA

Dentre a gama de materiais utilizados na construção civil, raros são os que possuem os benefícios ambientais como a madeira. Por ser um material com um âmbito grande de aplicações, os produtos de madeira duráveis e úteis podem ser aplicados desde uma simples casa de toras até mesmo em compósitos de madeira processados e fabricados em grande escala industrial. E por se tratar de um recurso renovável, e sendo utilizado de forma sustentável através de boas práticas de manejo e exploração, esse recurso estará disponível por tempo indeterminado (FALK, 2010).

Devido à conscientização ambiental e, principalmente, após a instituição da Norma ISO 14.000, as atividades madeireiras extrativistas passaram a ser mais controladas e, com isso, a madeira proveniente de manejo sustentável ganhou destaque nos setores industriais, como na construção civil (RAMPAZZO; SPONCHIADO, 2000). Assim sendo, a melhor maneira de assegurar que não haja agressão ao meio ambiente é planejar todas as etapas da construção procurando sempre reduzir os impactos e garantir a justiça social dentro do capital disponível (JOHN; ARAÚJO, 2010).

Seguindo esse pensamento, a madeira apresenta diversas qualidades positivas, incluindo baixo custo energético, impacto de baixo carbono e

sustentabilidade. Além dessas, a madeira necessita de quantidade mínima de energia para seu processamento, o que gera um baixo nível de energia incorporada em relação a outros materiais utilizados na construção civil, como aço, alumínio, concreto e plástico. Entre esses produtos, a madeira serrada sólida tem o menor nível de energia incorporada; produtos de madeira que necessitam de mais etapas de processamento, por exemplo, produtos à base de madeira compensada, produtos de madeira engenheirados e chapas de partículas, requerem mais energia na sua produção, mas ainda exigem muito menos energia do que produtos não madeireiros (FALK, 2010). Sob essa ótica, Stungo (2001) já citava que as atitudes tomadas do ponto de vista ecológico modificaram o modo de pensar da arquitetura mundial, onde a matéria prima disponível deve ser usada com cuidado e economia, e deste modo surgiu o conceito de construção industrial sustentável, onde a madeira aplicada na construção civil tem respondido às necessidades ambientais.

Segundo Farah (1992), a indústria da construção civil teve papel importante no desenvolvimento do Brasil no período pós Segunda Guerra, servindo de base para a evolução de indústrias, comércio e o ramo habitacional, apresentando-se como essencial para a geração de subsídios para a economia brasileira. Porém, conforme relatório da IBÁ (2015) a retração no setor de construção civil em 2014 gerou diminuição do consumo de madeira serrada de 6,1%, passando de 8,51 milhões em 2013 para 7,99 milhões de m³ em 2014, o que gerou queda na produção de madeira serrada de florestas plantadas de 1,5%, cerca de 9,23 milhões de m³ em comparação com o ano de 2013. Em contrapartida, as exportações de madeira serrada de florestas plantadas tiveram crescimento de 43,6% comparado ao ano de 2013, totalizando 1,24 milhões de m³ em 2014, representando 13% de toda madeira serrada brasileira.

No mercado Norte Americano, a indústria de produtos de madeira é responsável por cerca de 60% da sua necessidade energética (TABELA 1), onde o setor é produtor e consumidor dessa bioenergia, sendo produzida basicamente a partir de casca de árvores, serragem e subprodutos dos processos de fabricação do papel (FALK, 2010).

TABELA 1 - FONTES DE COMBUSTÍVEIS NA INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE MADEIRA NOS ESTADOS UNIDOS

Combustível	Proporção usada (%)
Energia elétrica	19
Gás natural	16
Óleo combustível	3
Outros (principalmente biomassa)	61

FONTE: EPA (2007) - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

Quando se pensa em energia utilizada na produção de materiais para a construção, como minério de ferro e carvão, e processamento para obtenção de madeira serrada, os valores para construção de casa emoldurada em aço (*steel frame*) chegam a ser 17% maiores que em comparação à construção de casa emoldurada com madeira (*wood frame*). Essa diferença se torna maior, quando considerado o uso de bioenergia na fabricação de produtos de madeira, a qual chega a 281% de uso de combustíveis não renováveis a mais em casa emoldurada de aço em comparativo com casa emoldurada de madeira. Esses fatos acarretam em elevado potencial para aquecimento global, índice de emissão de ar e água maiores para as construções em aço do que para construções de madeira (FALK, 2010).

De acordo com a FAO (2010), a exploração de madeira tropical no mundo tem se amparado no desmatamento, porém este cenário já sofre mudanças, ocasionadas pela redução das florestas tropicais e pelos apelos conservacionistas, o que gerou um crescimento da demanda global por madeira e produtos com origem em sistemas de manejo florestal sustentável ou certificado.

Segundo Tollefson (2008), na Amazônia brasileira as taxas de desmatamento caíram cerca de 80% nos últimos anos. Esse fato faz com que as madeiras de florestas plantadas ganhem espaço, como citado pelo Serviço Florestal Brasileiro (2010), em que cerca de 98% das plantações florestais do Brasil voltadas para a produção de madeira são de espécies exóticas, basicamente eucalipto (67%) e pinus (26%). Porém, esses dados se modificam a cada ano, e conforme relatório da Associação Baiana das Empresas de Base Florestal - ABAF (2013) os plantios florestais de eucalipto e pinus totalizam 71% e 22% respectivamente.

Segundo Wolfe (1991), o uso de vigas e caibros de madeira apenas em estruturas de cobertura foi o que originou a aceitação acelerada da utilização do concreto e conseqüentemente a desaceleração do uso de madeira. Costa (2007) cita que vigas e vigotas são peças que apresentam forma retangular, com variação de tamanho entre as duas. As tábuas, também de forma retangular, originam peças de menor tamanho, como ripas e sarrafos, que juntamente com os caibros tem aplicação tanto na construção civil como no setor moveleiro. Para este tipo de classificação pode-se seguir a norma NBR 7203-1982 (TABELA 2), a qual cita as medidas de cada produto.

TABELA 2 - DIMENSÕES DOS PRINCIPAIS PRODUTOS DE MADEIRA SERRADA

Produtos	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (m)
Pranchão	>70	>200	Variável
Prancha	40 – 70	>200	Variável
Viga	>40	110 – 200	Variável
Vigota	40 - 80	80 – 110	Variável
Caibro	40 – 80	50 – 80	Variável
Tábua	10 - 40	>110	Variável
Sarrafo	20 – 40	20 – 100	Variável
Ripa	>20	>110	Variável
Dormente	160 – 170	220 – 240	2,0 – 5,6/2,8 - 5,6
Pontalete	75	75	Variável
Bloco	Variável	Variável	Variável

FONTE: ABNT (1982).

A utilização destes produtos de madeira na construção civil ganha força diante do apelo sustentável de arquitetos, designers de produtos, proprietários e demais profissionais que exigem práticas sustentáveis, utilizando os recursos florestais, os quais são renováveis, e atrelados a uma gestão adequada de fluxo de produtos de madeira podem ser mantidos no ramo da construção civil sustentável por muito tempo (FALK, 2010).

3.3 RENDIMENTO E EFICIÊNCIA OPERACIONAL EM SERRARIAS

Conforme Rocha (2002), as serrarias são classificadas de diversas formas: por tamanho, por tipo de matéria prima processada, por equipamentos

utilizados e por produção. Segundo esse mesmo autor, a classificação por produção é baseada em três princípios:

- Serrarias pequenas: produção média diária de até 50 m³ de toras desdobradas;
- Serrarias médias: produção média diária entre 50 e 100 m³ de toras desdobradas;
- Serrarias grandes: produção média diária acima de 100 m³ de toras desdobradas.

Nesse sentido, do processamento mecânico das toras em unidades industriais, denominadas serrarias, obtém-se o produto madeira serrada, que é gerado de uma peça cilíndrica (tora), originando peças com seções retangulares de menor dimensão. Os produtos oriundos desse processo estão ligados às características dos equipamentos usados e o rendimento obtido das toras, que está atrelado ao diâmetro das mesmas, onde se tem conhecimento que, normalmente, quanto maior o diâmetro da tora, maior o rendimento em madeira serrada. Os principais processos da transformação da tora em produto serrado abrangem o desdobro, o refilo e o destopo; todos esses em função dos produtos que serão produzidos (IPT, 2009).

Para a avaliação de comportamento e performance de uma serraria diversos parâmetros podem ser avaliados, dentre esses, o rendimento e eficiência operacional demonstram com clareza se as atividades da serraria estão atingindo o desempenho desejado (ROCHA, 2002). Já para Gomide (1974), os parâmetros rendimento e eficiência operacional são considerados características fundamentais para operações de serrarias.

Segundo Biasi (2005), o termo rendimento refere-se à relação entre volume produzido de madeira serrada e o volume de madeira em tora. Explicação semelhante é citada por Rocha (2002), onde o rendimento é obtido da relação do volume de madeira serrada e o volume de toras desdobradas em um determinado período de tempo ou turno.

A determinação do rendimento de uma serraria pode ser expressa de diferentes maneiras, sendo mais usuais as formas métricas ou em pés em alguns países, o coeficiente de transformação ou fator de rendimento é expresso em porcentagem, resultante do volume de madeira serrada que é obtido do volume de toras utilizadas no processamento (ROCHA, 1999). Esse

autor ainda pondera que outras particularidades, além da madeira, influenciam no rendimento, entre eles a origem das árvores, os equipamentos e tecnologias usadas no processo e a qualidade da mão de obra aplicada no desdobro.

O rendimento de toras em tábuas, pranchas, vigas ou em outras peças de madeira envolve a variação quantitativa de desperdício da madeira, explicado por fatores que interferem no seu volume, como o tipo e qualidade da matéria prima, a eficiência de máquinas usadas no processo e as implicações do mercado consumidor, o qual decorre das variações de madeira serrada em função da variabilidade de espessuras e comprimentos exigidos, o que pode causar a maximização das perdas através de serragem (SAMPAIO, 1957).

Segundo Souza (2006), o rendimento de madeira serrada é fundamentado pelos seguintes fatores:

- a) Variabilidade no comprimento total das toras quando esse é superior ao comprimento total do produto final, originado pelas perdas do processo de destopamento final;
- b) Variabilidade da espessura do instrumento de corte, onde se evita as perdas com a diminuição da espessura de corte e consequentemente o aumento do rendimento;
- c) Qualidade dos equipamentos e tecnologias, bem como manutenção, o que pode ocasionar variações da espessura de corte e afetar o rendimento;
- d) Variabilidade de produtos obtidos a partir das toras, pois gera melhor aproveitamento da tora e diminui os desperdícios, afetando diretamente o rendimento.

Wade (1992) afirma que o acréscimo no diâmetro das toras gera aumento do rendimento da madeira serrada, uma vez que a quantidade de perdas das costaneiras e resíduos é reduzida em relação ao volume das toras. Vianna Neto (1984) destaca que o tipo de produto oriundo das toras e o nível de aproveitamento dos subprodutos (costaneiras, cavacos, destopos, refilos) são fundamentais para a empresa conservar-se de maneira competitiva no mercado madeireiro, o que de fato inicia pelo rendimento de madeira serrada, além de aprimoramento de suas operações.

Tsoumis (1991) também cita diversos fatores que afetam o rendimento, iniciando por condicionantes da espécie, como diâmetro, comprimento, conicidade e defeitos. Além desses fatores, o autor cita os equipamentos

utilizados no desdobro, como condições e manutenção das máquinas, a qualificação da mão de obra e experiência dos operadores e também os métodos de desdobro empregados. Para Vital (2008), as condicionantes para maximização do rendimento incidem quanto à qualidade das toras e otimização nas aplicações dos cortes da madeira.

Dos fatores que influenciam no rendimento de madeira serrada, Valério et al. (2007), citam a conicidade como um desses, uma vez que esse fator está relacionado com a diminuição do diâmetro do tronco, que ocorre da base para a copa da árvore, e sofre interferência do espaçamento de plantio, pois apresenta relação com o aumento do diâmetro de classes. Estudos conduzidos por Crêspo (2000), concluiu que a conicidade em toras de *Eucalyptus grandis* com 20 anos apresentou maior influência no rendimento do que as rachaduras nos extremos das toras e tábuas oriundas do processo.

A Norma para Classificação de Toras de Madeira de Folhosas, instituído pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF (1984), qualificou a conicidade em classes: conicidade da tora menor ou igual a 3% pertence à classe 1; conicidade menor ou igual a 4% pertence a classe 2; e toras com conicidade superior a estes valores pertence às classes 3 e 4, sendo consideradas como toras com defeitos, pois interferem negativamente no rendimento em madeira serrada.

Segundo Polzl et al. (2003), o setor de madeira serrada apresenta contribuição socioeconômica importante neste ramo, necessitando auxílios que podem tornar o ramo mais eficiente quanto ao desempenho da produção e mais competitivo no mercado interno e externo. Com isso, a eficiência de uma serraria é importante para planejar as suas operações e para isso alguns fatores devem ser considerados. Entre esses fatores Rocha (2002) cita as condições da madeira, como espécie e dureza, técnicas utilizadas para o desdobro, experiência e quantidade de operadores, condições das máquinas e equipamentos, layout da serraria e grau de automação da mesma.

Conforme Rocha (2002), a eficiência expõe informações da relação entre o volume de toras desdobradas por período de tempo e o número de operários envolvidos nas operações de desdobro. Esse mesmo autor cita que no cálculo da eficiência é utilizado o volume de toras, para que o diâmetro da tora e o rendimento não influenciem no resultado obtido. Entretanto, problemas

relacionados a componentes elétricos e mecânicos, além da manutenção dos equipamentos, acabam afetando o trabalho produtivo em serras de fita, e consequentemente afetam o processo produtivo da serraria (ABREU; LATORRACA; CARVALHO, 2005).

Neste cenário, Heinrich (2010) cita que a busca por avanços na eficiência e produtividade, na redução de custos e no controle da produção é fator primordial para o desenvolvimento das empresas do setor. Biasi (2005) corrobora com tal afirmação e complementa citando que empresas não comprometidas com a melhoria em seus rendimentos, redução de custos de produção e aproveitamento dos subprodutos gerados no processo, acabam por reduzir sua capacidade de competição no setor e correm o risco de cessar suas atividades.

3.4 TÉCNICAS DE DESDOBRO

Alguns fatores inerentes à madeira são fundamentais para obter qualidade e rendimento adequado das toras, entre eles citam-se fatores intrínsecos à espécie como tensões de crescimento, e fatores extrínsecos como conicidade e curvatura da tora (FERREIRA et al., 2004). Deste modo, alguns sistemas ou técnicas de desdobro podem ser aplicados visando minimizar os problemas causados pela conicidade das toras, onde alguns autores citam técnicas de desdobro em relação ao eixo longitudinal da tora, incluindo cortes paralelos ao eixo longitudinal de corte e paralelos à casca (TUSET; DURAN, 1979; VIANNA NETO, 1984; ROCHA, 2002). Porém, segundo Garcia (1995), para o desdobro de madeira de eucalipto, algumas técnicas diferenciais se fazem necessárias, objetivando reduzir ou até mesmo evitar os problemas no processamento dessas espécies.

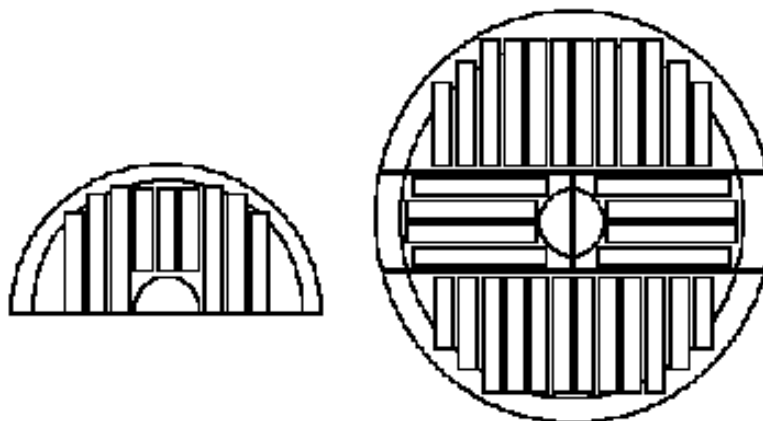
Murara Junior (2005) cita como técnica utilizada normalmente o desdobro convencional, cujo objetivo é obter o maior número de peças possíveis. Este tipo de técnica ou modelo é definido por Vital (2008) como corte tangencial, o qual gera maior eficiência devido a tora sofrer menos manuseio. Conforme Vianna Neto (1984), este é o modelo mais utilizado em serrarias, devido a sua facilidade de aplicação e uso de toras de variados diâmetros. Nesse sistema origina-se número elevado de peças com face tangencial aos

anéis de crescimento, pois a tora é serrada em cortes longitudinais paralelos (ROCHA, 2002). Para Vital (2008), esse tipo de corte confere maior eficiência da serra em relação ao corte radial, isto se deve ao fato da tora sofrer menos manuseio durante o desdobro.

Em relação ao corte radial, esse só é justificável, segundo Tuset e Duran, (1979); Fontes, (1994); Rocha, (2002), quando se deseja obter uma característica especial na madeira, como aspecto visual para decoração, em peças para instrumentos musicais, e talvez o fato mais importante para este tipo de corte está em atenuar os efeitos da instabilidade dimensional da madeira.

Segundo Del Menezzi e Nahuz (1998), o desdobro de eucalipto se baseia em técnicas de desdobro radial, onde são efetuados cortes radialmente às camadas de crescimento, gerando peças com faces no mesmo plano dos raios, e técnicas de desdobro tangencial, que geram peças tangenciais às camadas de crescimento. Mendoza¹ (1995 citado por ROCHA, 2000) já mencionava que os modelos de corte mais utilizados para eucalipto são os orientados para a obtenção de peças radiais, como pode ser observado na Figura 1. Este tipo de corte tem sua importância embasada na redução dos efeitos das contrações, gerando peças mais estáveis.

FIGURA 1 - MODELOS DE CORTE UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DE PEÇAS RADIAIS



FONTE: ADAPTADO DE MENDOZA (1995).

¹ MENDOZA, I. E. L. Experiência chilena em la utilizacion Del eucalipto. In: **Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria**. São Paulo, p. 92-108, 1995.

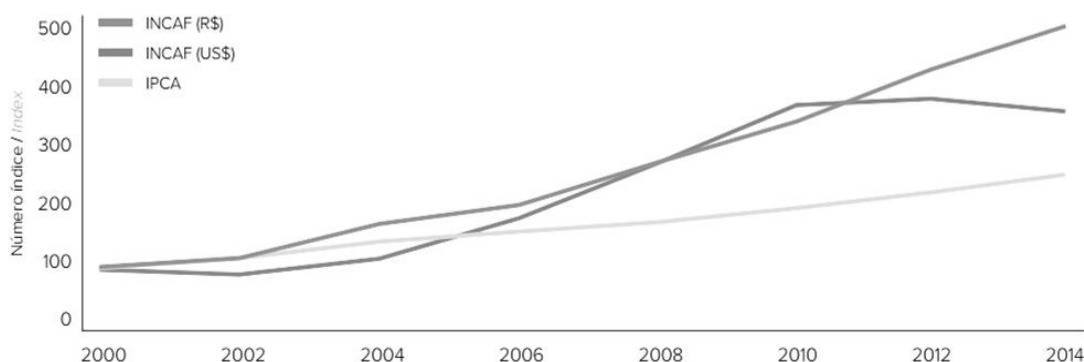
Madeiras do gênero *Eucalyptus* podem ser de elevada densidade, sendo duras e resistentes quando submetidas ao corte, e de fato causam desgaste acelerado nos equipamentos utilizados na serraria. Outras podem apresentar tensões de crescimento, implicando em distorções na madeira após serrada e até mesmo dificultar o aplainamento devido as fibras retorcidas (GONÇALVES et al., 1998). Complementando, Vital (2008) menciona que o modelo de corte utilizado altera o rendimento e eficiência da serraria, além da qualidade da madeira serrada.

3.5 ASPECTOS ECONÔMICOS DO SETOR

A economia do Brasil registrou, no ano de 2014, um dos piores resultados entre as principais economias do mundo com crescimento de apenas 0,1%, diferença significativa em relação a 2013 onde o crescimento foi de 2,7%. Este foi o pior resultado desde a crise internacional que teve início em 2008 e repercutiu em 2009, quando a economia recuou 0,2%, porém o setor brasileiro de florestas plantadas concluiu o ano de 2014 com resultados positivos em seus principais indicadores de desempenho, com crescimento 17 vezes maior do que o PIB brasileiro (0,1%) comprovando a importância do setor para a economia nacional (IBÁ, 2015).

Embora a capacidade de liderança mundial do setor brasileiro de florestas plantadas ser incontestável devido a sua produtividade, o custo de produção de madeira aumentou nos últimos 14 anos. No ano de 2000 o custo de produção de madeira em tora no Brasil era 40% menor que o custo norte americano, porém no final de 2014 este valor não ultrapassava 10%. Neste mesmo ano (2014), a inflação do setor de florestas plantadas, avaliado pelo Índice Nacional de Custos da Atividade Florestal - INCAF, foi de 7,9%, em contrapartida a inflação nacional avaliada pelo índice nacional de Preços ao Consumidor (IPCA) atingiu 6,4% (FIGURA 2). Atrelado a isto houve aumento real dos salários, cerca de 12% a. a., e estagnação da produtividade da mão de obra (IBÁ, 2015).

FIGURA 2 - AUMENTO DO CUSTO DE PRODUÇÃO DA MADEIRA EM TORA VERSUS INFLAÇÃO BRASILEIRA (IPCA)



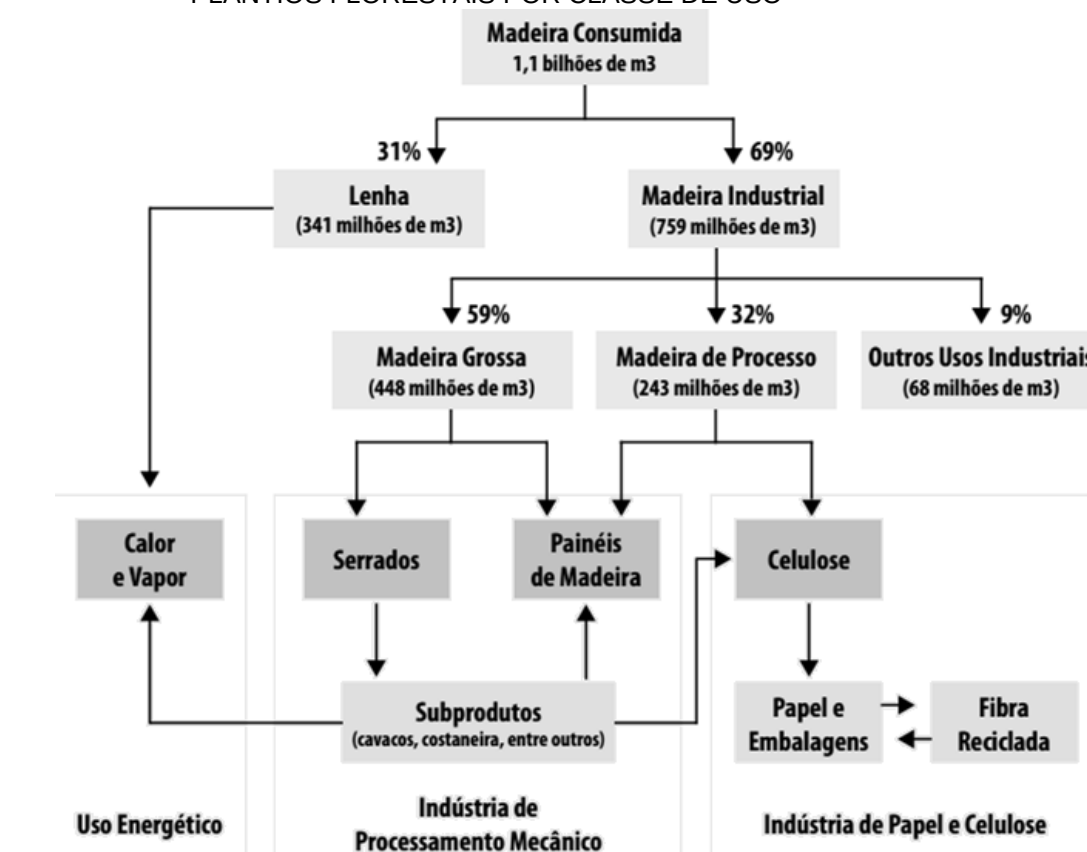
FONTE: IBÁ (2015).

Scolforo (2001) já citava que as expectativas da economia mundial atreladas às condições impostas à necessidade de madeira de qualidade no mercado global tendenciava os administradores do setor madeireiro em geral a buscarem redução de custos e melhor aproveitamento da madeira, agregando valor à mesma e aos produtos finais oriundos desse setor, a fim de tornar seus empreendimentos competitivos, de modo que extraíssem proveito das chances que o setor de produtos florestais poderia oferecer.

Conforme relatório da IBÁ (2015) é importante ressaltar que entre os vários setores produtivos da economia brasileira, o setor de florestas plantadas é o que oferece maior potencial de apoio para a construção sustentável, pois as empresas do setor estão comprometidas em utilizar melhores práticas socioambientais, implicando em maximizar a eficiência e rendimento dos processos produtivos.

Segundo Neri (2005), entre os setores da indústria de transformação mecânica da madeira, as serrarias são, sem dúvida, as que necessitam maior apoio e inovações tecnológicas, para melhor aproveitamento da madeira, acarretando em qualidade para a demanda das indústrias que dependem deste setor, como o setor de madeira beneficiada. Segundo os dados da ABAF (2013), em 2012 foram consumidos aproximadamente 1,1 bilhão de m³ de madeira provinda de plantios florestais no mundo, sendo que 69% desse volume foram utilizados de maneira industrial e destes, 59% para uso na indústria de processamento mecânico (FIGURA 3).

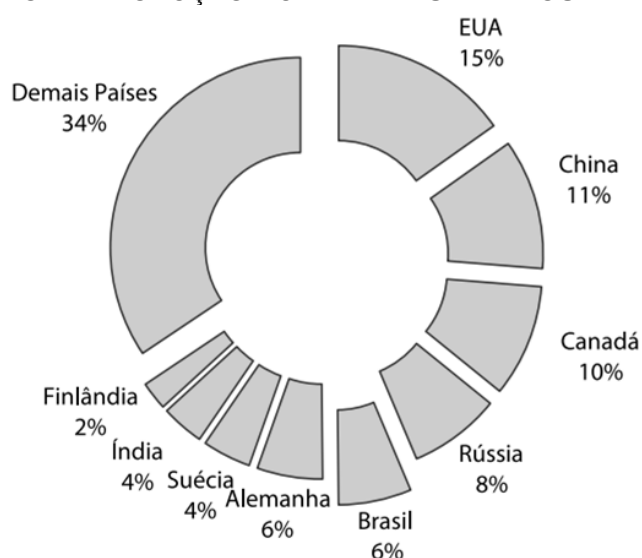
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO MUNDIAL DE MADEIRA PROVINDA DE PLANTIOS FLORESTAIS POR CLASSE DE USO



FONTE: ABAF (2013).

O Brasil representa uma parcela significativa da produção mundial de madeira serrada. Em 2012, a sua participação respondeu por 6% (FIGURA 4) da produção mundial de serrados (ABAF, 2013).

FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE SERRADOS



FONTE: ABAF (2013).

Segundo Hoeflich (2006), as florestas plantadas no Brasil são as mais produtivas do mundo, chegando a ser três vezes superior a produtividade dos plantios dos EUA, o que afeta diretamente o setor de madeira serrada.

Entretanto, Almeida (2006) cita que o alto custo de capital de grandes empresas de base florestal conjuntamente ao longo prazo de maturidade das florestas, faz com que o planejamento conservador de suas florestas seja essencial para reduzir o risco de falta de madeira.

3.5.1 Custos

De acordo com dados da Simonds Internacional (2005), dos custos fixos e variáveis nas serrarias, em média a matéria prima representa o maior dos custos, com 70%, seguida da mão-de-obra com 15%, do maquinário e serra com 11% e outros gastos com 4%. Já conforme dados do IBGE (2011), os custos com matéria prima e mão de obra correspondem a 56% e 34%, respectivamente, dos custos totais industriais para a produção de madeira serrada. Esses dados revelam a importância de investimentos em tecnologias e qualificação de mão de obra para que as serrarias possam ser mais eficientes.

Manhiça (2010) cita que algumas serrarias utilizam novos procedimentos técnicos no desdobro da madeira, que visam diminuir os custos de produção e agregar valor ao produto final, mantendo-se deste modo competitivos no setor de serrados. Para isso, o conhecimento quanto às informações relacionadas aos custos de produção de empreendimentos são necessários para definição de suas ações tanto gerenciais como em políticas de desenvolvimento, sendo os custos instrumentos de análise a curto, médio e longo prazo (HILDEBRAND, 1995), permitindo a classificação dos recursos em custos fixos e variáveis. Segundo Mendes (1998), no período de curto prazo a quantidade de determinados recursos não deve ser alterado, e em longo prazo já se tem tempo suficiente que permita planejar e alterar todos os recursos usados por unidade de tempo dentro de uma empresa.

A definição para os custos fixos, segundo Bornia (2010), é relativa aos custos que independem do grau de atividade da empresa no curto prazo, ou seja, não variam com modificações no volume de produção. Já os custos variáveis são descritos por esse autor como aqueles que estão relacionados

diretamente com a produção, ou seja, aumentam conforme a elevação do nível de atividade da empresa.

Segundo definição de Wernke (2005), os custos reportam-se aos gastos oriundos da elaboração de produtos ou prestação de algum serviço. Deste modo, em um empreendimento, são classificados como custos: combustíveis; equipamentos; energia elétrica; encargos sociais e salários; manutenção e depreciação; e matéria prima utilizada.

Para Martins (2003), os custos fixos são aqueles que não variam em função da quantidade produzida pela empresa. Silva e Miranda (2002) definem custos fixos como sendo aqueles que advêm independente do nível de produção, como depreciação, juros, aluguel, entre outros; e custos variáveis como aqueles que ocorrem em função da produção de uma unidade do produto e sofre variação a partir do aumento da produção.

Bornia (2010) diferencia os custos totais dos custos unitários, sendo o primeiro em relação ao montante despendido no período para se fabricar todos os produtos, enquanto o custo unitário é o custo para se fabricar uma unidade do produto.

3.5.2 Custos Médios

A gestão de custos para as empresas é fator primordial para estas se inserirem ou manterem-se competitivas perante o mercado de atividade, de modo que consigam alocar os custos aos produtos de maneira precisa, sendo para isso necessário o cálculo dos custos unitários ou custos médios (WERNKE, 2005).

As curvas de custos unitários são compostas pelas curvas de custo fixo médio, custo variável médio, custo total médio e o custo marginal. Com restrição ao custo marginal, as curvas de custos unitários são obtidas dividindo os custos totais, fixos e variáveis pela produção (LEFTWICH, 1991). Conforme Pyndyck e Rubinfeld (2009), os custos médios ou unitários podem servir de embasamento na análise de situações de lucratividade da empresa, fator primordial para manutenção de suas atividades.

Conforme Zatta et al. (2003), a separação dos custos fixos e variáveis e o conhecimento de como estes variam é essencial para adotar decisões

administrativas corretas. Sendo assim, o planejamento das operações de determinada empresa deve ser diretamente fundamentado nos custos, tendo como objetivo métodos e processos que busquem minimizá-los.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DA COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada na empresa Mademape Indústria Madeireira Ltda., localizada no município de Campina Grande do Sul, no estado do Paraná, região metropolitana de Curitiba. A empresa atua no mercado interno brasileiro atendendo ao setor moveleiro e principalmente o setor de construção civil.

Para o desdobro principal de toras a serraria dispõe de uma serra de fita vertical simples com volante de 1350 mm de diâmetro e uma serra fita vertical simples com volante de 1100 mm de diâmetro. Para resserragem da madeira a serraria conta uma serra fita vertical simples com volante de 800 mm de diâmetro, uma serra circular múltipla de um eixo, uma serra circular refiladeira e três serras circular destopadeiras.

4.2 ESPÉCIES UTILIZADAS

As espécies utilizadas foram *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Sm., com toras provenientes de plantios nos estados do Paraná, São Paulo e Santa Catarina. Devido ao processo produtivo utilizado na empresa, as toras não são classificadas quanto à espécie, somente quanto a comprimentos, variando de 3,10 m a 5,20 m, e a classificação diamétrica foi realizada dividindo as toras em duas classes.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DIAMÉTRICA DAS TORAS

No pátio da empresa as toras foram classificadas pelo operador da carregadeira frontal conforme seus diâmetros (FIGURA 5), com o intuito de separar as toras consideradas finas (média de 33,0 cm) das toras consideradas grossas (média de 47,0 cm), dando origem a duas classes diamétricas. Os limites inferior e superior da primeira classe foram de 25,9 cm e 47,0 cm. Para a segunda classe os limites inferior e superior foram de 36,0 a 72,5 cm. Esta disparidade de valores deve-se a pouca experiência no operador da

carregadeira frontal para classificar visualmente as toras quanto a seus diâmetros, o que gerou sobreposição do limite superior da primeira classe diamétrica com o limite inferior da segunda classe diamétrica.

Posteriormente a classificação diamétrica foi medido o comprimento e, na ponta fina e na ponta grossa, a circunferência (mm) das toras com auxílio de fita métrica e transformadas em diâmetro (cm) para posterior cálculo de volume.

FIGURA 5 - PÁTIO DE TORAS DE EUCALIPTOS CLASSIFICADAS EM CLASSES DIAMÉTRICAS E COMPRIMENTOS



FONTE: O AUTOR (2016).

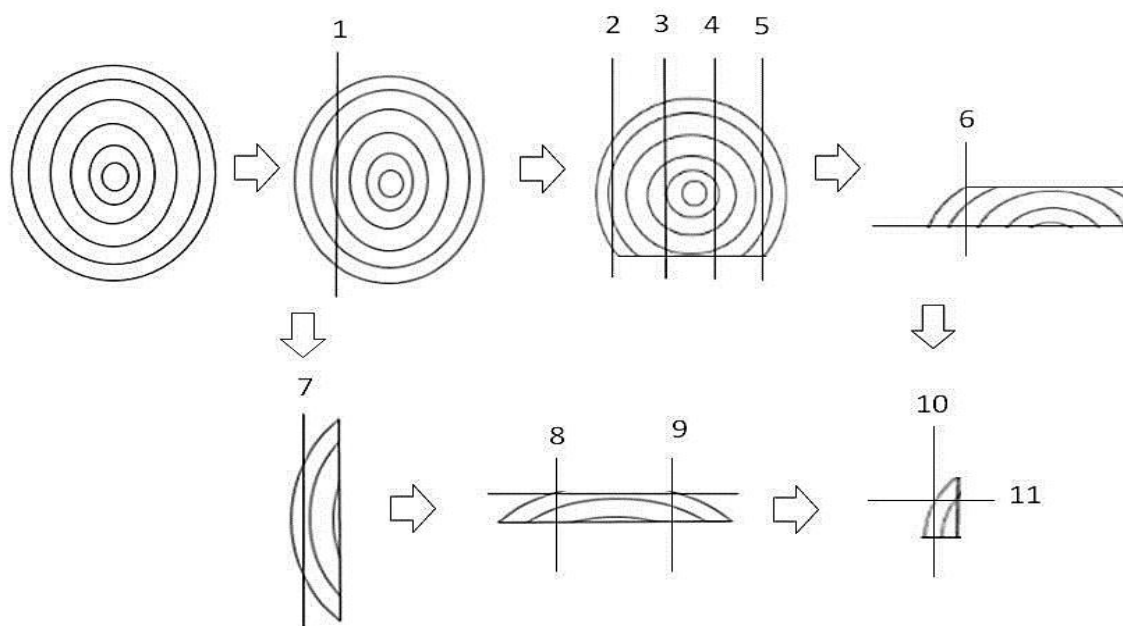
4.4 DESDOBRO DAS TORAS

Foram utilizadas duas classes diamétricas, sendo uma com diâmetro médio das toras de 33,0 cm e outra com diâmetro médio de 47,0 cm. Estas classes foram submetidas cada uma a um modelo de desdobro, em dois dias distintos, a fim de avaliar e comparar o rendimento de cada classe de tora, aplicando os respectivos modelos de desdobro, sem interferir no processo produtivo da serraria. Deste modo, a quantidade de toras usadas em cada modelo de desdobro e classe diamétrica foi o equivalente ao total de toras desdobradas em um dia normal de produção da serraria.

4.4.1 Modelo de desdobro tangencial alternado

O modelo de desdobro do tipo tangencial alternado é definido como o modelo de desdobro convencional utilizado na serraria, originando mais peças com faces tangenciais. Esse tipo de corte foi aplicado no desdobro de 139 toras, as quais apresentaram diâmetro médio de 33,0 cm. As toras selecionadas seguiram o modelo de desdobro apresentado na Figura 6.

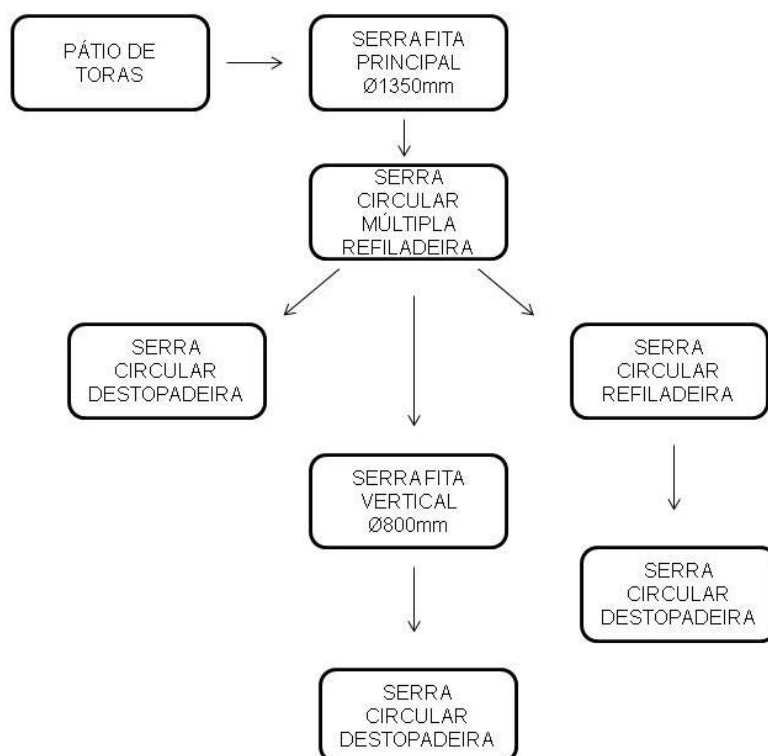
FIGURA 6 - PROCESSO DE DESDOBRIO DE TORAS DE EUCALIPTO DO MODELO DO TIPO TANGENCIAL ALTERNADO: 1) RETIRADA DE COSTANEIRA; 2 A 5) CORTES SUCESSIVOS; 6, 8 E 9) REFILO; 7, 10 E 11) APROVEITAMENTO



FONTE: O AUTOR (2016).

Para realização do processo de desdobro de toras pelo modelo tangencial alternado a serraria utilizou os equipamentos e a sequência ilustrados na Figura 7.

FIGURA 7 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO MODELO DE DESDOBRÓ TANGENCIAL ALTERNADO DE EUCALÍPTO

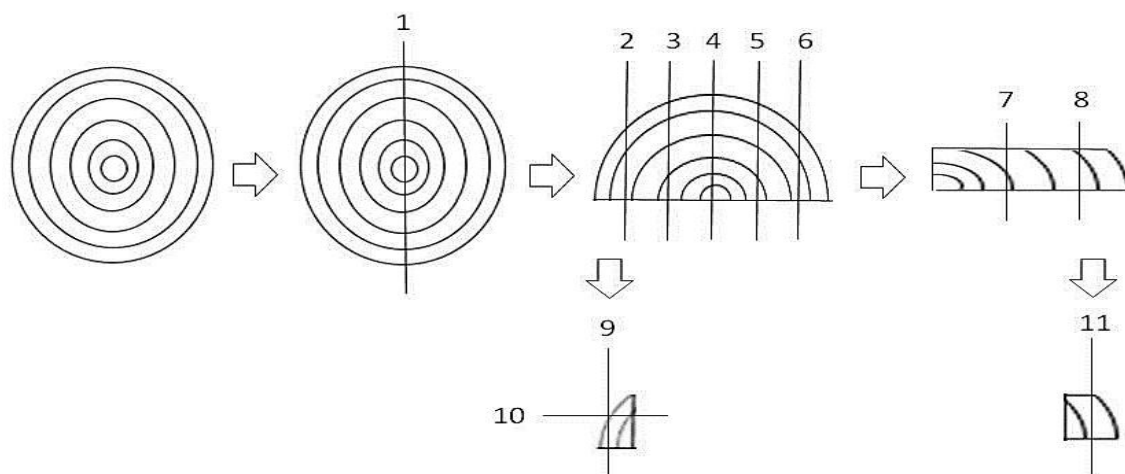


FONTE: O AUTOR (2016).

4.4.2 Modelo de desdobro radial

O modelo de desdobro radial foi proposto na presente pesquisa para todas as toras de maior diâmetro, originando peças com faces radiais. Este modelo foi aplicado em 64 toras, as quais apresentaram diâmetro médio de 47,0 cm. As toras foram serradas ao meio em serra fita simples e, posteriormente, os demais cortes foram realizados numa segunda serra fita simples (FIGURA 8).

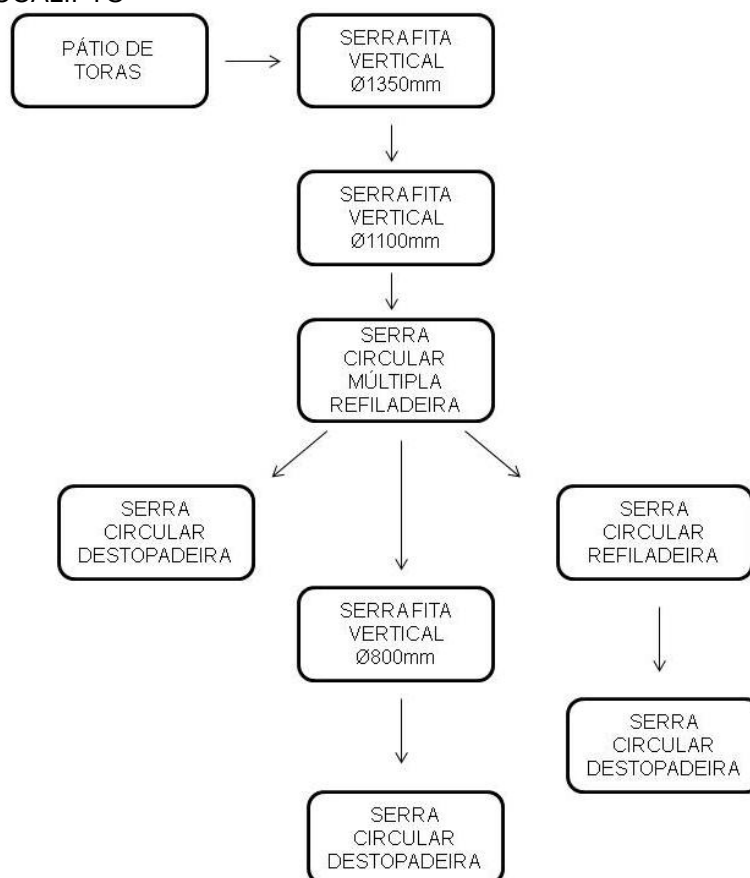
FIGURA 8 - PROCESSO DE DESDOBRO DE TORAS DE EUCALIPTO DO MODELO RADIAL:
1) TORAS SERRADAS AO MEIO; 2 A 6) DESDOBRO DE METADE DA TORA NA SEGUNDA SERRA FITA; 7 E 8) REFILO; 9, 10 E 11) APROVEITAMENTO



FONTE: O AUTOR (2016).

Para realizar o processo de desdobro de toras para o modelo radial a serraria utilizou os equipamentos e sequência ilustrados na Figura 9.

FIGURA 9 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO MODELO DE DESDOBRO RADIAL DE EUCALIPTO



FONTE: O AUTOR (2016).

Depois de serradas, as peças oriundas do mesmo tipo de desdobro tiveram seus topos pintados, de modo a otimizar a avaliação, o controle do rendimento e rastreamento das mesmas (FIGURA 10).

FIGURA 10 - CONTROLE DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO PROVENIENTE DE CADA MODELO DE DESDOBRO



FONTE: O AUTOR (2016).

4.5 CONICIDADE DA TORA

Para cálculo da conicidade das toras foi utilizada a equação 1, conforme Scanavaca Jr. e Garcia (2003):

$$\text{Conic (cm/m)} = \frac{D2-D1}{C} \quad (1)$$

Onde:

Conic (cm/m) = Conicidade da tora;

D2 = Diâmetro maior (cm);

D1 = Diâmetro menor (cm);

C = Comprimento da tora (m).

4.6 VOLUME DAS TORAS E DE MADEIRA SERRADA

Os diâmetros medidos na ponta fina e ponta grossa, assim como o comprimento foram utilizados para determinar o volume de cada tora conforme equação 2 de Smalian:

$$V_{\text{Tora}} = \frac{\pi}{40000} \times \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right)^2 \times C \quad (2)$$

Onde:

V Tora = volume da tora (m³);

D1= Diâmetro da ponta fina (cm);

D2= Diâmetro na ponta grossa (cm);

C = Comprimento da tora (m).

Para determinação do volume de madeira serrada foram tomadas medidas das espessuras, larguras e comprimento das peças individualmente e, posteriormente, o somatório das mesmas, conforme equações 3 e 4 adaptadas de Rocha (2002):

$$V_{\text{peça}} = L_p \times E \times C \quad (3)$$

$$V.m.s. = \sum V_{\text{peça}} \quad (4)$$

Onde:

V peça = Volume de cada peça (m³);

Lp = Largura da peça (m);

E = Espessura da peça (m);

C = Comprimento da peça (m);

V.m.s. = Volume de madeira serrada (m³).

Para a madeira serrada foram medidas as larguras e as espessuras em três posições com um paquímetro digital, sendo duas medições a 20 cm das extremidades e a terceira medição na posição central da peça; e o comprimento medido de topo a topo da peça com auxílio de uma trena. O volume médio de madeira serrada foi obtido através da divisão do volume total

de madeira serrada pelo número de toras usadas em cada modelo de desdobro.

4.7 RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA

Para cálculo de rendimento foi utilizada a equação 5 citada por Rocha (2002), a qual leva em conta o volume de madeira serrada e o volume da tora.

$$\text{Rend (\%)} = \frac{V_{\text{m.s.}}}{V_{\text{Tora}}} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

Rend (%) = Rendimento em percentagem;

V.m.s. = Volume de madeira serrada (m³);

V Tora = Volume da tora (m³).

O rendimento obtido a partir do desdobro tangencial alternado foi comparado com o rendimento do desdobro radial. Na tabela 3 estão especificadas as nomenclaturas e dimensões de cada produto gerado nos modelos de corte estudados.

TABELA 3 - PRODUTOS DA SERRARIA DE EUCALIPTO E SUAS RESPECTIVAS DIMENSÕES

Produto	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)
Viga 11	50	110	2500 a 5000
Viga 15	50	150	2500 a 5000
Caibro	50	50	2500 a 5000
Aproveitamento	25	50	< 2500
Ripamento	25	50	2500 a 5000
Movaleiro	25 / 35	75 / 110 / 150	1000 a 5000

FONTE: O AUTOR (2016).

A partir dos rendimentos obtidos de cada modelo de desdobro, os produtos foram classificados conforme a especificação de largura e espessura, respectivamente, e comprimento variável.

Deste modo, obteve-se o rendimento de cada tipo de produto, sendo que o produto principal e de maior valor agregado é o vigamento voltado para a construção civil. A madeira que não originava vigamento dava origem a outro produto, denominado de produtos secundários, sempre com o intuito de maximizar o aproveitamento da tora.

4.8 CUSTOS DE PRODUÇÃO

Os dados para análise de custos de produção foram fornecidos pela empresa referente ao mês da coleta de dados. Os dados foram utilizados para cálculos dos custos fixos, variáveis e custos totais e, posteriormente, cálculo dos custos fixos médios, custos variáveis médios e custos totais médios para cada modelo de desdobro.

Os dados referem-se aos custos oriundos da compra de matéria prima e dos processos produtivos para obtenção da madeira serrada. Estes dados foram divididos em custos fixos e variáveis para posterior cálculo dos custos totais. É importante ressaltar que a produção da serraria é em função do mercado consumidor da madeira serrada e da disponibilidade de toras no mercado, a qual varia em comprimento e diâmetro e seu fornecimento é influenciado pelas condições ambientais e questões econômicas.

4.8.1 Custos fixos

Para a análise dos custos fixos foram relacionados os gastos com mão de obra direta, os encargos sociais (INSS e FGTS), as despesas administrativas (material para escritório, contador, etc.), ferramentas, remuneração do capital próprio, depreciação de máquinas e equipamentos e impostos e licença (alvará, SERFLOR, DAS, IPTU, IPVA). Os valores referentes a esses custos foram fornecidos pela empresa.

Em razão da diferença entre valores de máquinas e equipamentos usados e por estes, muitas vezes, já estarem obsoletos e ultrapassados e não ter um valor fixo de comercialização optou-se por utilizar valores de aquisição de bens novos, ou seja, com valores comerciais, fornecidos por empresa especializada em máquinas e equipamentos para serraria.

Dentre os modelos utilizados pela bibliografia para cálculo de depreciação foi empregado o processo de cálculo para depreciação linear, descrito pela equação 7 conforme citado por Timofeiczky Junior (2004). Para Turra (1990), esse processo de cálculo é considerado simples e fácil, porém, não evidencia a maior perda de valor que ocorre nos primeiros anos de utilização do bem.

$$De = (Va - Vr)/Vu \quad (7)$$

Onde:

De = Depreciação (R\$/ano);

Va = Valor de aquisição (R\$);

Vr = Valor residual (R\$);

Vu = Vida útil em anos.

A depreciação foi calculada linearmente para a esteira transportadora, carro porta toras (5,00 e 6,00 metros), serra fita vertical simples (1350 mm, 1100 mm e 800 mm de diâmetro do volante), virador de toras, avanço hidráulico, mesa de rolos transportadora, serra circular múltipla, serra circular destopadeira (300 mm e 350 mm de diâmetro de serra), picador, empilhadeira, carregadeira, frota de caminhões, móveis e infraestrutura.

4.8.2 Remuneração do capital próprio

A denominação remuneração do capital próprio tem origem do capital próprio, ou seja, é definida em função das opções de aplicação disponíveis à empresa (mercado de capitais), ou da percepção de uma taxa que a empresa estaria disposta a receber como remuneradora deste item (HILDEBRAND, 1995). Segundo Timofeiczky (2004), a remuneração do capital próprio é baseada na importância econômica perdida por não ter aplicação da melhor maneira, do ponto de vista econômico. A taxa de desconto utilizada foi de 10% ao ano, indicada pela empresa. Os demais valores para cálculo da remuneração também foram fornecidos pela empresa. Este valor foi calculado através da equação 8.

$$RC = VA * ((1 + i)^n * i) / ((1 + i)^n - 1) - D \quad (8)$$

Onde:

RC = Remuneração do capital (R\$);

VA = Valor presente da aplicação ou aquisição (R\$);

i = Taxa de desconto anual (%);

D = Depreciação anual (R\$).

4.8.3 Custos variáveis

Nos custos variáveis foram considerados aqueles que oscilavam conforme a produção de madeira serrada: alimentação, combustíveis e lubrificantes, energia elétrica, pedágio, matéria prima (toras), manutenção de máquinas e equipamentos e imposto variável (ICMS).

O cálculo do custo referente à obtenção da matéria prima (toras) foi realizado a partir da equação 9:

$$CMP = ((Pr + Fr) * Vt) + Desc \quad (9)$$

Onde:

CMP = Custo da matéria prima (toras) em R\$;

Pr = Preço por m³ de toras (R\$/m³);

Fr = Preço do frete por m³ (R\$/m³);

Vt = Volume de toras adquiridas (m³);

Desc = Descarga (R\$).

O valor do preço da matéria prima variou para as toras das classes diamétricas usadas, sendo utilizados valores comerciais pagos pela serraria no momento da compra para cada classe.

4.8.4 Custo total de produção

Para cálculo do custo total utilizou-se a somatória dos custos fixos e variáveis de acordo conforme a equação 10:

$$CT = \sum CFT + \sum CVT \quad (10)$$

Onde:

CT = Custo total (R\$);

CFT = Somatório dos custos fixos (R\$);

CVT = Somatório dos custos variáveis (R\$).

4.8.5 Custos médios de produção

Os custos médios correspondem aos custos por unidade de produto, em que são considerados o custo fixo médio, custo variável médio e custo total médio. O custo fixo médio é obtido pela divisão do custo fixo total pelo volume de produção (PYNDYCK; RUBINFELD, 2009), e este foi calculado a partir da equação 11:

$$CF_{\text{médio}} = CF_{\text{total}}/V. m. s. \quad (11)$$

Onde:

CF_{médio} = Custo fixo médio (R\$/m³);

CF_{total} = Custo fixo total (R\$);

V.m.s. = Volume total de madeira serrada produzida no período em m³.

O custo variável médio é o custo variável dividido pelo volume de produção (PYNDYCK; RUBINFELD, 2009), e foi calculado a partir da equação 12:

$$CV_{\text{médio}} = CV_{\text{total}}/V. m. s. \quad (12)$$

Onde:

CV_{médio} = Custo variável médio em R\$/m³;

CV_{total} = Custo variável total em R\$;

V.m.s. = Volume total de madeira serrada produzida no período em m³.

O custo total médio foi obtido pela divisão do custo total pelo volume de produção (PYNDYCK e RUBINFELD, 2009), e foi calculado a partir da equação 13:

$$CT_{\text{médio}} = CT/V.m.s. \quad (13)$$

Onde:

CT_m = Custo total médio em R\$/m³;

CT = Custo total em R\$;

V m.s. = Volume total de madeira serrada produzida no período em m³.

Para efeitos de cálculos de custos de produção, o volume de madeira em tora utilizado pela serraria no mês foi considerado o mesmo para os dois modelos de desdobro. O volume de madeira serrada mensal foi estimado a partir do rendimento obtido em cada modelo de desdobro utilizado, considerando a produção e consumo de toras de um mês de trabalho normal. Além destes custos, oscilaram os custos de alimentação, os valores de mão de obra e encargos sociais, devido ao número de funcionários necessários para cada modelo de desdobro. Para os demais fatores dos custos variáveis e fixos, os valores utilizados foram os mesmos para ambos os modelos de desdobro por se tratarem de itens de difícil aferição, sendo utilizados valores fornecidos pela empresa.

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para analisar estatisticamente os dados foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado. Como a coleta de dados para conicidade das toras e rendimento de madeira serrada foi realizada considerando o emprego de cada modelo em um dia de produção normal da serraria, o número de repetições por tratamento foi diferente, devido à metodologia aplicada.

Previamente à análise de variância (ANOVA) foi realizado o teste de Skewness e Kurtosis para avaliar a normalidade dos dados. A ANOVA foi realizada para identificar diferença significativa a 95% de probabilidade para os fatores conicidade e produtos gerados nos modelos de desdobro. Identificada a diferença estatística, procedeu-se com a comparação múltipla de médias através do teste Tukey a 95% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Statgraphics Centurion XV.II.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONICIDADE DAS TORAS

Na Tabela 4 são apresentados os resultados quanto à característica conicidade das toras avaliadas nos dois modelos de desdobro.

TABELA 4 - CONICIDADE PARA CADA MODELO DE DESDOBRO DE TORAS DE EUCALIPTO.

Modelo de desdobro	Conicidade (cm/m)	Coeficiente de variação (%)
Tangencial alternado	0,92 B	39,97
Radial	1,48 A	38,89
Média geral	1,10	40,84

As médias seguidas na vertical por uma mesma letra maiúscula ou na horizontal por uma mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

A conicidade das toras do modelo de desdobro radial foram 60,87% superior a conicidade das toras do modelo de desdobro tangencial alternado. Apesar da diferença significativa do parâmetro conicidade, ao nível de 95% de probabilidade, entre as toras utilizadas para os modelos de desdobro, os resultados obtidos deixam evidente o baixo grau de conicidade das toras utilizadas, apresentando baixa diferença de diâmetro entre a ponta fina e ponta grossa das toras. Essa característica é importante para a serraria, pois aumenta o rendimento e minimiza a geração de subprodutos no momento do desdobro destas toras. Conforme Burger e Richter (1991), o parâmetro conicidade pode ser atrelado a características das próprias espécies, entre essas, a idade e copa de grandes dimensões, entre outros fatores. Além desses, a densidade de plantio e desrama também influenciam neste parâmetro.

Segundo Tonini (2003), árvores plantadas com espaçamento mais amplo crescem mais rapidamente em relação a árvores plantadas em espaçamentos menores e com isso terão, em certa idade, maior diâmetro, copa mais evoluída e maior conicidade. Esta citação desse autor é um dos fatores que provavelmente explica a maior conicidade obtida para as toras do modelo de desdobro radial. Entretanto, a redução do espaçamento de plantio para o

eucalipto nos primeiros anos intensifica a desrama natural para estas espécies, e quando não possível, a desrama artificial deve ser adotada, o que reduz os problemas para madeira de serraria devido à conicidade, ocorrência de galhos que podem originar nós, e que podem acarretar em perdas de madeira e desvalorização do produto. Concordando com tal afirmação, Pires (2000) avaliando *Eucalyptus grandis* com sete anos de idade, verificou que o aumento da intensidade de desrama acarreta em diminuição da conicidade do fuste.

Do mesmo modo que as desramas afetam a conicidade, essas podem aumentar sensivelmente o volume de madeira livre de nós (madeira limpa), porém podem elevar os custos de produção, mas agregam valor em todo processo produtivo, influenciando desde o rendimento de madeira serrada em classes de qualidade superior, até a redução de cortes a que se deve submeter à madeira para seu aproveitamento (AMBIENTE BRASIL, 2016).

De acordo com Husch, Miller e Beers (1982), a forma das árvores pode ser descrita geometricamente, de modo geral, como um neilóide na base, um parabolóide no meio e um cone na extremidade final. Este fato explica a disparidade de conicidade obtida para as toras dos modelos avaliados, a qual apresentou um aumento de 60,87% na conicidade das toras do modelo de desdobro radial em relação às toras do modelo de desdobro tangencial alternado.

A maior conicidade obtida para as toras do modelo de desdobro radial também é devido ao fato das toras desse modelo serem oriundas da primeira e segunda tora da árvore, localizadas na base do fuste, onde a redução do diâmetro ocorre de maneira mais abrupta em comparação à parte mediana da árvore, de onde provavelmente foram oriundas as toras do modelo tangencial alternado, o que explica a menor conicidade das mesmas neste modelo. Concordando com esta disparidade de conicidade pode-se citar Gonçalves (2006), o qual estudando a qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, obteve conicidade maior em toras da base em relação às demais.

Conforme a Norma para Classificação de Toras de Madeira de Folhosas (IBDF, 1984) valores de conicidade inferiores a 3 cm/m representam toras de boa qualidade, o que comprova a utilização de toras adequadas para este fim na serraria onde foi realizado o estudo, pois em ambos os modelos as toras

apresentaram conicidade abaixo deste valor citado pelo IBDF (1984). Estes resultados ganham destaque por permitir bom desempenho no aproveitamento das toras no momento do desdobro das mesmas, evitando operações desnecessárias para alinhamento da tora, que acarreta em peças não aproveitáveis que acabam gerando subprodutos.

Do mesmo modo, toras de boa qualidade quanto à conicidade evitam problemas de quebra de máquinas e equipamentos. Este fato pode ocorrer quando o operador de serra fita vertical retira uma costaneira para atenuar a conicidade da mesma, e esta costaneira pode conter uma das pontas muito espessa, justamente devido à diferença entre ponta fina e ponta grossa, e esta pode se prender a refiladeira e afetar o funcionamento no momento do seu refilo na serra circular múltipla. Além de influenciar o tempo de produção, pode acarretar em gastos com manutenção do maquinário.

Em pesquisa com *Eucalyptus cloeziana*, Del Menezzi e Nahuz (2001) obtiveram valores de conicidade de 0,96 cm/m e 0,66 cm/m na primeira e segunda tora, respectivamente, valores próximos aos encontrados para as toras de menor diâmetro deste estudo, porém como citado pelo autor, foi observado diferença entre as toras de base e toras da porção mediana. Já Lopes (2003) avaliando *Eucalyptus grandis*, obteve valor médio de 1,41 cm/m, semelhante ao resultado encontrado para as toras de diâmetro mais elevado deste estudo. Entretanto, Oliveira (1997) avaliando a conicidade de *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. paniculata*, *E. pilularis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* e *E. grandis*, com diâmetros variando de 22,9 cm a 31,6 cm, obteve valores médios variando de 1,80 cm/m a 2,17 cm/m em toras de 4,0 m de comprimento, resultados estes acima do obtido neste estudo, evidenciando a melhor qualidade das toras do trabalho em questão quanto à conicidade, uma vez que as toras avaliadas apresentaram maior amplitude de diâmetro e comprimentos quando comparado ao estudo desse autor citado.

Valores mais elevados de conicidade influenciam negativamente no rendimento em madeira serrada, e da mesma forma o contrário também é verdadeiro, e segundo Ferreira et al. (2004), a propriedade conicidade é fator determinante para obter rendimentos satisfatórios em madeira serrada, e está relacionada significativamente com a classe diamétrica (LIMA, 2005).

Crêspo (2000) afirmou que a conicidade de toras de *E. grandis* e *E. saligna*, com 20 anos de idade, apresentaram impacto maior do que as rachaduras nas suas extremidades e nos topos das tábuas. Este fato foi observado visualmente tanto nas toras, como nos produtos finais oriundos das mesmas, os quais apresentavam pouca perda no destopo final das peças devido às rachaduras de topo, refletindo nos rendimentos médios elevados obtidos.

Nesse mesmo estudo citado anteriormente, Crêspo (2000) cita que quando a conicidade para *E. grandis* variou de 0,5 a 3,0 cm/m o rendimento em madeira serrada variou de 42% a 30% e para *E. saligna* a variação da conicidade de 0,5 a 3,8 cm/m correspondeu a rendimento em madeira serrada de 48% a 30%. Como observado a conicidade obtida está dentro da faixa citada pela autora com as mesmas espécies do presente estudo, porém o resultado de rendimento para o modelo de desdobro radial foi superior ao citado pela autora, como poderá ser observado no decorrer do texto. Essa diferença de rendimento pode ser atribuída à amplitude dos valores de conicidade que essa autora cita, a qual pode reduzir o rendimento médio.

Apesar do resultado maior para a conicidade média constatada para as toras do modelo de desdobro radial é possível que esta característica tenha afetado pouco o rendimento médio neste tipo de desdobro, uma vez que o rendimento médio para este modelo foi maior que o rendimento médio obtido para o modelo de desdobro tangencial alternado (Tabela 5), o qual apresentou conicidade média menor. O fator que possivelmente proporcionou maiores rendimentos está ligado ao diâmetro das toras e o modelo de desdobro aplicado. Entretanto, é importante salientar que a qualidade quanto ao parâmetro conicidade é fundamental para assegurar boa conversão de madeira em tora para madeira serrada, consequentemente, reduzindo a geração de subprodutos da serraria.

5.2 RENDIMENTO DE MADEIRA SERRADA

A tabela 5 apresenta o volume médio de toras utilizado e volume médio de madeira serrada para cada tipo de desdobro, resultando no rendimento

médio obtido para os dois modelos avaliados. Em ambos os modelos avaliados os rendimentos foram considerados elevados.

TABELA 5 - VOLUME MÉDIO DE TORAS, VOLUME MÉDIO DE MADEIRA SERRADA E RENDIMENTO MÉDIO NO DESDOBRIO DE TORAS DE EUCALIPTO

Modelo de desdobro	Volume (m ³)		Rendimento (%)
	Volume médio por tora (m ³)	Volume médio de madeira serrada por tora (m ³)	
Tangencial alternado	0,4135 (31,03%) B	0,1977	47,08
Radial	0,6836 (30,13%) A	0,3652	53,43
Média	0,4987		49,82

As médias seguidas na vertical por uma mesma letra maiúscula ou na horizontal por uma mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação.

O volume médio das toras de cada modelo apresentou diferença média de 0,2701 m³. Esta diferença representa superioridade de 39,51% do volume médio das toras do modelo radial em relação ao volume das toras do modelo de desdobro tangencial alternado, o que é de suma importância para a aplicação do modelo de desdobro radial, uma vez que permitiu obter maior rendimento e quantidade elevada de produtos de maior valor agregado. O volume médio de madeira serrada para o modelo de desdobro radial apresentou superioridade média de 0,1675m³ em relação ao modelo de desdobro tangencial alternado, o que reflete no alto rendimento em madeira serrada para este modelo de desdobro.

O volume total de toras utilizado para o modelo de desdobro tangencial alternado (57,4761m³) foi 31,37% superior ao modelo de desdobro radial (43,7529m³). Este valor superior é atribuído ao menor diâmetro das toras deste modelo que facilitam o processo de desdobro e consequentemente aumentam o número de toras processadas. Em contrapartida, a quantidade de toras do modelo de desdobro radial foi menor, pois estas apresentavam maior diâmetro e consequentemente demandavam mais tempo para o desdobro. Entretanto, as toras do modelo de desdobro radial apresentaram maior rendimento em madeira serrada.

Enfatizando que a análise foi correspondente a um dia normal de produção, esta disparidade de valores é de suma importância e relevante ao se

pensar em quantidades, pois representa cerca de 1/3 de toras a menos, no caso do modelo de desdobro radial, que é transportado por um bitrem transportador de madeira em tora para abastecer a serraria, e em termos de logística de transporte e fornecimento de madeira para a serraria interfere diretamente nos custos da empresa. Utilizando toras grossas, a quantidade mensal abastecida seria menor e o rendimento em madeira serrada seria maior em relação à utilização de toras finas no modelo de desdobro tangencial alternado.

Diante disto vale ressaltar o termo sustentabilidade, com menor gasto de combustíveis e emissão de poluentes, e também o uso racional da madeira, tendo melhor proveito da tora para geração de madeira serrada. Esses fatos tendem a ser uma preocupação constante das empresas em geral, devido ao apelo do mercado consumidor para utilizar madeira de fontes confiáveis e seguindo princípios de sustentabilidade.

O volume total de madeira serrada para o modelo de desdobro tangencial alternado em um dia de produção ($27,0606\text{m}^3$) foi 15,76% superior ao volume de madeira serrada para o modelo de desdobro radial ($23,3766\text{m}^3$), porém estes valores avaliados separadamente acarretam em interpretação incorreta sobre o aproveitamento da madeira, haja vista que o rendimento em madeira serrada gerou resultado 13,49% superior para o modelo de desdobro radial, o qual apresentou rendimento médio de 53,43%.

Esta superioridade no rendimento médio de madeira serrada para o modelo de desdobro radial obtido evidencia que a utilização de toras de maior diâmetro atrelado ao modelo de desdobro radial traz resultados satisfatórios quanto ao rendimento médio e consequente aumento da rentabilidade da empresa, pois aumenta a quantidade de produto principal da serraria, como será visto adiante. E ao pensar na aplicação destes resultados em uma escala de produção torna-se mais claro e evidente esta distinção entre os rendimentos médios e acaba tornando-se uma ferramenta para a administração da empresa no planejamento da produção em longo prazo, reduzindo custos de produção e também as perdas geradas pela serraria.

Conforme pode ser observado na tabela 5, os rendimentos médios apresentam diferença de 6,35 pontos percentuais entre os modelos utilizados, e apesar de não constar a diferença estatística devido à metodologia utilizada,

esta disparidade reflete na redução de subprodutos e aumento na geração de produtos de maior valor agregado para a empresa, como poderá ser observado no decorrer da leitura.

Para os valores de rendimento entre os modelos, não foi possível a realização de testes de médias, justamente devido à metodologia de avaliação utilizada, a qual tinha como intuito não interferir na produção diária da empresa, buscando-se aproximar da situação de produção mais real possível. Desta forma, não foi possível realizar a separação das peças oriundas de cada tora. Portanto, optou-se por realizar a aferição das peças de cada modelo diariamente, sem interferência no processo produtivo da serraria. Porém, como citado anteriormente, nota-se que houve diferença de rendimento médio entre os processos de desdobro aplicados.

O rendimento médio maior para o modelo de desdobro radial pode ser explicado pelo tipo de desdobro aplicado como também pelos diâmetros maiores das toras deste modelo, como citado por Rocha (2000), o qual descreve que o resultado de rendimento menor com toras de menores diâmetros é considerado normal em serrarias. O mesmo comportamento já havia sido observado por Vianna Neto (1984), em que esse autor concluiu que o incremento no diâmetro das toras aumenta o rendimento de madeira serrada e apresenta influência direta neste parâmetro.

Semelhante a estas pesquisas citadas anteriormente, Santos (2008) estudando o rendimento do desdobro de toras de *E. camaldulensis* com 11 anos de idade, encontrou rendimento de 35,33% para a classe diamétrica de 14 a 19,9 cm, e de 40,13% de rendimento para *E. urophylla* com 10 anos de idade e diâmetros variando entre 20 e 25 cm, o que enfatiza a relação entre acréscimo de diâmetro com o aumento de rendimento. Do mesmo modo, Acosta (1998) obteve rendimentos médios de 53% em toras de 20 cm a 25 cm e de 54% em toras de 25 cm a 30 cm, utilizando o mesmo modelo de desdobro com toras de *Eucalyptus* sp., o que leva a crer que o incremento em diâmetro é, de fato, determinante no aumento do rendimento em madeira serrada, conferindo melhor aproveitamento da tora.

Porém, em alguns casos, o comportamento observado neste estudo e nos citados pela literatura não seguem à risca esta regra, como é o caso da pesquisa realizada por Cunha et al. (2015), esse autores estudando o

rendimento de *E. grandis* e *E. benthamii*, entre 20 cm e 30 cm de diâmetro, encontraram resultados contrários às afirmações da bibliografia, onde os autores obtiveram resultados de redução do rendimento com o aumento do diâmetro, tanto em desdobro tangencial como radial. Estes resultados podem ser explicados por diversos fatores desde a qualidade da tora, a técnica de desdobro empregada, os equipamentos utilizados nas operações de corte e as dimensões dos produtos que são obtidos.

Para o estudo realizado por Cunha et al. (2015), os autores obtiveram rendimento médio bruto do processo de 56,27% para o *E. grandis*, superior ao resultados obtidos estudo em questão, e de 52,96% para o *E. benthamii*, acima do modelo de desdobro tangencial alternado e inferior ao modelo de desdobro radial avaliados neste estudo. Entretanto, os rendimentos obtidos por Cunha et al. (2015) consideram as peças serradas sem o destopo final, ou seja, considerando a madeira com defeitos, como rachaduras de topo e esmoados principalmente, o que contribui para valores maiores de rendimento.

Outro fator que pode ter contribuído aos rendimentos elevados no estudo citado foi a utilização de toras com comprimentos de 2,45 m, o que acarreta em menores perdas. Para o presente estudo, os produtos de madeira foram avaliados com suas dimensões finais de uso, já destopadas, e usadas toras com comprimentos superiores aos do estudo de Cunha et al. (2015), e de fato os rendimentos médios obtidos no presente estudo são considerados satisfatórios quando efetuadas estas análises comparativas.

Ainda sobre o mesmo estudo de Cunha et al. (2015), o rendimento do modelo de desdobro radial ficou abaixo de 45%, o que foi atribuído ao número de cortes executados no processo. Este modelo radial utilizado pelos autores foi semelhante ao modelo de desdobro radial no estudo em questão, porém os resultados da presente pesquisa foram superiores, o que tem influência devido ao diâmetro das toras, como já citado, e estes diâmetros acabam interferindo no melhor aproveitamento da madeira, devido à espessura das peças que foram produzidas e que diminui a quantidade de cortes na tora, afetando diretamente o rendimento.

Foi constatado para o rendimento médio do modelo de desdobro radial 53,43%, o qual foi superior aos rendimentos médios obtidos por Rocha (2000) em desdobro radial. Estes valores superiores podem ser atribuídos aos

diâmetros de toras mais elevados e a qualidade, caracterizadas pela baixa conicidade das mesmas.

Exemplificando a variação de rendimento conforme o modelo de desdobro aplicado cita-se os rendimentos médios obtidos para *E. grandis* de 45,71% em desdobro tangencial e 50,41% em desdobro radial em estudo realizado por Rocha (2000), com toras de 19 cm a 30 cm de diâmetro. Deste modo, o rendimento médio para o modelo de desdobro tangencial alternado (47,07%) foi superior ao obtido pelo autor citado, entretanto, o autor citado estudou toras com diâmetros abaixo das médias de classes diamétricas do presente estudo, e estas influenciam diretamente nos resultados de rendimento.

Comparando com estudos de rendimento da literatura, Ferreira et al. (2004) avaliando a madeira serrada de clones de *Eucalyptus* de diâmetro médio de 28,9 cm, utilizando modelos de desdobro tangencial através de serra de fita simples, obtiveram um rendimento médio de 51,5%, resultado acima do rendimento médio obtido para o modelo de desdobro tangencial alternado, porém abaixo do rendimento médio obtido para o modelo de desdobro radial. Vale ressaltar que o autor citado utilizou madeiras de clones, o que leva a crer que as toras apresentavam boas características quanto à conicidade e menores índices de nós que podem acarretar defeitos e redução do rendimento médio.

Do mesmo modo, os resultados estão dentro da faixa de rendimento encontrada por Acosta (1998) entre 45% e 60% no processamento de madeira de *E. grandis* em serrarias argentinas, e são superiores aos rendimentos totais médios de 35,33% a 43,44% obtidos por Muller (2013) com toras de 20 cm a 29,9 cm no desdobro de *E. benthamii*. A variabilidade obtida nestes estudos pode ser explicada por vários parâmetros, desde a qualidade da tora, conicidade, modelo de desdobro aplicado na serraria, idade das árvores e as características das espécies utilizadas.

Considerando os rendimentos da literatura em estudos com outras espécies, os resultados são semelhantes ao resultado encontrado por Manhiça (2010), o qual foi de 49,01%, aplicando modelo de desdobro aleatório em serraria de pequeno porte de *Pinus* sp. Entretanto, a madeira de pinus é considerada menos trabalhosa em termos de serraria quando comparada com

eucalipto, além de ocasionar menores perdas de madeira devido a defeitos, como rachaduras. Outro fator a ser ressaltado é o uso conferido à madeira de pinus, a qual é utilizada, no ramo da construção, para caixaria, diferentemente da madeira de eucalipto, que por sua resistência mecânica e biológica e até mesmo por seu aspecto visual, é utilizada como vigamento estrutural, telhados, tesouras e acabamentos internos e externos que exijam resistência e durabilidade.

Em estudo elaborado por Biasi (2005) avaliando o rendimento de espécies da Amazônia, cedrinho (*Erismia uncinatum*), cambará (*Qualea albiflora*) e itaúba (*Mezilaurus itauba*), com toras de 31 a 70 cm de diâmetro, o autor obteve rendimento médio de 59,83%, 62,63% e 53,90% para as três espécies, respectivamente. Estes valores são superiores aos obtidos no presente estudo, porém o autor trabalhou somente com comprimentos de 2,75 m, inferiores aos do presente estudo. Entretanto, esse autor cita fatores que limitam o suprimento de matéria prima, como o baixo número de espécies comercializáveis e as distâncias entre floresta e indústria, que acabam onerando o preço da matéria prima. Esses parâmetros servem de base comparativa para a utilização da madeira serrada de eucalipto em substituição às espécies da Amazônia, as quais, além destes entraves citados, ainda apresentam crescimento lento se comparado ao eucalipto.

Oliveira et al. (2003) obtiveram resultado de rendimento médio de 49,28% em serrarias de espécies nativas utilizando serra de fita vertical simples no desdobro principal e serras variadas no desdobro secundário das toras. Com isso, nota-se que as espécies de eucalipto avaliadas apresentam resultados de rendimentos médios similares e até mesmo superiores aos encontrados para as espécies nativas.

Feitosa (2008) afirma que no desdobro de tora de espécie nativa, muitas vezes, somente 35% do seu volume é transformado em madeira serrada, enquanto os demais 65% representam subprodutos da produção. Estes são valores médios para o rendimento de madeira serrada de espécies nativas, porém estes resultados podem variar devido ao diâmetro das toras e influência da conicidade. Diretamente ligado a esse baixo rendimento está o desperdício deste recurso natural e o impacto no meio ambiente.

Deste modo, vale ressaltar os aspectos positivos do uso da madeira de eucalipto, desde seu rápido crescimento, facilidade de extração, transporte e a adoção de modelos de manejo que respeitam os princípios de sustentabilidade preservando espécies nativas ameaçadas. Além destas vantagens cita-se a qualidade das toras de eucalipto em relação às espécies nativas, que muitas vezes apresentam defeitos como ocos e conicidade elevada. Outro fator determinante para serrarias, que deve ser destacado, é o baixo custo de colheita e transporte da madeira de eucalipto em relação a espécies de madeira nativa.

Comparando com pesquisa realizada por Valério et al. (2007), os quais avaliaram o rendimento de *Araucaria angustifolia* em toras de 20 cm a 60 cm, o resultado da presente pesquisa foi superior, visto que esses autores obtiveram rendimento médio de 44,89%. A comparação com rendimentos de outras espécies torna-se importante quando se pensa na substituição do tipo de madeira utilizada para atender ao mercado, como é o caso da madeira de *Araucaria angustifolia*. Dessa forma, a utilização de eucalipto pode suprir a deficiência de oferta de madeira, e como base, o rendimento médio superior obtido neste estudo serve de parâmetro para o setor de serrarias.

Devido às variações do diâmetro das toras de *Eucalyptus* spp. disponíveis no mercado torna-se difícil para serrarias trabalharem somente com uma classe diamétrica. Sendo assim, essas devem se adaptar aos tipos de tora disponíveis, portanto, essa variação de diâmetro acaba afetando o rendimento médio da serraria. Esse fato foi observado neste estudo, e deste modo não é possível para a serraria optar somente por um modelo de desdobro, sendo necessário adaptar-se a variabilidade de diâmetro de toras ofertada no mercado.

Diante desta situação a classificação diamétrica e o estabelecimento de modelos de desdobro específico para cada classe diamétrica tem fundamental importância no bom desempenho da serraria. Assim sendo, pode-se dizer que a serraria, optando por desdobrar toras finas com o modelo de desdobro tangencial alternado e toras grossas com o modelo de desdobro radial, trabalha com rendimento médio em torno de 49,82%, estando de acordo com os rendimentos citados pela literatura.

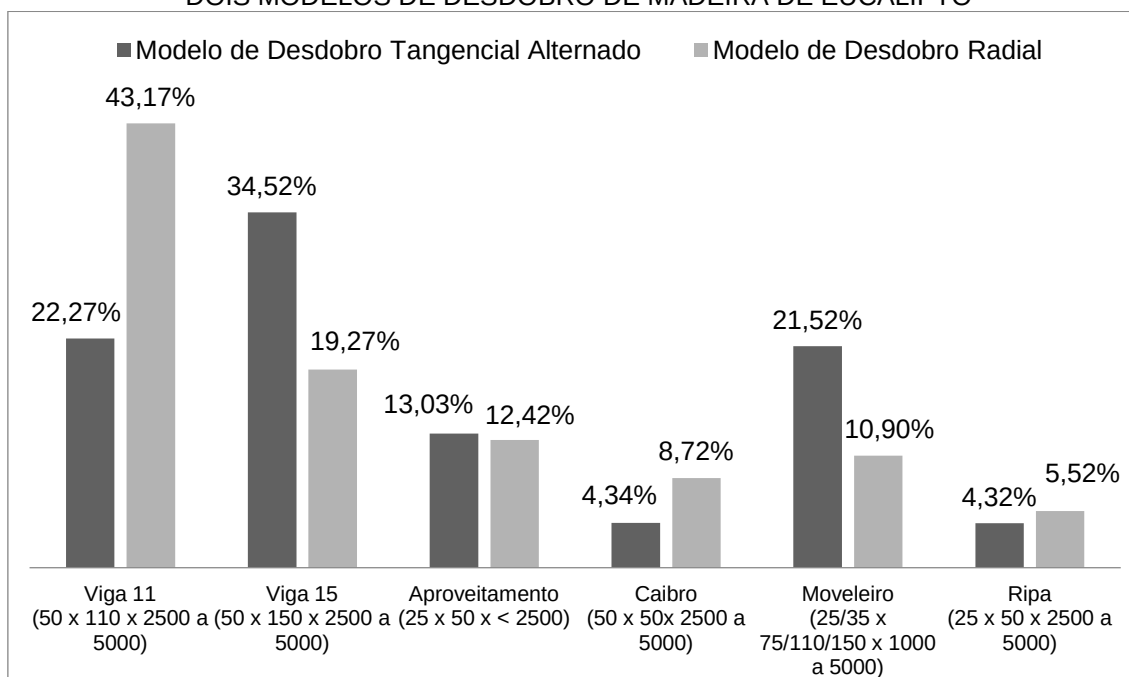
A quantidade de subprodutos gerados em uma serraria está diretamente ligada ao seu rendimento, uma vez que o aumento de um fator acarreta na diminuição de outro e vice versa, e esta geração de subprodutos é inevitável no ramo de serrarias, porém pode ser minimizada. O aproveitamento adequado das toras faz com que ocorra diminuição desses subprodutos, entretanto, conforme Mendes et al. (2004), vários fatores interferem neste parâmetro, como por exemplo o diâmetro das toras.

Já Rocha e Tomaselli (2001) citam como fatores que alteram a quantidade de subprodutos, a tortuosidade ou formato irregular das toras, a conicidade e bifurcação das mesmas, ou seja, são critérios que definem a qualidade da tora que está sendo utilizada pela serraria.

5.3 PRODUTOS OBTIDOS NOS DESDOBROS

A figura 11 apresenta o percentual gerado de produtos nos dois modelos de desdobro avaliados. Ressalta-se que o produto principal da empresa é o vigamento, destinado principalmente para madeira de construção. Os produtos secundários são oriundos do reaproveitamento da madeira que não gera vigamento, adequando-se as peças de modo a refletir em melhor aproveitamento da madeira.

FIGURA 11 - GRÁFICO DA QUANTIDADE PERCENTUAL DE PRODUTOS ORIUNDOS DE DOIS MODELOS DE DESDOBRIO DE MADEIRA DE EUCALIPTO



Entre parênteses as dimensões de cada produto, espessura, largura e comprimento, respectivamente (mm).

FONTE: O AUTOR (2016)

Somando os resultados percentuais para os produtos principais da empresa (viga 110 mm e 150 mm), obteve-se 56,79% do total de madeira serrada para o modelo de desdobro tangencial alternado. Já utilizando o modelo de desdobro radial o somatório destes produtos atingiu 62,44%. Este fato evidencia que toras com diâmetros elevados e de boa qualidade, como as utilizadas neste estudo, atrelado ao modelo de desdobro radial, agregaram quantidade e qualidade para o produto principal da empresa.

Em estudo realizado por Garcia (2013) com 895 toras da espécie *Qualea albiflora* (cambará) em serraria no município de Alta Floresta – Mato Grosso, com diâmetros variando de 33 cm a 80 cm, o autor obteve rendimento médio de 48,90% para madeira de vigamento. Esse autor ressalta que se tivessem sido reaproveitadas as costaneiras e bordaneiras geradas do desdobro, este rendimento poderia sido maior. Estes resultados obtidos por Garcia (2013) estão abaixo dos obtidos no presente estudo, o que em termos de aproveitamento sustentável e adequado da madeira, é fator essencial.

Sendo assim, os valores de rendimento de vigamento de eucalipto do presente estudo servem de parâmetro para avaliações futuras e podem suprir a necessidade do mercado consumidor, além de conferir aproveitamento do

restante da madeira na geração de produtos secundários que podem atender a outros setores da indústria em geral, como é o caso do mercado moveleiro.

Comparando os valores de vigas de 110 mm nota-se um ganho de 20,9% no volume obtido deste produto no modelo de desdobro radial, o qual representou um acréscimo de 4,0672 m³ de volume em relação ao modelo de desdobro tangencial alternado. Este fato deve ser entendido de maneira positiva, uma vez que este tipo de vigamento tem maior demanda no mercado consumidor em relação a vigas de 150 mm, o que por sua vez foi 15,25% inferior no modelo de desdobro radial em relação ao modelo de desdobro tangencial alternado.

Esta evolução da quantidade de vigas de 110 mm é influenciada pelo modelo de desdobro aplicado e pelos diâmetros e qualidade das toras, o que resultou em aumento do produto principal da empresa. O aumento deste tipo de produto acarretou em redução da viga de 150 mm e dos produtos secundários do setor moveleiro e aproveitamento, o que é considerado fator positivo para a serraria, pois reduz a quantidade de retrabalhos com a madeira, como destopos e empilhamento de peças com menores dimensões, além de menor preço de mercado.

No modelo de desdobro tangencial alternado o operador conseguia tirar uma viga de 150 mm ou uma viga de 110 mm de cada prancha oriunda da serra de fita vertical. Já no modelo de desdobro radial, ao invés de retirar somente uma viga de 150 mm e aproveitar o restante da prancha com um produto secundário, era optado por retirar duas vigas de 110 mm da mesma prancha, quando possível, passando duas vezes pela refiladeira, o que gerou maior rendimento em viga de 110 mm neste modelo.

É importante ressaltar que através do desdobro pelo modelo radial houve um acréscimo no número de vigas com faces radiais. Corroborando com isto está a conclusão de Gatto et al. (2004), onde os autores citam que a variação do modelo de desdobro apresenta influência significativa quanto ao rendimento e qualidade da madeira.

Não foi possível realizar levantamento quantitativo destas peças com faces radiais, porém visualmente notava-se que este tipo de desdobro proporcionou elevada quantidade deste tipo de peças. Consequentemente, estas vigas apresentam vantagens em relação a peças com orientação

tangencial, quanto à estabilidade na largura, menor probabilidade de ocorrer defeitos na secagem e melhor condicionamento em caso de ocorrência de colapso (ROCHA, 2000).

Outro fator elementar destacável é quanto à porção de cerne da madeira que o modelo de desdobro radial atingiu, principalmente para o produto principal da empresa, e que pode ser percebido visualmente. Para o vigamento o fato de sua composição ser de madeira de cerne é de fundamental importância quando este tipo de peça é utilizada em condições adversas (contato com o solo, umidade, madeira estrutural, etc), pois sua durabilidade natural é mais alta, evitando problemas com agentes xilófagos que podem ocasionar em danos estruturais e conseqüentemente substituição da peça atacada, acarretando em custos de reposição.

Segundo Monteiro et al. (2013), as informações sobre quais subprodutos estão sendo produzidos, assim como a sua porcentagem são fatores relevantes para a melhor gestão da indústria e a redução dos impactos ambientais. Deste modo, em relação à madeira de ripa houve um acréscimo de 1,2% de rendimento do modelo de desdobro tangencial alternado para o modelo de desdobro radial, devido ao aumento de refilo do vigamento, o que originava mais madeira para ser reaproveitada como ripa. Tsoumis (1991), concluiu que a conversão de toras em madeira serrada enquadra-se na faixa de 30% a 70% e o restante baseiam-se em costaneiras, pequenas ripas e serragem. No caso deste estudo, as pequenas ripas e costaneiras eram reaproveitadas gerando produtos secundários.

Quanto à madeira de aproveitamento ocorreu uma pequena redução de 0,61% do modelo de desdobro tangencial alternado para o modelo de desdobro radial. Isto se deve ao fato deste material ser oriundo de ripas abaixo de 2,50 m de comprimento, ou seja, aproveitava-se todo o material que não dava origem a outro tipo de produto para produzir peças com comprimentos variados, agregando valor à madeira que poderia ser refugada e enviada ao picador para produzir cavaco.

Para a madeira de caibro ocorreu aumento de 4,38% do modelo de desdobro radial em relação ao modelo desdobro tangencial alternado, o qual é explicado pelo aumento do número de peças do segundo e sexto corte da serra de fita vertical deste modelo (Figura 7), ou seja, as pranchas que não

apresentavam largura para originar vigamento eram destinadas para obtenção de caibros. Destes cortes citados também se aproveitavam as peças com menor espessura para obtenção de madeira para o mercado moveleiro, porém como pode ser observado, houve um decréscimo deste produto de 10,62% do modelo de desdobro tangencial alternado ao modelo de desdobro radial, justamente por ocorrer maior aproveitamento desta parte da madeira para a confecção de caibros.

5.3.1 Análise dos produtos

As informações referentes aos limites de variação para os produtos obtidos em cada modelo de desdobro estão apresentadas nas tabelas 6 e 7. Nessas tabelas estão descritos o número de peças de cada produto gerado em um dia de produção nos modelos avaliados. Nota-se que em ambos o número de peças do aproveitamento foi o maior, o que é justificado devido à variabilidade do comprimento destas peças, as quais são destopadas em peças aproveitáveis em comprimentos abaixo de 2,50 m.

TABELA 6 - QUANTIDADE DE PRODUTOS GERADOS NO MODELO DE DESDOBRIO TANGENCIAL ALTERNADO

Produto	Número de peças	Mínimo (m³)	Média (m³)	Máximo (m³)	Coefficiente de variação
Aproveitamento	688	0,0023	0,0031	0,0043	14,27%
Caibro	102	0,0088	0,0113	0,0125	11,65%
Moveleiro	768	0,0026	0,0076	0,0169	56,46%
Ripa	243	0,0038	0,0048	0,0063	15,17%
Viga 11	246	0,0165	0,0245	0,0303	15,00%
Viga 15	261	0,0225	0,0358	0,0413	10,12%
Total	2308				

FONTE: O AUTOR (2016).

Para o produto caibro o número de peças para o modelo de desdobro radial (Tabela 7) foi mais que o dobro em relação ao modelo de desdobro tangencial alternado. O inverso ocorreu para o produto moveleiro, onde praticamente o dobro de peças foi gerado no modelo de desdobro tangencial alternado. Esta redução para o modelo de desdobro radial no número de peças

do produto moveleiro reduziu a quantidade de retrabalho da madeira, porém o coeficiente de variação manteve-se alto (Tabela 6).

TABELA 7 - QUANTIDADE DE PRODUTOS GERADOS NO MODELO DE DESDOBRO RADIAL

Produto	Número de peças	Mínimo (m³)	Média (m³)	Máximo (m³)	Coeficiente de variação
Aproveitamento	530	0,0022	0,0030	0,0043	14,26%
Caibro	210	0,0075	0,0097	0,0138	20,69%
Moveleiro	391	0,0026	0,0065	0,0158	49,21%
Ripa	294	0,0038	0,0044	0,0063	17,27%
Viga 11	523	0,0138	0,0198	0,0303	24,03%
Viga 15	173	0,0188	0,0260	0,0413	19,87%
Total	2102				

FONTE: O AUTOR (2016).

Com o modelo de desdobro radial as peças obtidas apresentaram maior proporção de faces radiais e conseqüentemente, comportamento mais estável em relação às peças de faces tangenciais. Para os produtos principais da empresa, viga 110 mm e viga 150 mm, o número de peças do modelo de desdobro tangencial alternado foi semelhante, porém quando observado estes números de peças para os mesmos produtos no modelo de desdobro radial, fica evidente a evolução da quantidade do produto com mais demanda no mercado. Com 523 peças a viga de 110 mm justifica a aplicação deste tipo de tora e modelo para atender ao mercado e maximizar a lucratividade da empresa (Tabela 7).

Para o produto moveleiro, em ambos os modelos o coeficiente de variação foi superior aos demais devido à variação dimensional das peças, as quais variaram em espessura, largura e comprimento. Para os demais produtos o coeficiente de variação manteve-se razoavelmente baixo, com valores inferiores a 16% para o modelo de desdobro tangencial alternado. Já para o modelo de desdobro radial os valores situaram-se abaixo de 25% (Tabela 7).

5.3.2 Comparação entre produtos e modelos de desdobro

Na Tabela 8 são apresentados os valores médios, número de peças geradas e volume total para cada tipo de produto em cada modelo de desdobro utilizado, obtidos a partir de um dia de produção.

Nota-se que houve diferença estatística entre os modelos de desdobro tangencial alternado e radial para a maioria dos produtos, exceto para produtos de aproveitamento. Enquanto que, quando comparados os tipos de produtos em cada modelo de desdobro separadamente, observou-se diferença estatística entre todos os produtos, o que já era esperado, uma vez que as dimensões dos produtos são diferentes (Tabela 8).

TABELA 8 – MÉDIA DE CADA PRODUTO (M³), NÚMERO DE PEÇAS, E VOLUME TOTAL DE CADA PRODUTO PARA OS DOIS MODELOS DE DESDOBRIO UTILIZADOS NA OBTENÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO

Produto	Modelo de Desdobro Tangencial Alternado			Modelo de Desdobro Radial		
	Média (m ³)	n	Vol. Total (m ³)	Média (m ³)	n	Vol. Total (m ³)
Viga 15	0,0357 A a	261	9,3177	0,0260 A b	173	4,4980
Viga 11	0,0245 B a	246	6,0270	0,0198 B b	523	10,3554
Caibro	0,0113 C a	102	1,1526	0,0097 C b	210	2,0370
Moveleiro	0,0075 D a	768	5,7600	0,0065 D b	391	2,5415
Ripa	0,0048 E a	243	1,1664	0,0044 E b	294	1,2936
Aproveitamento	0,0030 F a	688	2,0640	0,0030 F a	530	1,5900

Em que n: Número de peças. As médias seguidas na vertical por uma mesma letra maiúscula ou na horizontal por uma mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Deste modo, vale ressaltar que apesar da quantidade de madeira serrada em m³ total ser menor no modelo de desdobro radial, a conversão de madeira em tora para madeira serrada foi mais elevada, além de apresentar evolução no rendimento em produto que apresenta maior demanda do mercado consumidor. Esta evolução é considerada fundamental para empresas do setor madeireiro para avaliar se a atividade está sendo desenvolvida de maneira correta e, deste modo, elevar a precisão para futuros planejamentos quanto a prazos de entrega, níveis de produção e fabricação de novos produtos.

De fato é necessária a separação de toras por classes diamétricas e definir modelos de desdobro adequados para atingir coeficientes de

rendimentos elevados para determinados produtos desejados em cada classe diamétrica, o que resulta em aumento na lucratividade da empresa.

5.4 ANÁLISE DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO

5.4.1 Custo fixo, custo variável e custo total

5.4.1.1 Modelo de desdobro tangencial alternado

A relação do custo fixo total, custo variável total são apresentados na tabela 9. O custo total representa todos os custos envolvidos para a produção de madeira serrada, totalizando R\$ 305.205,19. Deste valor, 19,32% representam os custos fixos e 80,68% os custos variáveis na produção de madeira serrada.

TABELA 9 - CUSTO FIXO TOTAL, CUSTO VARIÁVEL TOTAL E CUSTO TOTAL PARA O MODELO DE DESDOBRIO TANGENCIAL ALTERNADO

Item do custo	R\$ mês	% custo total
Custo fixo total	R\$ 58.973,74	19,32%
Custo variável total	R\$ 246.231,45	80,68%
Custo total	R\$ 305.205,19	100,00%

FONTE: O AUTOR (2016)

Na tabela 10 estão representados os fatores dos custos fixos, os quais totalizam R\$ 58.973,74. Dentre os fatores, a mão de obra representa a maior parte dos custos, equivalendo a 33,15% dos custos fixos e 6,41% do custo total. Este valor é atribuído à quantidade de funcionários envolvidos nos processos de desdobro da serraria, ou seja, aqueles que estão envolvidos diretamente no processo produtivo, sendo este o fator mais representativo para os custos fixos da empresa.

TABELA 10 - CUSTOS FIXOS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO UTILIZANDO MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO

Fator do custo fixo	R\$ por mês	% do Custo Fixo	% do Custo Total
Depreciação de máquinas e equipamentos	R\$ 10.285,70	17,44	3,37
Despesas administrativas	R\$ 1.474,61	2,50	0,48
Encargos sociais (INSS/FGTS)	R\$ 2.688,00	4,56	0,88
Ferramentas	R\$ 2.498,38	4,24	0,82
Impostos	R\$ 4.381,67	7,4	1,44
Mão de obra	R\$ 19.550,00	33,15	6,41
Remuneração do capital próprio	R\$ 18.095,38	30,68	5,93
CUSTO FIXO TOTAL	R\$ 58.973,74	100,00	19,32

FONTE: O AUTOR (2016).

O segundo fator que apresentou maior influência foi à remuneração do capital próprio da serraria, representando 30,68% dos custos fixos e 5,93% do custo total. A depreciação de máquinas, equipamentos e infraestrutura apresentaram 15,33% do custo fixo, equivalendo a 3,04% do custo total de produção. Este valor elevado é devido ao método de cálculo utilizado, onde foi considerado o valor de máquinas e equipamentos novos comercializáveis por empresa.

Os impostos, encargos sociais, ferramentas e despesas administrativas representaram respectivamente 7,4%, 4,56%, 4,24% e 2,50% do custo fixo. Estes fatores representam menos de 4% do custo total de produção da serraria para este modelo.

Na tabela 11 são apresentados os valores dos fatores dos custos variáveis e a representatividade de cada um no custo total. Dentre estes fatores dos custos variáveis, a matéria prima, representado pela tora, apresentou maior representatividade totalizando 87,11% dos custos variáveis. Este fator também foi o mais representativo entre os custos totais, totalizando 70,28%. Estes valores elevados demonstram a importância deste fator para os custos da empresa, uma vez que a qualidade desta matéria prima é determinante para obter rendimentos elevados, e deste modo dar retorno financeiro através dos produtos que são originados.

TABELA 11 - CUSTOS VARIÁVEIS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO UTILIZANDO MODELO DE DESDOBRIO TANGENCIAL ALTERNADO

Fator do custo variável	R\$ por mês	% do Custo Variável	% do Custo Total
Alimentação	R\$ 3.360,00	1,36	1,10
Combustível	R\$ 9.226,99	3,75	3,02
Energia elétrica	R\$ 8.465,00	3,44	2,77
ICMS	R\$ 1.833,33	0,74	0,60
Manutenção	R\$ 8.164,68	3,32	2,68
Pedágio	R\$ 691,67	0,28	0,23
Toras	R\$ 214.489,78	87,11	70,28
CUSTO VARIÁVEL TOTAL	R\$ 246.231,45	100,00	80,68

FONTE: O AUTOR (2016).

Os gastos com combustíveis atingiram 3,75% dos custos variáveis equivalendo a 3,02% dos custos totais. Estes valores são para abastecimento da frota de três caminhões florestais, responsáveis pelo abastecimento de toras da serraria, além de um trator carregador e uma empilhadeira. Um fator que acarreta em elevados custos com combustíveis para a serraria é a distância da matéria prima, representado pelas toras, até a unidade de produção, representado pela serraria, acarretando em elevados custos para esta variável, o que poderia ser minimizado com menores distâncias entre a floresta e a unidade de produção.

A energia elétrica representou 3,44% do custo variável que correspondeu a 2,77% do custo total. Estes valores são atribuídos à energia despendida para o funcionamento de máquinas utilizadas para o processo de desdobro das toras. Ressalta-se que estes dados referem-se ao período final do ano 2014, antes dos aumentos ocorridos na energia elétrica. O mesmo fato ocorre para o fator combustível, o qual sofreu aumentos no ano de 2015.

O fator manutenção apresentou valores de 3,32% dos custos variáveis, representando 2,68% dos custos totais. Este valor é devido às máquinas e equipamentos já apresentarem desgaste elevado, o que necessita de maiores cuidados de conservação e manutenção. Destaca-se a importância de manutenções e revisões periódicas para minimizar os gastos com consertos e

compra de peças para manter em funcionamento as máquinas e equipamentos da serraria.

A compra de máquinas novas é descartada pela empresa devido aos altos valores praticados no mercado, sendo mais viável economicamente realizar reformas e consertos, ou até mesmo troca por outras máquinas usadas. Esta situação é descrita por Almeida, Silva e Angelo (2011) que afirmam que embora o setor de madeira serrada apresentar grande potencial, este se encontra em situação bem inferior aos melhores padrões mundiais, onde no Brasil predominam neste segmento empresas com tecnologias obsoletas, com pouca especialização, descapitalizadas e sem escala.

A alimentação representa o custo para 14 funcionários que são necessários para este modelo de desdobro, representando 1,36% dos custos variáveis equivalendo a 1,10% dos custos totais. Os demais fatores, ICMS e pedágio da frota de caminhões, não chegam a representar 1% cada dos custos variáveis.

5.4.1.2 Modelo de desdobro radial

Na tabela 12 estão apresentados os valores do custo fixo total, custo fixo variável e custo total. O custo total foi de R\$ 326.469,19 sendo 18,92% representados pelo custo fixo e 81,08% pelo custo variável.

TABELA 12 - CUSTO FIXO TOTAL, CUSTO VARIÁVEL TOTAL E CUSTO TOTAL PARA O MODELO DE DESDOBRIO RADIAL

Item do custo	R\$ mês	% custo total
Custo fixo total	R\$ 61.757,74	18,92
Custo variável total	R\$ 264.711,45	81,08
Custo total	R\$ 326.469,19	100,00

FONTE: O AUTOR (2016).

Nota-se que para o modelo de desdobro tangencial alternado o custo total foi menor em relação ao modelo de desdobro radial, isto devido principalmente ao fator matéria prima dos custos variáveis. As toras usadas no modelo de desdobro radial são de classe diamétrica maior e, portanto seu valor

de compra é maior, afetando os custos totais. Os fatores alimentação, mão de obra e encargos sociais contribuem para esta diferença nos custos totais, porém em menor representatividade.

Na tabela 13 estão representados os custos fixos, onde o fator mais representativo é a mão de obra com 35,54% do custo fixo e 6,72% do custo total, valores semelhantes ao modelo de desdobro tangencial alternado, porém este é maior para o modelo em questão devido à utilização de dois funcionários a mais no processo produtivo, o que reflete em aumento dos encargos sociais quando comparado ao modelo de desdobro tangencial alternado. O mesmo fato ocorre para os demais fatores, pois mantiveram os mesmo valores de custo mensal, tendo oscilações nos percentuais de custo fixo e custo total.

TABELA 13 - CUSTOS FIXOS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO UTILIZANDO MODELO DE DESDOBRIO RADIAL

Fator do custo fixo	R\$ por mês	% do Custo Fixo	% do Custo Total
Depreciação de máquinas e equipamentos	R\$ 10.285,70	16,65	3,15
Despesas administrativas	R\$ 1.474,61	2,39	0,45
Encargos sociais (INSS/FGTS)	R\$ 3.072,00	4,97	0,94
Ferramentas	R\$ 2.498,38	4,05	0,77
Impostos	R\$ 4.381,67	7,09	1,34
Mão de obra	R\$ 21.950,00	35,54	6,72
Remuneração do capital próprio	R\$ 18.095,38	29,30	5,54
CUSTO FIXO TOTAL	R\$ 61.757,74	100,00	18,92

FONTE: O AUTOR (2016).

Para os custos variáveis as toras representaram 87,83%, o que equivale a 71,21% dos custos totais (Tabela 14). Os valores percentuais são semelhantes aos obtidos para o modelo de desdobro tangencial alternado, entretanto o custo variável total para este modelo foi maior, o que é atribuído ao aumento do custo de alimentação por envolver dois funcionários a mais, e principalmente pelo fator matéria prima o que representa R\$ 18.000,00 a mais que o mesmo fator do modelo de desdobro tangencial alternado, devido ao maior valor para compra de toras desta classe diamétrica.

TABELA 14 - CUSTOS VARIÁVEIS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO UTILIZANDO MODELO DE DESDOBRO RADIAL

Fator do custo variável	R\$ por mês	% do Custo Variável	% do Custo Total
Alimentação	R\$ 3.840,00	1,45	1,18
Combustível / Lubrificante	R\$ 9.226,99	3,49	2,83
Energia elétrica	R\$ 8.465,00	3,20	2,59
ICMS	R\$ 1.833,33	0,69	0,56
Manutenção	R\$ 8.164,68	3,08	2,50
Pedágio	R\$ 691,67	0,26	0,21
Toras	R\$ 232.489,78	87,83	71,21
CUSTO VARIÁVEL TOTAL	R\$ 264.711,45	100,00	81,08

FONTE: O AUTOR (2016).

O fato da matéria prima, representado pelas toras, ser o valor de maior importância sobre os custos em empresa é considerado normal em serrarias. Confirmando esta citação, Berger et al. (2002) constataram que a aquisição de matéria prima para serrarias é o fator de maior impacto dentro dos custos variáveis, correspondendo a 72,50% do custo variável. Este resultado obtido por esses autores está abaixo do encontrado nesta pesquisa. Esta disparidade de valores pode ser atribuída ao tipo de madeira utilizada, uma vez que os autores citados analisaram madeiras tropicais. Em termos de custo total, Berger et al. (2002) citam que a matéria prima corresponde a 62,60%, valor também abaixo aos obtidos no presente estudo com toras de duas classes diamétricas.

Manhiça (2010) em estudo de serraria de pinus encontrou o valor de 93,31% para o custo da matéria prima, representando 78,67% do custo total da produção. Estes valores estão acima dos resultados obtidos na presente pesquisa, o que pode ser explicado pelo fator espécie que é utilizada na produção e também por valores praticados no mercado, o qual pode variar conforme a demanda e classes diamétricas.

Diante destes custos elevados ressalta-se a importância do aproveitamento adequado da matéria prima, que pode reduzir o custo médio de produção e agregar valor aos produtos finais.

5.4.2 Custos médios de produção

A tabela 15 apresenta um comparativo dos custos fixos médios entre o modelo de desdobro tangencial alternado e modelo de desdobro radial, e a diferença em valores entre os modelos. Em geral, o modelo de desdobro radial apresentou redução do custo médio. Somente para a mão de obra e encargos sociais o modelo de desdobro tangencial alternado teve os custos médios menores, o que é explicado pelo número de funcionários envolvidos no processo produtivo ser menor em relação ao processo produtivo do modelo de desdobro radial.

TABELA 15 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS FIXOS MÉDIOS ENTRE O MODELO DE DESDOBRIO TANGENCIAL ALTERNADO E MODELO DE DESDOBRIO RADIAL

Fator do custo fixo	Desdobro Tangencial Alternado	Desdobro Radial	Diferença R\$/m³
	Custo médio (R\$/m³)		
Depreciação de máquinas e equipamentos	R\$ 17,93	R\$ 16,04	-R\$ 1,89
Despesas administrativas	R\$ 2,57	R\$ 2,30	-R\$ 0,27
Encargos sociais (INSS/FGTS)	R\$ 4,69	R\$ 4,79	R\$ 0,11
Ferramentas	R\$ 4,36	R\$ 3,90	-R\$ 0,46
Impostos	R\$ 7,64	R\$ 6,83	-R\$ 0,80
Mão de obra	R\$ 34,08	R\$ 34,24	R\$ 0,15
Remuneração do capital próprio	R\$ 31,55	R\$ 28,22	-R\$ 3,32
TOTAL	R\$ 102,81	R\$ 96,32	-R\$ 6,49

FONTE: O AUTOR (2016).

Nota-se que o custo fixo médio de produção para o modelo de desdobro radial foi R\$ 6,49 menor que o custo fixo médio para o modelo de desdobro tangencial alternado, e o fator que mais teve influencia foi a remuneração do capital próprio. Este fato é devido ao valor da remuneração do capital próprio utilizado para os modelos ser o mesmo, entretanto a produção em madeira serrada estimada para o modelo de desdobro radial é maior que a produção no modelo de desdobro tangencial alternado devido ao rendimento

obtido em cada método, o que acarreta nesta diferença de valores para os modelos. Entre os demais fatores a diferença dos custos fixos médios oscilou entre R\$ 0,11 a R\$ 1,89 para os modelos de desdobro.

A redução do custo fixo médio de R\$ 102,81 para R\$ 96,32 entre os modelos é atribuída ao volume de produção de madeira serrada mensal de cada modelo estimada a partir do rendimento de cada modelo, sendo esta produção maior para o modelo de desdobro radial.

Na tabela 16 está representada a comparação dos custos variáveis médios entre os modelos e a diferença entre os custos médios de cada modelo. Os custos variáveis médios foram menores para o modelo de desdobro radial, sendo somente maior para o fator alimentação, o qual é explicado pelo número de funcionários necessários para o processo produtivo deste modelo.

TABELA 16 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS VARIÁVEIS MÉDIOS ENTRE O MODELO DE DESDOBRIO TANGENCIAL ALTERNADO E MODELO DE DESDOBRIO RADIAL

Fator do custo variável	Desdobro Tangencial Alternado	Desdobro Radial	Diferença R\$/m³
	Custo médio (R\$/m³)		
Alimentação	R\$ 5,86	R\$ 5,99	R\$ 0,13
Combustível / Lubrificante	R\$ 16,09	R\$ 14,39	-R\$ 1,69
Energia elétrica	R\$ 14,76	R\$ 13,20	-R\$ 1,55
ICMS	R\$ 3,20	R\$ 2,86	-R\$ 0,34
Manutenção	R\$ 14,23	R\$ 12,73	-R\$ 1,50
Pedágio	R\$ 1,21	R\$ 1,08	-R\$ 0,13
Toras	R\$ 373,93	R\$ 362,61	-R\$ 11,32
TOTAL	R\$ 429,26	R\$ 412,87	-R\$ 16,40

FONTE: O AUTOR (2016).

Apesar do modelo de desdobro radial ter valor mais elevado na aquisição de toras, os custos variáveis médios para este fator apresentaram redução de R\$ 11,32 em relação ao modelo de desdobro tangencial alternado. Isto é explicado pelo maior rendimento em madeira serrada deste modelo o que reduz este custo médio da matéria prima. Este foi o valor do custo variável

mais representativo dentro dos R\$ 16,40 de diferença entre os modelos. Este valor maior de diferença para a matéria prima já era esperado, uma vez que o fator é o que mais apresentou influência nos custos fixos totais e custos variáveis totais, respectivamente. Os demais fatores apresentaram diferença variando de R\$ 0,13 a R\$ 1,69 entre custos variáveis médios dos modelos, que são valores considerados pequenos, porém somados estes tem grande influência para auxiliar na tomada de decisões na serraria.

Os custos médios para o modelo de desdobro radial foram menores que o os custos médios para o modelo de desdobro tangencial alternado (Tabela 17). Para o custo fixo médio ocorreu diferença de R\$ 6,49 por m³ e para o custo variável médio a diferença foi de R\$ 16,40 por m³. Isto acarretou em diferença total de R\$ 22,89 por m³. Estes resultados são primordiais para a tomada de decisão quanto ao tipo de tora a ser utilizada, segundo sua classe diamétrica e o modelo de desdobro a ser empregado, devendo ser o mais adequado para o diâmetro de tora disponível.

TABELA 17 - CUSTOS MÉDIOS DE PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO PARA O MODELO DE DESDOBRO TANGENCIAL ALTERNADO E MODELO DE DESDOBRO RADIAL

DE DESDOBRIO RADIAL			
Custo	Desdobro Tangencial Alternado	Desdobro Radial	Diferença R\$/m³
	Custo médio (R\$/m³)		
Custo fixo médio	R\$ 102,81	R\$ 96,32	-R\$ 6,49
Custo variável médio	R\$ 429,26	R\$ 412,87	-R\$ 16,40
Custo total médio	R\$ 532,07	R\$ 509,19	-R\$ 22,89

FONTE: O AUTOR (2016).

Analisando os resultados nota-se que o modelo de desdobro radial apresenta menores custos médios de produção. Apesar do custo variável e custo fixo total para este modelo serem mais elevados os custos médios foram menores, isto devido ao rendimento para este modelo ser maior, o que gera menos desperdícios e, consequentemente, maior produção de madeira serrada, reduzindo os custos médios de produção.

Wipieski et al. (2002) citam que análises econômico-financeiras, definições de engenharia e investimentos são determinantes para a competitividade e sucesso do empreendimento, e no ramo de serraria as

simulações com modelos de corte, tipos de produto, qualidade e valores são fundamentais para evolução deste ramo.

Com esta análise nota-se que a otimização do trabalho através de modelos de desdobro adequados a cada tipo de tora, o rendimento da madeira serrada e seus custos de produção acarretam em resultados de suma importância para a administração da empresa, fornecendo suporte para a busca de inovações tecnológicas, fundamental para a evolução do setor de serrarias no Brasil.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos objetivos propostos e na análise dos resultados obtidos neste estudo conclui-se que:

A baixa conicidade obtida evidencia que as toras utilizadas apresentam características adequadas para uso em serraria.

A classe diamétrica e o modelo de desdobro influenciaram diretamente no rendimento de madeira serrada e nos tipos de produtos gerados.

O rendimento médio para o modelo de desdobro radial foi maior que o rendimento médio para modelo de desdobro tangencial alternado.

Os rendimentos obtidos para a madeira serrada de *Eucalyptus* são considerados altos.

O modelo de desdobro radial proporcionou aumento do produto principal da empresa.

A madeira de *Eucalyptus* apresenta características adequadas para produção de madeira serrada.

O modelo de desdobro radial apresentou aumento na quantidade de peças de faces radiais e com maior porção de cerne nas vigas.

A matéria prima foi o fator que mais onerou o custo variável.

A mão de obra foi o fator que mais onerou o custo fixo.

O modelo de desdobro radial apresentou maior rendimento em madeira serrada, maior quantidade do produto principal da serraria e menores custos médios de produção.

O modelo de desdobro radial utilizando toras da classe diamétrica empregada neste modelo é o mais indicado para a serraria.

Com base nos resultados recomenda-se conduzir novos estudos variando os modelos de desdobro e o número de classes diamétricas e efetuar análise econômica de comercialização dos produtos obtidos a partir de cada modelo de desdobro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. A.; LATORRACA, J. V. F.; CARVALHO, A. M.; Eficiência operacional de serra fita: estudo de caso em duas serrarias no município de Paragominas, PA. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 1, p. 44-49, 2005.

ACOSTA, M. S. Estado de la tecnologia em usos no tradicionales de la madera de eucalipto em el Mercosur y otros paises. In: Seminario Internacional sobre Productos Sólidos sobre Madeira de Alta Tecnologia, 1. Encontro sobre Tecnologias Apropriada para Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto. **Anais...** Viçosa - UFV. 1998. p. 82-105.

ALMEIDA A. N. **Estudo econométrico da demanda e oferta de madeira em tora para o processamento mecânico no estado do Paraná**. 217 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná; Curitiba, 2006.

ALMEIDA, A. N.; SILVA, J. C. G. L.; ANGELO, H.; Caracterização do ambiente de negócios para produção de madeira serrada no Brasil e no Canadá. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 751-764, 2011.

AMBIENTE BRASIL. Industrialização. 2016. Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/industrializacao/aspectos_basicos_da_qualidade_da_madeira.html>. Acesso em: 06 de jan. 2016.

ASSIS, T. F. de. Aspectos do Melhoramento de *Eucalyptus* para a Obtenção de Produtos Sólidos da Madeira. **Workshop**: Técnicas de Abate, Processamento e Utilização da Madeira de Eucalipto. Viçosa-MG. 1999. p. 61-72.

ASSOCIAÇÃO BAIANA DAS EMPRESAS DE BASE FLORESTAL (ABAF). **Anuário 2013**. Salvador, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA) - **Dados do setor**. São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR7203: **Madeira serrada e beneficiada**. Rio de Janeiro, 1982.

BERGER, R.; TIMOFEICZYK JUNIOR. R.; LACOWICZ, G. P.; BRASIL, A. A. Análise econômica da industrialização primária da madeira na região amazônica. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 9, n. 1, p. 09-17, 2002.

BIASI, C. P. **Rendimento e eficiência de três espécies tropicais**. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BORNIA, A. C.; **Análise gerencial de custos**. São Paulo: Atlas, 2010.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 154 p., 1991.

COSTA, M. L. **Identificação, caracterização e gestão dos resíduos de madeira produzidos em obras de edificações em Salvador**. 173 f. Dissertação (Mestrado em profissional em gerenciamento e tecnologias ambientais no processo produtivo), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

CRÊSPO, E. A. **Tensões de crescimento e suas consequências, controláveis e não controláveis no desdobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

CUNHA, A. B.; FRANÇA, M. C.; ALMEIDA, C. C. F.; GORSKI, L.; CRUZ, R. C.; SANTOS, D. Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial. **Floresta**, Curitiba – PR, v. 45, n. 2, p. 241-250, 2015.

DEL MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. R. Técnicas de desdobro utilizadas para madeira de eucalipto – uma revisão bibliográfica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.22, n.3. p. 415-428, 1998.

DEL MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. R. Aspectos Tecnológicos na produção de madeira serrada de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 70. p. 75-83, 2001.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, ECONOMICS AND INNOVATION (EPA). Energy trends in selected manufacturing sectors: opportunities and challenges for environmentally preferable energy outcomes, Washington, DC. : U.S. 2007. Disponível em: <<http://archive.epa.gov/osem/sectors/web/pdf/ch3-5.pdf>> Acesso em: 03 de out. 2015.

FALK, R. H. **Wood handbook - Wood as an engineering material**: Chapter 1 - Wood as a Sustainable Building Material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010.

FARAH, M. F. S. **Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional**. 297 f. Tese (Doutorado - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP). Departamento de Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.

FEITOSA, B. C. Aproveitamento dos resíduos de madeira no Pará. 2008. REMADE. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira/materia.php?num=1274&subject=Res%EDduos&title=Aproveitamento%20dos%20res%EDduos%20de%20madeira%20no%20Par%E1>>. Acesso em: 24 de jan. 2016.

FERREIRA, S., LIMA, J. T., ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangencial no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp.. **Cerne**. Lavras. v. 10, n. 1, p 10-21. 2004.

FONTES, P. J. P. **Auto suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos**. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: **Anais do seminário Internacional de Utilização da madeira de Eucalipto para a serraria**; São Paulo. São Paulo: IPEF; 1995.

GARCIA, F. M. **Rendimento operacional de uma serraria com a espécie cambará (*Qualea albiflora* warm.) na região amazônica**. 83 f. Dissertação (Mestre em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

GATTO, D. A.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; DURLO, M. A. Qualidade da madeira serrada na região da quarta colônia de imigração italiana do rio grande do sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 14, n. 1, p. 223-233. 2004.

GLOBAL FOREST RESOURCES ASSESSMENT (FAO) 2010. Disponível em:< <http://www.fao.org/docrep/017/i3110e/i3110e.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2015.

GOMIDE, J. L. **Serraria**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1974.

GONÇALVES, R. Avaliação de forças de corte em madeira de eucalipto. In: Encontro brasileiro em madeiras e estruturas de madeiras, 6, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 437-448.

GONÇALVES, F. G.; **Efeito da taca de crescimento na qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos**. 167 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

HEINRICH, D. **Simulação da produção de madeira serrada**. 157 f. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

HILDEBRAND, E. **Sistema de apropriação e análise de custos para a empresa florestal**. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

HOEFLICH, V. A. Produção florestal sustentável de madeira para o mercado internacional: perspectivas e desafios. Embrapa Florestas, 2006. Disponível em :< [www.bioenergytrade.org/downloads/ hoeftlichnovdec05.pdf](http://www.bioenergytrade.org/downloads/hoeftlichnovdec05.pdf)>. Acesso em: 23 de jan. 2016.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. New York: Ronald Press Co., 1982. 410p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE 2011. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/> >. Acesso em: 23 de jan. 2016.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Técnico 2015**. São Paulo, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF). **Norma para medição e classificação de toras de madeira de folhosas**. Brasília, 1984.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Madeira: uso sustentável na construção civil** - 2. ed. – São Paulo, 2009.

JOHN, M. V.; ARAÚJO, R. T.; **Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável**. Páginas & Letras – Editora e Gráfica, São Paulo, 2010.

LEFTWICH, R. H. **O sistema de preços e a alocação de recursos**. São Paulo: Editora Pioneira, 580 p., 1991.

LIMA, I. L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex – Maiden**. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

MANHIÇA, A. A.; **Rendimento e eficiência no desdobro de *Pinus* sp. utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2010.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C.; PINHO, D. S. Alternativas de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 287-291, 2006.

MENDES, J. T. G. **Economia Agrícola** – Princípios Básicos e Aplicações. 2 ed. Curitiba: ZNT Ltda, 1998.

MENDES, L. M.; RABELO, G. F.; TRUGILHO, P. F.; MORI, F. A. Energia a partir de resíduos florestais: **Revista da Madeira**, n. 85, 2004.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, B. C. L. Avaliação do desdobro de toras de *Eucalyptus* para a obtenção de peças estruturais. **Cerne**, Lavras, v.19, n.3, p. 357-364, 2013.

MULLER, B. V. **Efeito de sistemas de desdobro na qualidade e rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MURARA JUNIOR. **Desdobro de toras de Pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diamétricas**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NERI, A. C. **Sistema Informatizado para gerenciamento da produção e qualidade da madeira em serrarias**. Lages, SC, Universidade do Planalto Catarinense, 2005. Relatório técnico.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S. Problemas e oportunidades com a utilização da madeira de eucalipto. In: Workshop: Técnicas de Abate, Processamento e Utilização da Madeira de Eucalipto. **Anais...** Viçosa-MG, 1999. p. 39-52.

OLIVEIRA, A. D.; MARTINS, E. P.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P.; SOUZA, A. N. Viabilidade econômica de serrarias que processam madeira de florestas nativas: o caso do município de Jarú, estado de Rondônia. **Cerne**, Lavras, v.9, n.1, p.001-015, 2003.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Text book of wood technology**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1970.

PEREZ, A. R.; KAWAZOE, L. Sistema construtivo em madeira. In: **Tecnologia de edificações** – projeto de divulgação Lix da Cunha. São Paulo, IPT, cap. 2, p. 187-192, 1988.

PIRES, B. M. **Efeito da desrama artificial no crescimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* para serraria**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Viçosa, 2000.

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

PYNDYCK R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 7 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 647 p., 2009.

RAMPAZZO, S. E.; SPONCHIADO, M. O uso da madeira de reflorestamento na construção civil com enfoque na habitação. **Revista de Pesquisa e Pós-Graduação**, Erechim, v.1, p. 131-148, 2000.

ROCHA, M. P. da. **Desdobro Primário da Madeira**. – Série Didática FUPEF, Curitiba, n. 02/99. Curitiba, 61 p., 1999.

ROCHA, M. P. da. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2000.

ROCHA, M. P. da. TOMASELLI, I. Efeito de modelo de corte nas dimensões de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.8, n.1, p 94-103, 2001.

ROCHA, M. P. da. **Técnicas de planejamento em serrarias**. Série Didática FUPEF, Curitiba, n. 02/01, 121 p., 2002.

RODERJAN, C. V. O gênero *Eucalyptus* L'Herit (1788) – Myrtaceae. Notas de aula. Departamento de Silvicultura e Manejo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1999.

SAMPAIO, A. N. **O eucalipto na conferência de Roma**. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**. Rio de Janeiro, v. 9, n. 9, p. 272-290, 1957.

SANTOS, F. L. C. Perspectivas do mercado nacional de madeiras serradas oriundas de florestas plantadas. In: Simpósio IPEF, VI, Piracicaba, 1996. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1996. p. 31-52.

SANTOS, I. S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus* sp. para produção de pisos a partir de toras de pequenos diâmetros**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

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

SCOLFORO, J. R. S.; JÚNIOR, F. W. A.; OLIVEIRA, A.D. de; MAESTRI, R. Simulação e avaliação econômica de regimes de desbastes e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 2001.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em Resumo**. Brasília: SFB, 152 p., 2010.

SILVA, M. L. da; MIRANDA, G. M. Custos. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *E. grandis* de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 160 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SIMONDS INTERNATIONAL, Aplicação de Ferramentas de corte para a madeira, **Anais do II Congresso de Iniciação Científica da UNESP / Itapeva-SP**, 2005.

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.** 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, 2006.

STUNGO, N. **Wood: new directions in design and architecture.** San Francisco: Chronicle Books LLC, 2001.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R. **Análise econômica do manejo de baixo impacto em florestas tropicais - um estudo de caso.** 175 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2004.

TOLLEFSON, J. **Brazil goes to war against logging.** Nature, London, v. 452, n. 7184, p. 134-135, 2008.

TONINI, H. **Crescimento e produção de clones *Eucalyptus saligna* Smith, na depressão central e serra do Sudeste.** 289 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization.** New York: Chapman e Hall. 1991.

TURRA, F. E. **Análise de diferentes métodos de cálculo de custos de produção na agricultura brasileira.** Curitiba: OCEPAR, 86 p., 1990.

TUSET, A.; DURAN, F. **Manual de Madeiras Comerciales,** Equipos y Proceso de Utilizacions. Uruguai, Editorial Hemisfério Sul, 1979.

VALENÇA, A. C. V.; PAMPLONA, L. M. P.; SOUTO, S. W. Os novos desafios para a indústria moveleira no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.15, p.83-96, 2002.

VALÉRIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F.; SANTOS, R. T. dos; BRANDELEIRO, C.; KHOELER, H. S. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (BERTOL.) O. KUNTZE. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 387-398, 2007.

VIANNA NETO, J. A. Considerações básicas sobre o desdobro de *Pinus* spp. **Silvicultura**, Curitiba, Ano IX, n. 34, p 15-19,1984.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de eucalipto. **Informe Agropecuário** n. 141. Belo Horizonte, 1986.

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

ZATTA, F. N. Custos indiretos (fixos) versus receita operacional líquida: um estudo do setor elétrico. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COSTOS, Punta del Este, 2003. Disponível em: <http://www.ufjf.br/mba_financas>. Acesso em: 18 de set. 2015.

WADE, M. W.; BULLARD, S. H.; STEELE, P. H.; ARAMAN, P. A. Estimating hardwood sawmill conversion efficiency based on sewing machine and log characteristics. **Forest products journal**, Georgia, v.42, n.11/12, p.21-26, 1992.

WERNKE, R. **Análise de custos e preços de venda: ênfase em aplicações e casos nacionais**. Ed. Saraiva, São Paulo, 2005.

WIPIESKI, C. J.; LOPES, F. S.; JUNIOR, R. O.; SISCORTE: uma ferramenta de otimização de serrarias. **STCP Informativo**. n. 6, p 22-25, 2002.

WOLFE, R. W. Engineered Uses. In: MAEGLIN, R. R. **Forest products from Latin America**; An almanac of the state of the knowledge and the state of the art. Madison, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p.121-128, 1991.