

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALBERTO ANTÓNIO MANHIÇA

**RENDIMENTO E EFICIÊNCIA NO DESDOBRO DE *Pinus* sp. UTILIZANDO
MODELOS DE CORTE NUMA SERRARIA DE PEQUENO PORTE**

CURITIBA

2010

ALBERTO ANTÓNIO MANHIÇA

**RENDIMENTO E EFICIÊNCIA NO DESDOBRO DE *Pinus* sp. UTILIZANDO
MODELOS DE CORTE NUMA SERRARIA DE PEQUENO PORTE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha.

Co-orientador: Prof. Dr. Romano Timofeiczuk Junior.

CURITIBA

2010

DEDICATÓRIA

Aos meus pais António Alberto Manhiça e Lúcia Zacarias Condzo que muito
contribuíram para a minha formação.

A toda a família Manhiça e em especial a minha tia Rostina Manhiça pelo incentivo e
contribuição para a minha formação.

Aos meus tios Samuel e Jorgina Chongo que muito oraram por mim para que Jesus
Cristo tomasse o controle de tudo.

AGRADECIMENTOS

A Deus e Pai do nosso Senhor Jesus Cristo, pela sabedoria e entendimento concedidos para materialização deste trabalho e acima de tudo agradeço ao meu PAI celestial pela saúde e proteção que me proporcionou ao longo do curso.

Ao Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha, orientador, pelo conhecimento e experiência repassados para a realização deste trabalho bem como pela atitude de pai prestada, dando toda a assistência necessária para minha integração no Brasil e na Universidade.

Ao Prof. Dr. Romano Timofeiczuk Junior pela co-orientação. Agradeço imenso pelo conhecimento repassado e as suas sugestões que permitiram a realização do trabalho.

Ao Sr Nosley Luiz Bernardi e família, pelas “portas abertas” na empresa permitindo a coleta de dados para a realização do trabalho. Estendo o meu agradecimento aos senhores André Studzinski, António Carlos de Oliveira, Luís Guesser, Pedro Cabral, Renato Correia e Zeno dos Santos, pelo apoio prestado durante o trabalho de campo.

Ao Professor Msc. José Guilherme Prata pela grande amizade e todo o apoio prestado na realização do trabalho.

Aos Professores Dr. Nilton José de Sousa, Dr. Dartagnan Baggio Emerenciano, Dr. Nelson Rosot, Dra. Graciela Ines Bozon de Muñiz, Dr. Jorge Luis Monteiro de Matos, Dr. Setsuo Iwakiri, Dr. Ricardo Jorge Klitzke, agradeço a calorosa amizade principalmente a hospitalidade prestada facilitando a minha integração no Brasil e na Universidade.

Aos meus colegas de turma Maria Guadalupe, Marina de Souza, Sílvia Romão, Rosilani, Ernesto, Everilton e Carlos, pela amizade, convivência e apoio prestado nas matérias lecionadas durante o curso.

A Mayra Tavares Gil, Renato, Noemi Ansay e Samuel Ansay, pela amizade e convivência. Agradeço em especial a Mayra pela recepção calorosa e encaminhamento à Igreja Comunhão Cristã ABBA de Curitiba bem como a assistência e apoio prestados para a minha integração no Brasil.

Aos meus colegas Horácia Mula, Cláudio Cuaranhua, Jacob Bila, Clemência Chitsondzo e Mário Tuzine, pela amizade, convivência, apoio mútuo durante a estadia no Brasil.

Ao Eng^o Msc. Agnelo dos Milagres Fernandes, pela amizade e voto de confiança depositado em mim.

À minha namorada Ana Marcília Matsimbe, com muito carinho e amor, mesmo distante de mim, marcou presença em mim permanentemente durante o curso e estadia no Brasil.

A dra. Maria Elisa Chavane, Dra. Teresa Alves, Eng^o Msc. Muino Taquidir, Dra Lídia Brito, Sr. Agostinho Langa, pela amizade e acima de tudo, pela confiança depositada em mim para a concretização da minha formação em tecnologia da madeira.

RESUMO

Nesta pesquisa pretendeu-se avaliar uma metodologia de desdobro de toras que envolve a classificação destas e estabelecimento de modelos de corte para diferentes classes diamétricas aplicadas em um programa de computador MaxiTora visando a otimização no desdobro de toras. Para tal, foram selecionadas 80 toras de *Pinus sp* com diâmetros que variaram de 24 cm a 33 cm, formando quatro classes diamétricas com 20 toras por classe. Em cada classe diamétrica, as toras foram separadas em dois lotes com 10 unidades, onde o primeiro lote foi submetido ao desdobro aleatório e o segundo lote foi submetido ao desdobro programado. Para cada tora foi cronometrado o tempo efetivo de desdobro até que a última peça de madeira fosse refilada. Para o sistema de desdobro aleatório, os rendimentos obtidos em todas as classes diamétricas variaram de 44,96% a 52,47%, onde a média geral correspondeu a 49,01%. A eficiência técnica alcançada a partir do mesmo sistema de desdobro variou de 9,71 a 11,22 m³/operário/turno e a média geral correspondeu 10,18 m³/operário/turno. No sistema de desdobro programado, os rendimentos obtidos variaram de 49,93% a 55,25% em todas as classes diamétricas estudadas e a média geral correspondeu a 52,14%. A eficiência técnica alcançada através do mesmo sistema de desdobro variou de 7,78 a 8,99 m³/operário/turno, e a média geral correspondeu a 8,07 m³/operário/turno. As análises de custos revelaram que no sistema de desdobro aleatório foram obtidos os valores de R\$ 41,32/m³, R\$ 221,95/m³ e R\$ 263,26/m³ correspondendo ao custo fixo médio, custo variável médio e custo total médio, respectivamente. Com o desdobro programado houve redução nos valores obtidos para R\$ 38,84/m³, R\$ 208,63/m³ e R\$ 247,46/m³ correspondendo ao custo fixo médio, custo variável médio e custo total médio, respectivamente.

Palavras-chave: Desdobro de toras. Rendimento. Otimização. Eficiência técnica. Custos.

ABSTRACT

In this research it was intended to evaluate a methodology of cutting logs that involves both their classification and the establishment of models of cut for different diametrical classes. The software MaxiTora was employed aiming the optimization of cutting logs. For such, 80 logs of *Pinus sp* had been selected with diameter that varied from 24 cm to 33 cm, gathering four diametrical classes with 20 logs each. In each diametrical class, the logs had been separate in two lots with 10 units, where the first lot was submitted to random cutting and the second lot was submitted to the programmed cutting. For each log the effective time of cut was recorded until the last lumber piece was edged. For the random cutting system, the yield obtained in all the diametrical classes had varied from 44.96% to 52.47%, where the general average corresponded to 49.01%. The efficiency reached from the same cutting system varied from 9.71 to 11.22 m³/operator.day and the general average corresponded to 10.18 m³/operator/day. In the programmed cutting system, the yield varied from 49.93% to 55.25% in all the studied diametrical classes and the general average corresponded to 52.14%. The efficiency reached through the same cutting system varied from 7.78 to 8.99 m³/operator.day, while the general average corresponded the 8.07 m³/operator.day. The analyses of costs revealed that in the random system the obtained values were R\$ 41.32/m³, R\$ 221.95/m³ and R\$ 263.26/m³ corresponding to the average fixed cost, average variable cost and average total cost respectively. With the programmed cutting it was observed reduction in the obtained values for R\$ 38.84/m³, R\$ 208.63/m³ and R\$ 247.46/m³, corresponding to the average fixed cost, average variable cost and average total cost, respectively.

Keywords: cut of logs. Yield. Optimization. Efficiency technique. Costs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- PRODUÇÃO E CONSUMO DE MADEIRA SERRADA DE 1998 A 2008 .8	8
FIGURA 2 - EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MADEIRA SERRADA DE 1998 A 2008	8
FIGURA 3 - TELA DE CADASTRO DO MAXITORA.....	21
FIGURA 4 - TELA DE OTIMIZAÇÃO DO MAXITORA	21
FIGURA 5 - PREÇO MENOR QUE CUSTO VARIÁVEL MÉDIO MÍNIMO (PONTO A)	25
FIGURA 6 - PREÇO IGUAL AO CUSTO VARIÁVEL MÉDIO MÍNIMO (PONTO A)..	26
FIGURA 7 - PREÇO IGUAL AO CUSTO TOTAL MÉDIO MÍNIMO (PONTO A).....	26
FIGURA 9 - VISTA GERAL DA SERRARIA.....	29
FIGURA 10 – LAY-OUT DA SERRARIA ILUSTRANDO A DISPOSIÇÃO DAS MÁQUINAS	30
FIGURA 11 - TORAS MARCADAS E PINTADAS NO TOPO DA MESA DE ALIMENTAÇÃO DA SERRA PRINCIPAL.....	32
FIGURA 12 - CORTE TANGENCIAL UTILIZADO NO DESDOBRO ALEATÓRIO ...	34
FIGURA 13 - MODELO I PROPOSTO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA DE 24,0 cm A 26,0 cm	35
FIGURA 14 - MODELO II PROPOSTO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA DE 26,1 cm A 28,0 cm	36
FIGURA 15 - MODELO III PROPOSTO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA DE 28,1 cm A 30,0 cm	37
FIGURA 16 - MODELO IV PROPOSTO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA DE 30,1 cm A 33,0 cm	38
FIGURA 17 - MADEIRA SERRADA OBTIDA DO DESDOBRO DE TORAS E APTA PARA MEDIÇÃO	39
FIGURA 18 - GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE RENDIMENTO POR CLASSE DIAMÉTRICA ENTRE OS DESDOBROS ALEATÓRIO E PROGRAMADO	60

FIGURA 19 - GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA POR CLASSE DIAMÉTRICA ENTRE OS DESDOBROS ALEATÓRIO E PROGRAMADO	63
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ÁREAS E DISTRIBUIÇÃO DE FLORESTAS PLANTADAS COM PINUS NO BRASIL	5
TABELA 2 - RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA EM FUNÇÃO DA CLASSE DIAMÉTRICA COM DESDOBRO CONVENCIONAL E DESDOBRO PROGRAMADO	12
TABELA 3 - NÚMERO DE TORAS SELECIONADAS POR CLASSE DIAMÉTRICA	31
TABELA 4 – MODELO DE CORTE, DIÂMETRO MÉDIO DA CLASSE E RENDIMENTO ESTIMADO NO DESDOBRO PROGRAMADO.....	38
TABELA 5 - VOLUME DA TORA, VOLUME DA MADEIRA SERRADA E RENDIMENTO PARA DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS NO DESDOBRO ALEATÓRIO	48
TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO DESDOBRO ALEATÓRIO	51
TABELA 7 - VOLUME DA TORA, VOLUME DA MADEIRA SERRADA E RENDIMENTO PARA DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS NO DESDOBRO PROGRAMADO.....	53
TABELA 8 - VALORES MÉDIOS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO DESDOBRO PROGRAMADO	57
TABELA 9 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE RENDIMENTO ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E O PROGRAMADO	58
TABELA 10 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E PROGRAMADO	62
TABELA 11 - CUSTO FIXO TOTAL, CUSTO VARIÁVEL TOTAL E CUSTO TOTAL DA SERRARIA COM DESDOBRO ALEATÓRIO	64
TABELA 13- CUSTOS VARIÁVEIS DA SERRARIA NO DESDOBRO ALEATÓRIO	66
TABELA 14 - COMPARAÇÃO DE COMPONENTES DE CUSTO FIXO MÉDIO ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E PROGRAMADO	67
TABELA 15 - COMPARAÇÃO DE COMPONENTES DE CUSTO VARIÁVEL MÉDIO ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E PROGRAMADO	68
TABELA 16 - COMPARAÇÃO DO CUSTO TOTAL MÉDIO ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E PROGRAMADO NAS CLASSES DIAMÉTRICAS	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo geral.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 FLORESTAS PLANTADAS NO BRASIL.....	4
2.2 DISTRIBUIÇÃO DO PINUS NO BRASIL.....	4
2.3 PROPRIEDADES DA MADEIRA DE PINUS.....	5
2.4 MADEIRA SERRADA DE PINUS.....	7
2.5 DESDOBRAMENTO DA MADEIRA DE PINUS.....	9
2.6 RENDIMENTO E EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA	11
2.7 FATORES QUE AFETAM O RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA	14
2.7.1 Diâmetro de toras	14
2.7.2 Qualidade de toras (Defeitos das toras)	15
2.7.3 Técnicas de desdobro.....	16
2.7.4 Operação dos equipamentos.....	18
2.8 USO DE PROGRAMAS DE OTIMIZAÇÃO NO DESDOBRAMENTO DE TORAS	19
2.8.1 Descrição do programa MaxiTora.....	20
2.9 CUSTOS DE PRODUÇÃO	22
2.9.1 Generalidades	22
2.9.2 Conceito de custos	23
2.9.3 Importância dos custos médios	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO.....	28
3.2 DESCRIÇÃO DA SERRARIA	28
3.3 ESPÉCIE UTILIZADA.....	31
3.4 SELEÇÃO DE TORAS E CLASSES DIAMÉTRICAS UTILIZADAS.....	31
3.6 OBTENÇÃO DO VOLUME DE TORAS.....	32
3.7 SISTEMAS DE DESDOBRAMENTO	33
3.7.1 Desdobro aleatório.....	33
3.7.2 Desdobro programado	34
3.8 OBTENÇÃO DO VOLUME DA MADEIRA SERRADA.....	39
3.9 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO VOLUMÉTRICO DA MADEIRA SERRADA	40
3.10 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA SERRARIA.....	41
3.11 CUSTOS DE PRODUÇÃO	42
3.11.1 Custos fixos	42
3.11.2 Custos variáveis	43
3.11.3 Custo total de produção.....	44
3.11.4 Custos unitários de produção	44
3.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 DESDOBRAMENTO ALEATÓRIO.....	47
4.1.1 Rendimento da serraria	47
4.1.2 Eficiência técnica da serraria	51
4.2 DESDOBRAMENTO PROGRAMADO.....	52
4.2.1 Rendimento da serraria	52

4.2.2	Eficiência técnica da serraria	57
4.3	COMPARAÇÃO ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E O DESDOBRO PROGRAMADO	58
4.4	CUSTOS DE PRODUÇÃO	64
4.4.1	Desdobro aleatório.....	64
4.4.2	Desdobro programado	66
5	CONCLUSÕES	70
6	RECOMENDAÇÕES	72
	REFERÊNCIAS	73
	ANEXO	77

1. INTRODUÇÃO

O Brasil com aproximadamente 5,5 milhões de hectares plantados é um dos países com maiores plantios florestais no mundo destacando-se na sétima posição no ranking depois da China, Índia, Estados Unidos da América, Japão e Indonésia, predominando as espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (ABRAF, 2008). A madeira proveniente desses plantios destina-se principalmente à produção de papel e celulose, painéis de madeira, madeira serrada, carvão vegetal, energia industrial.

O pinus constitui uma das essências florestais mais utilizadas no Brasil na indústria de madeira processada mecanicamente. A região sul do país concentra maior parte dessas florestas, sendo os Estados do Paraná e de Santa Catarina detentores da maior área plantada com o pinus (ABIMCI, 2007).

O consumo de madeira de pinus em toras cresceu significativamente no País nos últimos anos. Em 1990 o consumo da madeira em toras era de 19 milhões de metros cúbicos e nos últimos anos está em torno de 42 milhões de metros cúbicos. No entanto, a Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS) salienta que até o ano de 2020 poderá ocorrer um aumento da demanda para mais de 80 milhões de metros cúbicos. Com essa projeção pode-se prever que, embora atualmente haja oferta de madeira no mercado, caso não ocorra a expansão de plantios de pinus no decorrer dos anos, o país poderá enfrentar problemas relacionados com a escassez da matéria prima para o suprimento da indústria.

Entretanto, é importante que o estabelecimento de novos plantios para fazer face à demanda por madeira de reflorestamento esteja associado ao desenvolvimento de novas tecnologias visando melhorar os níveis de aproveitamento da matéria-prima e assegurar o suprimento da indústria ao longo do tempo. Algumas serrarias adotam novos procedimentos técnicos no processamento da madeira que visam não só reduzir os custos de produção e aumentar valor ao produto final para manter a competitividade no mercado, mas também assegurar que os subprodutos gerados no processo, possam ser utilizados como matéria-prima em indústrias de painéis de partículas, papel e celulose.

Por outro lado, uma vez que as toras de pinus são de menor diâmetro e variabilidade reduzida, a conversão de toras em serrarias pode ocorrer através de um processo rápido e automatizado (ROCHA, 2002).

Na região sul do Brasil é comum encontrar várias serrarias pequenas processando a madeira de pinus usando um equipamento lento e técnicas não adequadas. A operação de desdobro é dependente da experiência do operador da máquina principal na visualização de todas as alternativas na tora de acordo com as suas características (diâmetro e defeitos) para a tomada de decisão visando a retirada de peças de madeira para atender o objetivo da empresa. Essa atitude, na maioria das vezes, resulta em níveis relativamente baixos de rendimento em madeira serrada, acarretando um aproveitamento inadequado da matéria-prima, além de ocorrer maior consumo de madeira em toras para alcançar a meta de produção da empresa. Portanto, torna-se necessário adotar estratégias que visem assegurar o maior aproveitamento possível da matéria-prima na obtenção de produtos desejados.

Neste contexto, é possível dispor de uma metodologia de desdobro de toras que envolva a classificação destas e o estabelecimento de modelos de corte para diferentes classes diamétricas envolvendo um programa de computador que resulte na otimização da produção e na redução de custos no desdobro de toras.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Apresentar alternativa para melhor aproveitamento no desdobro de toras de *Pinus* sp.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar o rendimento no desdobro aleatório de toras adotado por uma serraria em diferentes classes diamétricas;
- Propor uma metodologia de desdobro utilizando a classificação de toras e modelos de corte gerados empregando o programa de computador Maxitora para cada classe diamétrica;
- Determinar a eficiência de conversão de toras na serraria em diferentes classes diamétricas;
- Comparar os custos de produção de madeira serrada nos sistemas de desdobro aleatório e programado;

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FLORESTAS PLANTADAS NO BRASIL

De acordo com ABRAF (2008), atualmente existem cerca de 5,5 milhões de hectares de florestas plantadas com pinus e eucalipto no País, concentrados principalmente, nos Estados de Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Bahia. Desse total, 3.751.867 hectares correspondem ao plantio de eucalipto e 1.808.336 hectares são ocupados pelo pinus. O estado de Minas Gerais é o que apresenta maior área de florestas plantadas com 1.250.209 hectares seguido dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Bahia com 956 mil hectares, 824 mil hectares, 622 mil hectares e 591 mil hectares respectivamente. Além do pinus e eucalipto, existem outras espécies como acácia, paricá e seringueira que fazem parte da área florestal plantada no Brasil (ABIMCI, 2007).

2.2 DISTRIBUIÇÃO DO PINUS NO BRASIL

Segundo ABRAF (2008), as plantações de pinus concentram-se em maior parte na região sul do país, particularmente nos estados do Paraná e Santa Catarina. Os dois estados, somando as suas áreas de plantio, chegam a formar quase 70% do pinus existente no Brasil. A distribuição das áreas com florestas plantadas de pinus no Brasil até o ano de 2007 pode ser resumida na TABELA 1.

TABELA 1 - ÁREAS E DISTRIBUIÇÃO DE FLORESTAS PLANTADAS COM PINUS NO BRASIL

Região	Estado	Pinus (ha)
Sul	Paraná	701.578
	Santa Catarina	548.037
	Rio Grande do Sul	182.378
Sudeste	Minas Gerais	144.248
	São Paulo	143.148
	Espírito Santo	4.093
Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	20.697
	Goiás	13.828
	Mato Grosso	7
Nordeste	Bahia	41.221
Norte	Pará	101
	Amapá	9.000
TOTAL		1.808.336

FONTE: ABRAF (2008), STCP

Na região sul do país predominam o *Pinus taeda* e o *Pinus elliottii* enquanto que nas regiões sudeste e centro-oeste são encontradas as espécies de *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea* var. *caribaea* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (ABIMCI, 2007).

2.3 PROPRIEDADES DA MADEIRA DE PINUS

O conhecimento das propriedades da madeira, tal como algum outro material como ferro, plástico, etc., constitui um pré-requisito básico para a sua utilização na indústria como matéria prima na manufatura de vários produtos.

O uso de novas tecnologias voltadas à transformação da madeira em produtos de boa qualidade requer o conhecimento sobre as características da matéria prima.

Existem várias propriedades que podem ser examinadas dependendo da finalidade que se pretende dar à madeira, sendo que as mais comuns incluem a massa específica, retratibilidade, módulo de elasticidade e módulo de ruptura.

A massa específica é uma das propriedades físicas muito importante na caracterização tecnológica da madeira, visto que a sua variação está relacionada com várias outras propriedades como a resistência mecânica, o grau de alteração dimensional na madeira pela perda ou absorção de água (HEYGREEN; BOWYER, 1982). De acordo com Tsoumis (1991) a massa específica da madeira pode variar dentro da árvore e essa variação acontece ao longo do tronco que é a componente principal da árvore. A variação da massa específica pode ser no sentido vertical (da base para o topo da árvore) ou horizontal (da medula à casca). Em geral em coníferas tal como no gênero *Pinus*, existe a tendência de redução da massa específica com a altura da árvore.

A variação vertical da massa específica é também influenciada pela presença da madeira juvenil na região da medula. A proporção deste tipo de madeira é maior na parte superior do tronco e portanto, no topo da árvore. Na posição horizontal, a influência da idade da árvore fica mais clara pois o lenho apresenta-se em diferentes estágios da vida da árvore (juvenil e tardio) causando diferenças na massa específica. O lenho juvenil quando presente caracteriza-se por apresentar uma massa específica mais baixa, maior ângulo microfibrilar, traqueíodes mais curtos, contração longitudinal maior, menor teor de celulose, maior teor de lignina, paredes celulares mais finas e menor porcentagem de lenho tardio.

Devido ao crescimento rápido, as espécies do gênero *Pinus* plantadas no sul do Brasil atingem dimensões para a comercialização com menor idade. A madeira de árvores jovens possui maior porcentagem do lenho juvenil do que a madeira de árvores adultas. A madeira juvenil tem implicações negativas na serraria, pois contribui sensivelmente para o empenamento da madeira serrada durante a secagem (PONCE, 1984).

Existem algumas pesquisas desenvolvidas para avaliar a qualidade da madeira em algumas espécies do gênero *pinus*. Muniz (1993) trabalhando com *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* de plantios com 30 anos de idade, obteve valores de massa específica compreendidas entre 0,46 g/cm³ e 0,57 g/cm³.

De acordo com Winandy (1994), a trabalhabilidade da madeira usando ferramentas manuais ou equipamentos é afetada pela massa específica. Em geral os valores da massa específica podem ser usados como guia para avaliar a trabalhabilidade da madeira, pois valores altos ditam dificuldade na trabalhabilidade

da madeira. Além da massa específica existem outros fatores como o desvio da grã, presença de minerais que afetam a trabalhabilidade da madeira.

A massa específica da madeira sendo uma medida da quantidade do material lenhoso por unidade de volume, influencia as propriedades de resistência da madeira. Assim sendo, as propriedades mecânicas têm os seus valores aumentados com o incremento da massa específica.

2.4 MADEIRA SERRADA DE PINUS

O aproveitamento eficiente e racional do recurso florestal passa fundamentalmente pela transformação na base industrial de toras em produtos acabados para abastecer principalmente o mercado de móveis e de construção civil. A serraria é uma das principais indústrias florestais transformadora da madeira bruta para a obtenção de madeira maciça. Assim, todos os produtos resultantes do desdobro de toras tais como pranchas, tábuas, blocos, dormentes, vigas são denominados madeira serrada e constituem a base para a produção de produtos de maior valor agregado (PMVA). Os PMVA agrupam, entre vários produtos, portas, janelas, molduras, painel colado lateral (*EGP – edge glued panel*), pisos de madeira e componentes para móveis (ABIMCI, 2007).

O pinus constitui-se atualmente a principal matéria prima proveniente de florestas plantadas para o suprimento de muitas serrarias particularmente, as da região sul do país dada, até então, a sua disponibilidade. Segundo ABIMCI (2008), no ano de 2007, a madeira serrada de pinus produzida atingiu um volume de aproximadamente 9,3 milhões de metros cúbicos resultando num aumento de 2% em relação ao ano de 2006 e esta produção ficou concentrada principalmente na Região Sul do País. Por outro lado, no que tange ao consumo, o mercado doméstico apresentou uma demanda pelos serrados em torno de oito milhões de metros cúbicos (FIGURA 1).

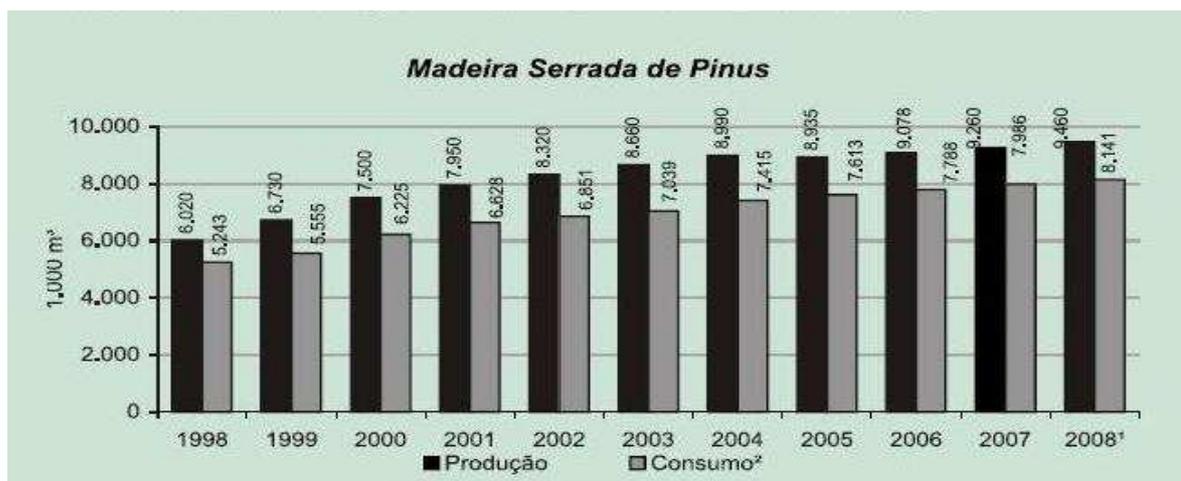


FIGURA 1- PRODUÇÃO E CONSUMO DE MADEIRA SERRADA DE 1998 A 2008

FONTE: ABIMCI (2008)-Estudo Setorial de 2008

Avaliando as exportações brasileiras de madeira serrada no ano de 2007, houve uma queda de 1,7% em volume e queda de 6,5% em valor quando comparado com o ano de 2006 (FIGURA 2). Os Estados Unidos e a China são alguns dos países importadores da madeira serrada de pinus proveniente do Brasil.

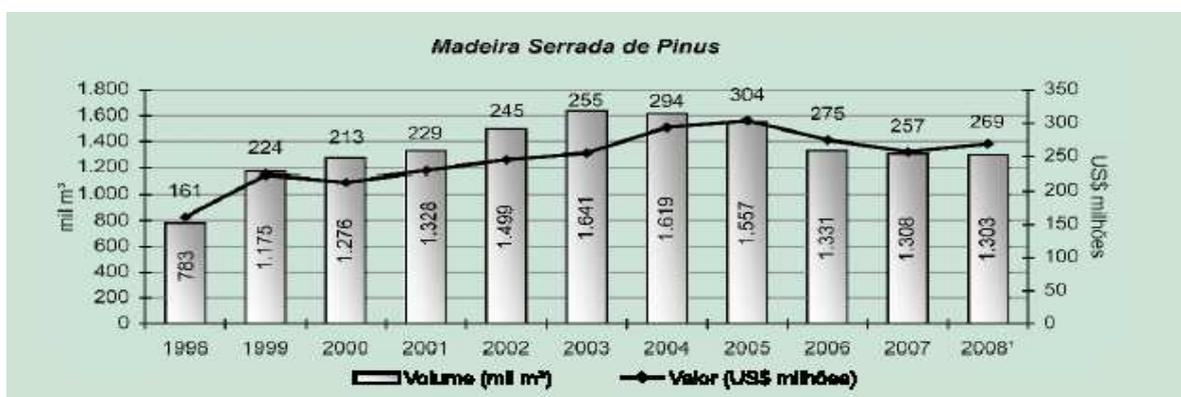


FIGURA 2 - EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MADEIRA SERRADA DE 1998 A 2008

FONTE: ABIMCI (2008)-Estudo Setorial de 2008

2.5 DESDOBRO DA MADEIRA DE PINUS

O sistema de desdobro de toras é o processo normalmente utilizado para serrar uma tora, ou seja, a transformação de uma peça de seção circular em peças retangulares e quadrangulares (VIANNA NETO, 1984). Ainda para o mesmo autor, existem vários sistemas que podem ser adaptados às diversas espécies e formas de toras.

Segundo Del Menezzi (1999) *apud* Vital (2008), os sistemas de desdobro podem ser classificados do seguinte modo:

- 1) Corte segundo a orientação em relação aos anéis de crescimento e raios lenhosos (tangencial e radial);
- 2) Corte de acordo com a orientação quanto ao eixo longitudinal da tora;
- 3) Corte quanto à continuidade dos cortes (sucessivos, simultâneos ou alternados);
- 4) De acordo com os sistemas especiais de corte para evitar defeitos.

O corte tangencial permite obter predominantemente peças tangenciais aos anéis de crescimento, onde a tora é serrada em cortes longitudinais paralelos dividindo-se a mesma em várias peças de faces paralelas (ROCHA, 2002). De acordo com Vianna Neto (1984), este sistema geralmente é o mais utilizado em serrarias, dado a simplicidade na sua aplicação e a possibilidade de ser utilizado para qualquer diâmetro de tora. Para Tuset e Duran (1979) é um sistema recomendado para obter maior número de peças com face tangencial. Vital (2008) menciona que na realização do corte tangencial há maior eficiência da serra devido a menor manipulação da tora, mas todas as peças retiradas devem passar pela refiladeira para acertar as bordas laterais.

No corte radial, a serra atravessa perpendicularmente os anéis de crescimento e coincide com os raios lenhosos. Para obter peças no sentido radial em maior proporção é um processo complicado e oneroso devido a sucessivas manipulações feitas à tora durante o desdobro (TUSET; DURAN, 1979). Portanto, o sistema de desdobro radial só é utilizado em situações onde algumas características específicas da madeira são desejadas como, por exemplo, a obtenção de aspectos decorativos da superfície da madeira, peças com reduzida instabilidade dimensional bem como a obtenção de madeira para construção de instrumentos musicais (TUSET; DURAN, 1979; FONTES, 1994; ROCHA, 2002).

Devido à conicidade existente na maioria das toras, principalmente em coníferas, podem ser adotados os sistemas de desdobro em relação ao eixo longitudinal da tora que incluem cortes paralelos ao eixo longitudinal e cortes paralelos a casca (TUSET; DURAN, 1979; VIANNA NETO, 1984; ROCHA, 2002). O sistema relativo a cortes paralelos ao eixo longitudinal da tora representa a quase totalidade dos sistemas comumente utilizados em serrarias (VIANNA NETO, 1984; TUSET; DURAN, 1979). Consiste basicamente em eliminar a conicidade, serrando costaneiras com espessuras que variam de uma ponta a outra, obtendo-se peças serradas paralelas ao eixo longitudinal. Este método pode ser efetuado em qualquer equipamento disponível na serraria (VIANNA NETO, 1984). Ainda para o mesmo autor, os cortes paralelos à casca constituem um sistema adequado para obtenção de peças estruturais e é pouco recomendado para madeira de coníferas.

O corte sucessivo constitui o sistema de desdobro mais comum e consiste em realização de cortes longitudinais paralelos entre si resultando em várias peças paralelas (TUSET; DURAN, 1979; ROCHA, 2002 e VITAL, 2008). Este tipo de corte é comum ser efetuado usando, geralmente uma serra fita simples com carro portadora ou uma serra circular simples também com carro porta-tora (VIANNA NETO, 1984).

Os cortes simultâneos ou múltiplos geralmente são efetuados por equipamentos que possuem duas ou mais serras que desdobram a tora simultaneamente (VIANNA NETO, 1984). Máquinas como serras de fita duplas, quádruplas e serras circulares duplas ou múltiplas podem ser utilizadas.

Os cortes alternados geralmente são aplicados com o uso da serra fita simples com carro ou serra circular com carro porta-tora (VIANNA NETO, 1984). Os primeiros cortes são efetuados sucessivamente numa face da tora para depois girar a mesma e serrar no lado oposto, abrindo novas faces que poderão ser paralelas ou perpendiculares às primeiras (VITAL, 2008; TUSET e DURAN, 1979).

No caso do pinus tratando-se de um gênero de espécies de rápido crescimento e que apresenta a madeira juvenil envolvendo a medula da tora é recomendado, de acordo com Vianna Neto (1984), o uso de modelos de corte especiais que levem em consideração as características da espécie de modo a obterem-se produtos adequados à utilização.

2.6 RENDIMENTO E EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA

De acordo com Rocha (2002), existem vários parâmetros que podem servir de base para os gestores da serraria avaliarem o seu desempenho, dos quais, nomeadamente o rendimento e a eficiência, revelam com relativa transparência se as operações no empreendimento estão sendo executadas corretamente. Ainda para o mesmo autor, o rendimento de uma serraria é a relação entre o volume de madeira serrada e o volume de toras desdobradas num período ou turno.

Segundo Tsoumis (1991), o rendimento de conversão da madeira roliça em madeira serrada bruta está à volta de 30% a 70% e o resto resulta em serragem, costaneiras, pequenas ripas, etc. Entretanto, de acordo com Rocha (2002), o rendimento pode variar em termos gerais de 55% a 65% para coníferas e de 45% a 55% para folhosas.

Para Tsoumis (1991), o rendimento de madeira serrada é influenciado por vários outros fatores que envolvem a espécie (diâmetro da tora, comprimento, conicidade e defeitos), máquinas de desdobro (linha de serragem, condição e manutenção dos equipamentos, variação da serragem), modelos de corte (dimensões da madeira serrada), habilidades e experiência dos operadores das máquinas. Parte desses fatores também é mencionada por Vianna Neto (1984), acrescentando o tipo de produto a ser produzido e o grau de aproveitamento de subprodutos como costaneiras, cavacos, refilos, destopos, etc.

O desafio de qualquer serraria para manter-se competitiva no mercado prende-se ao contínuo aperfeiçoamento e melhoria no desempenho nas suas operações a começar pelo rendimento. Vital (2008) menciona que a avaliação precisa da forma e da qualidade da tora, bem como a otimização das decisões de corte contribuem grandemente para a maximização do rendimento. No caso específico de serrarias que desdobram toras de pinus, os aspetos ligados à melhoria de rendimento tornam-se importantes, pois, trata-se de matéria prima de pequenas dimensões e baixa qualidade (VIANNA NETO, 1984).

Biasi e Rocha (2003) desenvolveram um estudo cujo objetivo era avaliar o rendimento em madeira serrada de pinus e puderam selecionar quatro lotes de toras com diâmetros variando de 8 cm a 45 cm. As toras foram desdobradas de acordo com três diagramas de corte e foram obtidos rendimentos que variaram de 40,58% a 46,61%.

Valério *et al.* (2007) conduziram um estudo numa serraria de pequeno porte sobre a quantificação do rendimento de produtos e geração de resíduos de toras de *Araucaria angustifolia*, onde foram avaliadas toras com casca para diâmetros de 20 cm até mais do que 60 cm e os resultados mostraram que o rendimento obtido variou de 37% a 51,17%.

Ribas *et al.* (1989) estudaram o rendimento em madeira serrada e resíduos da serraria, a partir do desdobro de toras de *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii* em diferentes classes diamétricas e comprimentos. Os resultados obtidos mostraram em média que o rendimento da madeira serrada variou de 37,5% a 56,4% tendo sido significativo para toras de maior diâmetro e menor comprimento.

Murara Junior (2005) desenvolveu um estudo visando avaliar o efeito da classificação de toras e modelos de corte sobre o rendimento em madeira serrada de pinus para o desdobro convencional e programado. Os resultados mostraram uma variação no rendimento para o desdobro convencional de 37,03% a 46,62%. Por outro lado, os resultados do mesmo estudo mostraram também para o desdobro programado uma variação no rendimento de 44,93% a 63,58% (TABELA 2).

TABELA 2 - RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA EM FUNÇÃO DA CLASSE DIAMÉTRICA COM DESDOBRO CONVENCIONAL E DESDOBRO PROGRAMADO

Classe diamétrica (cm)	Rendimento (%)	
	Desdobro convencional	Desdobro programado
18,0-24,0	37,03	44,93
24,1-28,0	45,35	48,02
28,1-34,0	45,31	53,24
34,1-38,0	46,75	58,21
38,1-44,0	46,62	63,58
Média	44,21	53,60

FONTE: Murara Junior (2005)

Cardoso Junior (2008) conduziu uma pesquisa na serraria de uma empresa com o objetivo de comparar os rendimentos estimados a partir dos modelos de corte gerados por um programa otimizador com os rendimentos reais dos modelos obtidos na serraria. Os resultados mostraram que os modelos propostos pelo programa

otimizador geraram um rendimento maior em relação aos modelos reproduzidos pela serraria.

A eficiência de conversão de toras em madeira serrada pode afetar amplamente serrarias que processam a madeira de florestas plantadas de rápido crescimento, pois, trata-se de toras de pequenas dimensões e homogêneas requerendo elevada produção na serraria devido ao baixo custo do produto final. A eficiência constitui uma das ferramentas fundamentais para avaliar o desempenho da serraria nas operações de desdobro.

É importante ressaltar que no cálculo da eficiência na serraria é usado o volume de toras para que o diâmetro da tora e o rendimento não influenciem o resultado obtido (ROCHA, 2002). A eficiência indica a demanda de toras de uma serraria, importante para o planejamento de suas operações. No entanto, de um modo geral a eficiência é afetada por alguns fatores como a madeira (espécie, dureza e presença de defeitos), técnicas de desdobro, operador (número e experiência), *lay-out* da serraria, características e condições dos equipamentos, grau de automação da serraria, etc (TSOUMIS, 1991; ROCHA, 2002).

Haygreen e Bowyer (1982) relatam que o grande avanço para aumentar os níveis da eficiência em serrarias está relacionado com a aplicação de *scanners* eletrônicos acoplados a um computador para a varredura do perfil da tora (diâmetro, comprimento e forma) e posicionamento da mesma em relação a serra principal para a localização do corte de abertura.

Adicionalmente, Williston (1978) faz referência que os *scanners* permitem avaliar a geometria da tábua e definem a melhor posição da mesma de modo que ao passar pela refiladeira, alcançam o máximo aproveitamento. Para o mesmo autor, a inclusão dos *scanners* no *lay-out* combinados ao computador resulta também em um aumento surpreendente dos rendimentos em madeira serrada.

Batista e Carvalho (2007) conduziram uma pesquisa com o objetivo de avaliar o desempenho de uma serraria de pequeno porte estudando o tempo gasto na produção, rendimento e eficiência no desdobro de *Eucalyptus spp.* Os autores encontraram valores de rendimento e eficiência correspondentes a 44,86% e 4,96 m³/operário/turno, respectivamente.

Rocha (2002) apresenta uma classificação com valores de eficiência em serrarias de algumas regiões do mundo, mencionando que serrarias automatizadas do Brasil alcançam uma eficiência entre 20 a 50 m³/operário/dia; serrarias comuns, entre 5 a 10 m³/operário/dia; serrarias Norte americanas e Européias, acima de 50 m³/operário/dia; serrarias do Amazonas atingem 0,3 m³/operário/dia e as do Sudão atingem 0,1 m³/operário.

2.7 FATORES QUE AFETAM O RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA

Existem vários fatores que podem afetar significativamente o rendimento volumétrico de madeira serrada e dentre eles, destaca-se o diâmetro da tora, qualidade da tora, técnicas de desdobro e operação dos equipamentos.

2.7.1 Diâmetro de toras

Em geral, à medida que o diâmetro da tora aumenta também se incrementa o rendimento volumétrico (TSOUMIS, 1991; EGAS, 2000). Em geral, o desdobro de toras de menor diâmetro resulta em perdas de madeira na forma de costaneiras afetando o rendimento. Essa perda de madeira fica reduzida com a utilização de toras de maior diâmetro. Ponce (1984) relata que em serrarias que processam toras de coníferas de pequenos diâmetros, o rendimento cresce rapidamente quando se considera toras a partir de 15 cm até 30 cm de diâmetro. Entretanto, a partir de 30 cm registra-se um crescimento menos acentuado.

Acosta (1998) menciona uma pesquisa conduzida numa serraria que opera com serra fita simples em que se pretendia correlacionar o diâmetro com o rendimento em toras de 15 cm a 40 cm de diâmetro com casca cujo comprimento médio era de 4,1 m. Nessa pesquisa constatou-se que no sistema industrial utilizado, os rendimentos aumentaram com o diâmetro, sendo muito baixos em toras com 15 cm a 20 cm e em toras a partir de 35 cm a 40 cm foram registradas dificuldades no desdobro devido a problemas operativos nos sistemas pouco mecanizados por se tratar de toras maiores. No entanto, foi determinado um intervalo diamétrico ótimo para utilização de toras sendo a faixa de 25 cm a 35 cm para a obtenção de resultados satisfatórios no que concerne aos rendimentos.

Egas (2000) menciona que processar toras de pequenas dimensões, em termos de diâmetros, pode resultar em baixos níveis de rendimento para a serraria. É importante ressaltar que este fato não é sempre válido, pois é possível reduzir a influência negativa sobre o rendimento causada pelo uso de toras de pequenas dimensões, caso haja uma correta seleção de maquinário e equipamentos como, por exemplo, o uso de serras circulares que permitem o desdobro de toras pequenas e homogêneas com aplicação de maiores velocidades de alimentação favorecendo alta produção (ROCHA, 2002).

Ponce (1984) relata sobre o cuidado a ter no uso de toras de pequenas dimensões de espécies de rápido crescimento devido a presença do lenho juvenil em proporções maiores, pois limita o uso da madeira. O autor referencia que a madeira juvenil pode ser reduzida em termos relativos através de aumento de diâmetros das toras utilizadas.

2.7.2 Qualidade de toras (Defeitos das toras)

A qualidade de toras tem influência no rendimento e eficiência de uma serraria (VITAL, 2008). Os principais aspetos que permitem descrever a qualidade de toras estão relacionados com a forma do tronco, defeitos ou anormalidades visíveis na superfície da tora. Para Egas (2000), o rendimento diminui com a redução da qualidade de toras, uma vez que é perdida muita madeira ao se eliminar defeitos no desdobro de toras de baixa qualidade. Este fato é secundado por Hochheim e Martin (1993) referenciando que para além da perda da madeira, ocorre também a redução da velocidade de processamento de toras na serraria. Ainda para os mesmos autores, o posicionamento e reposicionamento durante o corte é sempre função da qualidade apresentada pela madeira.

Deste modo, torna-se necessário para a serraria considerar os defeitos da tora que poderão afetar todo o seu sistema de produção. Dentre os principais fatores que influenciam a qualidade da tora e seu aproveitamento em serraria, pode-se mencionar a conicidade e tortuosidade.

A conicidade é a diminuição do diâmetro do tronco da base para a copa da árvore (PONCE, 1984; ROCHA, 2002). Tsoumis (1991) menciona que o rendimento decresce com o aumento da conicidade da tora. No ponto de vista prático, a conicidade é considerada defeito quando o diâmetro da tora diminui em mais de um

centímetro em cada metro de comprimento, da base em direção à copa ou quando a circunferência da mesma diminui em mais de três centímetros em cada metro de comprimento (GROSSER, 1980; PONCE, 1984).

A tortuosidade é outro fator que merece uma atenção especial em serrarias, pois quando presente em toras, afeta a produção de madeira serrada limitando o comprimento das peças produzidas e, portanto, o rendimento.

Para Acosta (1998) em uma serraria é fundamental trabalhar com diâmetros adequados cuja madeira é livre de nós. O autor menciona algumas características de qualidade que a matéria prima considerada ideal deveria apresentar que incluem: homogeneidade da madeira e densidade adequada para o processo; boa forma circular, retidão e baixa conicidade; ausência de rachaduras e tensões; ausência de bifurcações; ausência da porção do fuste com diâmetro insuficiente; diâmetros adequados para o processo; ausência da medula excêntrica; reduzida madeira juvenil; etc.

Face às variações que a matéria-prima pode apresentar em termos de qualidade, de acordo com Ponce (1984), Vianna Neto (1984), Acosta (1998) e Vital (2008) é recomendável que as serrarias adotem critérios de classificação de toras visando contribuir para melhorar a utilização da matéria prima.

2.7.3 Técnicas de desdobro

É característica comum em serrarias que processam a madeira de espécies de reflorestamento como as do gênero pinus utilizarem toras de diâmetros pequenos que geralmente não ultrapassam 30 cm (VITAL, 2008). No processamento de toras de diâmetros pequenos têm-se em geral um rendimento menor na serraria (EGAS, 2000). No entanto, na atual conjuntura do mercado, para que a serraria com essas características alcance o sucesso no sentido de melhorar o aproveitamento da matéria prima, tanto pelo aumento do rendimento em madeira serrada assim como pela utilização de todos os subprodutos, Moosmayer (1984) menciona alguns requisitos que devem ser associados às técnicas de desdobro, entre os quais, 1) a velocidade de processamento, 2) cortes múltiplos, 3) flexibilidade e rapidez na variação dos modelos de corte, 4) mecanização e automatização do fluxo de produção e 5) separação e reaproveitamento de resíduos. Contudo, ainda é enorme o número de serrarias no País que não têm incorporado estes requisitos no seu

processo de produção, pois o investimento inicial para a modernização do empreendimento é alto.

De acordo com Ferreira *et al.* (2004), características externas (conicidade, curvatura e o achatamento) e internas (tensões de crescimento, excentricidade da medula e largura da rachadura) das toras são determinantes para obter boa qualidade na madeira serrada e garantir rendimentos adequados. Neste sentido, a técnica de desdobro adequada deverá ser adotada em função da qualidade da matéria prima e características dos equipamentos utilizados nas operações dentro da serraria. Vital (2008) e Rocha (2002) referenciam que toras com fortes tensões de crescimento requerem cuidados especiais durante o desdobro para reduzir a quantidade de rachaduras e outros defeitos.

No Brasil grande parte de serrarias enquadra-se nas consideradas serrarias convencionais nas quais o desdobro de toras não é baseado em modelos de corte nas suas operações.

Segundo Rocha (2002), um modelo de corte estabelece uma seqüência de cortes da tora cuja finalidade é desdobrá-la de modo a obter maior rendimento, melhor qualidade da madeira serrada e produtividade em um tempo relativamente menor. Ainda para o mesmo autor, o modelo de corte depende fundamentalmente da espécie a ser utilizada, o produto a obter e equipamentos usados nas operações dentro da serraria.

Vital (2008) faz referência que o modelo de corte afeta o rendimento, eficiência da serraria bem como a qualidade da madeira serrada processada.

Denig (1993) menciona que uma vez estabelecido o modelo de corte, o equipamento pode ser adaptado para eficientemente produzir a madeira serrada. Em geral o gestor da serraria deve olhar regularmente para a matéria prima, mercado e opções de modelos de corte para o tipo de equipamento e *lay-out* da serraria.

Para Vianna Neto (1984), Denig (1993), Egas (2000) e Vital (2008) a localização do primeiro corte na tora é de grande importância, uma vez que afeta o rendimento bem como a qualidade da madeira serrada. A tora é posicionada em relação a serra principal onde é retirada a costaneira e tábuas limpas. Este fato também é mencionado por Haygreen e Bowyer (1982) bem como por Tsoumis (1991). Estes autores ressaltam que uma localização não adequada do primeiro corte na tora conduz a produção de peças com dimensões fora das especificações

resultando em grandes perdas em volume e redução da qualidade da madeira serrada obtida.

Segundo Vital (2008), a técnica para desenvolver as operações de corte na madeira pode variar na serraria dependendo da disponibilidade do equipamento e mão de obra bem como aspetos ligados a dimensões da tora, espécie e defeitos da madeira.

2.7.4 Operação dos equipamentos

O tipo de equipamento utilizado para o desdobro de toras em uma serraria depende essencialmente de vários fatores que incluem o tipo de produto a fabricar, espécie e suas características, dimensões das toras e a produção pretendida. É comum encontrar grande parte de serrarias de pequeno porte que processam a madeira de pinus na condição de pouca automação operando com equipamento lento. O desdobro principal é baseado fundamentalmente na serra fita simples ou dupla, serra fita tandem com carro porta-tora, de onde resultam na maioria das vezes pranchões, semi-blocos ou blocos. Nesta etapa, a experiência do operador da máquina principal afeta de forma considerável o rendimento volumétrico, na medida em que decisões concernentes às formas de desdobro relacionadas com a orientação das toras, número de cortes e o tipo de peças de madeira a serem obtidas, são tomados pelo próprio operador. Portanto, o operador decide sobre o tratamento a dar para cada tora em particular que passa pela serra principal.

Estes fatos são fundamentados por Williston (1978). O autor menciona algumas responsabilidades do operador da serra principal tais como: 1) assegurar que a provisão de toras seja adequada para a manutenção da produtividade; 2) visualizar e avaliar a forma de cada tora que entra na serra principal para o desdobro bem como localizar os defeitos e sinais de degradação. Após a avaliação e fixação da tora no carro porta-tora, a mesma é posicionada em relação a serra para a realização do corte de abertura. A melhor posição para o corte varia em função da tora e depende da linha de produtos na empresa; 3) definir o modelo de corte para cada tora que entra na serra principal e assegurar o máximo aproveitamento na conversão em madeira serrada; 4) certificar-se sobre as dimensões das peças de madeira serrada obtidas após o desdobro de toras em intervalos de tempo

regulares; 5) notificar, caso a serra principal não esteja funcionando adequadamente para efeitos de reparação e manutenção.

Quanto ao último ponto, Egas (2000), sustenta que a assistência técnica e manutenção regular das diferentes máquinas e de outro equipamento utilizado no desdobro de toras podem efetivamente evitar problemas técnicos precoces que afetam o rendimento e a qualidade da madeira serrada.

As regras mencionadas por Williston (1978) servem como padrão para o operador, o que significa que ele deve desenvolver as suas próprias regras para adaptar a matéria prima ao equipamento e à linha de produtos da empresa. Estas regras devem ser baseadas na experiência adquirida pelo operador com o tempo.

No contexto descrito, fica evidente sobre a necessidade do treinamento regular do operador da serra principal com vista a dotá-lo de conhecimentos e habilidades de modo a ter um bom domínio nas operações de desdobro de toras visando melhorias no rendimento, qualidade do produto e produtividade da serraria.

2.8 USO DE PROGRAMAS DE OTIMIZAÇÃO NO DESDOBRO DE TORAS

O crescimento do preço e da demanda por madeira de reflorestamento nos últimos anos tem levado ao desenvolvimento de novas tecnologias que visam à maximização na utilização da matéria prima. Atualmente existem programas capazes de avaliar automaticamente as características da tora (diâmetro, forma e comprimento) permitindo a visualização das condições de desdobro. Estes programas estão associados a outros equipamentos como *scanners* que fazem a varredura do perfil da tora providenciando informações no formato tridimensional, sendo visualizadas pelo operador no computador. Assim, os programas fornecem o modelo de corte pelo qual será desdobrada a tora, os produtos a serem obtidos e o respectivo rendimento estimado. O uso desses programas contribui para o aumento da produtividade na serraria. Contudo, são programas ainda não acessíveis às serrarias de pequeno porte devido ao seu alto custo, não justificando a sua aquisição.

Cardoso Jr (2008) cita um programa designado por *Saatech calculator* (agora chamado *PowerSAW*) desenvolvido na Austrália que constitui uma nova geração de programas de computador para a simulação rápida de desdobro da tora em serrarias. Este programa permite a simulação de modelos de corte definidos na

seção transversal e a retirada de peças no sentido longitudinal. O *Saatech calculator* possibilita a visualização dos modelos de corte simulados incluindo os volumes e rendimentos com rapidez e precisão. Adicionalmente, o programa permite que parâmetros como conicidade, tortuosidade e medula sejam representados.

No Brasil já foram criados alguns programas adaptados à otimização de desdobro de toras que, de certa forma, demonstram algum avanço tecnológico. Trata-se de programas como o MaxiTora desenvolvido pela Empresa *Optimber* (OPTIMBER, 2009).

2.8.1 Descrição do programa MaxiTora

O programa MaxiTora é uma ferramenta útil em serrarias, principalmente nas que trabalham com a matéria prima proveniente de florestas plantadas, dada a sua homogeneidade, o que permite a classificação de toras por diâmetros. Neste caso, as classes diamétricas geralmente apresentam muitos representantes permitindo que se possa fazer uma programação de desdobro através da definição de modelos de corte para cada classe tendo em conta a linha de produtos da empresa. O MaxiTora é um programa que permite fazer a simulação de desdobro de toras apresentando um modelo de corte que ilustra a maneira na qual deverá ser desdobrada a tora e os produtos a serem obtidos. A partir de uma mistura de produtos de interesse da empresa é possível definir a melhor classe diamétrica para elevar os níveis de rendimento em madeira serrada. Assim como, através de uma determinada classe diamétrica, podem ser definidos os produtos a serem obtidos com melhor rendimento.

O MaxiTora funciona no sistema operacional Windows e é constituído por duas telas básicas nomeadamente a de cadastro de produtos e a de otimização de desdobro. Na tela de cadastro de produtos, o usuário poderá introduzir informações referentes aos produtos em termos de dimensões (espessura e largura), características das serras utilizadas nas operações de desdobro e definir se as toras serão processadas com ou sem casca (FIGURA 3). A otimização pode ser feita em termos de volume ou valor. Após a inserção de todas as informações necessárias na tela de cadastro, o programa já pode processar os dados bastando apenas o usuário clicar o comando “ir para a tela de processamento” para a otimização de desdobro.

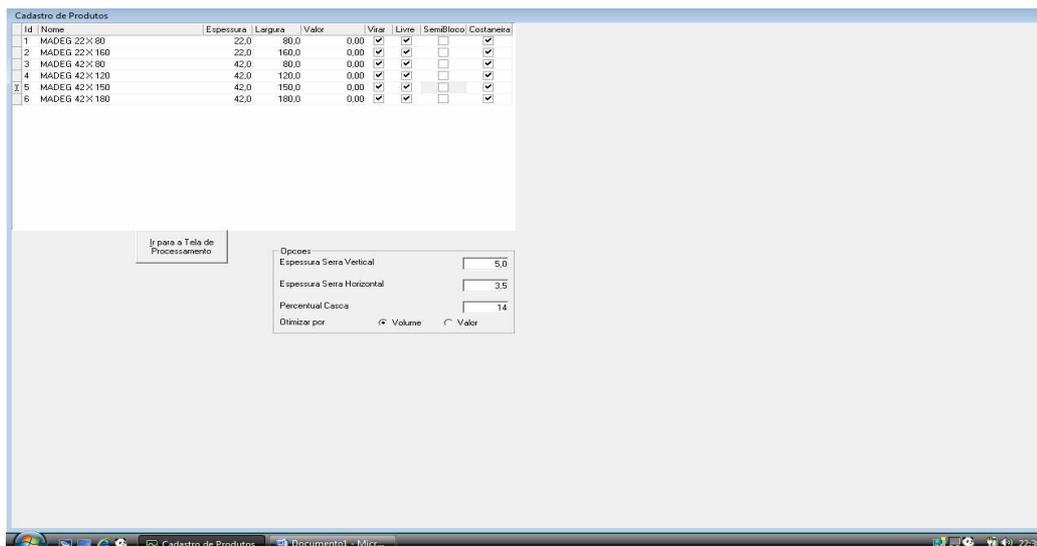


FIGURA 3 - TELA DE CADASTRO DO MAXITORA

FONTE: Autor (2009)

A tela “otimização do desdobro” apresenta diversos comandos que definem parâmetros para a geração do modelo de corte. Apresenta também um espaço onde é ilustrado o modelo de corte com o seu respectivo rendimento e uma caixa onde o usuário poderá alterar o diâmetro da tora gerando um novo modelo de corte. Ainda na tela “otimização do desdobro” é encontrado o comando “tipo de otimização” onde o usuário poderá optar pelos tipos de otimização tais como “Livre”, “Retangular” ou “Semi-bloco” (FIGURA 4).

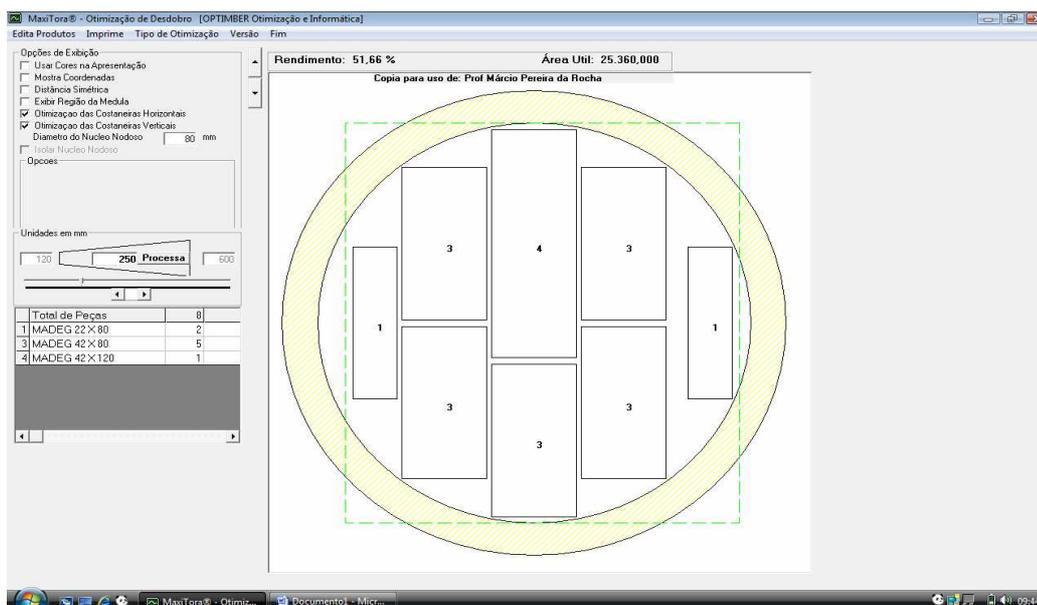


FIGURA 4 - TELA DE OTIMIZAÇÃO DO MAXITORA

FONTE: Autor (2009)

2.9 CUSTOS DE PRODUÇÃO

2.9.1 Generalidades

Uma empresa para alcançar a competitividade na sua produção, deve ter um desempenho superior aos seus concorrentes bem como saber preservar tal vantagem. Ceni (2003) menciona que uma das ações para alcançar a tal vantagem tem relação com a adoção de estratégias adequadas aos mercados em que a empresa compete e com o entendimento sobre a natureza da concorrência na qual enfrenta.

Azeredo (1984) relata que existem vários fatores que influem de forma decisiva na formação de custos na operação de industrialização da madeira dentro da empresa. Para o mesmo autor, o primeiro ponto de custo a ser considerado numa serraria está associado à distância entre a localização da floresta implantada em relação a unidade de processamento de onde deriva o custo de transporte, ou seja, o custo da matéria prima colocada no pátio da unidade industrial. A matéria prima constitui a principal componente de custos na serraria.

O segundo ponto importante de custos a considerar é o tipo de maquinário ou equipamento utilizado no processamento de toras de onde resulta o rendimento da serraria. A produtividade da serraria constitui o principal fator para a rentabilidade do empreendimento e pode ser influenciada por diversos fatores como a disponibilidade de recursos, a tecnologia usada, o custo de insumos, o equipamento, etc.

Assim, a adequação dos métodos de produção, a redução da ineficiência do maquinário, o uso de técnicas adequadas de desdobro são aspectos que contribuem para a melhoria da produtividade na serraria. Ceni (2003) relata que uma condição de produção maior na unidade industrial significará um menor custo do produto e conseqüentemente maior poder de competitividade no mercado.

O grau de qualidade desejado ao produto produzido na empresa é o outro ponto de custos a ser considerado. Geralmente, é recomendada a utilização de câmaras de secagem da madeira de modo a valorizar o produto junto ao consumidor.

Azeredo (1984) menciona que o retorno do investimento pela aquisição de câmaras de secagem da madeira já é um fato comprovado, visto que o custo de secagem pode ser repassado ao produto em benefício do consumidor quanto à qualidade do mesmo, resultando para o produtor em uma maior rentabilidade.

2.9.2 Conceito de custos

De acordo com Wernke (2005), os custos referem-se aos gastos efetuados na fabricação de produtos ou prestação de serviços. Assim, em uma empresa, fatores como matéria prima consumida, salários e encargos sociais da fábrica, combustíveis, energia elétrica, manutenção e depreciação das máquinas e equipamentos industriais devem ser classificados como custos.

De modo a facilitar a análise, Dutra (1995) apresenta a classificação de custos indicando que podem ser diretos ou indiretos quanto à sua apuração; fixos e variáveis quanto à sua formação. Os custos diretos são gastos que facilmente podem ser atribuídos a cada produto, no momento da sua ocorrência. Sendo assim, esta categoria abrange todos os custos efetuados exclusivamente na fabricação do produto. Os custos indiretos constituem um tipo de gastos que dependem de rateios para serem apropriados em diferentes produtos ou serviços. Sendo assim, os gastos classificáveis como custos nesta categoria não têm relação exclusiva com um determinado produto.

Os custos fixos são aqueles cujos valores totais tendem a permanecer constantes mesmo havendo variação da produção ou que a fábrica não esteja produzindo. O valor desses custos é independente do volume produzido na fábrica.

Os custos variáveis são os gastos que ocorrem proporcionalmente com o volume de produção num determinado período. Assim, quanto maior for o volume de produção, os custos variáveis totais do período também serão maiores. Os custos variáveis são facilmente atribuíveis aos produtos fabricados através de registros de cada produto produzido na empresa (BROWNING; ZUPAN, 2004).

Geralmente nesses registros é encontrada informação como matéria prima requerida na fabricação dos produtos. Entretanto, em relação aos custos fixos e aos custos indiretos, para a sua alocação aos produtos é necessário recorrer a procedimentos específicos denominados métodos de custeio (WERNKE, 2005).

Dutra (1995) relata que antes da classificação de um custo em fixo ou variável devem ser analisadas a forma e as condições de sua ocorrência, juntamente com todos os aspectos envolvidos para que a classificação seja correta e tenha aplicação adequada. O autor menciona também que a classificação de custos é de grande valia e indispensável para os estudos de viabilidade econômica de empreendimentos, orçamentos, determinação de nível mínimo de produção e decisão sobre alternativas de produção.

Para as empresas garantirem a sua inserção no mercado e manterem a sua competitividade, é imprescindível que disponham de um sistema de gestão de custos que consiga medir e alocar os custos aos produtos de forma mais precisa possível, sendo necessário calcular os custos unitários ou custos médios (WERNKE, 2005).

De acordo com Browning e Zupan (2004) existem três medidas de custo médio por unidade de produção que incluem o custo fixo médio, custo variável médio e custo total médio. Custo fixo médio é o custo fixo total dividido pelo volume de produção. Uma vez que o custo fixo total permanece constante, quanto maior for a produção, mais baixo será o custo fixo médio.

Custo variável médio é o custo variável total dividido pelo volume de produção. O custo variável médio tende a cair com o aumento do volume de produção, mas a partir de certo ponto, este custo volta a subir. Hirschfeld (2000) menciona que a diminuição do custo variável médio devido ao aumento da produção ocorre até ao ponto em que os equipamentos de produção chegam ao potencial máximo normal de produção. A partir desse ponto, continuando a produzir, ocorrem gastos adicionais e manutenção que iniciam um novo aumento do custo variável por unidade de produção. Custo total médio é o custo total dividido pelo volume de produção. Este custo também pode ser definido como sendo a soma do custo fixo médio e custo variável médio.

2.9.3 Importância dos custos médios

Os custos médios podem servir de base em análise de situações de lucratividade da empresa. Uma empresa maximiza o lucro quando a receita marginal for igual ao custo marginal. No entanto, em um mercado de concorrência perfeita o lucro máximo dependerá da diferença entre o preço do produto, que é a receita marginal nesta estrutura do mercado, e o custo total médio do mesmo produto.

César (2009) apresenta alguns casos de oferta do produto no curto e longo prazo, baseados na estrutura de produção e custos de uma empresa bem como o impacto do preço do produto sobre a lucratividade da mesma.

No primeiro caso, tem-se a estrutura onde o preço do produto é menor que o custo variável médio mínimo ($P < CVMe_{\min}$): Nesta situação a empresa está incorrendo em prejuízo e deve parar de produzir (FIGURA 5). A empresa deixando de produzir terá um prejuízo equivalente aos custos fixos.

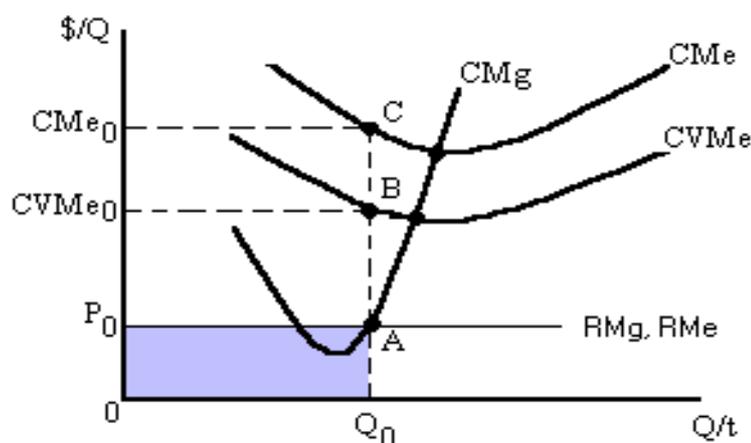


FIGURA 5 - PREÇO MENOR QUE CUSTO VARIÁVEL MÉDIO MÍNIMO (PONTO A)

LEGENDA: CVM= Custo variável médio; CMe= Custo médio; CMg= Custo marginal; RMg= Receita marginal; RMe= Receita média; P= Preço; Q= Quantidades.

FONTE: CÉSAR (2009)

No segundo caso, o preço do produto é igual ao custo variável médio mínimo ($P = CVMe_{\min}$): Nesta situação a empresa só consegue cobrir apenas os custos variáveis (FIGURA 6).

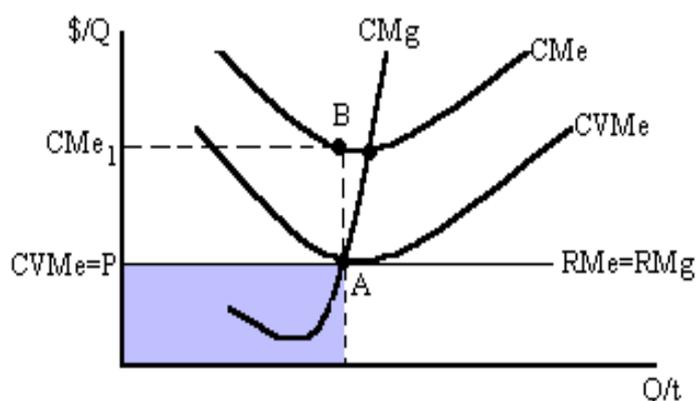


FIGURA 6 - PREÇO IGUAL AO CUSTO VARIÁVEL MÉDIO MÍNIMO (PONTO A)

LEGENDA: CVM= Custo variável médio; CMe= Custo médio; CMg= Custo marginal; RMg= Receita marginal; RMe= Receita média

FONTE: CÉSAR (2009)

No terceiro caso, o preço do produto é igual ao custo total médio mínimo ($P=CMe_{\min}=CTMe_{\min}$): Nesta situação, o preço cobre todos os custos médios de produção e a empresa apresenta lucro normal, onde todos os fatores de produção estão sendo remunerados (FIGURA 7).

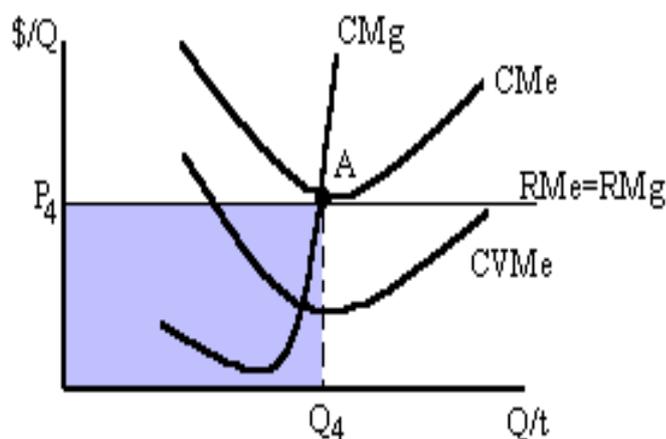


FIGURA 7 - PREÇO IGUAL AO CUSTO TOTAL MÉDIO MÍNIMO (PONTO A)

LEGENDA: CVM= Custo variável médio; CMe= Custo médio; CMg= Custo marginal; RMg= Receita marginal; RMe= Receita média; P= Preço; Q= Quantidades.

FONTE: CÉSAR (2009)

No quarto caso, o preço do produto é maior que o custo total médio mínimo ($P > CTMe_{\min}$): Nesta situação, a empresa apresenta lucro econômico e deve continuar a produzir. A mesma empresa está em condições de expandir-se com base no recurso financeiro próprio (FIGURA 8). Nesta condição a empresa pode continuar a produzir a curto e longo prazo.

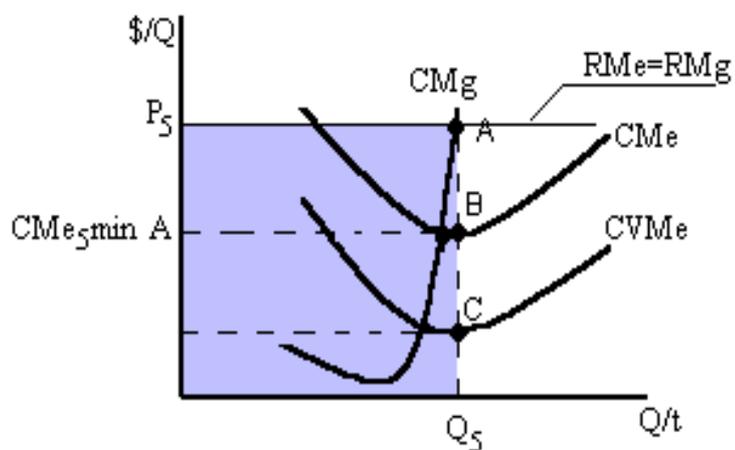


FIGURA 8 - PREÇO MAIOR QUE CUSTO TOTAL MÉDIO MÍNIMO (PONTO A)

LEGENDA: CVM= Custo variável médio; CMe= Custo médio; CMg= Custo marginal; RMg= Receita marginal; RMe= Receita média; P= Preço; Q= Quantidades.

FONTE: CÉSAR (2009)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO

O trabalho foi realizado na serraria de uma empresa localizada no Município de Campina Grande do Sul no Estado do Paraná. A empresa é composta por uma serraria e uma unidade de beneficiamento da madeira empregando um total de 25 funcionários distribuídos em vários setores da atividade. Esta empresa dedica-se à produção de produtos de madeira com maior valor agregado como caixilhos, rodapés, painéis EGP e outros produtos para construção civil. Os dados foram coletados no mês de março de 2009.

3.2 DESCRIÇÃO DA SERRARIA

A serraria na qual foi desenvolvido o estudo é de pequeno porte, uma vez que a sua produção de madeira serrada é menor que 500 m³/mês de acordo Vital (2008). A serraria possui basicamente um pátio de toras e um prédio onde se encontra o maquinário, bem como a sala de afiação de serras. Na saída do prédio é encontrado um local para secagem da madeira ao ar livre e um espaço onde está instalada a caldeira para a geração de vapor de água que alimenta quatro câmaras de secagem da madeira. O pátio de toras nesta serraria é utilizado apenas como um local de descarregamento de toras e as atividades ligadas ao preparo de toras como a classificação e descascamento não são realizadas (FIGURA 9).



FIGURA 9 - VISTA GERAL DA SERRARIA

FONTE: Autor (2009)

Para levar a cabo as operações de desdobro de toras a serraria dispõe de uma serra fita simples acoplada ao carro porta-tora que é acionado pelo operador a partir do painel de controle, uma serra fita horizontal de dois cabeçotes para resserragem, e uma serra circular múltipla de um eixo com três discos, dos quais, um é móvel. A serra circular múltipla foi usada para o refilamento. O *lay-out* que ilustra a disposição das máquinas é apresentado na FIGURA 10.

A serra fita horizontal não foi usada nas operações de desdobro para este estudo. Abaixo do piso da serraria estão instalados sistemas compostos por esteiras rolantes com a função de retirar toda a serragem produzida pelas serras na área de operações. A serraria apresenta baixo nível de automação, sendo que a operação dos equipamentos é dependente em parte da mão-de-obra. Sendo assim, a serraria operava com cinco funcionários.

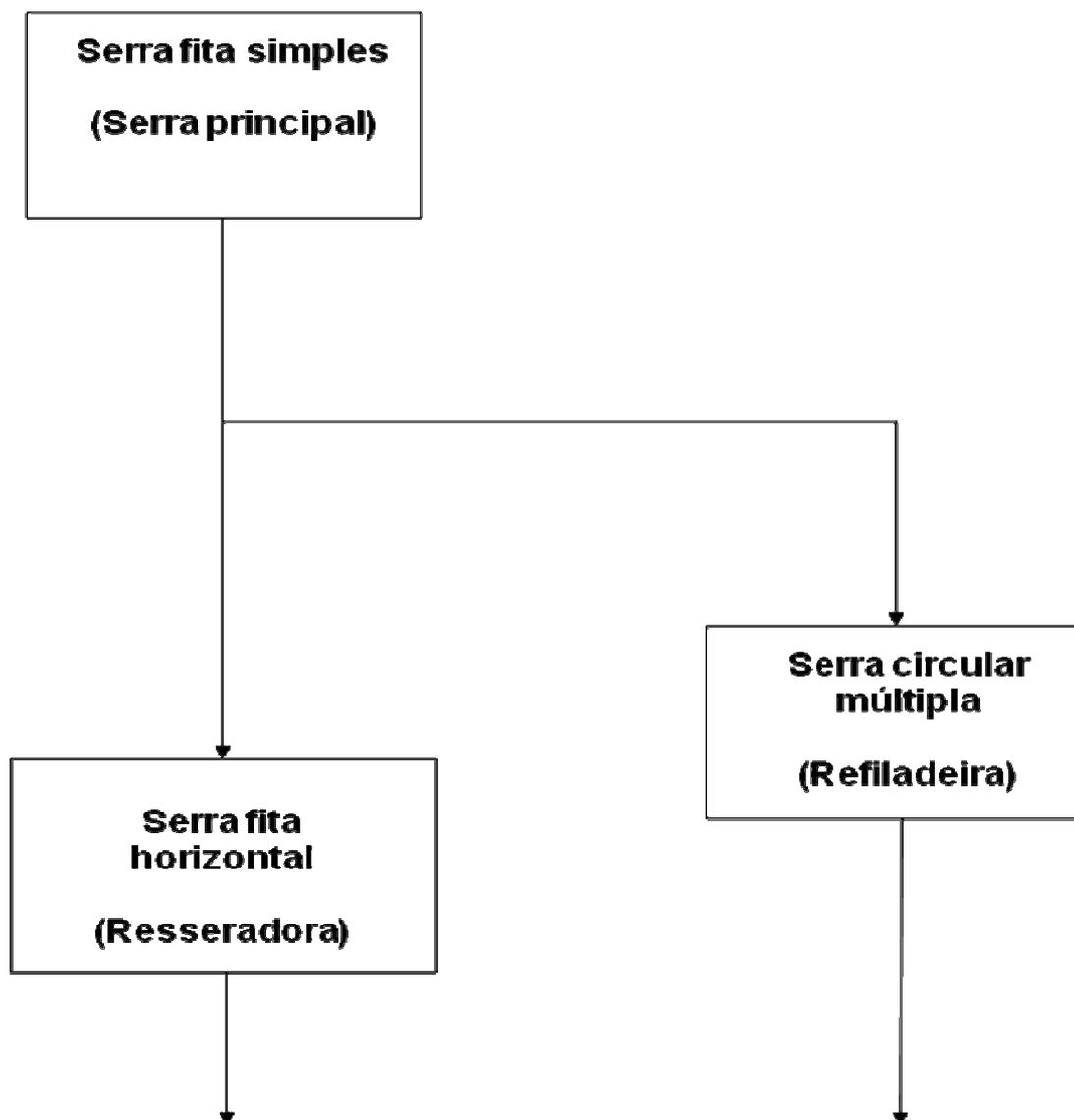


FIGURA 10 – LAY-OUT DA SERRARIA ILUSTRANDO A DISPOSIÇÃO DAS MÁQUINAS
FONTE: Autor (2009)

3.3 ESPÉCIE UTILIZADA

A espécie utilizada neste trabalho foi *Pinus elliottii*. As toras foram provenientes de um plantio localizado em uma fazenda de propriedade da empresa distante 80 km do local de estudo. A serraria recebia no seu pátio, toras com diâmetros entre 24 cm a 33 cm e com comprimento que variava de 2,55 m a 2,60 m.

A serraria tinha um consumo médio mensal de 1200 st de toras, o equivalente a 827,59 m³, considerando o fator de empilhamento de 1,45 para toras de 24 cm a 33 cm de diâmetro. As toras eram adquiridas ao preço de R\$ 70,00 por estéreo para diâmetros de 24 cm a 33 cm, sendo equivalente a R\$ 101,50 por metro cúbico.

3.4 SELEÇÃO DE TORAS E CLASSES DIAMÉTRICAS UTILIZADAS

No pátio de toras foram selecionadas 80 toras que foram agrupadas em quatro classes diamétricas com base no diâmetro médio ou se o diâmetro da ponta fina fosse igual ou superior ao limite inferior da classe considerada, tendo resultado em 20 toras por classe diamétrica (TABELA 3). Para cada tora foi medida a circunferência da ponta fina e ponta grossa, incluindo a casca, usando fita métrica e a partir desses dados, foram calculados os diâmetros das toras para efeitos de classificação.

TABELA 3 - NÚMERO DE TORAS SELECIONADAS POR CLASSE DIAMÉTRICA

Nº	Classe diamétrica (cm)	Nº de toras selecionadas	Comprimento (m)
1	24,0---26,0	20	2,55---2,60
2	26,1---28,0	20	2,55---2,60
3	28,1---30,0	20	2,55---2,60
4	30,1---33,0	20	2,55---2,60
Total		80	

FONTE: Autor (2009)

As toras selecionadas receberam um número de identificação e foram pintadas na ponta fina para facilitar o controle no rastreamento desde o pátio até ao final da linha de produção (FIGURA 11).



FIGURA 11 - TORAS MARCADAS E PINTADAS NO TOPO DA MESA DE ALIMENTAÇÃO DA SERRA PRINCIPAL

FONTE: Autor (2009)

As toras representantes de cada classe diamétrica foram separadas em dois lotes com 10 unidades. O primeiro lote foi submetido ao sistema aleatório de desdobro adotado pela empresa e o segundo lote foi desdobrado de acordo com o modelo de corte pré-estabelecido com base no programa MaxiTora para a classe diamétrica correspondente.

As toras foram desdobradas para obter peças de madeira serrada com várias dimensões que incluem 42 mm X 80 mm, 42 mm X 120 mm, 42 mm X 150 mm, 42 mm X 180 mm, 22 mm X 80 mm e 22 mm X 160 mm. Essas peças de madeira constituíam a linha de produtos da serraria.

3.6 OBTENÇÃO DO VOLUME DE TORAS

Para o cálculo do volume de toras foram tomadas as medidas da circunferência na ponta fina e ponta grossa de cada tora selecionada. Pela divisão da medida de circunferência com o π foi obtido o diâmetro da ponta fina e o diâmetro da ponta grossa e a média aritmética destes, resultou no diâmetro médio.

A partir destes dados foi calculado o volume de cada tora usando a equação 1:

$$V = \frac{3,14 * D^2}{40000} * L \quad (1)$$

Onde:

V = Volume da tora (m³);

D = Diâmetro médio da tora (cm³);

L = Comprimento da tora (m).

3.7 SISTEMAS DE DESDOBRO

As toras selecionadas foram submetidas aos sistemas de desdobro aleatório e programado. Na serra principal eram retiradas peças de madeira com espessuras de 42 mm e 22 mm; a refiladeira era constituída por dois discos de serra fixos e regulados para retirar peças com a largura de 150 mm e o terceiro disco era móvel permitindo a retirada de peças com larguras de 80 mm, 120 mm, 160 mm e 180 mm.

3.7.1 Desdobro aleatório

As toras foram desdobradas de acordo com os critérios da empresa sem que houvesse alguma intervenção nas operações. O sistema de desdobro predominantemente utilizado foi do tipo tangencial sucessivo, em que a tora era serrada em cortes paralelos uns aos outros resultando em várias peças com faces planas, mas que requeriam o refilamento. Na FIGURA 12 é mostrado o esquema de desdobro utilizado na serraria.

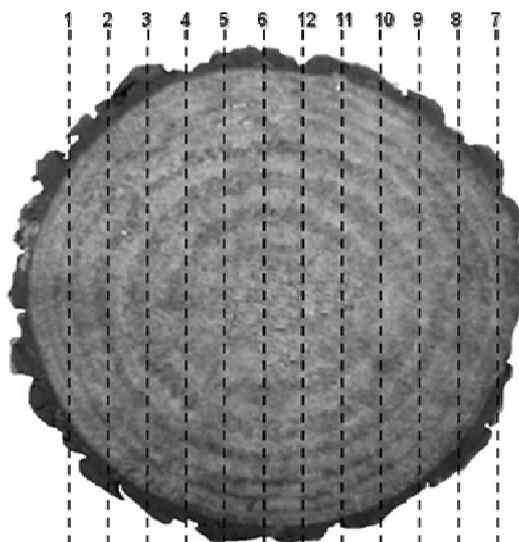


FIGURA 12 - CORTE TANGENCIAL UTILIZADO NO DESDOBRAMENTO ALEATÓRIO

FONTE: Autor (2009)

A tora passava pela serra fita simples e era submetida ao desdobro primário, resultando em peças com espessuras definidas. Estas peças seguiam pela esteira transportadora até a refiladeira para que fossem definidas as larguras finais. Após o refilo, todas as peças de madeira serrada eram codificadas de acordo com a tora correspondente para posteriormente efetuarem-se as medições necessárias. As costaneiras eram retiradas com menor espessura e destinadas para fins energéticos. Adicionalmente, as peças rejeitadas após o refilo eram direcionadas para a geração de energia.

3.7.2 Desdobro programado

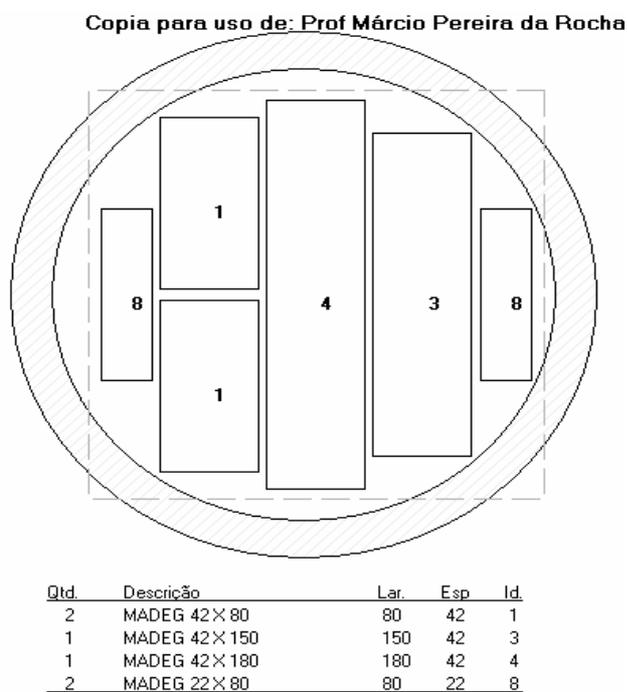
As dimensões das peças de madeira serrada produzida na serraria foram cadastradas no programa MaxiTora, a fim de gerar os modelos de corte. Nesse programa de otimização foi utilizada a espessura da serra vertical de 3,5 mm e espessura da serra circular de 5,0 mm. Foi também usado o percentual de casca para o pinus correspondente a 14%. O diâmetro médio de cada classe diamétrica foi usado no programa para gerar o modelo de corte correspondente. Os modelos resultantes foram utilizados no desdobro programado.

Cada tora foi desdobrada de acordo com o modelo de corte da classe diamétrica correspondente. As toras passavam pela serra principal definindo-se as espessuras finais, e em seguida passavam pela refiladeira proporcionando às peças a largura

final. Para cada classe diamétrica foram propostos os seguintes modelos de corte para o desdobro:

a) Modelo para a classe diamétrica 1

A classe 1 com diâmetros de 24,0 cm a 26,0 cm apresentou o centro de 25,0 cm com a qual, foi gerado o modelo I. De acordo com o modelo, ao desdobrar a tora deveriam ser retiradas seis peças com o rendimento estimado de 49,10% (FIGURA 13).



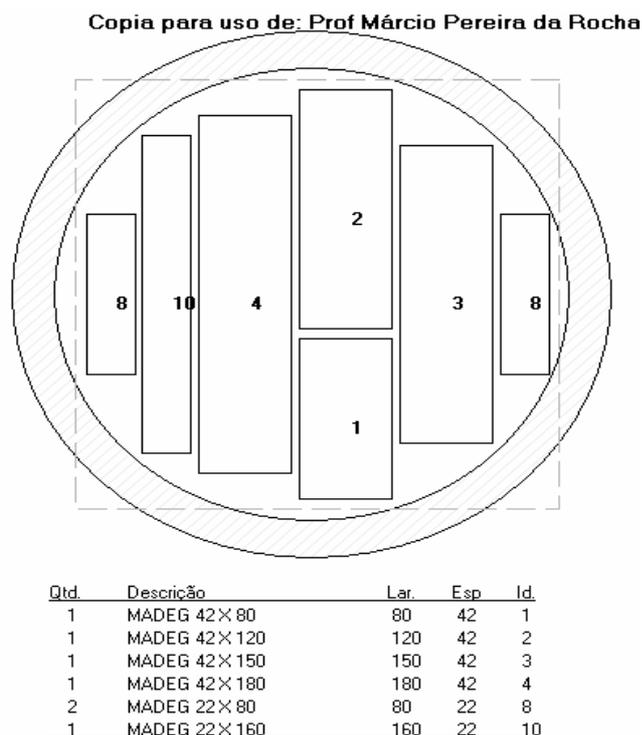
Diâmetro: 2500 Percentual de Aproveitamento: 49,10 %

FIGURA 13 - MODELO I PROPOSTO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA DE 24,0 cm A 26,0 cm

FONTE: Autor (2009)

b) Modelo II para a classe diamétrica 2

A classe diamétrica 2 correspondeu a diâmetros de toras que vão de 26,1 cm a 28,0 cm em que o centro da classe foi de 27,1 cm. A partir desse valor foi gerado o modelo II, onde deveriam ser retiradas sete peças para um rendimento estimado de 50,80% (FIGURA 14).



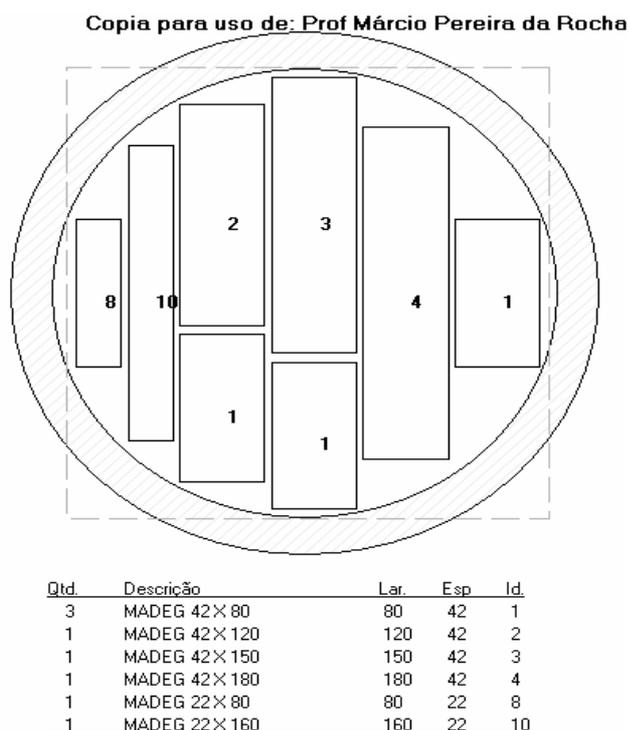
Diametro: 2710 Percentual de Aproveitamento: 50,80 %

FIGURA 14 - MODELO II PROPOSTO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA DE 26,1 cm A 28,0 cm

FONTE: Autor (2009)

c) Modelo III para a classe diamétrica 3

A classe diamétrica 3 compreendeu toras com diâmetros de 28,1 cm a 30,0 cm, com o centro da classe de 29,1 cm. Com esse valor foi obtido o modelo III, permitindo retirar oito peças de madeira com espessura e largura definidas para um rendimento estimado de 51,51% (FIGURA 15).



Diâmetro: 2910 Percentual de Aproveitamento: 51,51 %

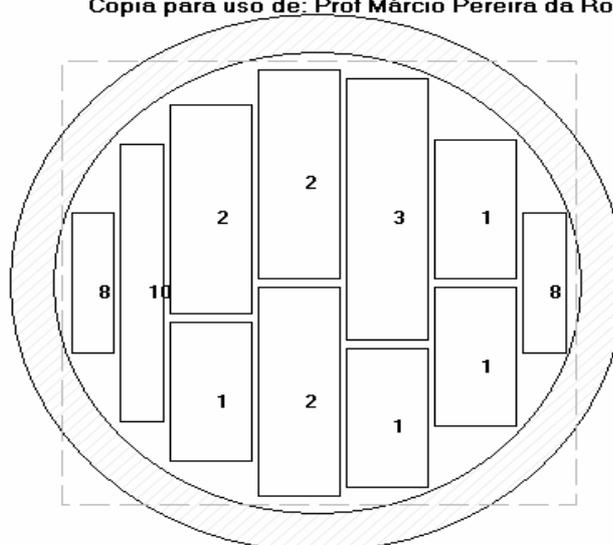
FIGURA 15 - MODELO III PROPOSTO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA DE 28,1 cm A 30,0 cm

FONTE: Autor (2009)

d) Modelo IV para a classe diamétrica 4

A classe diamétrica 4 foi referente a toras com diâmetros de 30,1 cm a 33,0 cm, com o centro de 31,55 cm. Com esse valor foi obtido o modelo IV, permitindo a retirada de 11 peças de madeira com dimensões finais para um rendimento estimado de 53,43% (FIGURA 16).

Cópia para uso de: Prof Márcio Pereira da Rocha



Qtd.	Descrição	Lar.	Esp	Id.
4	MADEG 42 X 80	80	42	1
3	MADEG 42 X 120	120	42	2
1	MADEG 42 X 150	150	42	3
2	MADEG 22 X 80	80	22	8
1	MADEG 22 X 160	160	22	10

Diâmetro: 3160 Percentual de Aproveitamento: 53,43 %

FIGURA 16 - MODELO IV PROPOSTO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA DE 30,1 cm A 33,0 cm

FONTE: Autor (2009)

A TABELA 4 apresenta as médias de cada classe diamétrica utilizadas para gerar os modelos de corte correspondentes e os rendimentos estimados no desdobro das toras representantes às classes.

TABELA 4 – MODELO DE CORTE, DIÂMETRO MÉDIO DA CLASSE E RENDIMENTO ESTIMADO NO DESDOBRAMENTO PROGRAMADO

Modelo	Média da classe diamétrica (cm)	Rendimento estimado (%)
I	25,00	49,10
II	27,10	50,80
III	29,10	51,51
IV	31,55	53,43

FONTE: Autor (2009)

3.8 OBTENÇÃO DO VOLUME DA MADEIRA SERRADA

Em cada peça de madeira serrada obtida no desdobro foi medida a sua espessura e largura em três posições utilizando-se um paquímetro digital, sendo as duas medições a serem feitas a 20 cm das extremidades e a terceira medição na posição central da peça (FIGURA 17).

O comprimento da peça não foi necessário medir, pois, as toras já estavam destopadas para o comprimento final. Para efeitos de cálculo do volume de madeira serrada foram utilizados os valores médios da espessura e largura. As porções das peças que apresentaram esmoado foram medidas e excluídas no cálculo do volume da madeira serrada a fim de se obter volumes de madeira limpa.



FIGURA 17 - MADEIRA SERRADA OBTIDA DO DESDOBRO DE TORAS E APTA PARA MEDIÇÃO

FONTE: Autor (2009)

O volume individual da madeira serrada foi calculado com base na equação 2 a seguir:

$$V_{msi} = Lg * E * L \quad (2)$$

Onde:

V_{msi} = Volume da peça individual de madeira serrada (m^3);

Lg = Largura da peça da madeira serrada (m);

E = Espessura da peça da madeira serrada (m);

L = Comprimento da peça da madeira serrada (m).

Após o cálculo do volume de cada peça de madeira serrada, obteve-se o volume total das peças obtidas na tora pela equação 3:

$$V_{ms} = \sum V_{msi} = \sum (Lg * E * L) \quad (3)$$

Onde:

V_{msi} = Volume da peça individual de madeira serrada (m^3);

V_{ms} = Volume total da madeira serrada (m^3);

Lg = Largura da peça da madeira serrada (m);

E = Espessura da peça da madeira serrada (m);

L = Comprimento da peça da madeira serrada (m).

3.9 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO VOLUMÉTRICO DA MADEIRA SERRADA

O rendimento em madeira serrada dentro de cada classe diamétrica foi determinado com base na equação 4 citada por Rocha (2002):

$$R = \frac{V_{ms}}{V_t} * 100 \quad (4)$$

Onde:

R = Rendimento em %;

V_{ms} = Volume total de madeira serrada em m^3 da tora;

V_t = Volume da tora em m^3 utilizado para obter a madeira serrada.

O rendimento para a classe diamétrica foi obtido pela média dos rendimentos das toras dentro da classe em questão.

3.10 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA SERRARIA

A eficiência técnica é medida pela relação entre o volume de toras serradas por um determinado período ou turno e o número de operários envolvidos em todas as operações de desdobro (Rocha, 2002).

A eficiência técnica dentro da classe diamétrica foi determinada com base na equação 5:

$$E = \frac{480 * T}{t * O} \quad (5)$$

Onde:

E = Eficiência técnica em m³ por operário por turno;

T = Volume da tora em m³ desdobrada;

t = Tempo em minutos de desdobro da tora;

O = Número de operários que trabalham dentro da serraria.

Para efeitos de cálculo da eficiência técnica, foi cronometrado o tempo de desdobro da tora desde a sua fixação no carro porta-tora até que a última peça de madeira serrada da tora fosse refilada. O tempo de trabalho na serraria por dia correspondeu a um turno de oito horas, equivalendo a 480 minutos. Este valor foi dividido pelo tempo gasto em minutos para desdobrar a tora, e o resultado foi multiplicado pelo volume da tora desdobrada obtendo-se, deste modo, o volume da tora por turno. Em seguida, este valor foi dividido pelo número total de funcionários envolvidos nas operações de desdobro para obter o valor da eficiência em metro cúbico por operário por turno. A eficiência técnica para cada classe diamétrica foi obtida a partir da média dos valores da eficiência de conversão de cada tora em madeira serrada dentro de cada classe.

A eficiência técnica da serraria foi obtida a partir da média dos valores da eficiência técnica das classes diamétricas estudadas.

3.11 CUSTOS DE PRODUÇÃO

Os dados para esta pesquisa foram fornecidos pela empresa sendo referentes ao mês de março do ano de 2009. Para a apuração dos custos foram considerados os gastos decorrentes do processo de desdobro de toras para a obtenção de madeira serrada. Tais gastos foram classificados como custos fixos e variáveis para posteriormente calcular-se os custos totais, custos fixos médios, custos variáveis médios e custos totais médios.

3.11.1 Custos fixos

Os custos fixos incluíram gastos referentes ao salário da mão-de-obra direta, encargos sociais, depreciação de máquinas e equipamentos, remuneração do capital próprio, despesas administrativas e ferramentas.

O salário da mão de obra direta foi obtido a partir da folha de pagamento. Os encargos sociais associados ao INSS e FGTS foram obtidos pelo percentual de 17,5% do salário de mão de obra obtido da folha de pagamento.

A depreciação foi definida como sendo a diminuição do valor dos bens ativos, resultante do desgaste pelo uso, ação da natureza ou por obsolescência (HILDEBRAND, 1995). A metodologia de cálculo usada para a obtenção da depreciação linear é representada pela equação 6 de acordo com Timofeiczuk Junior (2004):

$$De = (Va - Vr) / Vu \quad (6)$$

Onde:

De = Depreciação em R\$/ano;

Va = Valor de aquisição em R\$;

Vr = Valor residual em R\$;

Vu = Vida útil em meses.

A depreciação foi calculada em relação a serra fita simples, esteira de alimentação de toras, carro pneumático, esteiras transportadoras diversas, serra circular múltipla, empilhadeira, infra-estrutura e móveis.

A remuneração do capital constitui os juros mínimos recebidos pelo capital empregado na compra ou aquisição de um bem (MENDES ; HILDEBRAND, 1997). A remuneração do capital próprio foi obtida a partir do percentual de 0,65% sobre o valor de aquisição de máquinas e equipamentos de serraria. O valor resultante, de acordo com a empresa, constitui a poupança mensal para eventualmente ser usado na aquisição de novas máquinas ou equipamentos.

Os valores referentes às despesas administrativas e gastos na aquisição de ferramentas foram fornecidos pela empresa.

3.11.2 Custos variáveis

Os custos variáveis incluíram gastos referentes à aquisição da matéria prima (toras), combustível, energia elétrica, água e manutenção em geral.

O custo referente à aquisição da matéria prima (toras) foi calculado a partir da equação 7:

$$MT = Pr * V_t \quad (7)$$

Onde:

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

Pr = Preço por m³ de toras;

V_t = Volume de toras adquiridas em m³ por mês.

Os valores referentes ao combustível, energia elétrica e água consumida foram fornecidos pela empresa. Os custos de manutenção incluíram também a aquisição de lubrificantes, pneus e outros acessórios.

3.11.3 Custo total de produção

O custo total foi obtido a partir do somatório dos custos fixo e variável de acordo com a equação 8:

$$CT = \sum CFT + \sum CVT \quad (8)$$

Onde:

CT = Custo total em R\$;

CFT = Somatório dos custos fixos em R\$;

CVT = Somatório dos custos variáveis em R\$.

3.11.4 Custos unitários de produção

O custo fixo médio foi calculado a partir da equação 9:

$$CFm = \frac{CFTot}{Vms} \quad (9)$$

Onde:

CFm = Custo fixo médio em R\$/m³;

CFT = Custo fixo total em R\$;

Vms = Volume total de madeira serrada produzida por mês em m³.

O custo variável médio foi calculado a partir da equação 10:

$$CVm = \frac{CVT}{Vms} \quad (10)$$

Onde:

CVm = Custo variável médio em R\$/m³;

CVT = Custo variável total em R\$;

Vms = Volume total de madeira serrada produzida por mês em m³.

O custo total médio do produto foi calculado a partir da equação 11:

$$CTm = \frac{CT}{Vms} \quad (11)$$

Onde:

CTm = Custo total médio em R\$/m³;

CT = Custo total em R\$;

Vms = Volume total de madeira serrada produzida por mês em m³.

O volume de madeira serrada produzida por mês foi estimado para cada sistema de desdobro (aleatório e programado) a partir do rendimento da serraria conseguido, usando cada sistema, tendo sido considerado o consumo médio de toras por mês.

3.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Neste experimento, a tora foi considerada unidade experimental de onde foram tomados os dados para calcular os valores das variáveis em análise designadamente o rendimento e eficiência da serraria. Estas variáveis foram avaliadas tanto para o desdobro aleatório como para o desdobro programado. Para tal, foi escolhido o delineamento inteiramente ao acaso onde as classes diamétricas foram designadas por tratamentos. Cada tratamento tinha dez repetições. A escolha de tal delineamento, está associada a homogeneidade das toras seleccionadas no pátio da serraria para pesquisa.

Foi feita a análise de variância para verificar se os tratamentos causaram um efeito diferente nas variáveis em análise a 95% de probabilidade. Mas antes, foi feito o teste de Bartlett para verificar se as variâncias dos tratamentos eram homogêneas.

O teste de comparação de médias (teste de Tukey) foi feito para discriminar as diferenças entre as médias dos tratamentos a 95% de probabilidade.

Para comparar as metodologias de desdobro (aleatório e programado) em função das variáveis em análise (rendimento e eficiência), foi escolhido o delineamento inteiramente ao acaso obedecendo a um esquema fatorial com dois fatores, onde o fator A foi designado por metodologia de desdobro com dois níveis (desdobro aleatório e desdobro programado) e o fator B foi atribuído à classificação de toras com quatro níveis (Classes diamétricas 1, 2, 3 e 4).

O número de repetições na pesquisa foi dez. A análise de variância foi feita para verificar se os fatores (metodologia de desdobro e classificação por diâmetro) causaram um efeito diferente nas variáveis em análise a 95% de probabilidade.

O teste Tukey que é o teste de comparação de médias foi feito para discriminar as diferenças entre as médias dos tratamentos a 95% de probabilidade. Os resultados estatísticos foram obtidos a partir do programa de computador MSTAT-C, versão 2.10.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de Bartlett feito sobre os valores das variáveis em análise (rendimento e eficiência) tanto para o desdobro aleatório assim como para o desdobro programado demonstrou haver homogeneidade de variâncias dos tratamentos a 95% de probabilidade, permitindo prosseguir com as análises de variância. No entanto, a análise de variância feita para cada metodologia de desdobro indicou que os tratamentos (classes diamétricas) apresentaram diferenças de rendimento e eficiência estatisticamente significativas a 95% de probabilidade. No âmbito da comparação entre os sistemas de desdobro aleatório e programado, a análise de variância demonstrou que as metodologias de desdobro apresentaram diferenças de rendimento e eficiência estatisticamente significativas a 95% de probabilidade.

4.1 DESDOBRO ALEATÓRIO

O desdobro aleatório foi adotado nesta pesquisa para designar que as toras entravam na serraria aleatoriamente, sem classificação diamétrica. Na serra principal, as peças de madeira eram retiradas sistematicamente de acordo com a intuição do operador.

4.1.1 Rendimento da serraria

Na TABELA 5 são apresentados os resultados dos rendimentos médios por classe diamétrica e pode-se observar que os rendimentos variaram de 44,96% a 52,47%, sendo a média geral correspondente a 49,01%.

TABELA 5 - VOLUME DA TORA, VOLUME DA MADEIRA SERRADA E RENDIMENTO PARA DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS NO DESDOBRIO ALEATÓRIO

Classe	Volume da tora (m ³)	Volume serrado (m ³)	Rendimento (%)	Coefficiente de variação (%)
1	1,29408	0,58179	44,96 a	4,65
2	1,50914	0,72916	48,33 ab	3,79
3	1,69828	0,85402	50,28 bc	6,89
4	2,05951	1,08070	52,47 c	8,54
Média geral			49,01	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

O teste de Tukey demonstrou que não houve diferenças significativas a 95% de probabilidade entre médias de rendimento das classes 1 e 2, classes 2 e 3 bem como entre as classes 3 e 4, o que indica haver semelhanças entre as médias das referidas classes no ponto de vista estatístico. Por outro lado, foram registradas diferenças estatísticas entre as classes 1 e 3, classes 1 e 4, assim como entre classes 2 e 4 (TABELA 5). Entretanto, apesar das igualdades de médias de rendimento no ponto de vista estatístico entre duas classes consecutivas, pode-se observar a tendência de aumento de rendimento em função das classes diamétricas estudadas. Estas evidências demonstraram que o aumento do diâmetro de toras proporcionou o aumento significativo de rendimento concordando com os estudos feitos por Ribas *et al.* (1989), Tsoumis (1991), Fontes (1994) e Egas (2002).

O rendimento médio geral da serraria encontrado a partir do desdobro aleatório correspondeu a 49,01%, sendo considerado maior quando comparado ao rendimento médio obtido por Murara Junior (2005) no desdobro convencional de pinus, que foi de 44,21%, tendo trabalhado com diâmetros que variaram de 18 cm a 44 cm e com amplitude de classes diamétricas maior. De forma similar, o rendimento médio geral obtido na presente pesquisa também foi superior ao rendimento médio geral obtido por Valério *et al.* (2007) no desdobro da *Araucaria angustifolia*, que foi de 44,89%, tendo trabalhado com diâmetros que variaram de 20 cm até mais que 60 cm e com amplitude das classes diamétricas maior. Ribas *et al.* (1989) estudaram o rendimento em madeira serrada e resíduos da serraria, a partir do desdobro de toras de *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii* e obtiveram um rendimento médio de 46,95%,

tendo trabalhado com diâmetros que variaram de 12,1 cm a 27,0 cm. Este rendimento foi inferior ao rendimento obtido apresentado na TABELA 5.

Na presente pesquisa, trabalhou-se com a amplitude de diâmetro de toras menor (24 cm a 33 cm) e obteve-se um rendimento médio geral relativamente maior quando comparado aos rendimentos médios gerais obtidos pelos autores Ribas *et al.* (1989), Murara Junior (2005) e Valério *et al.* (2007).

Ferreira *et al.* (2003), avaliaram a produção e a qualidade da madeira serrada de 10 clones híbridos de *Eucalyptus*. Na seqüência, os autores classificaram as toras em função de defeitos e desdobraram as mesmas usando a serra fita simples mediante o emprego de três métodos de desdobro tangencial, onde pelo método de desdobro tangencial balanceado paralelo ao centro da tora conseguiram obter um rendimento médio geral correspondente a 51,5%. Este rendimento foi superior em relação ao rendimento médio da serraria obtido, onde as toras foram desdobradas pelo método tangencial. As diferenças em diâmetros de toras desdobradas, qualidade de toras, sistema de corte usado podem ter originado as diferença de rendimentos obtidos nas duas pesquisas.

As classes 1 e 2 juntas perfazem um intervalo diamétrico de 24,0 cm a 28,0 cm de onde se obteve uma média de rendimento correspondente a 46,65%. Este rendimento médio foi superior em quase cinco pontos percentuais, comparando com o rendimento analisado por Murara Junior (2005), que foi de 45,35%. De forma similar, a classe 3 (28,1 cm a 30,0 cm) com o rendimento de 50,28% encontrando-se dentro do intervalo diamétrico de 28,1 cm a 34,0 cm com o rendimento de 45,31% analisado por Murara Junior (2005) foi superior em quase cinco pontos percentuais. Estes resultados podem constituir uma evidência de que a utilização de amplitudes de classes diamétricas menores pode contribuir para obter rendimentos relativamente maiores. Adicionalmente, o método de corte utilizado em cada um dos dois estudos também pode ter contribuído para as diferenças de rendimento registradas entre classes diamétricas.

No método aleatório, as toras foram desdobradas na serra principal segundo o corte tangencial. Tuset e Duran (1978) e Rocha (2002) mencionam que com o corte tangencial, além da facilidade de aplicação, quando utilizado possibilita obter maior rendimento em madeira serrada, o que provavelmente pode ser a razão de se ter obtido nesta pesquisa um rendimento médio geral (49,01%) superior ao rendimento médio obtido por outros autores. O modelo de corte tangencial possibilita

a obtenção de peças de madeira com larguras maiores, o que é sustentado por Rocha e Tomaselli (2001). Estes autores na sua pesquisa avaliaram o efeito de dois modelos de corte (radial e tangencial) considerando toras de duas classes diamétricas nas dimensões de tábuas serradas de *Eucalyptus* sp. e concluíram que, de forma geral, o corte tangencial possibilita a obtenção de peças de maior dimensão e com maior valor comercial. Assim, a obtenção de peças com larguras maiores pode contribuir para maior rendimento em madeira serrada.

Em desdobro de toras na serra principal eram retiradas basicamente peças de madeira com duas espessuras, sendo 42 mm e 22 mm. Enquanto as toras chegavam à serra principal para o desdobro, o operador avaliava cada tora em termos de suas características (diâmetro e defeitos) para o posicionamento da mesma em relação a serra fita e decidia sobre a quantidade de peças a retirar para uma determinada espessura.

A atitude de tomada de decisão por parte do operador da serra principal após a avaliação da tora refletiu-se de forma marcante no rendimento em madeira serrada obtida nas classes diamétricas estudadas e, portanto, da serraria. Os dados revelaram casos em que toras da mesma classe diamétrica apresentaram valores de rendimento muito variados. Estes fatos são fundamentados por Williston (1978), quando o autor referencia que o operador da serra principal tem maior responsabilidade no rendimento da serraria.

Por outro lado, o operador da refiladeira avaliava a largura de cada peça proveniente da serra principal e decidia sobre a largura final a retirar em várias opções de larguras que caracterizavam a linha de produto da empresa, dada a flexibilidade do equipamento no bitolamento. Em geral, o operador refilava peças na sua largura máxima. É importante ressaltar que o operador da serra refiladeira dependia completamente das peças provenientes da serra principal, mas, também a sua tomada de decisão sobre a largura da peça a retirar influenciou o rendimento obtido a partir do desdobro de toras.

Nas classes 1 e 2 foram retiradas com maior freqüência na maioria das toras, peças de 42 mm x 80 mm. As peças de 22 mm x 80 mm e 22 mm x 160 mm não foram retiradas em todas as toras destas classes.

Na classe 3 também foram retiradas com maior freqüência peças de 42 mm x 80 mm em algumas toras. Em apenas uma tora é que foi retirada a peça de 22 mm x 80 mm.

Na classe 4 foram retiradas peças de madeira do mesmo tipo como as de 42 mm x 80 mm, 42 mm x 120 mm e 42 mm x 180 mm resultando em maior variabilidade de rendimentos obtidos em toras dentro da classe.

Assim, as peças de madeira serrada que caracterizavam a linha de produtos da serraria foram retiradas de forma completamente aleatória no desdobro de toras em todas as classes diamétricas como resultado da atitude na tomada de decisão dos operadores da serra principal e da refiladeira influenciando o rendimento nessas classes.

4.1.2 Eficiência técnica da serraria

Na TABELA 6 são apresentados os resultados da eficiência técnica por classe diamétrica. A eficiência técnica variou de 9,71 a 11,22 m³/operário/turno, sendo a média geral correspondente a 10,18 m³/operário/turno.

TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO DESDOBRO ALEATÓRIO

Classe diamétrica	Eficiência técnica (m ³ /operário/turno)	Coefficiente de variação (%)
1	9,71 a	5,54
2	9,74 a	7,46
3	10,05 a	8,68
4	11,22 b	8,77
Média geral	10,18	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Na TABELA 6 pode ser observado que não houve diferenças significativas nos valores médios da eficiência técnica entre as classes 1, 2 e 3 a 95% de probabilidade. Esta igualdade estatística sugere que a eficiência técnica alcançada no desdobro de toras que fazem parte das classes 1, 2 e 3 toma um valor médio não diferente. Por outro lado, o valor da eficiência técnica para a classe 4 revelou ser estatisticamente superior e diferente a 95% de probabilidade em relação aos valores das demais classes. Analisando os resultados da TABELA 6 pode-se observar

também que houve uma tendência de aumento dos valores da eficiência com o aumento do diâmetro da tora.

Esta tendência também foi verificada por Biasi (2005) na sua pesquisa em que pretendia determinar e avaliar o rendimento em madeira, geração de resíduos e eficiência de três espécies tropicais em diferentes classes diamétricas.

A eficiência técnica média geral da serraria alcançada no desdobro aleatório correspondeu a um valor de 10,18 m³/operário/turno e, no entanto, pode-se dizer que esta serraria enquadra-se no grupo de serrarias comuns de acordo com a classificação apresentada por Rocha (2002).

Batista e Carvalho (2007) tendo trabalhado com *Eucalyptus* spp na avaliação do desempenho da serraria de pequeno porte no desdobro de toras determinaram o valor da eficiência técnica da serraria e encontraram um valor correspondente a 4,96 m³/operário/turno, sendo menor em relação ao valor da eficiência técnica encontrado no âmbito de desdobro aleatório na presente pesquisa. Esta diferença de eficiência técnica pode ter sido causada pela diferença nos equipamentos utilizados e diâmetros de toras serradas. Por outro lado, as espécies do gênero *Eucalyptus* sp. apresentam maior massa específica em relação as do gênero *Pinus* sp., sendo muitas vezes, as mais difíceis de serrar.

4.2 DESDOBRO PROGRAMADO

4.2.1 Rendimento da serraria

A TABELA 7 apresenta os valores médios do volume da tora, volume serrado e rendimentos por classe diamétrica, podendo-se observar que os rendimentos variaram de 49,93% a 55,25%, sendo a média geral correspondente a 52,14%.

TABELA 7 - VOLUME DA TORA, VOLUME DA MADEIRA SERRADA E RENDIMENTO PARA DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS NO DESDOBRO PROGRAMADO

Classe	Volume da tora (m ³)	Volume serrado (m ³)	Rendimento (%)	Coefficiente de variação (%)
1	1,28617	0,64204	49,93 a	2,91
2	1,50791	0,78194	51,85 a	4,07
3	1,73744	0,89462	51,54 a	4,28
4	2,05128	1,13145	55,25 b	4,96
Média geral			52,14	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados dos rendimentos evidenciam que não houve diferenças significativas a 95% de probabilidade entre classes 1, 2 e 3. Porém, o valor médio de rendimento da classe 4 revelou ser estatisticamente superior e diferente dos valores das demais classes.

De uma maneira geral, foi possível reproduzir a maioria dos modelos de corte propostos pelo programa MaxiTora, apesar de ter havido casos em que para algumas toras nas classes diamétricas estudadas não foi retirada a última peça do modelo correspondente. O posicionamento não correto da tora em relação a serra por parte do operador da serra principal para retirada da primeira costaneira que também está associado à localização do primeiro corte na tora, influenciou para a não retirada da última peça do modelo, afetando o rendimento em madeira serrada.

Para Haygreen e Bowyer (1982), uma vez feito o primeiro corte na tora, a localização dos cortes subseqüentes para a retirada de peças de madeira é mais facilitada. Sendo assim, os autores referem que o volume da madeira serrada é determinado pelo primeiro corte na tora. Denig (1993) e outros autores como Haygreen e Bowyer (1982), Vianna Neto (1984), Egas (2000) e Vital (2008) relatam que a localização não adequada do primeiro corte na tora afeta significativamente o rendimento em madeira serrada.

Em toras com conicidade, a primeira peça retirada após a costaneira sempre apresentava muita casca resultando em pouco aproveitamento após o refilo devido a presença de esmoado, reduzindo o rendimento. As peças obtidas de toras com conicidade, ao seguirem para a refiladeira eram refiladas em larguras menores, gerando maior volume de refilos, fato que de alguma forma prejudicou o rendimento. Assim, toras com conicidade apresentaram rendimentos relativamente baixos, o que contribuiu para a queda de rendimento em uma classe diamétrica assim como para a serraria em geral.

Cardoso Junior (2008) trabalhou com diferentes modelos de corte gerados pelo MaxiTora no desdobro de toras. O autor observou a influência da conicidade sobre o rendimento em madeira serrada, bem como na reprodução dos modelos de corte no desdobro de toras.

O MaxiTora, tratando-se de um programa bidimensional não considera a conicidade e como consequência, os rendimentos estimados pelo programa encontram-se subestimados, principalmente em toras com conicidade, pois o programa determinou o modelo com base no diâmetro mínimo. Desta forma, a tora ao ser desdobrada acaba apresentando um rendimento maior. Sendo assim, o programa não possibilita retirar peças curtas, uma vez que só trabalha com duas medidas que são a espessura e a largura.

Nas classes diamétricas estudadas houve aproximação entre os valores dos rendimentos reais obtidos na serraria e os rendimentos estimados a partir dos modelos de corte gerados pelo MaxiTora, exceto a classe 4 em que a diferença entre o rendimento estimado (53,43%) e o rendimento real (55,25%) resultou em quase dois pontos percentuais. Sendo assim, pode-se dizer que os modelos de corte propostos pelo programa MaxiTora foram adequados para o desdobro de toras nas condições da serraria no que concerne ao *layout* e equipamentos, bem como a linha de produtos da serraria.

No geral, os rendimentos reais obtidos na serraria foram superiores aos rendimentos estimados dos modelos propostos em todas as classes diamétricas. Tal fato provavelmente aconteceu em função de que os valores reais de espessura e largura medidos em peças individuais de madeira serrada resultantes das toras desdobradas eram, na maioria das vezes, ligeiramente maiores que os valores nominais de espessura e largura.

O rendimento médio geral da serraria obtido pelo desdobro programado correspondeu a 52,14%, sendo menor quando comparado ao rendimento médio geral encontrado por Murara Junior (2005), que foi de 53,60% também obtido pela programação do desdobro. É importante salientar que o autor trabalhou com uma amplitude diamétrica maior, que foi de 18,0 cm a 44,0 cm. Apesar de se ter trabalhado com uma faixa diamétrica menor (24 cm a 33 cm) na presente pesquisa, pode-se constatar que o rendimento médio geral obtido e o rendimento médio geral obtido por Murara Junior (2005) resultaram numa diferença menor do que dois pontos percentuais.

Por outro lado, o rendimento médio geral da presente pesquisa (52,14%) obtido pelo desdobro programado foi superior ao rendimento obtido por Biasi e Rocha (2003) que foi de 43,17%. Estes autores apesar de terem trabalhado com modelos de corte para diferentes intervalos de diâmetros no desdobro de toras obtiveram um rendimento médio geral relativamente baixo. É importante ressaltar que os autores trabalharam também com toras de diâmetro menor (abaixo de 15 cm), o que pode ter influenciado negativamente o rendimento médio da serraria, uma vez que o desdobro de toras de diâmetro menor resulta em rendimento baixo.

Na classe diamétrica 1, o rendimento real obtido na serraria (49,93%) está de acordo com o rendimento proposto no modelo de corte correspondente, significando que o modelo foi reproduzido com sucesso. Contudo, houve uma tora em que não foi retirada a última peça do modelo (22 mm x 80 mm) devido ao erro de posicionamento da tora pelo operador em relação a serra fita no primeiro corte.

Na classe 2, apenas em uma tora não foi retirada a última peça do modelo correspondente que apresenta a dimensão de 22 mm x 80 mm, mas mesmo assim a reprodução do modelo permitiu obter um rendimento médio da classe satisfatório.

No entanto, a classe 3 apresentou um rendimento real ligeiramente menor que o rendimento obtido na classe 2 em função de não ter sido retirada a última peça do modelo (42 mm x 80 mm) em quatro toras devido ao erro do operador, o que contribuiu para a queda do rendimento médio da classe. Esse fato pode ser a razão para as classes 2 e 3 apresentarem rendimentos reais próximos (TABELA 7).

Na classe 4 não foi retirada a última peça do modelo correspondente a 22 mm x 80 mm em cinco toras devido ao erro do operador. A maioria das toras desta classe apresentava a tendência de maior conicidade e associado ao erro de posicionamento da tora em relação a serra principal e conseqüentemente, realização

do primeiro corte inadequado contribuiu para queda do rendimento dentro da classe diamétrica 4.

No geral, o rendimento real obtido a partir do desdobro programado poderia ter sido maior em todas as classes diamétricas, se os fatores erro do operador e conicidade acentuada em algumas toras, não tivessem influenciado na reprodução dos modelos de corte.

A classe 2 (26,1 cm a 28,0 cm) apresentou um rendimento de 51,85% e foi superior ao rendimento obtido na classe 2 (24,1 cm a 28,0 cm) de 48,02% na pesquisa desenvolvida por Murara Junior (2005). De forma similar, aconteceu também para a classe 4 (30,1 cm a 33,0 cm) que apresentou o rendimento de 55,25%, sendo superior ao rendimento obtido na classe 3 (28,1 cm a 34,0 cm) no trabalho do mesmo autor, que correspondeu a 53,24%. As classes 2 e 4 apresentaram uma amplitude diamétrica menor em relação as classes 2 e 3 do estudo feito por Murara Junior (2005).

Apesar do rendimento médio geral da presente pesquisa ter sido menor em relação ao rendimento médio geral obtido por Murara Junior (2005), as classes diamétricas de 26,1 cm a 30,0 cm e 30,1 cm a 33,0 cm apresentaram melhores rendimentos. Biasi e Rocha (2003) encontraram rendimentos de 45,32% na classe 3 (20,0 cm a 32,0 cm) e 46,61% na classe 4 (33,0 cm a 45,0 cm) que foram inferiores aos rendimentos obtidos na presente pesquisa nas classes 3 e 4 respectivamente. Assim, trabalhar com amplitudes diamétricas menores na geração de modelos de corte pelo programa MaxiTora é um fato que contribui para bons resultados na serraria em termos de rendimentos, visto que o MaxiTora é um programa muito sensível a pequenas variações de diâmetro ao gerando modelos distintos.

4.2.2 Eficiência técnica da serraria

A TABELA 8 apresenta valores da eficiência técnica de desdobro programado por classe diamétrica que variam de 7,78 a 8,99 m³/operário/turno, sendo a média geral correspondente a 8,07 m³/operário/turno.

TABELA 8 - VALORES MÉDIOS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO DESDOBRADO PROGRAMADO

Classe diamétrica	Eficiência técnica (m ³ /operário/turno)	Coefficiente de variação (%)
1	7,78 a	15,07
2	7,52 a	7,98
3	8,01 ab	4,34
4	8,99 b	11,87
Média geral	8,07	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

O teste de Tukey demonstrou que não houve diferenças significativas a 95% de probabilidade nos valores médios de eficiência técnica entre as classes 1, 2 e 3. Entretanto, registraram-se diferenças significativas nos valores da eficiência técnica entre a classe 4 e as classes 1 e 2. Pelos resultados da TABELA 8 pode-se observar a tendência de aumento dos valores da eficiência técnica com o aumento do diâmetro da tora.

A eficiência técnica média geral obtida na serraria pelo desdobro programado foi de 8,07 m³/operário/turno. Assim, a serraria fazendo o desdobro programado pode ser enquadrada no grupo de serrarias comuns de acordo com a classificação mencionada por Rocha (2002).

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E O DESDOBRO PROGRAMADO

A análise de variância do rendimento em porcentagem revelou que a interação dos fatores metodologia de desdobro (desdobro aleatório e programado) e classificação de toras testada (classes diamétricas 1, 2, 3 e 4) não foi significativa, indicando que são independentes (TABELA 9).

Os fatores principais, metodologia de desdobro e classificação de toras, apresentaram diferenças estatisticamente significativas a 95% de probabilidade (ANEXO). Os resultados do teste de comparação de médias de rendimento em madeira serrada para cada método de desdobro de toras e classes diamétricas estudadas são apresentados na TABELA 9.

TABELA 9 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE RENDIMENTO ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E O PROGRAMADO

Classe diamétrica	Rendimento (%)		Média de rendimento da classe (%)
	Desdobro aleatório	Desdobro programado	
1	44,96	49,93	47,45 a
2	48,33	51,85	50,09 ab
3	50,28	51,54	50,91 b
4	52,47	55,25	53,86 c
Média geral	49,01 A	52,14 B	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

A partir da TABELA 9 pode ser observado que o teste de Tukey revelou que a classe diamétrica 4 apresentou um rendimento médio estatisticamente maior e diferente dos rendimentos obtidos nas demais classes estudadas. Tendo em conta a linha de produtos da empresa, foi obtido maior rendimento em madeira serrada na classe diamétrica 4.

Este resultado enfatiza a necessidade de se fazer a classificação de toras no pátio da serraria e programação de cortes para melhorar o aproveitamento de toras, uma vez que o rendimento aumentou com o aumento do diâmetro da tora. O teste de Tukey também revelou que o desdobro programado apresentou um rendimento médio geral (52,14%) estatisticamente superior em relação ao rendimento médio geral (49,01%) obtido pelo desdobro aleatório.

Os resultados demonstram que a classificação de toras por diâmetro e a programação do desdobro melhora o rendimento da serraria. Analisando os valores absolutos de rendimento na TABELA 9, observa-se que houve um aumento de rendimento em todas as classes diamétricas quando aplicada a metodologia de desdobro programado.

Na classe diamétrica 1 obteve-se pelo desdobro aleatório um rendimento de 44,96% mas, pelo desdobro programado foi obtido o rendimento de 49,93% o que resultou num aumento de quase cinco pontos percentuais. Na classe diamétrica 2 o rendimento com o desdobro programado subiu em pelo menos três pontos percentuais. Igualmente verificou-se ganho para a classe 4 onde o aumento com a programação de cortes foi em pelo menos dois pontos percentuais.

A classe 3 registrou uma diferença muito pequena entre as duas metodologias de desdobro, menor do que um ponto percentual. As diferenças de rendimentos obtidos através sistemas de desdobro aleatório e programado podem ser visualizadas na FIGURA 18.

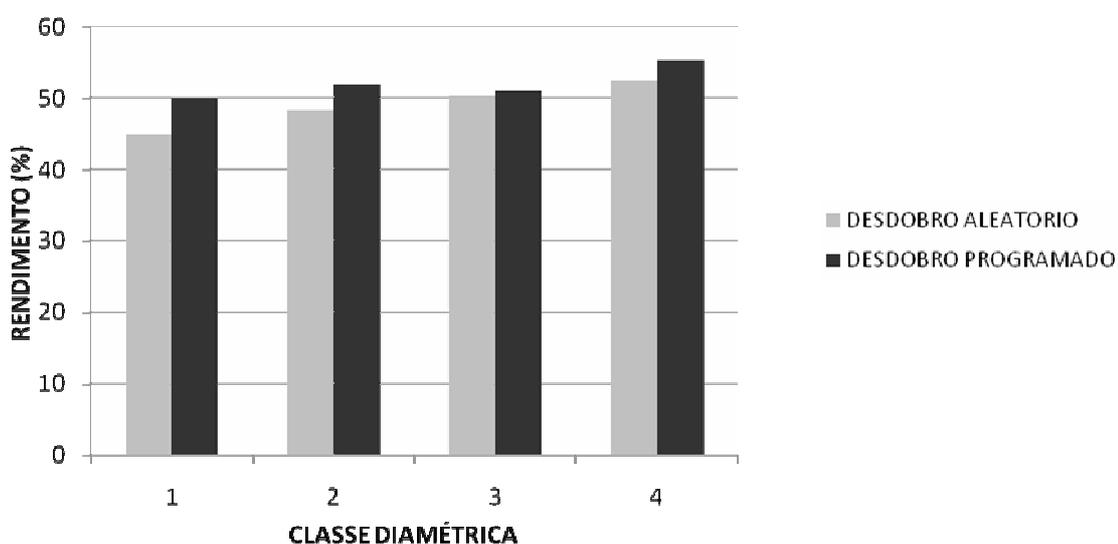


FIGURA 18 - GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE RENDIMENTO POR CLASSE DIAMÉTRICA ENTRE OS DESDOBROS ALEATÓRIO E PROGRAMADO

Na FIGURA 18, pode-se observar que no desdobro aleatório existiu uma tendência de aumento gradual de rendimento em função da classe diamétrica. No desdobro programado a tendência de aumento de rendimento foi verificada a partir da classe 3. No entanto, as classes 1, 2 e 3 nessa metodologia apresentaram um comportamento homogêneo em termos de rendimentos. A programação de cortes favorece a rendimentos satisfatórios no desdobro de toras de menores diâmetros, dado que por este sistema de desdobro foi obtido maior rendimento na classe diamétrica 1.

Murara Junior (2005) avaliou a classificação de toras e uso de modelos de corte no desdobro das mesmas, também registrou um incremento nos rendimentos em todas as classes diamétricas estudadas devido ao desdobro programado.

No geral, as classes diamétricas 1, 2 e 4 indicam a evidência de que a programação de desdobro de toras que consiste em utilização de modelos de corte específicos às classes diamétricas tendo em conta a linha de produtos da serraria, permite o aumento do rendimento e, portanto, da produção em madeira serrada.

No entanto, a diferença em quase cinco pontos percentuais resultantes entre o desdobro aleatório e o programado na classe 1 pode ser uma indicação de que no desdobro aleatório as toras não foram utilizadas adequadamente, dando lugar ao subaproveitamento da matéria prima. A serraria desdobrando toras da classe

diamétrica 1 no volume de 40 m³/dia, poderia obter até ao final do turno, 1,99 m³ a mais de madeira serrada equivalendo a 41,79 m³/mês com o sistema de desdobro programado.

Alguns aspectos como a tomada de decisão do operador de serra principal e da refiladeira nortearam o desdobro aleatório, influenciando de certa forma o rendimento em madeira serrada. Cada tora que passava pela serra principal era desdobrada com base no mesmo esquema de corte denominado corte tangencial, e a retirada de peças de madeira em termos de espessura e largura que caracterizavam a produção era aleatória. Assim, o operador da serra principal tomava a decisão sobre as espessuras nominais a retirar, e por sua vez o operador da refiladeira decidia, dentre as peças provenientes da serra principal, quais as larguras nominais adequadas para o refilamento em cada peça que passava pela serra refiladeira. Como resultado, foram retiradas peças de madeira serrada do mesmo tipo como a de 42 mm x 80 mm na maioria das toras desdobradas, principalmente das classes diamétricas 1, 2 e 3. As peças de 22 mm x 80 mm não foram retiradas. Esta atitude de tomada de decisão pelos operadores resultou em uma grande variação nos rendimentos obtidos a partir do desdobro de toras dentro da classe diamétrica.

Desta maneira, os rendimentos médios obtidos nas classes diamétricas foram influenciados. Este fato já tinha sido previsto por Leite (1994) *apud* Cardoso Junior (2008) e Murara Junior (2005) ao mencionar que dificilmente o operador da serra principal atingirá o nível ótimo de desdobro no aproveitamento da tora, uma vez que o tempo de tomada de decisão é muito curto.

Anderson (1973) menciona que dificilmente o operador da serra principal consegue avaliar integralmente o diâmetro, conicidade, comprimento e posicionar a tora para o corte otimizado.

No desdobro programado, as toras eram desdobradas com base em modelos de corte previamente estabelecidos para cada classe diamétrica. Na serra principal eram retiradas as espessuras finais das peças, e estas por sua vez seguiam para a serra refiladeira para a retirada das larguras finais. Na grande maioria das toras desdobradas foi conseguida a reprodução dos modelos, o que permitiu que os rendimentos obtidos nesta metodologia de desdobro fossem superiores aos rendimentos obtidos pelo desdobro aleatório, refletindo-se em aumento da produção de madeira serrada na serraria.

A análise de variância da eficiência técnica revelou que a interação dos fatores metodologia de desdobro de toras e classificação de toras por classes diamétricas testadas não foi significativa, indicando que são independentes. Os fatores principais metodologia de desdobro de toras e classificação diamétrica apresentaram diferenças estatisticamente significativas a 95% de probabilidade (ANEXO). Os resultados de teste de comparação de médias da eficiência técnica da serraria para cada método de desdobro de toras e classes diamétricas estudados são apresentados na TABELA 10.

TABELA 10 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E PROGRAMADO

Classe diamétrica	Eficiência técnica (m ³ /operário/turno)		
	Desdobro aleatório	Desdobro programado	Média de eficiência da classe
1	9,71	7,78	8,74 a
2	9,74	7,52	8,63 a
3	10,05	8,01	9,03 a
4	11,22	8,99	10,10 b
Média geral	10,18 A	8,07 B	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Na TABELA 10 pode ser observado que o teste de Tukey revelou que na classe diamétrica 4, a eficiência técnica alcançada foi estatisticamente superior e diferente das demais classes. O teste de Tukey também revelou que a eficiência técnica alcançada na serraria pelo método de desdobro programado foi estatisticamente menor em relação a eficiência técnica obtida a partir do desdobro aleatório. Este resultado foi contrário ao esperado, pois era suposto que pelo desdobro programado a eficiência técnica alcançada ao desdobrarem-se toras fosse maior.

Nas operações de desdobro programado, os operadores da serra principal e refiladeira retiravam peças de madeira de acordo com o modelo de corte da classe diamétrica correspondente. Essas ações não só melhoram o rendimento em madeira serrada, mas também contribuem para o aumento da eficiência técnica de conversão de toras na serraria, pois o operador da serra principal já não tomava

decisões a cada instante no ato de desdobro. No entanto, alguns aspectos como a falta de experiência do operador da serra principal contribuiu para a queda da eficiência técnica da serraria. O operador levava mais tempo para desdobrar uma tora de acordo com o modelo de corte. Os tempos efetivos de desdobro de toras com base no modelo de corte foram relativamente altos quando comparados aos tempos efetivos do desdobro aleatório resultando em diminuição da eficiência de conversão de toras em madeira serrada.

A falta de sincronia entre os operadores da serra principal e refiladeira também contribuiu para alargar os tempos efetivos de desdobro da tora resultando em queda da eficiência técnica. Para todas as classes diamétricas analisadas com relação aos valores médios da eficiência técnica obtida a partir do desdobro aleatório ao desdobro programado houve uma diminuição em cerca de 2 m³/operário/turno.

Na figura 19 pode-se observar que para o desdobro aleatório assim como para o desdobro programado, as classes 1, 2 e 3 apresentaram um comportamento homogêneo na eficiência técnica de desdobro. No entanto, foi verificado o aumento significativo da eficiência técnica na classe diamétrica 4 para ambas metodologias de desdobro.

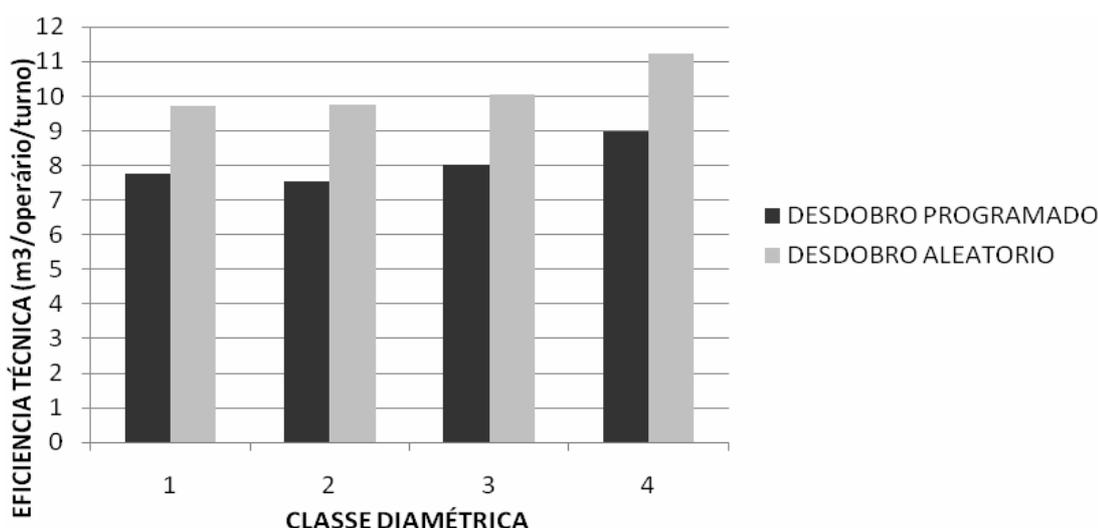


FIGURA 19 - GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA POR CLASSE DIAMÉTRICA ENTRE OS DESDOBROS ALEATÓRIO E PROGRAMADO

De um modo geral, o desdobro programado nesta pesquisa permitiu o aumento da produção de madeira serrada, o que é favorável para a serraria, mas o fator humano caracterizado pela falta de experiência na utilização dos modelos de corte resultou em queda de eficiência técnica nas operações de desdobro. Entretanto, a experiência dos operadores torna-se relevante para que efetivamente o programa Maxitora seja aplicado melhor na serraria e surta os efeitos esperados.

É importante ressaltar que a falta de experiência dos operadores das máquinas pode ser resolvido pelo treinamento dos mesmos visando a sua melhor adaptação aos modelos de corte no desdobro de toras resultando em melhoria na eficiência técnica.

4.4 CUSTOS DE PRODUÇÃO

4.4.1 Desdobro aleatório

Os custos fixos e variáveis da serraria são apresentados na TABELA 11 e constituíram os custos de produção pelo desdobro aleatório. O custo total alcançou o valor de R\$ 106.780,07 por mês e representou o custo de todos os recursos fixos e variáveis usados para gerar a produção. Desse valor, 15,69% é devido à utilização de recursos fixos e 84,31% resulta da utilização de recursos variáveis. Os recursos variáveis tiveram um impacto significativo sobre os custos totais de produção de madeira serrada como demonstra a TABELA 11.

TABELA 11 - CUSTO FIXO TOTAL, CUSTO VARIÁVEL TOTAL E CUSTO TOTAL DA SERRARIA COM DESDOBRIO ALEATÓRIO

Itens do custo	R\$ por mês	% do Custo Total
Custo fixo total	16.758,78	15,69
Custo variável total	90.021,29	84,31
Custo Total	106.780,07	100

FONTE: Autor (2009)

Analisando a TABELA 12, pode-se observar que a serraria se depara com um custo fixo total de R\$ 16.758,78 por mês. A depreciação de máquinas e equipamentos, mão de obra direta e despesas administrativas foram responsáveis por 30,01%, 28,66% e 20,88% respectivamente do custo fixo total. Os mesmos

elementos representam apenas 4,49%, 4,71% e 3,28% respectivamente do custo total.

TABELA 12 - CUSTOS FIXOS DA SERRARIA NO DESDOBRO ALEATÓRIO

Itens do custo fixo	R\$ por mês	% do custo fixo	% do Custo Total
Mão de obra direta	4.802,65	28,66	4,49
Encargos sociais	840,46	5,02	0,79
Depreciação de máquinas e equipamentos	5.029,17	30,01	4,71
Remuneração do capital próprio	2.307,50	13,77	2,16
Despesas administrativas	3.500,00	20,88	3,28
Ferramentas	279,00	1,66	0,26
Custo Fixo Total	16.758,78	100	15,69

FONTE: Autor (2009)

Nos custos variáveis, o destaque vai para a aquisição de toras constituindo o elemento de custo de grande importância devido ao impacto ocasionado nos custos de produção da serraria. Analisando a TABELA 13, pode-se observar que a matéria prima (toras) representou 93,31% do custo variável total mensal e foi responsável por 78,67% do custo total. Berger *et al.* (2002) avaliaram economicamente a implantação de uma serraria de grande porte no Estado do Acre e determinaram o custo variável total mensal. Os autores verificaram que a aquisição de matéria prima (toras) como elemento do custo variável tinha um grande impacto sobre os custos de produção na serraria respondendo por 62,50% do custo total.

TABELA 13- CUSTOS VARIÁVEIS DA SERRARIA NO DESDOBRAMENTO ALEATÓRIO

Itens do custo variável	R\$ por mês	% do custo variável	% do Custo Total
Matéria prima (Toras)	84.000,39	93,31	78,67
Combustível	702,00	0,78	0,66
Energia elétrica	3.417,87	3,80	3,20
Água	11,88	0,013	0,011
Manutenção em geral (inclui lubrificantes, pneus, etc.)	1.889,15	2,10	1,77
Custo Variável Total	90.021,29	100	84,31

FONTE: Autor (2009)

4.4.2 Desdobro programado

O custo fixo total, custo variável total e custo total calculados para o desdobro aleatório foram os mesmos para o desdobro programado. Entretanto, os custos médios obtidos foram diferentes para os dois sistemas de desdobro. Na TABELA 14 é apresentado o comparativo dos componentes de custos fixos médios entre os sistemas de desdobro aleatório e programado.

A serraria atingiu pelo desdobro aleatório a produção mensal de 405,60 m³ de madeira serrada. No entanto, a partir do desdobro programado, a serraria atingiu a produção mensal de 431,50 m³ de madeira serrada correspondendo ao aumento de 6,39% em relação ao desdobro aleatório tendo sido usada a mesma quantidade de toras para os dois sistemas de desdobro.

TABELA 14 - COMPARAÇÃO DE COMPONENTES DE CUSTO FIXO MÉDIO ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E PROGRAMADO

Item de custo fixo	Custo médio (R\$/m ³)		Diferencial (R\$/m ³)
	Desdobro aleatório	Desdobro programado	
Mão de obra direta	11,84	11,13	0,71
Encargos sociais	2,07	1,95	0,12
Depreciação de máquinas e equipamentos	12,40	11,66	0,41
Remuneração do capital próprio	5,69	5,35	0,34
Despesas administrativas	8,63	8,11	0,52
Ferramentas	0,69	0,64	0,04
Total	41,32	38,84	2,48

FONTE: Autor (2009)

Analisando a TABELA 14, pode ser observado que com o sistema de desdobro programado, houve diminuição do custo médio em todas componentes do custo fixo, ocasionando a redução do custo fixo médio de R\$ 41,32/m³ para R\$ 38,84/m³ de madeira serrada produzida. A redução do custo fixo médio foi registrada em função de ter aumentado o volume de produção mensal de madeira serrada devido à programação de desdobro de toras. Browning e Zupan (2004) mencionam que, uma vez que o custo fixo total permanece constante a curto prazo, o aumento da produção proporciona a redução do custo fixo médio.

Na TABELA 15 é apresentado o comparativo dos componentes de custos variáveis médios entre os sistemas de desdobro aleatório e programado. Pode-se observar que ocorreu a redução do custo médio em todas as componentes do custo variável ocasionando a diminuição do custo variável médio de R\$ 221,95/m³ para R\$ 208,63/m³ devido ao aumento do volume de produção de madeira serrada com a programação do desdobro de toras.

TABELA 15 - COMPARAÇÃO DE COMPONENTES DE CUSTO VARIÁVEL MÉDIO ENTRE O DESDOBRIO ALEATÓRIO E PROGRAMADO

Item de custo variável	Custo médio (R\$/m ³)		Diferencial (R\$/m ³)
	Desdobro aleatório	Desdobro programado	
Matéria prima (Toras)	207,10	194,67	12,43
Combustível	1,73	1,63	0,10
Energia elétrica	8,43	7,92	0,51
Água	0,029	0,028	0,001
Manutenção em geral (inclui lubrificantes, pneus, etc.)	4,66	4,38	0,28
Total	221,95	208,63	13,32

FONTE: Autor (2009)

A matéria prima (toras) foi o elemento de custo variável que criou um impacto significativo na estrutura de custos da serraria, representando 78,67% do custo total. No entanto, na TABELA 15 pode ser observado que o custo médio da matéria prima reduziu de R\$ 207,10/m³ para R\$ 194,67/m³ sendo na ordem de R\$ 12,43/m³ por mês e R\$ 149,16/m³ ao ano, com a programação de desdobro de toras. Assim, uma vez que foi utilizado o mesmo volume de matéria prima para os dois sistemas de desdobro sendo que, com a programação do desdobro de toras, a produção de madeira serrada aumentou em 6,39% em relação ao desdobro aleatório, a serraria poderia economizar por mês na utilização de toras, R\$ 12,43/m³ de madeira serrada produzida ou R\$ 149,16/m³ ao ano. Os outros componentes de custo variável como o combustível, energia elétrica, água e manutenção apresentaram um impacto menor no custo total como recursos variáveis utilizados na produção quando comparados às toras, representando apenas 5,64%.

Na TABELA 16 é apresentado o comparativo de custo total médio alcançado nos sistemas de desdobro aleatório e programado em diferentes classes diamétricas.

TABELA 16 - COMPARAÇÃO DO CUSTO TOTAL MÉDIO ENTRE O DESDOBRO ALEATÓRIO E PROGRAMADO NAS CLASSES DIAMÉTRICAS

Classe diamétrica	Custo total médio (R\$/m ³)		Diferencial (R\$/m ³)
	Desdobro aleatório	Desdobro programado	
1	286,98	258,41	28,57
2	266,97	248,84	18,13
3	256,62	250,34	6,28
4	245,90	233,53	12,37
Média	263,26	247,46	15,80

FONTE: Autor (2009)

De acordo com a TABELA 16, o custo total médio reduziu no sistema de desdobro aleatório assim como no sistema de desdobro programado entre as classes diamétricas, uma vez que houve aumento da produção de madeira serrada em função da classe diamétrica estudada. No entanto, ao nível de todas as classes diamétricas também ocorreu a redução do custo total médio devido ao sistema de desdobro programado, uma vez que por este sistema de desdobro, houve aumento da produção de madeira serrada. Analisando os valores absolutos de custos na TABELA 16, observa-se que as classes diamétricas 1, 2 e 4 evidenciam que a programação de desdobro de toras permitiu a redução dos custos totais médios.

No geral, o custo total médio da serraria reduziu de R\$ 263,26/m³ para R\$ 247,46/m³, sendo na ordem de R\$ 15,80/m³ por mês e R\$ 189,60/m³ ao ano. Assim, a serraria trabalhando com o sistema de desdobro programado poderia economizar na utilização dos recursos fixos e variáveis por mês, R\$ 15,80/m³ de madeira serrada produzida ou R\$ 189,60/m³ ao ano. No valor mensal ou anual a ser economizado, tem-se maior participação da matéria prima (toras) em 78,67%, significando que é um recurso de maior importância devido ao impacto causado na estrutura de custos da serraria.

Ressalta-se que a serraria pode conseguir economizar mais do que os valores mensal e anual estimados, se fizer um treinamento dos operadores das máquinas no sentido de melhorar o rendimento no desdobro programado, aproveitando melhor as toras, uma vez que neste sistema de desdobro, o erro dos operadores afetou o rendimento.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

- O rendimento médio geral obtido a partir do desdobro aleatório nas condições da serraria em estudo foi reduzido pela inexperiência dos operadores da serra principal e da serra refiladeira.
- A classificação de toras e programação de cortes permitiram aumentar o rendimento da serraria em pelo menos três pontos percentuais.
- A programação de desdobro de toras resultou em aumento de rendimento em todas classes diamétricas estudadas.
- O posicionamento da tora e a conicidade prejudicaram a reprodução dos modelos de corte gerados pelo programa MaxiTora reduzindo o rendimento em madeira serrada.
- Os valores da eficiência no desdobro de toras aumentaram com o aumento do diâmetro da tora mantendo constantes outros fatores como o tempo de desdobro.
- A eficiência média geral da serraria, alcançada devido ao desdobro programado, foi menor em relação à eficiência média geral alcançada com o desdobro aleatório.
- A eficiência da serraria, alcançada no desdobro programado, foi reduzida pela experiência dos operadores das máquinas.
- A depreciação de máquinas e equipamentos e a mão-de-obra foram os elementos com maior participação nos custos fixos.
- A matéria prima (toras) apresentou maior participação nos custos variáveis e foi o elemento que mais onerou a produção de madeira serrada.

- O custo médio da matéria prima (toras) diminuiu com a programação de desdobro de toras.
- O sistema de desdobro programado permitiu reduzir os custos totais médios de produção.

6 RECOMENDAÇÕES

De acordo com as conclusões obtidas, recomenda-se:

- O desenvolvimento de uma nova versão do programa MaxiTora no contexto tridimensional podendo incluir fatores como a conicidade.
- A realização de outros estudos de eficiência da serraria envolvendo a programação de desdobro de toras.
- Para a adoção de um sistema de desdobro programado na empresa onde ocorreu a pesquisa é necessário que a serraria adote um sistema de classificação de toras por diâmetro, bem como desenvolver um programa de treinamento contínuo dos operadores das máquinas.
- A realização de outros estudos econômicos da serraria mais aprofundados envolvendo a programação de desdobro de toras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA (ABIMCI). Estudo setorial 2007: indústria de madeira processada mecanicamente: ano base 2006. Curitiba, 2007. 40 p.

_____. Estudo setorial 2008: indústria de madeira processada mecanicamente: ano base 2007. Curitiba, 2008. 45 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico da ABRAF 2008: ano base 2007. Curitiba, 2008. 87 p.

ACOSTA, M. S. Estado de la tecnología en usos no tradicionales de la madeira de Eucalipto en el mercosur y otros países. SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUCTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1.; ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1., 1998, Belo Horizonte. ANAIS... Viçosa, MG: SIF, DEF. 1998. 271 p.

ANDERSON, D. Dr. Computer-automated mills: high production/high yield. In: LAMBERT, H. G. Modern sawmill techniques. San Francisco: M. Freeman 1973. p 189-203.

AZEREDO, N. R. S. Madeiras de reflorestamento-Pinus: aspectos gerais de mercado e comercialização. Silvicultura, Curitiba, Ano IX, n. 35, p 7-12, 1984.

BATISTA, A. R. Manual técnico de serraria: instalação, funcionamento e manutenção de serras. [S.l.: s.n.],1983.

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

BERGER, R.,TIMOFEICZYK Jr., 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, jan./dez. 2002.

BERTI, A. Custos: uma estratégia de gestão. São Paulo: Ícone, 2002. 264 p.

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

BIASI, C. P.; ROCHA, M. P. Rendimento em serraria em *Pinus elliottii*. [S. l.: s.n.], 2003. 12p.

BROWING, E. K. e ZUPAN. Microeconomia. Rio de Janeiro: LCT, Editora. 2004.

CARDOSO Junior, A. A. Otimização do desdobro de Pinus com uso de programa otimizador de desdobro. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) -Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

CENI, E. A. Modelo para análise de custos nos processos de beneficiamento da madeira. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CÉSAR, R. Economia pesqueira I. Disponível em: <http://www.neema.ufc.br/EPI_caps_custosdeprodução.pdf>. Acesso em: 29/10/2009.

DENIG, J. Small sawmill handbook: Doing it right and making Money. San Francisco. Miller Freeman inc. 1993. 182 p.

DEL MENEZZI, C. H. S. Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *E. closiana* F. Muell. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1999.

DUTRA, R. G. Custos: uma abordagem prática. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1995.

EGAS, A. F. Noções sobre a produção de madeira serrada. Maputo: UEM. 2000. 98p.

FERREIRA, S., LIMA, J. T., ROSADO, S. C. S. e 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, Jan./Jun. 2004.

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

GROSSER, D. Defeitos da madeira. Série Técnica FUPEF, Curitiba, n. 2, 1980. 62 p.

HAYGREEN, J. G. e BOWER, J. L. Forest products and wood science: An introduction. Iowa State University Press. 1ª ed. 1982. 495 p.

HIRSCHFELD, H. Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. São Paulo: ATLAS, 7 ed. 2000. 519 p.

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

HOCHHEIM, N. e MARTIN, P. Influência da qualidade de toras no processo de fabricação, rendimento, custo e rentabilidade da madeira. Floresta para o desenvolvimento: Política, Ambiente, Tecnologia e Mercado. ANAIS. 1º Congresso Florestal Brasileiro. Curitiba, v. 2, 1993.

LEITE, H. G. Conversão de troncos em multiprodutos da madeira, utilizando programação dinâmica. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 1994.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. A expansão madeireira na Amazônia. Disponível em: < <http://www.amazonia.org.br/arquivos/156934.pdf>> Acesso em: 29/10/2009.

MOOSMAYER, H. Técnicas modernas de desdobro de Pinus com aproveitamento de resíduos. Silvicultura, Curitiba, Ano IX, n. 35, p 7-12, 1984.

MENDES, J.; HILDEBRAND, E. Gestão estratégica de custos: procedimentos para a concepção de um sistema de custos florestais. Curitiba: Fupef-Silviconsult. 1997. p 1-26.

MUÑIZ, G. I. B. de. Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Curitiba. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1993.

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

OPTIMBER. Otimização e informática. Disponível em: < <http://www.optimber.com.br/software.html>> Acesso em: 30/05/2009.

PONCE, R. H. Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico. Silvicultura, Curitiba, Ano IX, n. 34, p 9-13, 1984.

RIBAS, C., ASSIM, J. L., YAMAZOE, G. e GURCEL GARRIDO, L. M. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria. Revista Instituto de Floresta, São Paulo, v.1, n.1, p 51-65, 1989.

ROCHA, M. e 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, jan./dez. 2001.

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

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

SERRY, V. British sawmilling practice. London: E. Benn, 1963.

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

TONINI, H.; ANTÔNIO, L. M. M. F. Rendimento em madeira serrada de Cupiuba (*Goupia glabra*), Caferana (*Erisma uncinatum*) e Agelim-pedra (*Dinizia excelsa*). Comunicado Técnico, Boa Vista, n. 7, 2004.

TSOUMIS, G. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York: Chapman e Hall. 1991. 494 p.

VALÉRIO, A. F., WATZLAWICK, L. F., Dos SANTOS, R. T., 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, set/dez. 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. Planejamento e operação de serrarias. Viçosa, MG: UFV, 2008. 211 p.

WERNKE, R. Análise de custos e preços de venda: ênfase em aplicações e casos nacionais. São Paulo: Saraiva. 2005. 201p .

WILLISTON, M. Lumber manufacturing: the design and operation of sawmills and planer mills. San Francisco: M. Freeman, 1978.

WILLISTON, M. Computer control systems for log processing and lumber manufacturing. San Francisco: M. Freeman,1985.

WINANDY, J. E. Wood properties. In: WOOD handbook. Madison: Agricultural Handbook, 1994.

ANEXO

ANEXO- RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA

Data File: _DELINEAMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO-DESDOBRO ALEATÓRIO_
 Title: Desdobro Aleatório (Teste de Tukey)

Case Range: 41 - 44
 Variable 3: Rendimento
 Function: _RANGE_

Error Mean Square = 9.959
 Error Degrees of Freedom = 39
 No. of observations to calculate a mean = 10

Tukey's Honestly Significant Difference Test
 $s_ = 0.9979$ at alpha = 0.050

x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	44.96	C	Mean	4 =	52.47	A
Mean	2 =	48.33	BC	Mean	3 =	50.28	AB
Mean	3 =	50.28	AB	Mean	2 =	48.33	BC
Mean	4 =	52.47	A	Mean	1 =	44.96	C

Data file: _EFICIÊNCIA-DESDOBRO ALEATÓRIO_
 Title: Eficiência da serraria

Function: ANOVA-1
 Data case no. 1 to 40

One way ANOVA grouped over variable 1 (Trat)
 with values from 1 to 4.

Variable 3 (Eficiência)

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E					
	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob.
Between	3	15.112	5.037	7.929	0.0003
Within	36	22.872	0.635		
Total	39	37.985			

Coefficient of Variation = 7.83%

Var. 1	V A R I A B L E Number	No. 3 Sum	Average	SD	SE
1	10.00	97.050	9.705	0.54	0.25
2	10.00	97.370	9.737	0.73	0.25
3	10.00	100.532	10.053	0.87	0.25
4	10.00	112.160	11.216	0.98	0.25
Total	40.00	407.112	10.178	0.99	0.16
Within				0.80	

Bartlett's test

 Chi-square = 3.233
 Number of Degrees of Freedom = 3
 Approximate significance = 0.000

Data File: _EFICIÊNCIA_ DESDOBRO ALEATÓRIO
 Title: Eficiência da serraria (Teste de Tukey)

Case Range: 42 - 45
 Variable 3: Eficiência
 Function: _RANGE_

Error Mean Square = 0.6350
 Error Degrees of Freedom = 36
 No. of observations to calculate a mean = 10

Tukey's Honestly Significant Difference Test
 $s_ = 0.2520$ at $\alpha = 0.050$
 x

	Original Order			Ranked Order		
Mean	1 =	9.705	B	Mean	4 =	11.22 A
Mean	2 =	9.737	B	Mean	3 =	10.05 B
Mean	3 =	10.05	B	Mean	2 =	9.737 B
Mean	4 =	11.22	A	Mean	1 =	9.705 B

Data file: _DESDOBRO PROGRAMADO_
 Title: Desdobro programado

Function: ANOVA-1
 Data case no. 1 to 40

One way ANOVA grouped over variable 1 (Tratamento)
 with values from 1 to 4.

Variable 3 (Rendimento)

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E					
	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob.
Between	3	149.736	49.912	8.159	0.0003
Within	36	220.235	6.118		
Total	39	369.972			

Coefficient of Variation = 4.74%

Var. 1	V A R I A B L E Number	No. 3 Sum	Average	SD	SE
1	10.00	499.320	49.932	1.45	0.78
2	10.00	518.530	51.853	2.11	0.78
3	10.00	515.430	51.543	3.22	0.78
4	10.00	552.480	55.248	2.74	0.78
Total	40.00	2085.760	52.144	3.08	0.49
Within				2.47	

Bartlett's test

Chi-square = 5.550
 Number of Degrees of Freedom = 3
 Approximate significance = 0.000

Data File: _DESDOBRO PROGRAMADO_
 Title: Rendimento (Teste de Tukey)

Case Range: 42 - 45
 Variable 3: Rendimento
 Function: _RANGE_

Error Mean Square = 6.118
 Error Degrees of Freedom = 36
 No. of observations to calculate a mean = 10

Tukey's Honestly Significant Difference Test

$s_{\bar{x}} = 0.7822$ at $\alpha = 0.050$

x

	Original Order			Ranked Order		
Mean	1 =	49.93	B	Mean	4 =	55.25 A
Mean	2 =	51.85	B	Mean	2 =	51.85 B
Mean	3 =	51.54	B	Mean	3 =	51.54 B
Mean	4 =	55.25	A	Mean	1 =	49.93 B

Data File: _DESDOBRO PROGRAMADO_
Title: Eficiencia (Teste de Tukey)

Case Range: 46 - 49
Variable 3: Eficiência
Function: _RANGE_

Error Mean Square = 0.7440
Error Degrees of Freedom = 36
No. of observations to calculate a mean = 10

Tukey's Honestly Significant Difference Test
s_ = 0.2728 at alpha = 0.050

x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	7.777	B	Mean	4 =	8.987	A
Mean	2 =	7.514	B	Mean	3 =	8.010	AB
Mean	3 =	8.010	AB	Mean	1 =	7.777	B
Mean	4 =	8.987	A	Mean	2 =	7.514	B

—

Data file: _FATORIAL_

Title: Comparação entre o desdobro aleatório e desdobro programado

Function: FATOR

Experiment Model Number 1:

Two Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 80.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 2: Rep) with values from 1 to 10

Factor A (Var 5: METOD) with values from 1 to 2

Factor B (Var 3: Clas diam) with values from 1 to 4

Variable 4: Rendimento

Grand Mean = 50.577 Grand Sum = 4046.140 Total Count = 80

T A B L E O F M E A N S

	2	5	3	4	Total
*	1	*		49.010	1960.380
*	2	*		52.144	2085.760
*	*	1		47.445	948.910
*	*	2		50.093	1001.870
*	*	3		50.911	1018.230
*	*	4		53.857	1077.130
*	1	1		44.959	449.590
*	1	2		48.334	483.340
*	1	3		50.280	502.800
*	1	4		52.465	524.650
*	2	1		49.932	499.320
*	2	2		51.853	518.530
*	2	3		51.543	515.430
*	2	4		55.248	552.480

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	1	196.502	196.502	24.4443	0.0000
4	Factor B	3	418.142	139.381	17.3386	0.0000
6	AB	3	35.770	11.923	1.4832	0.2263
-7	Error	72	578.791	8.039		
	Total	79	1229.204			

Coefficient of Variation: 5.61%

s_ for means group 2: 0.4483 Number of Observations: 40
y

s_ for means group 4: 0.6340 Number of Observations: 20
y

s_ for means group 6: 0.8966 Number of Observations: 10
y

Data File: _FATORIAL_

Title: Comparação entre o desdobro aleatório e o desdobro programado (Teste de Tukey)

Case Range: 111 - 113

Variable 4: Rendimento

Function: _RANGE_

Error Mean Square = 8.039

Error Degrees of Freedom = 72

No. of observations to calculate a mean = 40

Tukey's Honestly Significant Difference Test

$s_ = 0.4483$ at alpha = 0.050

x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	49.01	B	Mean	2 =	52.14	A
Mean	2 =	52.14	A	Mean	1 =	49.01	B
Mean	3 =	0.4483	C	Mean	3 =	0.4483	C

Data File: _FATORIAL_

Title: Comparação entre o desdobro aleatório e o desdobro programado (Teste de Tukey)

Case Range: 87 - 90

Variable 4: Rendimento

Function: _RANGE_

Error Mean Square = 8.039

Error Degrees of Freedom = 72

No. of observations to calculate a mean = 16

Tukey's Honestly Significant Difference Test

$s_ = 0.7088$ at alpha = 0.050

x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	47.45	C	Mean	4 =	53.86	A
Mean	2 =	50.09	BC	Mean	3 =	50.91	B
Mean	3 =	50.91	B	Mean	2 =	50.09	BC
Mean	4 =	53.86	A	Mean	1 =	47.45	C

Data file: _FATOR_

Title: Comparação entre a Eficiência do DA e a Eficiência do DP

Function: FACTOR

Experiment Model Number 1:

Two Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 80.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 2: Repet) with values from 1 to 10

Factor A (Var 3: Metod) with values from 1 to 2

Factor B (Var 4: Class diam) with values from 1 to 4

Variable 5: Eficiência

Grand Mean = 9.126 Grand Sum = 730.070 Total Count = 80

T A B L E O F M E A N S

2	3	4	5	Total
*	1	*	10.178	407.110
*	2	*	8.074	322.960
*	*	1	8.741	174.820
*	*	2	8.629	172.590
*	*	3	9.031	180.630
*	*	4	10.101	202.030
*	1	1	9.705	97.050
*	1	2	9.737	97.370
*	1	3	10.053	100.530
*	1	4	11.216	112.160
*	2	1	7.777	77.770
*	2	2	7.522	75.220
*	2	3	8.010	80.100
*	2	4	8.987	89.870

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	1	88.515	88.515	127.9069	0.0000
4	Factor B	3	27.105	9.035	13.0560	0.0000
6	AB	3	0.313	0.104	0.1509	
-7	Error	72	49.826	0.692		
	Total	79	165.760			

Coefficient of Variation: 9.12%

s_ for means group 2: 0.1315 Number of Observations: 40
y

s_ for means group 4: 0.1860 Number of Observations: 20
y

s_ for means group 6: 0.2631 Number of Observations: 10
y

Data File: _FATOR_
 Title: Comparação entre a Eficiência do DA e a Eficiência do DP (Teste de Tukey)

Case Range: 93 - 95
 Variable 5: Eficiência
 Function: _RANGE_

Error Mean Square = 0.6920
 Error Degrees of Freedom = 72
 No. of observations to calculate a mean = 40

Tukey's Honestly Significant Difference Test
 $s_ = 0.1315$ at $\alpha = 0.050$
 x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	10.18	A	Mean	1 =	10.18	A
Mean	2 =	8.074	B	Mean	2 =	8.074	B
Mean	3 =	0.1315	C	Mean	3 =	0.1315	C

Data File: _FATOR_
 Title: Comparação entre a Eficiência do DA e a Eficiência do DP (Teste de Tukey)

Case Range: 97 - 100
 Variable 5: Eficiência
 Function: _RANGE_

Error Mean Square = 0.6920
 Error Degrees of Freedom = 72
 No. of observations to calculate a mean = 20

Tukey's Honestly Significant Difference Test
 $s_ = 0.1860$ at $\alpha = 0.050$
 x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	8.741	B	Mean	4 =	10.10	A
Mean	2 =	8.630	B	Mean	3 =	9.031	B
Mean	3 =	9.031	B	Mean	1 =	8.741	B
Mean	4 =	10.10	A	Mean	2 =	8.630	B