

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira de pinus exerce importante papel no fornecimento de matéria-prima para indústrias de papel e papelão, laminados, compensados e indústria moveleira. Devido ao elevado consumo que tem ocorrido na Região Sul do Brasil nos últimos anos, fez com que ocorresse o aumento dos preços das toras. Desta forma surgindo à necessidade de se otimizar o processo de desdobro das toras, quando a madeira tem finalidade para a indústria de serrados e moveleira.

O baixo rendimento em madeira serrada obtido pelas serrarias tem dificultado a competição das indústrias de móveis na exportação, pois ainda utilizam tecnologias ultrapassadas e maquinários que não proporcionam bons rendimentos no desdobro da tora, por estarem desgastados ou mesmo utilizando ferramentas de corte com espessuras elevadas. Onde rendimentos atuais atingem cerca de 44% (RIBAS, 1989) e a utilização de novas tecnologias de desdobro podem proporcionar significativos incrementos no aproveitamento da tora.

As tendências das novas serrarias é a utilização de serras de fitas caminhando para a mínima utilização de serras circulares.

De acordo com LEITE (1994), a decisão de um operador ao desdobrar um tronco dificilmente obterá um nível ótimo de rendimento em madeira serrada, isso porque ele raramente conseguirá obter a melhor visualização de todas as alternativas no pouco tempo que terá para tomada da decisão.

Portanto, a necessidade da seleção de toras por classes diamétricas e o estabelecimento de diagramas de corte os quais são fatores de importância primária, visando atingir níveis de rendimentos mais elevados para aquele determinado tipo

de material que está sendo utilizado. Desta maneira, é possível melhorar o rendimento em madeira serrada proporcionado por cada classe utilizada.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa foi de contribuir para a melhoria do aproveitamento da madeira de pinus na produção de serrados.

Para atender este objetivo, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar uma serraria com desdobro convencional de toras de pinus;
- Propor uma nova metodologia de desdobro utilizando a classificação de toras e diagramas de corte específicos para cada classe diamétrica;
- Ajustar equações para estimar o rendimento em madeira serrada de pinus.
- Analisar a estrutura de custos entre duas metodologias de desdobro.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 DISTRIBUIÇÃO DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES DO GÊNERO *Pinus*

As espécies do gênero *Pinus* são coníferas pertencentes à família *Pinaceae*, comumente denominadas de pinus do sul, que crescem principalmente no sudeste dos Estados Unidos. As principais espécies são: *Pinus taeda*, *P. ecchinata*, *P. palustris* e *P. elliotii*, (KOCH, 1972). No Brasil, as espécies mais plantadas são *Pinus taeda* e *Pinus elliotii*, sendo destinadas principalmente à produção de celulose, laminados e madeira serrada.

A espécie *Pinus taeda*, a mais plantada e utilizada no sul do Brasil, sua ocorrência natural é na região sul e sudeste dos Estados Unidos, entre as latitudes 28° e 39° N e longitudes 75° e 97°W. A precipitação média anual nessa região varia de 900 a 2200mm, com boa distribuição durante o ano ou média estacional de dois meses de seca. A temperatura média anual varia de 13°C a 19°C, com média das máximas do mês mais frio entre 4°C e 18°C. A área de abrangência natural de *P. taeda* é dividida em três partes distintas. A área maior ocorre à leste do rio Mississippi, formando populações contínuas de Harrison Mississippi, Berkeley Carolina do Sul até Delaware. A oeste do rio Mississippi ocorre uma população isolada, em uma região no Texas sujeita a secas mais prolongadas. (EMBRAPA - Zoneamento Ecológico para Plantios Florestais no Estado de Santa Catarina, 1988).

### 3. 2 PINUS NO BRASIL

Ao longo das últimas décadas, o perfil de consumo de madeiras oriundas de reflorestamento mudou substancialmente em função das restrições de exploração e da disponibilidade de espécies florestais nativas. A cadeia produtiva estendeu-se para as essências de rápido crescimento, plantadas e manejadas. A grande concentração de plantios de pinus é a Região Sul do Brasil, especificamente os Estados do Paraná e Santa Catarina, onde as espécies mais plantadas são *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* (Tabela 1).

TABELA 1. ÁREA PLANTADA COM PINUS POR ESTADO NO BRASIL

| ESTADO             | ÁREA PLANTADA (ha) |
|--------------------|--------------------|
| Amapá              | 80.630             |
| Bahia              | 238.390            |
| Mato Grosso do Sul | 63.700             |
| Minas Gerais       | 143.410            |
| Pará               | 14.300             |
| Paraná             | 605.130            |
| Rio Grande do Sul  | 136.800            |
| Santa Catarina     | 320.00             |
| São Paulo          | 202.000            |
| Outros             | 37.830             |
| <b>TOTAL</b>       | <b>1.841.930</b>   |

FONTE: [www.sbs.com.br](http://www.sbs.com.br)

As perspectivas de crescimento no consumo de toras de pinus no Brasil para uso industrial têm se mostrado promissor. Nesta situação, a seqüência de incremento em sua área plantada que deveria acompanhar as tendências de crescimento do consumo, está comprometida com restrição às ofertas em quantidade (Tabela 2). Desta forma há necessidade urgente de se tomar ações

estratégicas fundamentais para que não ocorra a estagnação da indústria madeireira (SBS, 2003).

TABELA 2. PROJEÇÃO DA NECESSIDADE DE PLANTIO ANUAL DE PINUS POR SEGMENTO PRODUTIVO FLORESTAL, DE 2004 A 2006.

| Ano        | Celulose e Papel | Carvão e Lenha | Madeira Sólida | Totais /ano |
|------------|------------------|----------------|----------------|-------------|
| 2004       | 193,62           | 282,86         | 148,29         | 624,77      |
| 2005       | 203,30           | 296,96         | 155,70         | 655,96      |
| 2006       | 213,46           | 311,81         | 163,49         | 688,76      |
| Total      | 1.730,76         | 2.528,10       | 1.325,55       | 5.584,41    |
| Média /Ano | 173,07           | 252,81         | 132,55         | 558,44      |

Fonte: [www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)

### 3.3 PROPRIEDADES DA MADEIRA DE PINUS

Segundo GOGGANS (1964) a madeira de *Pinus taeda* apresenta uma massa específica aparente média de  $0,47\text{g/cm}^3$ , sendo para o lenho primaveril  $0,29\text{g/cm}^3$  e  $0,63\text{g/cm}^3$  para lenho outonal. De acordo com MUÑIZ (1993) a massa específica aparente de *Pinus taeda* aumenta com a idade da madeira, até que se torne adulta. A partir daí, pequenas alterações são constatadas ao nível de densidade. Em seu estudo, o autor encontrou um valor médio para massa específica de  $0,516\text{g/cm}^3$ .

A massa específica é inversamente proporcional ao diâmetro do lume tanto da madeira juvenil como adulta, sendo influenciada pelo comprimento e diâmetro das células, da espessura da parede celular, porção de lenho tardio e inicial, porcentagem de celulose, lignina, extrativos e traços minerais (KOCH 1972). Segundo MUÑIZ (1993) a madeira juvenil, encontrada ao redor da medula durante os primeiros 5 a 10 anos de crescimento da árvore, contrae mais do que a madeira adulta causando empenamentos.

Segundo KOLLMANN (1951), no caso específico de pinus, as variações da massa específica podem ser tão acentuadas no sentido longitudinal da árvore a ponto de surgirem diferentes classes de qualidade apenas em função da posição de origem da peça.

Segundo MUÑIZ (1993) a madeira de *Pinus taeda* apresenta as seguintes características anatômicas: anéis de crescimento distintos, com transição de lenho inicial para lenho tardio brusca; alguns anéis de crescimento estreitos alternam-se com anéis mais largos; os traqueóides axiais no lenho inicial são de paredes finas e no lenho tardio são de paredes mais espessas com parede radial menor; a madeira juvenil de *Pinus taeda* entende-se até aproximadamente o décimo anel de crescimento.

Algumas características da madeira são empregadas como indicadores de suas propriedades desde o início de sua utilização, devido a sua fácil visualização. Dentro destas características destacam-se a configuração dos anéis de crescimento, juntamente com a cernificação e o aspecto superficial (KINIGGE & SCHULTZ, 1966).

O teor de umidade que a madeira possui influencia as propriedades da madeira quanto ao quesito resistência, pois a árvore após ser abatida tende a perder o teor de umidade que possui (TIBÚRCIO, 2000)

Segundo (TIBÚRCIO, 2000) a madeira apresenta 3 seções ou planos de corte, da mesma forma a retratibilidade ocorre nos mesmos planos, são eles; axial, tangencial e radial. Devido as diferenças percentuais entre as direções de retratibilidade, pode-se explicar os defeitos observados após a secagem, como trincas e empenamentos.

A densidade juntamente com o teor de umidade são duas características importantes para classificar as madeiras serradas ou compostas. Onde se refere à

massa de uma substancia por unidade de volume e é expressa em termos de quilograma por metro cúbico.

### 3.4 MADEIRA SERRADA DE PINUS NO BRASIL

A evolução da produção de serrados no Brasil tem crescido substancialmente nos últimos anos, sendo que a madeira de pinus tem importância significativa no abastecimento do mercado. A evolução do crescimento do consumo de toras de pinus tem levado a uma demanda anual de 20 milhões de metros cúbicos (Tabela 3).

TABELA 3. PROJEÇÃO DA OFERTA E DEMANDA DE TORAS DE PINUS NO BRASIL, PARA OS ANOS DE 2005, 2015 E 2020

| Ano  | Oferta | Demanda |
|------|--------|---------|
| 2005 | 40     | 52      |
| 2015 | 42     | 61      |
| 2020 | 50     | 80      |

Fonte: [www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)

A Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS, 2003), apresenta uma projeção, através da qual deverá aparecer até 2010, no setor de madeira sólida e serrada uma taxa de substituição das espécies nativas por reflorestamentos da ordem de 20%.

A tendência é que o déficit no suprimento de toras de pinus aumente rapidamente nos próximos anos, uma vez que a expansão da área de reflorestamento não esta acompanhando a demanda. Para 2020, é esperado um déficit na demanda de pouco mais de 27 milhões de metros cúbicos. Acredita-se que, em curto prazo, o nível de preço da tora de pinus no mercado doméstico



alcançará aqueles praticados pelos principais competidores do Brasil, particularmente Chile e Nova Zelândia (SBS, 2003).

### 3.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Segundo FONTES (1994) de 50 a 70% do volume de madeira em tora consumida na indústria madeireira é transformada em resíduos.

O volume de resíduos gerados pode-se expressar como a diferença entre o volume de madeira em toras que entra na serraria e o volume de madeira serrada produzida. A maior quantidade de resíduos gerada são por ocasião do desdobro primário e secundário das toras. Considerando-se os resíduos gerados pelo processo produtivo como, cascas, costaneiras, refilos, aparas e serragem, seria irracional não promover o aproveitamento máximo destes subprodutos oriundos do beneficiamento primário da madeira. Tais resíduos, em um primeiro momento são tidos como rejeitos no processo, mas seguramente podem sair da serraria como matéria-prima para produção de pasta e celulose, de chapas e de compostos orgânicos, bem como promover a auto-suficiência energética da própria indústria (FONTES, 1994).

Trabalho realizado por RIBAS (1989), utilizando cinco classes diamétrica e cinco comprimentos diferenciados das toras, mostrou a interação entre as duas grandezas e a influência que uma exerce sobre a outra, influenciando conseqüentemente o rendimento em madeira serrada.

OLANDOSKI et. al. (1998), trabalhando com toras com diâmetros entre 18 a 32,9 cm, obtiveram perdas da ordem de 50% na forma de resíduos, sendo que 25% destes foram originados do refilo.

Como mencionado pela Associação Brasileira dos Produtores de Madeira – ABPM (1988) a maior quantidade de matéria-prima de alta qualidade é produzida por florestas com idades avançadas, além de gerarem os melhores rendimentos de madeira serrada (TABELA 4).

TABELA 4. ESTIMATIVA DE DISPONIBILIDADE DE MADEIRA EM REFLORESTAMENTO DE PINUS

| Desbastes   | Volume (st/ha) | Destinação        |                   | Processamento Mecânico |                               |
|-------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|
|             |                | Celulose Volume % | Celulose Volume % | Rend. (%)              | Vol. Proces (m <sup>3</sup> ) |
| 1ºdesbaste  | 80,00          | 72,00             | 8,00              | 15                     | 1,20                          |
| 2º desbaste | 90,00          | 63,00             | 27,00             | 20                     | 5,4                           |
| 3º desbaste | 95,00          | 47,50             | 47,50             | 25                     | 11,87                         |
| 4º desbaste | 130,00         | 52,00             | 78,00             | 33                     | 25,74                         |
| Corte Final | 245,00         | 73,50             | 171,50            | 50                     | 85,75                         |
| $\Sigma$    | 645,00         | 308,00            | 332,00            | ----                   | 129,96                        |

Fonte: ABPM, (1988).

### 3.6 DESDOBRO DE PINUS

O processo de transformação de uma tora de madeira de seção circular em peças de seções retangulares e quadradas é chamado de sistema de desdobro. Existem vários sistemas de desdobro que podem ser adaptados às mais diversas necessidades, variedades de espécies e formas de toras. Segundo VIANNA NETO (1984), do ponto de vista geométrico e anatômico, as possibilidades que envolvem praticamente todas as variantes de desempenho de corte de uma tora podem ser

agrupadas em três classes: 1) em função dos anéis de crescimento (cortes tangenciais ou radiais), 2) em relação ao eixo longitudinal da tora (corte paralelo ao eixo ou paralelo a casca) e 3) em função da seqüência dos cortes (sucessivos, simultâneos e alternados). A seqüência de cortes depende basicamente do tipo de maquinário utilizado e do produto final desejado (ROCHA, 2001).

Os cortes sucessivos são realizados de maneira contínua, paralela entre si e sempre no mesmo sentido.

Os cortes simultâneos são normalmente realizados por máquinas contendo duas ou mais serras, que desdobram a tora simultaneamente, retirando-se duas costaneiras e transformando-as em cavacos, caso seja empregado um picador perfilador ou serras de fita duplas, geminadas, quádruplas e alternativas. Os cortes alternados são normalmente executados com serra de fita simples ou serra circular. Constituem-se basicamente em desdobros primários executados em diferentes planos de corte (ROCHA, 2001).

No caso de pinus, espécie de rápido crescimento e com a presença de madeira juvenil envolvendo a medula da tora, recomenda-se a utilização de desenhos específicos de cortes especiais, em função das características da espécie, para obtenção dos produtos mais adequados (WILLISTON, 1988).

HOCHHEIM & MARTIN (1993) afirmam que a qualidade das toras influencia no processo produtivo da serraria, uma vez que todas as decisões de corte são tomadas em função da qualidade visual apresentada pela mesma, com conseqüência sobre o rendimento e velocidade do fluxo dos produtos de elaboração. Assim, o conjunto destes fatores reflete nos custos dos produtos finais, repercutindo na rentabilidade da serraria.

Com relação à redução do volume de matéria prima consumida, as serrarias têm apresentado variadas soluções como por exemplo: manutenção correta de discos, fitas, volantes e carros, principalmente afiação e regulagem, além de utilização de serras de fita com menor espessura de corte possível. No que se refere à eliminação dos resíduos, a maioria das serrarias tem utilizado transformar em cavacos ou serragem para geração de energia, não levando em consideração os aspectos econômicos de aquisição da matéria-prima. Entretanto, a nova filosofia de trabalho em serrarias tende a ser o menor consumo de material gerando maior quantidade de produto final com a mesma quantidade de mão-de-obra, ou até mesmo reduzindo o quadro das empresas (FONTES, 1994).

O rendimento volumétrico médio de madeira serrada em relação ao volume sólido varia de acordo com a amplitude diamétrica e o comprimento que a tora tem (Tabela 5).

TABELA 5. PERCENTAGEM DE RENDIMENTO VOLUMÉTRICO MÉDIO DE MADEIRA SERRADA E RELAÇÃO AO VOLUME SÓLIDO.

| Diâmetro<br>(cm) | Comprimento(m) |       |       |       |       | Média<br>(%) |
|------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
|                  | 2,10           | 2,40  | 3,00  | 3,30  | 4,20  |              |
| 12,1-15,0        | 33,90          | 38,20 | 34,50 | 37,70 | 39,7  | 39,80        |
| 15,1-18,0        | 45,90          | 43,90 | 39,10 | 39,70 | 46,50 | 43,00        |
| 18,1-21,0        | 52,10          | 50,50 | 46,90 | 50,80 | 51,80 | 50,40        |
| 21,1-24,0        | 55,60          | 51,50 | 51,50 | 46,50 | 49,30 | 50,90        |
| 24,1-27,0        | 51,00          | 51,00 | 48,50 | 46,50 | 48,10 | 49,00        |
| Média            | 47,70          | 47,00 | 44,10 | 44,20 | 47,10 |              |

Fonte: RIBAS (1989)

Segundo FONTES (1994) o correto posicionamento e orientação da tora para desdobro é importante, pois uma abertura de corte inadequado pode significar

grandes perdas em volume ou qualidade da madeira. A tora deverá ser fixada firmemente e com um correto alinhamento durante o transporte e passagem pela serra. O sistema integrado de desdobro deverá estar suficientemente equilibrado para produzir pequenas espessuras de fio de serra, cortes alinhados, com ferramentas bem preparadas e bem afiadas, visando a produção de superfícies planas e com velocidade de alimentação em níveis aceitáveis. Fatores inerentes às condições operacionais da serra também podem influenciar o rendimento obtido, como tipo de dentes, relação da largura da trava e espessura da lâmina, tensão da lâmina e espaçamento entre os dentes da serra. A espessura do corte é outro fator relacionado ao equipamento que muito influencia o rendimento. A espessura de corte varia normalmente entre 2mm a 6mm, e depende por sua vez, de diferentes fatores: velocidade de alimentação (maior velocidade de alimentação significa maior canal de corte); espécie da madeira utilizada (maior dureza significa menor canal de corte); acondicionamento da lâmina. A condição e a manutenção dos equipamentos podem interferir na produtividade de uma serraria. Equipamentos que não funcionam ou que não operam adequadamente podem ser a causa dessa interferência negativa.

O rendimento em madeira serrada pode variar, também, com os equipamentos utilizados para realizar o desdobro das toras e, ainda sofre influência da interação entre equipamentos e diâmetro das toras (Tabela 6).

TABELA 6. RENDIMENTO (%) NO DESDOBRAMENTO POR CLASSE DIAMÉTRICA E TIPO DE SERRA PARA *Pinus radiata*

| Serras<br>Tipos de             | Rendimento (%)      |       |       |            |
|--------------------------------|---------------------|-------|-------|------------|
|                                | Classes diamétricas |       |       | Médias (%) |
|                                | 20 cm               | 30 cm | 40 cm |            |
| Serra Principal Fita           | 44,58               | 58,01 | 60,94 | 57,82      |
| Serra Principal Circular Dupla | 54,51               | 55,10 | ----- | 54,80      |
| Serra Circular Dupla           | 53,68               | 57,59 | ----- | 55,63      |
| Serra Alternativa Múltipla     | 59,07               | 60,45 | 62,33 | 60,61      |

Fonte: [www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)

Os termos rendimento e eficiência são parâmetros distintos e exprimem características técnicas das serrarias (GUERRA, 1983). A eficiência explica fatores mais amplos como, fator tempo, mão-de-obra envolvida, produtividade, automação do processo e aspectos gerenciais e administrativos, correspondendo a uma indicação mais abrangente da serraria.

### 3.7 TIPOS DE SUBPRODUTOS GERADOS PELA INDÚSTRIA MADEIREIRA

Um trabalho realizado pelo extinto IBDF e a Fundação da Universidade Federal do Paraná (1984) visando o levantamento dos resíduos das indústrias florestais do Paraná e Santa Catarina, agrupou essas indústrias em: Serrarias, Serrarias/ Beneficiamento, Beneficiamento e Laminadoras/Fábricas de Compensado. Este estudo classificou os resíduos em três tipos distintos, ou seja:

a) Serragem: resíduo originado da operação de serras, encontrado em todos os tipos de indústrias, à exceção das laminadoras;

b) Cepilho: resíduos gerados pelas plainas nas instalações de serraria/beneficiamento e beneficiadoras (indústrias que adquirem a madeira já transformada e a processam em componentes para móveis, esquadrias, pisos, forros e etc), disponíveis exclusivamente no estado seco;

c) Lenha: resíduos de maiores dimensões, gerado em todos os tipos de indústria, composto por costaneiras, aparas, refilos, casca e outros;

Como resultado final do trabalho realizado por estas instituições, apresentou-se uma estimativa média de resíduos gerados pelas indústrias dos Estados do Paraná e Santa Catarina por ramo de atividade, ou seja:

- Serrarias-43%;
- Beneficiamento-31%;
- Laminadora fábrica de compensados-41%.

Tais dados revelam veracidade do quanto se torna oneroso trabalhar com matérias-primas que geram elevadas quantidades de subprodutos, no entanto passíveis de comercialização, que possibilitam retorno financeiro para minimizar o alto custo de compra e beneficiamento da madeira.

A quantidade real de subprodutos obtidos com a fabricação de madeira serrada é distinta de uma serraria para outra e depende diretamente de vários fatores, começando pelas propriedades da madeira, passando pelo tipo de produção adotado pela indústria, até o produto final acabado. Na Tabela 7 são apresentados os dados coletados pela FAO (1991), que mostram a percentagem média, por tipo de subprodutos gerados pela indústria de serrarias para os países em desenvolvimento.

TABELA 7. DESDOBRO COM TORAS DE QUATRO ESPÉCIES DE PINUS E RENDIMENTOS MÉDIOS EM MADEIRA SERRADA E SUBPRODUTOS

| Características /Rendimentos | <i>Pinus caribaea</i> | <i>Pinus oocarpa</i> | <i>Pinus elliottii</i> | <i>Pinus taeda</i> |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| Idade /anos                  | 19                    | 18                   | 12                     | 11                 |
| Desbaste                     | 4º                    | 4º                   | 2º                     | 1º                 |
| Diâmetro menor               | 19,9                  | 19,5                 | 18,9                   | 15,9               |
| Madeira serrada (%)          | 45,4                  | 48,5                 | 43,5                   | 32,7               |
| Casca (%)                    | 8,5                   | 7,3                  | 11,2                   | 8,4                |
| Refilo (%)                   | 33,6                  | 30,7                 | 34,8                   | 37,2               |
| Destopo (%)                  | 4,4                   | 4,5                  | 4,3                    | 10                 |
| Serragem (%)                 | 16,7                  | 16,3                 | 17,5                   | 20,1               |

FONTE: VIANNA NETO (1984)

RIBAS et al. (1989) trabalhando com *Pinus elliottii*, verificaram que as porcentagens de resíduos variaram de 24,5 a 40,5% e foram significativamente maiores nas toras mais finas e mais longas. As porcentagens de casca variaram de 8,1 a 9,3%, sendo maiores nas toras mais finas, independentemente do comprimento das mesmas.



## 3.8 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA

### 3.8.1 Qualidade da tora

Os principais fatores qualitativos que afetam a produção de madeira serrada de pinus são as características apresentadas pela matéria-prima como, a conicidade dos troncos, espessura da casca das toras, tortuosidade, densidade da madeira que.

Evidentemente as toras mais tortuosas ou de formato irregular são potencialmente geradoras de maior quantidade de resíduos. Ocorre quando da transformação da tora, que é um tronco de cone, em tábuas.. Dentro destas características, as toras que possuem medula excêntrica, grande quantidade de nodosidade, conicidade, bifurcação e diâmetro (ROCHA, 2001).

De acordo com TIBUÚCIO (2000) a conicidade é o defeito no formato do tronco que se caracteriza pela diminuição excessiva do diâmetro da base para a copa da árvore. A conicidade ocorre principalmente em árvores isoladas ou situadas às margens de povoamentos, além de ser uma característica natural de cada espécie.

As principais conseqüências da conicidade são, grandes desperdícios de madeira na forma de costaneiras quando utilizado o desdobro da tora com serras de fita e ou aparas de lâminas defeituosas no início do processo de desenrolamento ou faqueamento.

Por sua vez, as tortuosidades são um defeito na forma do tronco, caracterizando-se por um desvio permanente do eixo do fuste, sendo na maioria dos casos, sob a forma de curvas. As tortuosidades tanto podem surgir de fatores

genéticos, características da própria espécie, ou serem ocasionadas por influências externas (solos desfavoráveis, condições climáticas, relevo e etc).

Os prejuízos causados pela tortuosidade dependem da forma e quantidade de curvaturas existentes. Este tipo de defeito repercute tanto no aproveitamento longitudinal como transversal, conduzindo a obtenção de pequenas peças ou excessivo seccionamento das toras.

A bifurcação é um defeito na forma do tronco que consiste na dicotomia do mesmo, formando-se dois troncos sobre a mesma base. Por ocasião do primeiro desbaste, as árvores com este defeito podem e devem ser eliminadas. Entre outras conseqüências da bifurcação ou aforquilhamento encontra-se um baixo rendimento da madeira serrada, quando este defeito se encontra a uma altura inferior a 10m de altura.

Os galhos de uma árvore atuam não só como portadores dos ramos, das folhas das flores, mas como órgãos condutores de água e produtos de assimilação, que são para a vida das árvores tão indispensáveis quanto as raízes. Por outro lado, constituem, junto com o diâmetro, o comprimento e forma do tronco, características mais importantes na avaliação da madeira bruta. A classificação da madeira serrada é feita em primeira linha, segundo o seu grau de nodosidade.

No caso de madeira serrada, o diâmetro dos nós assume uma importância decisiva, tendo em vista que a quantificação dos mesmos é dada percentualmente em relação à largura real por metro de comprimento da peça, considerando a soma de todos os seus diâmetros. É possível manter o núcleo nodoso dentro de um diâmetro reduzido, aumentando-se a proporção de madeira com ausência de nós através da prática de poda ou desrama. Também é bom ressaltar que o excesso de

nodosidade na madeira produz desgaste excessivo das ferramentas provocando o desbitolamento das peças (TIBÚRCIO, 2000).

### **3.8.2 Técnicas de desdobro**

Existem fatores que influenciam na qualidade final da madeira desdobrada quando se utiliza serra-fita com carro porta-tora, onde alguns fatores sempre deverão ser levados em consideração, como os esforços de corte que não atuam em plano rigorosamente paralelo à lâmina, em razão da heterogeneidade da madeira, irregularidade dos dentes, parâmetros de corte inadequados e má remoção da serragem. De acordo com (TIBÚRCIO, 2000), sempre há um componente perpendicular ao plano de corte que tende a flexionar o dente da lâmina, ocasionando desvios e irregularidades da superfície cortada. Esses desvios serão menores quanto maior for a rigidez da lâmina.

De acordo com MOOSMAYER (1983), estes defeitos se tornam uma barreira ao perfeito fluxo das toras na linha de produção, enroscando e engatando nos aparatos de transporte interno. Segundo o autor, para que se tenha uma boa produção é necessário atender alguns requisitos como:

- Alta velocidade de processamento;
- Cortes múltiplos;
- Flexibilidade e rapidez de variação dos esquemas de corte (diagramas de corte);
- Mecanização e automatização do fluxo de produção;
- Otimização de aproveitamento dos resíduos.

Um criterioso controle de qualidade da matéria prima que ingressa na indústria é de grande importância. Evitar toras com um maior potencial de gerar de resíduos permite melhorias substanciais na economia e desempenho operacional da serraria. A implantação de um sistema de fiscalização padrão baseado na aplicação de regras de classificação, que rejeite ou penalize as toras defeituosas é uma boa alternativa de controle da geração de resíduos.

Um sistema de desdobro convencional utiliza na maioria das vezes o sistema de corte tangencial em sanduíche, o qual consiste em “fatiar” a tora tentando obter o maior número de peças. OLANDOSKI et al. (1998), utilizando sistema de desdobro convencional, obtiveram um rendimento médio em madeira serrada de 50%.

Um sistema de desdobro programado constitui-se em utilizar um sistema de corte previamente estudado objetivando a máxima utilização da tora (LEITE, 1994). BIASI e ROCHA (2003), utilizando diagramas de corte para classes de toras entre 8 a 45 cm de diâmetro de *Pinus elliottii*, obtiveram um rendimento médio em madeira serrada de 43,17% (Tabela 8). Pode-se dizer que em função da pequena diferença entre os rendimentos dos lotes estudados, a redução da amplitude das mesmas pode proporcionar o aumento no rendimento. Pode-se dizer também, que toras com pequenos diâmetros apresentam um elevado fator de conversão ( $st/m^3$ ).

TABELA 8. RESULTADOS DE RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA PARA LOTES DE TORAS DE *Pinus elliottii*

| Lote       | Volume de toras (m <sup>3</sup> ) | Volume em madeira serrada (m <sup>3</sup> ) | Rendimento (%) |
|------------|-----------------------------------|---|----------------|
| 8 a 18 cm  | 54,656                            | 22,179                                      | 40,58          |
| 14 a 24 cm | 80,978                            | 32,532                                      | 40,17          |
| 20 a 32 cm | 34,615                            | 15,689                                      | 45,32          |
| 33 a 45 cm | 18,092                            | 7,035                                       | 46,61          |
| MÉDIA      |                                   |   | 43,17          |

Fonte: BIASI E ROCHA (2003)

### 3.8.3 Operação dos equipamentos

A maioria das indústrias de madeira serrada de pinus apresenta um baixo nível de automação, sendo que grande parte das atividades relacionadas à operação dos equipamentos depende da mão-de-obra.

A escolha dos operadores da serra principal, resserradeiras, canteadeiras, e destopadeiras assumem verdadeira importância, tendo em vista que esses operadores estão continuamente tomando decisões que dizem respeito a fatores que interferem no bom funcionamento das máquinas, as quais afetam o desempenho da indústria: produtividade, qualidade do produto e o elevado índice de retrabalho para recuperação da matéria-prima. A decisão pessoal de um operador como seccionar um tronco ou mesmo desdobrar, dificilmente obterá um nível ótimo, isso porque ele raramente conseguirá obter a melhor visualização de todas as alternativas no pouco tempo que tem para tomada de decisões (LEITE, 1994). Assim, é indicado o emprego de modelos de pesquisa operacional. Em geral, os erros mais comuns observados são os excessos de espessura das costaneiras,

incorreta seleção do corte radial, sub-dimensionamento na largura e comprimento das peças. Por estes motivos o adequado treinamento dos operadores assume uma real importância para o sucesso de uma empresa em termos de rendimento e produtividade, aliado aos incentivos aos funcionários que os estimulem, dando-se assim maior valor ao trabalho realizado.

#### **3.8.4 Influência do diâmetro no rendimento em madeira serrada**

De acordo com MOOSMAYER (1983) os diâmetros das toras influem no volume em forma exponencial. O volume produzido no final do expediente determina o resultado econômico do trabalho. Conseqüentemente, somente um maior número de toras processadas pode compensar a diminuição dos diâmetros. Isto quer dizer que a velocidade do processamento tem de aumentar na mesma função geométrica em que diminui o volume com a diminuição do diâmetro da tora. Segundo o mesmo autor, as variações na produção de madeira serrada e o rendimento obtido em uma serraria dependem diretamente de alguns fatores que estão ligados ao equipamento utilizado, comprimento da matéria prima e espécie utilizada.

O rendimento de madeira serrada a partir de toras de pequenos diâmetros é baixo. Em contrapartida, o grande volume de resíduos atrapalha o processo produtivo, bem como o resultado econômico e a qualidade das toras (conicidade e tortuosidade) que prejudicam o processamento de toras compridas. Com dimensões massificadas, os preços do mercado estabelecem-se em função direta dos custos de produção (RIBAS, 1989).

BORGES (1993), correlacionou índices de rendimento para costaneiras, aparas, serragem e madeira serrada de pinus de acordo com diâmetro mínimo da tora e os

procedimentos de desdobramento das mesmas, utilizando uma amplitude diamétrica de 15 a 30 cm (Tabela 9).

TABELA 9. CORRELAÇÃO DE ÍNDICES DE RENDIMENTO PARA MADEIRA SERRADA DE PINUS E RESÍDUOS, DE ACORDO COM O DIÂMETRO DAS TORAS.

| Produto         | Rendimento (%) |       |       |       |
|-----------------|----------------|-------|-------|-------|
|                 | 15cm           | 20cm  | 25cm  | 30cm  |
| Madeira serrada | 38,98          | 51,91 | 53,31 | 64,87 |
| Costaneira      | 20,63          | 18,71 | 23,23 | 14,29 |
| Aparas          | 30,03          | 16,43 | 9,68  | 6,17  |
| Serragem        | 10,36          | 12,95 | 13,75 | 14,86 |

Fonte: BORGES (1993)

### 3.9 CONCEITOS DE CUSTOS

Custo é toda e qualquer aplicação de recursos sob diferentes formas e expresso em valor monetário, para a produção e distribuição de mercadorias ou prestação de serviços até o ponto em que se possa receber o preço convencionado (LIMA, 1979).

Consideram-se como custos as despesas realizadas para movimentação de recursos de produção de maneira a se completar um processo produtivo (MELNICK, 1981). Segundo o autor, os custos dependem dos preços dos recursos e das técnicas disponíveis para combinação de recursos e produção de determinado produto.

Segundo LEFTWICH (1991) o custo total depende do tamanho e do nível de produção. As partes componentes do custo total são os custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos, por unidade de tempo, não variam, permanecendo

constantes, independente da quantidade produzida. Os custos variáveis dependem do nível de produção e devem necessariamente aumentar à medida que a produção aumenta.

A classificação dos recursos como fixos e variáveis permite análises de curto e longo prazo. O curto prazo é o período de tempo em que a empresa não pode variar a quantidade de alguns recursos, ao passo que o longo prazo é o período de planejamento suficientemente longo para que a empresa possa variar as quantidades de todos os recursos utilizados por unidade de tempo (MENDES, 1998).

As atividades são compostas por um conjunto de operações que, por sua vez, serão a base para a alocação dos custos, ou seja, para cada operação serão definidos os recursos envolvidos, através das várias quantidades e valores monetários (HILDEBRAND, 1995).

Mais importante que as curvas de custos totais, são as curvas de custos unitários que são compostas pelas curvas de custo fixo médio, custo variável médio, custo total médio e o custo marginal. Com exceção desse último, as curvas de custos unitários são obtidas dividindo os custos totais, fixos e variáveis pela produção (LEFTWICH, 1991).

### **3.9.1 Custos fixos**

Consideram-se como os custos fixos aqueles que não variam de acordo com a produção, isto é, mantêm-se constantes, independente do uso do equipamento. Enquadram-se na categoria de custos fixos são: depreciação, salários, licenciamentos, seguros, custos administrativos e taxa de juros (SILVA, 1987).



### **3.9.2 Custos variáveis**

BERGER et. al. (2003) consideram como custos variáveis todos os custos que variam com a produção, ou seja: energia elétrica, aquisição de toras, manutenção de máquinas e predial, ferramental e combustível de veículos, entre outros.

De acordo com TIMOFEICZYK (2004), os custos variáveis totais em uma primeira etapa de avaliação em serraria de madeira nativa respondem por cerca de 63,6% do custo total de produção.

Segundo GONÇALVES et. al. (1989) o conhecimento dos custos em uma empresa que trabalha com produtos florestais é fundamental para o planejamento e a administração.

### **3.9.3. Importância dos custos**

As informações pertinentes ao custo de produção das empresas são fundamentais tanto para as empresas, na definição, monitoramento e aprimoramento de suas ações gerenciais, quanto para governos, na definição e administração de suas políticas de desenvolvimento (HILDEBRAND, 1995).

A importância do custo reflete-se também, na determinação do lucro ou avaliação do estoque, através do custo unitário total de um processo. Já o custo unitário variável é um indicador muito empregado para finalidades gerenciais de planejamento (LEONE, 1981). O mesmo autor diz que as atividades são compostas por um conjunto de operações que, por sua vez, são a base para a alocação dos

custos, ou seja, para cada operação são definidos os recursos envolvidos, através das várias quantidades e valores monetários.

Segundo PONCE (1984), o custo da matéria-prima colocada na serraria é o principal componente dos custos totais, por isso as indústrias de equipamentos e as indústrias florestais têm trabalhado para elevar seu aproveitamento, o qual tem ponto de partida no controle da madeira serrada produzida.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

Este estudo foi realizado em uma serraria pertencente às Indústrias Artefama S.A., localizada na cidade São Bento do Sul, Bairro Serra Alta, Estado de Santa Catarina. Trata-se de uma serraria de pequeno porte com 18 funcionários e capacidade produtiva média em madeira serrada de 900 m<sup>3</sup>/mês.

A principal produção de madeira serrada é constituída peças de dimensões nominais de 55, 80 e 110 mm de largura e 27 mm de espessura, destinadas à produção de móveis voltada à exportação. A produção gerada pela empresa é exportada 100%, onde 40% segue para o continente Europeu e 60% para Estados Unidos.

### 4.2 DESCRIÇÃO DA SERRARIA

No desdobro principal foi utilizada uma serra-fita com diâmetro de volantes de 1,25 m e altura de corte de 80 cm. Para resserragem das costaneiras foi utilizado uma serra-fita horizontal de 2 cabeçotes com volantes de 1,25 m de diâmetro e altura de corte de 50 cm. Para refilamento das tábuas originadas da resserragem foram utilizadas duas serras circulares refiladeiras com altura de corte de 80 mm. Os semi-blocos obtidos no desdobro principal foram direcionados para uma serra circular multilâmina com altura de corte de 110 mm (Figura 1).

As costaneiras geradas pelo primeiro corte da tora é resserrada na serra-fita horizontal com 2 cabeçotes e o semi-bloco central é encaminhado para a operação de resserragem em serra circular múltipla.

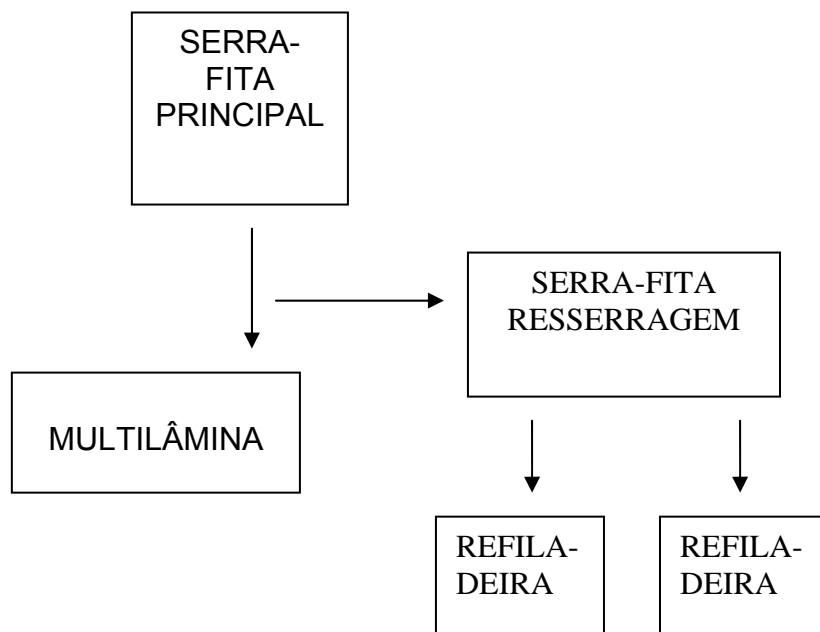


FIGURA 1. CROQUI DO POSICIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS NA SERRARIA UTILIZADA NO DESDOBRAMENTO DE TORAS DE PINUS

#### 4.3 MADEIRA UTILIZADA

A espécie utilizada para o estudo foi pinus, onde as toras foram obtidas de florestas próprias da indústria, localizadas em Rio Antinha, Município de São Bento do Sul, Estado de Santa Catarina, com aproximadamente 27 anos de idade onde também são adquiridas toras originadas da compra de terceiros. O solo característico da região é o Cambissolo Húmico Distrófico, posicionado a uma

latitude de 26° S. A floresta não sofreu nenhum tipo de trato cultural e silvicultural no decorrer de seu desenvolvimento, como poda, adubação, desbastes, etc.

#### 4.4 CLASSES DIAMÉTRICAS UTILIZADAS

As classes diamétricas utilizadas e encontradas no mercado da região pela empresa variaram de 18 cm até 40 cm de diâmetro. O restante da madeira produzida que não atinge os padrões para serraria, ou seja, com diâmetros abaixo de 18 cm, é comercializada para indústrias da região para geração de energia ou utilizadas na produção de chapas.

Foram utilizadas 100 toras de pinus divididas em 5 classes diamétricas, sendo 20 toras para cada classe (Tabela 10). Inicialmente as toras tiveram seus diâmetros medidos na ponta fina e ponta grossa e posteriormente foram classificadas segundo suas respectivas classes diamétricas. Cada classe diamétrica foi dividida em dois lotes contendo 10 toras cada classe.

O primeiro lote de toras foi submetido ao desdobro aleatório na linha de produção, utilizando o sistema convencional de desdobro adotado pela empresa.

O segundo lote de toras foi separado nas diferentes classes diamétricas e foi desdobrado utilizando uma programação de corte para cada classe. Para ambos os lotes foram obtidos os rendimentos de madeira serrada.

TABELA 10 SELEÇÃO DE TORAS DE PINUS EM CINCO CLASSES DIAMÉTRICAS PARA DESDOBRO E OBTENÇÃO DE ÍNDICES DE RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA OS MÉTODOS DE DESDOBRO CONVENCIONAL E PROGRAMADO.

| Classe | Nº de toras | Diâmetro  | Comprimento |
|--------|-------------|-----------|-------------|
| 1      | 20          | 18,0/24,0 | 3,00        |
| 2      | 20          | 24,1/28,0 | 3,00        |
| 3      | 20          | 28,1/34,0 | 3,00        |
| 4      | 20          | 34,1/38,0 | 3,00        |
| 5      | 20          | 38,1/44,0 | 3,00        |
| TOTAL  | 100         |           |             |

Após a separação dos lotes de toras por classe diamétrica, cada tora dentro de cada classe diamétrica teve seus topos pintados, sendo a classe 1 preta, classe 2 azul, classe 3 amarela, classe 4 verde e classe 5 vermelha.

Após o procedimento normal de recebimento das toras no pátio da serraria, as mesmas foram separadas em lotes e mensuradas com casca individualmente para obtenção do volume real.

Os diâmetros foram medidos na ponta fina (d1) e grossa (d2) das toras, sendo que o diâmetro médio (D) de cada tora foi tomado como referência, tanto para classificação diamétrica quanto para cálculo de volume. O comprimento das toras é de 3 m. Todas as toras foram mensuradas com casca.

## 4.5 SISTEMAS DE DESDOBRO UTILIZADOS

### 4.5.1 Sistema convencional de desdobro utilizado pela serraria

As dimensões das peças serradas foram, de 27 mm de espessura e 55, 80, e 110 mm de largura. Tais dimensões foram definidas em função das necessidades da empresa para a confecção de painéis de madeira.

O sistema de desdobro convencional utilizado pela serraria no desdobro das toras de pinus, era pouco eficiente e produtivo. Como não havia um sistema de classificação por classes diamétricas das toras, no momento em que a tora entrava na serraria para desdobro na serra principal, a mesma era classificada visualmente pelo operador da máquina. Neste momento, o operador optava pelo melhor posicionamento da tora sobre o carro porta-tora, definindo o diagrama de corte a ser desenvolvido para cada uma, de forma visual. Este sistema de desdobro foi denominado de sistema de desdobro convencional.

Todo o lote composto de 50 toras foi processado sem que houvesse classificação das toras por classe diamétrica e um diagrama de corte específico para cada classe diamétrica, com os diâmetros variando entre 18 cm e 44 cm. O desdobro primário da tora foi determinado de acordo com a acuidade visual do operador, onde, cada tora era analisada primeiramente para que na seqüência pudesse dar início ao processo de desdobro. O sistema de abastecimento de toras para a linha de desdobro principal é composto por correntes onde as toras são transportadas no sentido transversal sobre as mesmas, sendo necessário a utilização de um funcionário para realizar a unitização das toras, para que não caísse mais de uma tora sobre o carro porta tora.

No primeiro corte realizado, foi retirada uma costaneira que seguiu através de um *transfer* até a serra fita horizontal, onde foi realizando o corte de resserragem, dando origem a uma ou duas tábuas com 27 mm de espessura. As tábuas obtidas na resserradeira seguiam, para a refiladeira onde eram ajustadas as suas larguras, e na maioria das vezes possuindo esmoados.

O segundo corte efetuado pela serra-fita principal consistiu na retirada da segunda costaneira, a qual também era encaminhado para a serra fita horizontal de resserragem, restando um semibloco central com 80 mm de espessura. Após a retirada desta segunda costaneira, o semibloco restante foi transferido através de mesa com rolos acionados até uma serra circular múltipla para resserragem, resultando em tábuas com 27 mm de espessura.

No final da linha de desdobro, funcionários realizavam a classificação visual da madeira, levando em consideração os seguintes defeitos: esmoados, distância entre nós e dimensões. O restante dos subprodutos gerados seguiu por uma esteira emborrachada até um picador onde foi separado da serragem e a madeira transformada em cavacos, os quais são vendidos e utilizados na geração de energia de empresas da região.

Após a classificação das tábuas, as mesmas foram separadas de acordo com suas classes diamétricas originais para posteriormente serem medidas, a fim de se determinar o rendimento médio para cada classe diamétrica.

Baseado nos dados levantados através do desdobro das toras pelo sistema convencional, e depois da tabulação dos volumes das toras e volumes serrados, foram obtidos os valores correspondentes aos rendimentos médios, por classe diamétrica, para este sistema de desdobro.



#### 4.5.2 Sistema de desdobro programado

A segunda etapa do desdobro das outras 50 toras foi realizada na mesma linha de desdobro para cada classe diamétrica, porém obedecendo a um diagrama de corte pré-estabelecido e específico para cada uma delas. Para a elaboração dos diagramas de corte específicos para cada classe diamétrica, foi utilizado o *software* MaxiTora, da empresa Lindbeck Informática.

A classe 1 foi constituída por toras com diâmetros entre 18 e 24 cm, ou seja, diâmetro médio de 21 cm. Em todas as toras desta classe diamétrica, foram realizados dois cortes na serra fita principal, retirando-se duas costaneiras. Estas, após passarem na serra fita horizontal, originaram duas peças com espessuras de 27 mm e depois refiledas em larguras de 110 mm. O semibloco central, com espessura de 80 mm, foi resserrado na serra circular múltipla originando 5 tábuas com 27 mm de espessura e 80 mm de largura (Figura 2).

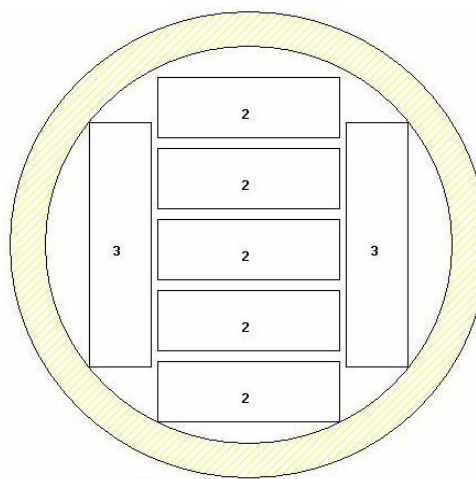


FIGURA 2. DIAGRAMA DE CORTE PARA TORAS DE PINUS COM DIÂMETROS MÉDIOS ENTRE 18 E 24 CM

As toras que constituíram a classe 2 apresentaram diâmetros entre 21,1 e 28 cm, ou seja, diâmetro médio de 26 cm. Na serra fita principal, foram retiradas

duas costaneiras, as quais foram resserradas na serra horizontal de resserra, obtendo-se duas peças com 27 mm de espessura. Estas peças foram refileadas na serra circular, originando duas tábuas com 55 mm de espessura e duas tábuas com 80 mm de espessura. O semibloco central, com espessura de 100 mm, foi resserrado na serra circular múltipla, originando 6 tábuas com 27 mm de espessura e 110 mm de largura (Figura 3).

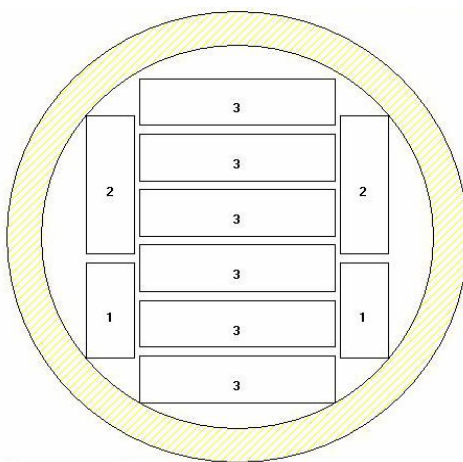


FIGURA 3. DIAGRAMA DE CORTE PARA TORAS DE PINUS COM DIÂMETROS MÉDIOS ENTRE 24,1 E 28 CM

Na classe 3 foram classificadas as toras que obtiveram diâmetros médios de 31 cm, ou seja, entre 28,1 e 34 cm. Na serra fita principal foram retiradas duas costaneiras que foram enviadas a serra fita horizontal de resserra. Nesta máquina, as costaneiras foram resserradas e, depois de refileadas, originaram 4 tábuas com 27 mm de espessura e 110 mm de largura e duas tábuas com 27 mm de espessura e 80 mm de largura. O semibloco central foi resserrado na serra circular múltipla, originando 7 tábuas com 27 mm de espessura e 110 mm de largura (Figura 4).

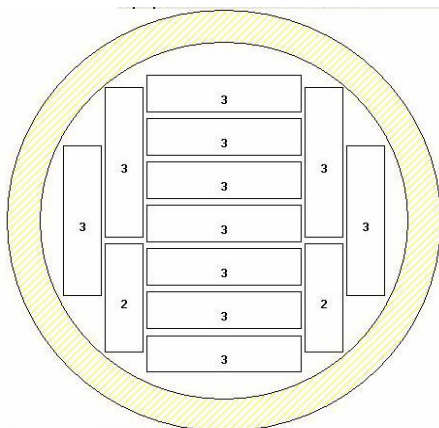


FIGURA 4. DIAGRAMA DE CORTE PARA TORAS DE PINUS COM DIÂMETROS MÉDIOS ENTRE 28,1 E 34 CM

Na classe 4 foram incluídas as toras que obtiveram diâmetros médios de 36 cm ou entre 34,1 e 38 cm. Na serra fita-principal, foram retiradas 4 costaneiras sendo formado um bloco central com 223 mm de espessura. As quatro costaneiras foram resserradas na serra fita horizontal originando 4 peças com 27 mm de espessura que, depois de refiladas, resultaram em 3 peças com 110 mm de largura e uma peça com 80 mm de largura. O bloco central com 110 mm de espessura foi resserrado na serra circular múltipla originando 7 peças com 27 mm de espessura 110mm de largura, as quais após refiladas originaram 14 tábuas com 110 mm de largura (Figura 5).

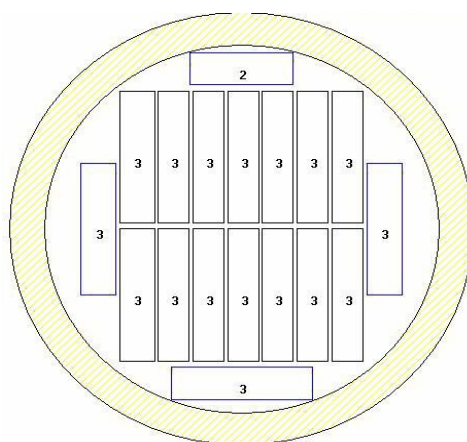


FIGURA 5. DIAGRAMA DE CORTE PARA TORAS DE PINUS COM DIÂMETROS MÉDIOS ENTRE 34,1 e 38 CM

Na classe 5 foram incluídas as toras que obtiveram diâmetros médios de 41 cm ou entre 38,1 e 44 cm. Na serra fita principal, foram retiradas 4 costaneiras, restando 3 blocos centrais, com 110, 80 e 55 mm de espessura. As 4 costaneiras foram resserradas na serra fita horizontal, originando 4 peças que após o refilo, resultaram em 4 tábuas com dimensões de 27 mm de espessura e 110 mm de largura. Onde os blocos desdobrados foram resserrados na serra circular múltipla. Onde o bloco com 110mm de espessura originou 9 peças com 27mm de espessura, o bloco seguinte, com 80mm de espessura também originou 9 peças com a mesma espessura obtida pelos outros e por último o bloco com 55mm de espessura originou as mesmas 9 peças (Figura 6).

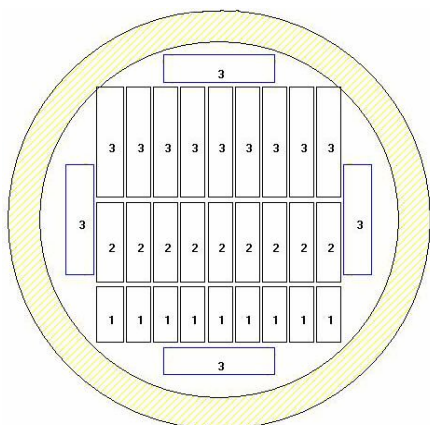


FIGURA 6. DIAGRAMA DE CORTE PARA TORAS DE PINUS COM DIÂMETROS MÉDIOS ENTRE 38,1 e 44 CM

#### 4.6 OBTENÇÃO DO VOLUME DE MADEIRA SERRADA

Para o cálculo do volume em madeira serrada, todas as tábuas obtidas em cada classe diamétrica tiveram suas espessuras, larguras e comprimentos medidos. Foram tomadas duas medidas da espessura em dois pontos da peça (E1 e E2), sendo uma em cada topo, com auxílio de paquímetro digital. Da mesma forma, foram tomadas duas medidas da largura, uma em cada topo da tábua, com auxílio

de trena. Desta forma, foram obtidos “E” (espessura média da tábuas) e “L” (largura média da tábuas). O volume de cada tábuas foi determinado através da fórmula:

$$VT = E * L * C$$

Onde:

Vt = volume da peça (m<sup>3</sup>);

E = espessura média da peça (m);

L = largura da peça (m);

C = comprimento da peça (m).

#### 4.8 CÁLCULO DO RENDIMENTO

O rendimento volumétrico, também chamado de coeficiente de serragem, coeficiente de transformação ou fator de rendimento, é a relação entre o volume produzido de madeira serrada e o volume utilizado de madeira em forma de tora, expresso em porcentagem.

Após os processos de desdobro, todas as peças obtidas por classe diamétrica que tinham seus topos pintados com cores diferentes, para facilitar a separação dos lotes, foram medidas e agrupadas segundo suas respectivas cores. Para mensurar o rendimento de cada lote, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$R\% = \frac{\sum V}{\sum Vt} * 100$$

Onde:

R% = rendimento em madeira serrada obtida de um lote (%);

$\sum V$  = somatória dos volumes de todas as toras do lote (m<sup>3</sup>);

$\sum Vt$  = somatória dos volumes de todas as tábuas serradas no lote (m<sup>3</sup>).

#### 4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial, sendo os fatores a classificação, com dois níveis, para as classes diamétricas, com cinco níveis (5 classes), com dez repetições.

O efeito da classificação das toras foi considerado como qualitativo e a classe diamétrica como quantitativa.

#### 4.10 CUSTOS DA MADEIRA SERRADA

De acordo com BRIMSON (1996), uma atividade descreve o modo como uma empresa emprega seu tempo e recursos para atingir os objetivos do negócio. A função principal da atividade é transformar recursos em produção.

O levantamento dos custos de produção permite confrontar os dois sistemas de desdobro testados na estrutura de custo da serraria. Para realizar tal análise, o departamento financeiro da empresa forneceu os valores de todos os componentes dos custos fixos e variáveis envolvidos no processo de desdobro. O custo total de produção foi calculado através da seguinte fórmula:

$$CT = \sum cf + \sum cv$$

Onde:

CT = custo total de produção (R\$);

$\sum cf$  = somatória dos custos fixos(R\$);

$\sum cv$  = somatória dos custos variáveis(R\$).

Foram considerados como custos fixos os que não variam com a produção, isto é, mantêm-se constantes, independentes do uso do equipamento. Os custos fixos considerados foram:

- Impostos;
- Depreciação;
- Salários e Encargos;
- Despesas administrativas;

A depreciação econômica, segundo <sup>1</sup>LHORET apud TIMOFEICZYK (2004), é um componente importante dos custos de produção, representando a perda do valor dos ativos, resultante dos desgastes pelo uso, ação da natureza ou por obsolescimento técnico. A depreciação tem por objetivo apropriar custos ou outro valor básico dos bens permanentes tangíveis, menos o valor residual (se houver), pela vida útil estimada do bem (TIMOFEICZYK, 2004).

Os custos variáveis foram considerados aqueles que variam de acordo com a produção, como;

- Aquisição de toras;
- Manutenção de Máquinas e Ferramentas;
- Energia elétrica;
- Telefone;
- Água;
- Combustíveis e lubrificantes;
- Pneus.

O volume de toras compradas é sempre ditado pela unidade de produção final de móveis, pois a necessidade de consumo é sazonal, decorrente da exigência em qualidade no produto final requerida pelo cliente.

---

<sup>1</sup> LHORET, L. **Depreciação uma estratégia para se manter a competitividade**. Curitiba, 1994, 94f Dissertação de Mestrado em Administração. UFPR Setor de Ciências Sociais e Aplicadas.

Para se obter o custo do metro cúbico serrado na unidade de desdobro efetuou-se a divisão entre custo total (em reais) do volume das toras consumidas em determinada classe diamétrica e o volume de madeira serrada gerada através dos sistemas de desdobro convencional e programado. O custo do m<sup>3</sup> de toras foi o mesmo para as 5 classes estudadas. Desta forma, o custo do m<sup>3</sup> serrado foi obtido através da fórmula abaixo:

$$CM = \frac{C.T.}{V.M.S.}$$

Onde:

CM = custo madeira serrada (R\$/m<sup>3</sup>);

C.T. = custo total de produção da serraria (R\$);

V.M.S. = volume de madeira serrada para cada classe (m<sup>3</sup>).



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DESDOBRO CONVENCIONAL

Na Tabela 11, estão apresentados os resultados de rendimento médio para as 5 classes diamétricas estudadas, quando utilizado o desdobro convencional (Tratamento 1).

TABELA 11 RENDIMENTOS OBTIDOS PELO MÉTODO DE DESDOBRO CONVENCIONAL DE TORAS DE PINUS.

| Classe | Nº Toras | Volume (m <sup>3</sup> )       |                                  | Rendimento (%) | C.V. (%) |
|--------|----------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|----------|
|        |          | Volume bruto (m <sup>3</sup> ) | Volume serrado (m <sup>3</sup> ) |                |          |
| 1      | 10       | 1,05                           | 0,39                             | 37,03          | 2,54     |
| 2      | 10       | 1,75                           | 0,79                             | 45,35          | 2,29     |
| 3      | 10       | 2,16                           | 1,18                             | 45,31          | 2,69     |
| 4      | 10       | 3,48                           | 1,63                             | 46,75          | 1,88     |
| 5      | 10       | 6,02                           | 2,81                             | 46,62          | 5,30     |

A classe 1 apresentou o menor rendimento médio (37,03%), o que era esperado por se tratar da classe com os menores diâmetros. Segundo ROCHA (2000), é normal em serrarias, as toras de menores diâmetros apresentarem menores rendimentos. Porém o autor ao desdobrar *Eucalyptus grandis* em duas classes diamétricas (19 a 25 cm e 25 a 30 cm), obteve um rendimento médio superior para a classe de menores diâmetros. Analisando-se as classes seguintes, pode-se observar que as classes 2, 3, 4 e 5 apresentaram rendimentos médios muito próximos, onde o menor foi para a classe 3 (45,31%) e o maior para classe 5 (46,75%). Os maiores rendimentos médios ocorreram nas maiores classes diamétricas, ou seja 4 e 5.

Em função da grande amplitude diamétrica existente entre as classes 2 e 5, era esperado que houvesse uma diferença entre os rendimentos das classes. Este

resultado é um forte indício de que através deste procedimento de desdobro, sem classificação das toras e sem um modelo específico para cada uma delas, o aproveitamento das toras tornou-se inadequado, não resultando num rendimento satisfatório. Outro fator que deve ser levado em consideração é a pequena variedade de produtos obtidos das toras, o que pode fazer com que algumas classes diamétricas não sejam adequadas para as tábuas que se deseja obter das mesmas.

Comparando-se as classes 1 e 2 com pesquisa realizada por FONTES (1994), que também utilizou o desdobro convencional, observa-se que ambas as classes apresentaram rendimentos médios superiores aos encontrados pelo autor, onde ao utilizar toras com classe diamétricas variando de 15 e 29,5 cm de diâmetro o mesmo obteve um rendimento médio de 30,47%. Provavelmente, o autor obteve um resultado pouco satisfatório por estar avaliando uma classe diamétrica com uma amplitude elevada. Em contrapartida, RIBAS et. al. (1989), testando classes com diâmetros entre 21,1 e 24 cm obteve um rendimento de 48,50%, superior ao obtido para a classe 1.

VIANNA NETO (1984) estudando técnicas de desdobro em serrarias que utilizam toras com pequenos diâmetros, concluiu que o rendimento de madeira serrada aumenta de acordo com o incremento no diâmetro das toras utilizadas, onde, a qualidade da matéria-prima pode influenciar em até 70% no êxito da obtenção de um ótimo rendimento. Da mesma forma, estudando a influência do diâmetro no rendimento em madeira serrada afirma que o mesmo influencia diretamente o índice de rendimento em madeira serrada.

Analisando-se a diferença estatística entre as 5 classes, observa-se que houve uma diferença significativa entre a classe 1 e as classes 2, 3, 4 e 5, porém, entre estas não foi observada nenhuma diferença significativa. Pode-se observar que

mesmo existindo uma amplitude diamétrica de 20 cm entre as classes 2 e 5, a diferença entre elas foi muito pequena, variando de 45,35% (classe 2) a 46,62% (classe 5), perfazendo uma diferença de 1,4% entre as mesmas.

RIBAS et. al. (1989), estudando a influência do diâmetro e do comprimento das toras de pinus no índice de madeira serrada, encontraram aumento significativo a partir de classes diamétricas acima de 21 cm. Os autores obtiveram um aumento significativo no rendimento com toras a partir de 24,1 cm de diâmetros, não ocorrendo maiores incrementos no rendimento com toras acima de 28,1cm.

As toras utilizadas para a classe 2, as quais possuíam diâmetros entre 24,1 e 28 cm resultaram em um rendimento médio de 45,14%, superior ao resultado encontrado por FONTES (1994), o qual foi de 33,73%.

RIBAS et. al. (1989) trabalhando com classes de 24,1 a 27 cm obtiveram um rendimento superior para esta classe (51,41%), atribuindo os valores obtidos a uma menor amplitude diamétrica utilizada ou outros fatores de grande importância no rendimento como a idade do povoamento, a qualidade das toras e os produtos obtidos, associados a um modelo de desdobro mais adequado às classes diamétricas. OLANDOSKI et. al.(1998), utilizando toras com 23,0 a 27,9 cm de diâmetro, obtiveram rendimento médio de madeira serrada de 51,97%. Porém os autores utilizaram o sistema de desdobro tangencial em sanduíche, onde todas as tábuas obtidas da tora foram refileadas na maior largura possível. Já neste estudo, todas as toras foram desdobradas de maneira a proporcionar tábuas em somente três larguras pré-definidas. ACOSTA (1999), estudando desdobro convencional através do sistema tangencial em sanduíche utilizando toras de *Eucalyptus* de 20 a 25 cm de diâmetro, obteve um rendimento médio de 53%. Porém, neste caso não se

pode descartar a diferença entre as espécies, pois este é um fator de grande importância no rendimento em madeira serrada.

A classe 3, com toras de diâmetros entre 28,1 a 34 cm apresentou um rendimento médio de 45,31%. Comparando-se com a classe 2, pode-se observar que não aconteceu o que era esperado, ou seja, desta classe apresentar rendimento superior à classe 2, com toras de diâmetros menores. ACOSTA (1999), estudando desdobro convencional através do sistema tangencial em sanduíche convencional de toras de *Eucalyptus* utilizando toras com 25 a 30cm de diâmetro obteve rendimento de 54%. OLANDOSKI et. al. (1998), onde ao avaliar o rendimento de toras de *Pinus spp.* com diâmetros entre 28 e 32,9 cm obtiveram um rendimento de madeira serrada de 53,09%. Estes resultados são um indicativo que o sistema de desdobro convencional utilizado neste estudo não proporcionou um rendimento ideal.

As classes 4 e 5 em comparação com as classes 2 e 3 não apresentaram crescimento significativo no rendimento de madeira serrada, onde a classe 5 que utilizou os maiores diâmetros (38 a 44 cm), apresentou uma diferença de rendimento de 0,13% a menos que a classe 4.

Os resultados encontrados na Tabela 15 mostram que a utilização de toras com maiores diâmetros não influenciou diretamente no rendimento em madeira serrada, o que prova que a utilização do sistema convencional de desdobro não foi eficiente no desdobro de toras com diâmetros elevados. Desta forma, indiferente desdobrar toras com diâmetros entre 24,1 a 28 cm ou toras com 38 a 44 cm.

## 5.2 DESDOBRO PROGRAMADO DE TORAS DE PINUS

Observa-se na Tabela 12 que os rendimentos médios encontrados para madeira serrada utilizando programação de corte variaram de 44,93% a 63,58%, gerando uma média de 53,60%. Estes valores foram superiores aos obtidos no desdobro convencional (Tabela 11) e todas as classes apresentaram incremento em seus rendimentos médios, quando realizada a seleção das toras e utilizado um diagrama específico para cada classe diamétrica.

TABELA 12 RENDIMENTOS OBTIDOS PELO MÉTODO DE DESDOBRO PROGRAMADO DE TORAS DE PINUS.

| Classe | Nº Toras | Volume (m <sup>3</sup> )       |                                  | Rendimento (%) | C.V. (%) |
|--------|----------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|----------|
|        |          | Volume bruto (m <sup>3</sup> ) | Volume serrado (m <sup>3</sup> ) |                |          |
| 1      | 10       | 1,15                           | 0,52                             | 44,93          | 2,67     |
| 2      | 10       | 1,53                           | 0,73                             | 48,02          | 2,55     |
| 3      | 10       | 2,28                           | 1,21                             | 53,24          | 2,30     |
| 4      | 10       | 3,06                           | 1,78                             | 58,21          | 1,45     |
| 5      | 10       | 4,17                           | 2,65                             | 63,58          | 4,30     |

Através da análise da Tabela 12, além do aumento do rendimento médio para todas as classes diamétricas, em relação ao desdobro convencional, observa-se que de acordo com o aumento do diâmetro das toras, os rendimentos médios também aumentaram.

Estes resultados obtidos através da programação de corte, estão de acordo com FREITAS (1986), onde o mesmo estudando técnicas de desdobro em serrarias que utilizam toras com pequenos diâmetros, concluiu que o índice de rendimento de madeira serrada aumenta de acordo com o incremento no diâmetro das toras utilizadas, assim como VIANNA NETO (1984), o qual afirma que o diâmetro influencia diretamente o rendimento em madeira serrada.

BIASI E ROCHA (2003), desdobrando toras de *Pinus elliottii* variando de 8 cm até 45 cm de diâmetro e utilizando diagramas de corte para as classes selecionadas obtiveram um rendimento médio para as mesmas de 43,17%, o que foi inferior à média de 53,60% obtida nesta trabalho. Porém, as classes de maior amplitude e as toras abaixo de 18 cm de diâmetro, utilizadas pelo autor, proporcionaram a queda na média do rendimento obtido.

A classe 1 apresentou rendimento de 44,93%. Já BIASI e ROCHA (2003) utilizando programação de corte para toras com 14-24 cm de diâmetro, ou seja, com classe de maior amplitude e toras de menores diâmetros, obteve rendimento de 40,17%. Esta maior amplitude diamétrica utilizada pelos autores possivelmente tenha provocado uma subutilização das toras. FONTES (1994), estudando rendimento de madeira serrada e geração de resíduos em três diferentes serrarias, com a utilização de diagrama de corte, obtiveram para a classe entre 20 a 24,50 cm de diâmetro um rendimento médio de 30,86%. Pode-se observar que mesmo com uma classe de menor amplitude diamétrica, o autor obteve um rendimento médio bem inferior ao obtido para a classe 1 (44,93%).

A classe 2 apresentou rendimento médio de 48,02%, bem superior ao obtido por FONTES (1994), que trabalhando com toras de 25 a 29,5 cm, obteve rendimento médio de 33,73%.

Para as classes 3, 4 e 5, a mesma tendência foi observada, culminando no maior rendimento médio obtido para a classe 5 (63,58%).

A Tabela 13 mostra como a interação foi significativa, ou seja, o efeito do tratamento de classificação das toras e programação de corte se alterou quando ocorreu alteração na classe diamétrica, evidenciando assim a dependência entre os

fatores. Ocorreu um aumento significativo de 21,24% no rendimento em madeira serrada em relação ao sistema convencional de desdobro.

Como a interação foi significativa, optou-se em realizar o desdobramento e avaliar o efeito entre fatores. Após o desdobramento e avaliação do efeito do efeito da classificação dentro das classes diamétricas, pode-se observar os resultados apresentados na Tabela 13, e como o efeito do tratamento foi qualitativo realizou-se o teste de comparação múltipla.

O tratamento utilizado para o desdobro das toras foi significativo e as classes diamétricas utilizadas também foram significativas. Os efeitos principais e a interação foram altamente significativos. Como a interação foi significativa isto implica que os efeitos não são independentes. Desta forma procedeu-se ao desdobramento da interação avaliando-se o efeito de classificação das toras dentro das classes diamétricas e dentro da classificação das toras.

TABELA 13 COMPARAÇÃO DO RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA DE PINUS ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL E SISTEMA PROGRAMADO DE DESDOBRO

| Classe | Rendimento sistema convencional (%) | Rendimento sistema programado (%) | ≠ (%) |
|--------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| 1      | 37,03 a                             | 44,93 b                           | 17,58 |
| 2      | 45,35 a                             | 48,02 a                           | 5,56  |
| 3      | 45,31 a                             | 53,24 b                           | 14,90 |
| 4      | 46,75 a                             | 58,21 b                           | 19,69 |
| 5      | 46,62 a                             | 63,58 b                           | 26,67 |

\*Médias seguidas de mesma letra, em cada linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O desdobro da classe 1 utilizando a programação de corte, mostrou que os sistemas utilizados diferiram estatisticamente, ocorrendo um acréscimo de 17,58% no rendimento médio em madeira serrada ao passar-se do sistema de desdobro convencional para o sistema de desdobro programado.

A classe 2 foi a única classe de toras que não apresentou diferença significativa entre os sistemas de desdobro testados. Porém, mesmo não diferindo estatisticamente, esta classe apresentou um ganho de 5,56% no rendimento de madeira serrada ao passar do desdobro convencional para o desdobro programado. Levando-se em conta que toras de 24 a 28 cm de diâmetro são as mais utilizadas nas indústrias de madeira serrada de pinus, esta diferença de 5,56% pode justificar a implantação de sistemas de classificação de toras e programações de corte em serrarias de grande porte, cabendo a isto uma análise econômica adequada.

Como a classe 1, as classe 3, 4 e 5 também diferiram estatisticamente nos dois sistemas de desdobro utilizados. Entretanto, as classes 5 e 4 foram as que obtiveram o melhor desempenho com a utilização do desdobro programado. A classe 5 apresentou um ganho de 26,67% no rendimento em madeira serrada. Este resultado mostra claramente como o sistema convencional de desdobro estava subutilizando as toras desdobradas. O mesmo aconteceu na classe 4, onde ocorreu um acréscimo no rendimento médio entre os dois sistemas de 19,69%.

A tendência da linearidade no aumento do rendimento em madeira serrada pode ser observado na Figura 7, na qual também se pode observar a amplitude no ganho percentual em rendimento para as 5 classes estudadas, evidenciando o desempenho da classificação e programação de corte.



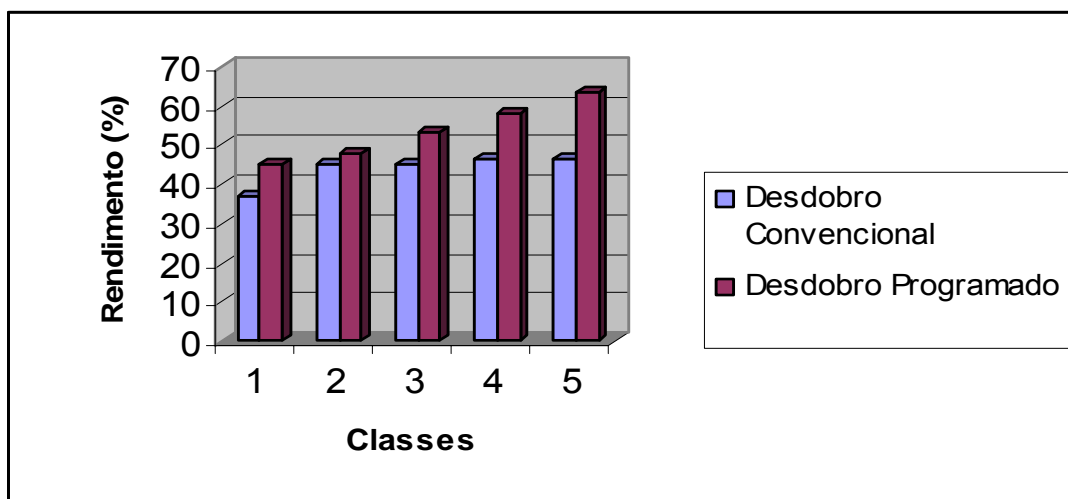


FIGURA 7 COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA DE PINUS UTILIZANDO DESDOBRIO CONVENCIONAL E DESDOBRIO PROGRAMADO

### 5.3 ANÁLISE DE REGRESSÃO

A análise de regressão dos rendimentos médios obtidos em madeira serrada originou duas equações de rendimento (Tabela 14), as quais visam estimar o rendimento de madeira serrada para as classes estudadas, seja utilizando-se o desdobro convencional ou utilizando-se o desdobro programado.

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) encontrados para ajuste das equações para estimativa de rendimento em madeira serrada variaram entre 63,85%, ou seja a dispersão dos dados é muito alta para as toras desdobradas convencionalmente e 99,23% para as toras desdobradas pelo sistema programado. Isto indica que os valores de rendimento médios para centros de classes utilizadas no experimento podem ser estimados estatisticamente pelas variáveis utilizadas na equação ajustada.

TABELA 14 EQUAÇÕES DE RENDIMENTO PARA MADEIRA DESDOBRADA PELOS SISTEMAS CONVENCIONAL E PROGRAMADO

$$\text{Rend 1} = 31,46031 + 0,411349 * \text{DX}$$

$$\text{Rend 2} = 24,15299 + 0,94979 * \text{DX}$$

\*DX = diâmetro médio da tora; Rend = 1 toras sem programação; Rend = 2 toras utilizando programação de corte.

Os modelos estatísticos gerados através da análise da regressão dos rendimentos médios de madeira serrada podem estimar com precisão o rendimento médio que a tora irá proporcionar de acordo com o sistema de desdobro optado pela serraria. Desta forma pode ser utilizado como ferramenta para decisão gerencial de compra da matéria-prima, sendo que, a partir do momento em que se obtiver o diâmetro médio da tora é possível estimar com precisão o rendimento médio não necessitando de testes práticos para avaliação do rendimento em madeira serrada que aquela determinada tora irá proporcionar.

A Figura 8 mostra os resultados obtidos entre o modelo estatístico ajustado para o sistema de desdobro das toras sem a programação de corte.

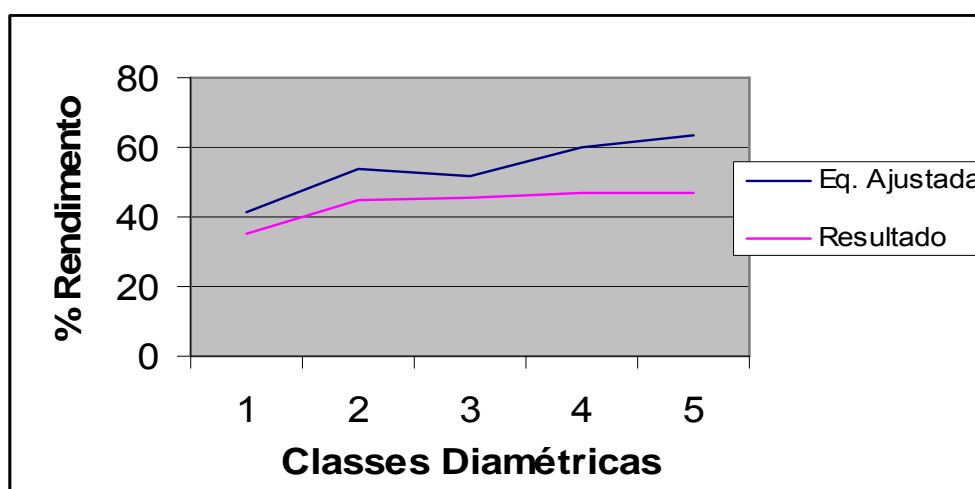


FIGURA 8 AJUSTE DO MODELO PARA ESTIMATIVA DE RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA PARA TORAS DE PINUS DESDOBRADAS SEM PROGRAMAÇÃO.

A Figura 9 apresenta os resultados obtidos entre o modelo estatístico ajustado para sistema de desdobro de toras utilizando programação de corte e os números obtidos na realização do experimento.

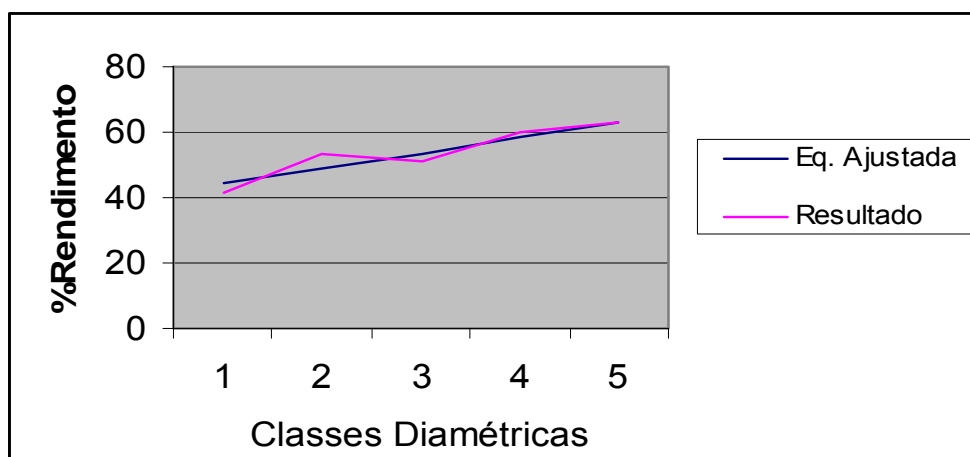


FIGURA 9 AJUSTE DO MODELO PARA ESTIMATIVA DE RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA PARA TORAS DE PINUS DESDOBRADAS COM PROGRAMAÇÃO.

O erro padrão da estimativa em percentual foi  $Syx\% = 11,031\%$ , para o sistema de desdobro sem a utilização de programação de corte, já para o sistema programado o erro percentual obtido foi  $Syx\% = 9,099\%$

#### 5.4 CUSTOS DE PRODUÇÃO

O consumo anual de toras da serraria ocorre em função da demanda e das tendências de *design* do produto final no mercado consumidor. Esses fatores são responsáveis pela aquisição e toras com maior ou menor diâmetro, que conseqüentemente geram peças com qualidades e valor agregado ao produto final diferenciado.

#### 5.4.1 Custos de produção utilizando sistema convencional de desdobro

Utilizando o sistema convencional de desdobro verificou-se que os custos fixos unitários representaram 12,03% do custo unitário de produção (Tabela 15). Desses, os gastos com salários e encargos sociais foram responsáveis por 9,22% do custo unitário de produção, e por 76,61% dos custos fixos. Já taxas e impostos, representados pelo IPTU e IPVA foram responsáveis por 0,97% dos custos unitário de produção, e por 8,06% dos custos fixos. Não foi considerado imposto de renda devido a serraria se encontrar no meio do ciclo produtivo, não produzindo o produto acabado respectivamente.

TABELA 15 PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DOS COMPONENTES DOS CUSTOS FIXOS NA ESTRUTURA DE CUSTO DE SERRARIA COM O SISTEMA DE DESDOBRO CONVENCIONAL

| Componentes do Custo Fixo | % Custo Unitário | % Custo Fixo |
|---------------------------|------------------|--------------|
| Impostos                  | 0,97             | 8,06         |
| Depreciação               | 1,12             | 9,27         |
| Salários e Encargos       | 9,22             | 76,61        |
| Despesas Administrativas  | 0,73             | 6,05         |
| <b>TOTAL</b>              | <b>12,03</b>     | <b>100</b>   |

A depreciação sobre a infra-estrutura, máquinas e equipamentos obteve participação de 1,12% sobre o custo e 9,27% sobre o custo fixo durante a utilização do sistema de desdobro convencional.

Utilizando-se o sistema de desdobro convencional, verificou-se que o custo variável representa 87,97% dos custos unitários de produção os gastos com aquisição de toras foi responsável pela maior participação dos custos variáveis, com 84,64%, visualizando assim a importância sobre os custos que as toras possuem (Tabela 16).

TABELA 16 PARTICIPACAO PERCENTUAL DOS COMPONENTES DOS CUSTOS VARIÁVEIS NA ESTRUTURA DE CUSTOS DA SERRARIA COM O SISTEMA DE DESDOBRO CONVENCIONAL.

| Componentes do Custo Variável     | % Custo Unitário | % Custo Variável |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| Aquisição de Toras                | 74,46            | 84,64            |
| Água e Telefone                   | 0,12             | 0,14             |
| Energia Elétrica                  | 5,09             | 5,79             |
| Combustível, Lubrificante e Pneu. | 1,02             | 1,16             |
| Manutenção                        | 7,28             | 8,27             |
| TOTAL                             | 87,97            | 100              |

Energia elétrica respondeu por 5,09% dos custos unitários de produção e 5,79% dos custos variáveis. A unidade de desdobro evita trabalhar em horários de consumo de ponta (horário de pico), ou seja, entre 18:00 e 20:00 horas, devido ao elevado custo que a energia elétrica tem neste determinado horário.

Água e telefone foram responsáveis por 0,12% dos custos unitários de produção e 0,14% dos custos variáveis de produção. Combustível, lubrificante e o desgaste referente a pneus para empilhadeira e veículos utilizados pela serraria foram responsáveis por 1,02% dos custos unitários de produção e 1,16% dos custos variáveis de produção. A manutenção de maquinário tem a importância de 8,27% dos custos variáveis de produção, devido ao maquinário se encontrar ultrapassado e desgastado.

O preço obtido para a aquisição das toras foi considerado valor único, tanto para as oriundas do reflorestamento da empresa, quanto as compradas de terceiros. Isto para o sistema convencional e programado de desdobro da tora, pois as toras são recebidas da floresta sem qualquer classificação que leve em consideração os diâmetros.

#### 5.4.2 Custos de produção utilizando sistema de desdobro programado

O custo fixo unitário representou 14,87% comparado ao sistema convencional apresentou aumento, devido a redução ocorrida nos custos variáveis(Tabela 17).

O aumento encontrado nos demais componentes na estrutura dos custos fixos estão ligados diretamente à queda ocorrida no item aquisição de toras, fazendo com que a estrutura de custos fixos passasse a ter maior participação percentual sobre o custo unitário.

Salários e encargos sociais responderam por 11,39% dos custos fixos unitários utilizando o desdobro programado, conseqüentemente respondendo por 76,61% do custo variável. Impostos, taxas, depreciação e as despesas administrativas somaram 3,48% do custo fixo unitário.

TABELA 17 PARTICIPACAO PERCENTUAL DOS COMPONENTES DOS CUSTOS FIXO NA ESTRUTURA DE CUSTOS DA SERRARIA COM O SISTEMA DE DESDOBRIO PROGRAMADO.

| Componentes do Custo Fixo | % Custo Unitário | % Custo Variável |
|---------------------------|------------------|------------------|
| Impostos e Taxas          | 1,20             | 8,06             |
| Depreciação               | 1,38             | 9,27             |
| Salário e Encargos        | 11,39            | 76,61            |
| Despesas Administrativas  | 0,90             | 6,05             |
| <b>TOTAL</b>              | <b>14,87</b>     | <b>100,00</b>    |

A participação do custo variável unitário representou 85,13%do total dos custos unitários, apresentando uma redução de 7,23% comparado ao desdobro convencional, proporcionado uma redução de 5,12% no custo total tal redução está vinculada diretamente à queda obtida na participação percentual que as toras obtiveram sobre o custo variável (Tabela 18).

O item aquisição de toras foi responsável por 69,94% dos custos e 82,15% dos custos variáveis, influenciada pelo aumento obtido do rendimento em madeira serrada. a energia elétrica respondeu por 6,29% dos custos unitários de produção aumentando sua participação na estrutura de custos variáveis, influenciada diretamente pela queda da participação nos custos variáveis em que as toras obtiveram utilizando o sistema de desdobro programado. Não foi realizado acompanhamento do consumo de energia elétrica entre os dois sistemas de desdobro, pois seria necessária a utilização de aparelhagem específica para o controle de consumo em cada equipamento.

Combustíveis, lubrificantes, pneus, água e telefone obtiveram pequenas alterações em sua composição devidas sua pequena participação percentual na composição dos custos variáveis.

O baixo valor encontrado foi devido ter sido considerado na estrutura de custos a depreciação para apenas duas máquinas, sendo que o restante já possui mais de 25 anos de uso. Este fator mostra que a participação do item manutenção mecânica tem uma grande importância sobre os custos variáveis, pois em função do elevado tempo de utilização dos equipamentos existe a necessidade de manutenção constante do maquinário, onde os gastos chegam a superar o consumo de energia elétrica.

TABELA 18 PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DOS COMPONENTES DOS CUSTOS VARIÁVEIS NA ESTRUTURA DE CUSTOS DA SERRARIA COM O SISTEMA DE DESDOBRO PROGRAMADO.

| Componentes do Custo Variável      | % Custo Unitário | % Custo Variável |
|------------------------------------|------------------|------------------|
| Aquisição de Toras                 | 69,94            | 82,15            |
| Água e Telefone                    | 0,15             | 0,18             |
| Energia Elétrica                   | 6,29             | 7,39             |
| Combustível, Lubrificante e Pneus. | 1,26             | 1,48             |
| Manutenção                         | 7,49             | 8,80             |
| TOTAL                              | 85,13            | 100,00           |

Para melhor avaliação da influência que o desdobro programado teve sobre os custos de produção, foi elaborada uma simulação da estrutura de custos utilizando o sistema de desdobro programado, com a finalidade de se saber qual seria a melhor classe para se desdobrar visando a redução dos custos finais de produção. Nesta simulação o custo da tora foi considerado diferenciado para cada classe de tora utilizada, sendo que o preço referente a cada classe foi baseado no praticado pelo mercado da região de São Bento do Sul.

Tabela 19 SIMULAÇÃO DA ESTRUTURA DE CUSTOS FIXOS PARA CADA CLASSE DIAMETRICA

| Componentes do Custo Fixo | % Custo Total |       |       |       |      |
|---------------------------|---------------|-------|-------|-------|------|
|                           | Classes       |       |       |       |      |
|                           | 1             | 2     | 3     | 4     | 5    |
| Impostos e Taxas          | 1,26          | 1,20  | 1,17  | 1,05  | 0,65 |
| Depreciação               | 1,44          | 1,38  | 1,34  | 1,20  | 0,75 |
| Salários e Encargos       | 13,50         | 10,80 | 10,50 | 9,37  | 5,85 |
| Despesas Adm.             | 0,94          | 0,90  | 0,87  | 0,79  | 0,49 |
| Total                     | 17,14         | 14,29 | 13,88 | 12,39 | 7,73 |

A simulação da estrutura de custos pode-se observar que existe uma tendência de redução da participação do custo fixo de acordo com o aumento da



classe diamétrica. A classe 1 respondeu por 17,14% dos custos fixos, fortemente influenciada pelo aumento dos salários e encargos sociais, pois se trabalhando com toras de menor rendimento existe a necessidade de se aumentar o tempo efetivo de trabalho, conseqüentemente o custo hora homem irá aumentar e conseqüentemente o consumo de energia elétrica também, devido as horas extras de trabalho (Tabela 19).

A redução percentual representada por salários e encargos sociais que é observada na Tabela 19 está ligada diretamente ao rendimento médio em madeira serrada que cada classe proporcionou, ou seja, foi influenciada diretamente pelo diâmetro da tora. Isto dá em função de que quanto maior for seu diâmetro maior será o rendimento e conseqüentemente menor será o tempo efetivo de trabalho. Impostos e taxas e depreciação de maquinário foram influenciados diretamente pela variação de salários e encargos sociais.

O custo variável apresentou o inverso ao ocorrido nos custos fixos, de acordo com o aumento dos diâmetros das toras ocorreu o aumento do custo variável, o qual foi influenciado diretamente pela aquisição de toras (Tabela 20).

Tabela 20 SIMULAÇÃO DA ESTRUTURA DE CUSTOS VARIÁVEIS PARA CADA CLASSE DIAMÉTRICA.

| Componentes<br>do Custo<br>Variável | % Custo Total |       |       |       |       |
|-------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
|                                     | Classes       |       |       |       |       |
|                                     | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Aquisição<br>Toras                  | 62,87         | 67,50 | 69,01 | 72,70 | 82,74 |
| Água,<br>Telefone.                  | 0,16          | 0,15  | 0,15  | 0,15  | 0,08  |
| Energia<br>Elétrica                 | 9,10          | 7,80  | 7,0   | 6,25  | 3,90  |
| Comb. Lubr.<br>Pneu                 | 1,32          | 1,26  | 1,22  | 1,09  | 0,68  |
| Manutenção                          | 9,42          | 9,00  | 8,75  | 7,81  | 4,87  |
| Total                               | 82,87         | 85,71 | 86,12 | 87,61 | 92,27 |

Devido ao aumento do rendimento da tora, ocorre uma melhoria na produtividade da serraria e conseqüentemente reduz-se o número de horas efetivas de trabalho para se desdobrar o mesmo volume de madeira serrada. Conseqüentemente a participação da energia elétrica nos custos variáveis caiu também, pois o número de horas efetivas de consumo de energia elétrica teve redução.

Utilizando-se única e exclusivamente a classe 1 é necessário se consumir 16,17% a mais de toras para conseguir atingir o mesmo volume serrado obtido através do sistema programado utilizando-se as 5 classes diamétricas, além de ser necessário trabalhar em horário extra fazendo com que os custos de energia elétrica aumentem. Apesar da necessidade de trabalho extra o custo final da madeira serrada foi 12,68% menor que o encontrado no sistema de desdobro programado utilizando as 5 classe diamétricas. Apesar de não ter sido realizado a classificação da madeira serrada quanto a sua qualidade visual e seu valor de mercado.

Para a classe 2 seria consumido 10,41% a mais de toras, o que virá acarretar uma redução de 9,70% no custo final da madeira serrada. Para a classe 3 seria necessário se desdobrar cerca de 0,67% a mais de toras para se atingir o mesmo volume serrado mesmo assim gerando uma redução no custo final da madeira serrada de 7,05%.

A classe 4 requereu 24,2% a menos de toras para se obter o mesmo volume de madeira serrada atingido pelo sistema anterior, porém o custo final da madeira serrada foi 1,23% maior que o encontrado no sistema de desdobro programado com aquisição de toras sem classificação e a classe 5 consumirá cerca de 30,46% menos toras e mesmo assim, apresentando um custo final 38,40% superior ao encontrado no sistema anterior, o que nos mostra que as classes 4 e 5 são destinadas a outros mercados como a indústria de faqueados e laminados. Não foi realizado o levantamento dos percentuais que cada classe de tora gerava em aspectos qualitativos, pois a análise de mercado poderia mostrar quanto que cada classe de tora poderia alterar a estrutura de custos da serraria.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

- O rendimento médio em madeira serrada foi diretamente afetado pelo sistema de desdobro utilizado.
- No sistema de desdobro convencional, somente a classe 1 diferiu estatisticamente das demais classes estudadas.
- No sistema de desdobro convencional, não foi observada uma tendência de aumento do rendimento em madeira serrada com o aumento do diâmetro das toras.
- Ao utilizar-se o sistema de desdobro programado, todas as classes diamétricas apresentaram um aumento no rendimento médio em madeira serrada.
- A classe 2 (24,1 a 28 cm) não apresentou diferença estatística entre o rendimento médio obtido no desdobro convencional e o rendimento médio obtido no sistema de desdobro programado.
- No sistema de desdobro programado, foi observada uma tendência do aumento no rendimento médio em madeira serrada com o aumento do diâmetro das toras.
- A classe 5 (38,1 a 44 cm) apresentou o maior incremento no rendimento médio em madeira serrada entre o sistema de desdobro convencional e o sistema de desdobro programado.

- A classificação das toras e o estabelecimento de modelos de corte para cada classe diamétrica é uma forma eficiente de se aumentar o rendimento em madeira serrada de pinus;
- Os modelos estatísticos obtidos podem ser utilizados para se estimar o rendimento em madeira serrada de pinus utilizando toras de 18 a 44 cm de diâmetro para os dois sistemas de desdobro utilizados.
- Com a utilização do sistema de desdobro convencional o custo fixo foi responsável por 19,31% e o custo variável por 80,69% do custo total de produção.
- O item com maior participação dentro dos custos fixos foram salários e encargos e manutenção de maquinário.
- Os custos variáveis utilizando o sistema de desdobro convencional apresentaram o item aquisição de toras, com 74,46% sobre o custo total de produção, energia elétrica representou 5,1% do custo total de produção.
- Utilizando o sistema de desdobro programado se obteve variação na estrutura de custos da serraria, onde o custo fixo total de produção foi responsável por 24,87% e custo variável total de produção 75,13%.
- O custo fixo no desdobro programado apresentou um aumento de 22,35% na participação do custo fixo total de produção e o custo variável total de produção reduziu 6,90%.
- A classificação de toras e a definição de um modelo de corte para cada classe diamétrica é uma alternativa eficiente para a redução dos custos de produção de madeira serrada de pinus.
- Utilizando-se o sistema de desdobro convencional com aquisição de toras sem classificação se obteve 7,23% na redução no custo final da madeira serrada;

- Ocorreu uma redução de 17,52% no consumo de toras com a utilização do sistema programado de corte;
- Simulando-se a utilização de uma única classe para o abastecimento da serraria, as classes 1, 2 e 3 apresentaram um maior consumo de toras, porém geraram os menores custos de produção em relação ao sistema de desdobro programado com aquisição de toras sem classificação;
- As classes 4 e 5 utilizando a simulação foram as classe que consumirão menos toras e geraram um acréscimo na estrutura de custos da serraria.

Com base nas conclusões aqui apresentadas se recomenda:

- Implantação de sistema de classificação e seleção das toras de acordo com padrões estabelecidos e testados neste estudo.
- Utilização do sistema de desdobro programado testado neste estudo, respeitando os limites das classes diamétricas e diagramas de corte propostos.
- Realização de testes com classes diamétricas de menores amplitudes.
- Testar outros possíveis diagramas de corte com classes diamétricas de menor amplitude;
- Realização de estudos de eficiência e produtividade da serraria.

## BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, M. S. Experiência Argentina em la Producción de la Madeira de Eucalipto, Panorama a 1999. In: WORKSHOP: Técnicas de abate, processamento e utilização da madeira de eucalipto. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Sociedade de Investigações Florestais, Instituto Estadual de Florestas. Viçosa-MG, 22 a 24 de junho de 1999.

ALMEIDA, A, R., Gerenciamento de custos baseados em atividades: Uma Proposta para o setor florestal. São Paulo, 2002, Tese de Doutorado USP.

ABPM – **Associação Brasileira de Produtores de Madeira**, Disponível em: <http://www.remade.com.br> acesso em 10 dez. 2003.

BERGER, R.; TIMOFEICZYK, R.; CARNIERI, C.; LACOWICKZ, P.G.; SAWINSKI, J.; BRASIL, A.A. **Minimização de custos de transporte florestal com a utilização de programação linear**. Curitiba, v. 1, n 1, p 53 – 62, jan./abr. 2003.

BIASI, C., ROCHA, M. P. **Rendimento em serraria de *Pinus elliottii*** Curitiba, 2003. U.F.P.R. - Universidade Federal do Paraná.

BRIMSON, J. A.; Contabilidade por atividades: uma abordagem de custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1996. 229p.

BORGES, A.S. et alii. Considerações energéticas e econômicas sobre resíduos de madeira serrada em serraria. In 1º Congresso florestal pan-americano e 7º Congresso florestal brasileiro (1993: Curitiba). Anais. Curitiba, PR: SBS – SBEF, 603-606 p. 1993.

CNPF- Centro Nacional de Pesquisas Florestais, **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina**. Colombo 1988..

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Conservacion de energia em las indústrias mecánicas florestales. Estúdio FAO: Montes 93. Roma. 129p. 1991.

FONTES, P. J.P. Auto-suficiência energética em serraria de *Pinus* e aproveitamento dos resíduos. Curitiba, 1994, Dissertação de Mestrado - Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, UFPR.

GUERRA, F.; Serrarias - subsídios técnicos. Superintendência do desenvolvimento da Amazônia - SUDAM, Belém, 91p. 1983.

GOGGANS, j.f. **Correlations and heritability of certain wood propoerties in loblolly pine**. TAPPI 47, pp. 318-322, 1964.

GONÇALVES, W.; COUTO, L.; LANA. G.C.; SILVA, R.P. Acompanhamento de custos e gerenciamento da empresa florestal. In: 1º Encontro Brasileiro de Planejamento Florestal, **Anais...** Curitiba: EMBRAPA – CNPF, set. 1991, p. 157-167.

TIBÚRCIO, G. T. **Processamento da madeira**. Bauru, São Paulo, 2000.

HILDEBRAND, E. Sistema de alocação e análise de custos para a empresa florestal. Curitiba, 1995, Dissertação de Mestrado – Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, UFPR.

HOCHHEIN, N.; MARITN,P. Influencia da qualidade das toras no processo de fabricação, rendimento, custo e rentabilidade da madeira serrada. In: 1º Congresso florestal pan-americano e 7º Congresso florestal brasileiro (1993: Curitiba). Anais. Curitiba, PRÇ SBS-SBEF, 644-646 p. 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL – IBDF. Levantamento de resíduos de industrias florestais do Paraná e Santa Catarina. Convenio IBDF / Fundação da Universidade do Paraná. Relatório Final. Curitiba, PR. 83. 1984.

KINIGGE, W.: SCHULTZ, H. Growndise der Forestbenutzung. Varlang Paul Parey, Hamburg and Berlin, 1966. 584p.

KOCH, P. **Utilization of southern pines**. Washington, USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1972. 2 v. (Agriculture Handbook, n. 420)

KOLLMAN, F. F. P. Techmologie des Holzes und der Holzwerka – toffe. Band I. Springer Verlag. 1951. 1050p.

LEFTWICH, R.H. **O sistema de preços e a alocação de recursos**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora. 1991. 7 ed. .453p.

LEITE, H.G. **conversão de troncos em multiprodutos da madeira, utilizando programação dinâmica**. Imprensa Universitária, UFV, Viçosa, MG, 230p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, 1994.

LIMA, J.G. **Custos: cálculos, sistemas e análises**, 2ed., São Paulo: Atlas, 1979, 256p.

LEONE, R. G. Custos: planejamento, implantação e controle. São Paulo: Atlas, 1981, 2º ed., 512p.

MELNICK, J. Manual de projeto de desenvolvimento econômico. Unilivros Cultural. 1981. pg 293.

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

MUÑIZ, G. I. B. **Anatomia da madeira de espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual de Misiones, Argentina** – Curso de Pós-graduação – UFPR, 1993



MOOSMAYER, H. Técnicas modernas de desdobro de *Pinus* com aproveitamento de resíduos. Seminário sobre Processamento e Utilização de Madeiras de Reflorestamento, Curitiba-PR, Relatório...Silvicultura, n.35, 1983, p. 7-13.

OLANDOSKI, D.P.; BRAND, M. A.; ROCHA, M.P. Avaliação do rendimento em madeira serrada, qualidade e quantidade de resíduos no desdobro de *Pinus spp.* *Rev. Set. Ciênc. Agr.*, v. 17, n. 1-2, 1998.

PONCE, R.H. **Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico e utilização de madeiras de reflorestamento** (1984: Curitiba PR). Revista Silvicultura, São Paulo, 9 (34) p9 – 13, 1984.

REMADE, **Fonte de pesquisa da madeira**. Disponível em:<<http://www.remade.com.br>> Acesso em: 10 dez 2003.

REZENDE, J. L. P.; VITAL, B. R.; TAVARES, M. F. R. & PAULA JR. G. G. Análise técnica e econômica do desdobro de toras de *Pinus*. *Ver. Arvore*, Viçosa, 1992, 16 (2): 181-193.

RIBAS, C. *et alli*. Estudo da influencia do diâmetro e do comprimento das toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria. *Revista Instituto Florestal*. São Paulo, 51-65, 1989.

ROCHA, M. P. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias. Curitiba, 2000. Tese de Doutorado – UFPR Universidade Federal do Paraná.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. 5º tiragem ed. UFPR: Série didática, 2001, 105p.

SBS – **Sociedade Brasileira De Silvicultura**. Disponível em: <http://www.sbs.com.br> Acesso em 12 de dez. 2003.

SILVA, J.C.G.L. da. **Análise da eficiência econômica da indústria de compensados do estado do Paraná**. Curitiba, 1987. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

TIBÚRCIO, M.T. T. **Processamento da madeira**. Bauru - SP, 2000, 242p.

TIMOFEICZYK, R., **Análise econômica do manejo de baixo impacto em florestas tropicais** – um estudo de caso. Curitiba, 2004. Tese de Doutorado – UFPR Universidade Federal do Paraná.

VIANNA NETO, J.A. considerações básicas sobre desdobro de *Pinus spp* in: I SEMADER, Seminário sobre processamento e utilização de madeiras de reflorestamento (1984: Curitiba-PR Revista Silvicultura, São Paulo, 9 (34):15-19. 1984.

WILLISTON, M. (ed.) Lumber Manufacturing: The Design and Operation of Sawmills and Paper Mills – Revised Edition. M. Freeman Publications, Inc. San Francisco, 1988. 486p.

## ANEXOS