

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

MARCEL YUZO KONDO

**INFLUÊNCIA DE SOFTWARE DE OTIMIZAÇÃO DE CORTE
NO RENDIMENTO DE SERRARIA DA REGIÃO SUDOESTE
PAULISTA**

Itapeva - SP

2011

MARCEL YUZO KONDO

**INFLUÊNCIA DE SOFTWARE DE OTIMIZAÇÃO DE CORTE
NO RENDIMENTO DE SERRARIA DA REGIÃO SUDOESTE
PAULISTA**

Trabalho de Graduação apresentado no Campus Experimental de Itapeva - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador - Prof. Dr. Alexandre Jorge Duarte de Souza

Itapeva - SP
2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Kondo, Marcel Yuzo

K821i Influência de software de otimização de corte no rendimento de serraria da região sudoeste paulista / Marcel Yuzo Kondo - - Itapeva, 2011

98 f. - il.

Trabalho de Graduação do Curso Engenharia Industrial Madeireira apresentado ao Campus Experimental de Itapeva – UNESP, 2011

Orientador - Profº. Drº. Alexandre Jorge Duarte de Souza

Banca examinadora - Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves;
Prof. Msc. Carlos Affonso

Inclui bibliografia

1. Serrarias. 2. Madeira serrada. 3. Pinheiro. I. Título. II. Itapeva - Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

CDD 674.2

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNESP – Campus Experimental de Itapeva.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

**INFLUÊNCIA DE SOFTWARE DE OTIMIZAÇÃO DE CORTE
NO RENDIMENTO DE SERRARIA DA REGIÃO SUDOESTE
PAULISTA**

MARCEL YUZO KONDO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO
ADEQUADO COMO PARTE REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO
DIPLOMA DE **GRADUADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL
MADEIREIRA**

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO
DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

BANCA EXAMINADORA -

Prof. Dr. Alexandre Jorge Duarte de Souza
Orientador – Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Dr. Msc. Carlos Affonso
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

DEDICATÓRIA

A Deus, pela oportunidade de poder crescer e evoluir a cada dia. Aos meus pais, Jorge Noboru Kondo e Marcia Massae Hirumitsu Kondo, pois sem eles não chegaria até este ponto. Aos meus familiares que são tudo para mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da inteligência e pela oportunidade concedida a mim. Agradeço-o pelas bênçãos recebidas, pela minha família, pela minha querida namorada, pelos amigos e por colocar em minha vida esta instituição de ensino.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Jorge Duarte de Souza, por tudo aquilo que até hoje me ensinou, por me orientar em meus estudos, pelas críticas, pelas conversas, pelos momentos de descontração e pelo grande apoio dado.

Aos meus pais Jorge e Marcia, aos meus irmãos Helder e Drieli, aos meus primos Tiago e Tissiane, e a todos da minha família pela compreensão, força e dedicação, além de muitas vezes se privarem de momentos para apoiar meus estudos. Obrigado por serem um dos pilares da minha vida.

A minha namorada Karla A. V. Fonseca, por ser um porto seguro nos momentos de insegurança, por compreender minha ausência em alguns momentos, pelos conselhos, por ser uma companheira inigualável e minha melhor amiga.

Aos meus amigos pelo apoio e compreensão durante o decorrer da graduação. Especial agradecimento ao eterno grupo de trabalho Bruna Morita e Bruno Santos por compartilharem inúmeros momentos de minha vida acadêmica e pessoal.

Ao amigo Rafael Trentini, ao Sr. Adelchi e a seu filho Sr. Adelchi, por abrirem as portas da serraria e por colaborarem da melhor forma possível com o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Profº Engº Waldemar Gehring Júnior, por compartilhar seus conhecimentos e experiências, muito obrigado.

Agradeço aos docentes e funcionários da UNESP - Campus de Itapeva pela contribuição em minha formação.

*“Bem-aventurados os limpos de coração,
porque eles verão a Deus”.*

Mateus, V - 8

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar o aumento de rendimento proporcionado por um software de otimização de corte em serraria de pinus da região do sudoeste paulista, município de Itapeva. Primeiramente foram medidas 10 toras que foram processadas no sistema de desdobro convencional medindo-se também os volumes de produtos na saída do processo. Em seguida utilizando um software de otimização de corte, gerou-se diagramas de corte com os quais foram processadas 10 toras da classe diametral de 25 a 26 cm pelo sistema de desdobro otimizado. Para o desdobro convencional, o valor encontrado de rendimento foi de 41,80%, enquanto que para o desdobro otimizado obteve-se o valor de 61,99%, resultando numa diferença significativa de 19,99%. Este estudo aponta que existe espaço para a melhora significativa do desempenho de desdobro nas serrarias a partir da utilização de softwares de otimização como o empregado no trabalho.

Palavras-chave - Rendimento. Serraria. Otimização. Desdobro. Madeira.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the increase of yield provided by a software optimization cutting in a pine sawmill, located at southwest region of São Paulo, city of Itapeva. First were measured 10 logs that were processed by conventional sawing system by measuring the volume of products in the process output. Then using a cutting optimization software, that generated cuts diagrams, 10 logs, from 25 to 26 cm diametrical class, were processed by sawing system optimized. For the conventional sawing, the value found to yield was 41.80%, whereas for the unfolding optimized showed the value of 61.79%, resulting in a difference of 19.99%. This study shows that there is room for significant improvement of performance in sawmills sawing with the use of optimization software as the employee at work.

Keywords - Yield. Sawmill. Optimization. Unfold. Wood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistemas de corte aplicado à seção transversal da madeira (GONÇALVES, 2009).....	18
Figura 2: Serra de fita simples com carro porta toras. METALÚRGICA SCHIFFER S.A. (disponível em http://www.schiffer.com.br/ind_madeira_detalhes_produtos.php?id=181)	20
Figura 3: Serra fita dupla tipo geminada. MILL EQUIPAMENTOS. (disponível em http://www.mill.com.br/mill_equipamentos/interna_serrafita_germ_gforce.html).21	21
Figura 4: Serra fita dupla tipo Tandem. METALÚRGICA SCHIFFER S.A. (disponível em: http://www.schiffer.com.br/ind_madeira_detalhes_produtos.php?id=197)	21
Figura 5: Serra fita horizontal com vários cabeçotes. VANTEC MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. (disponível em http://www.vantec.ind.br/node/103)	22
Figura 6: Serras circulares seccionadeiras/refiladeiras: (a) e (c) refiladeiras, (b) reserra e (d) esquadrejadeira. (GONÇALVES, 2009)	24
Figura 7: Serras circulares duplas: (a) seccionadeira, (b) de discos sobrepostos e (c) destopadeira. . (GONÇALVES, 2009)	24
Figura 8: Serras circulares múltiplas: (a) eixo simples e (b) eixo duplo. . (GONÇALVES, 2009).....	25
Figura 9: Esquema de desdobro para a produção de peças predominantemente tangenciais. (VITAL, 2008)	31
Figura 10: Sistema de desdobro tangencial em sanduíche. (OLIVEIRA et al., 2007)	32
Figura 11: Sistema de desdobro tangencial de semibloco. (OLIVEIRA et al., 2007)	33
Figura 12: Desdobro de blocos, para obtenção de peças tangenciais. (OLIVEIRA et. al., 2007).....	33
Figura 13: Corte radial típico. (OLIVEIRA et al., 2007)	35
Figura 14: Corte radial utilizando-se serra circular múltipla. (VITAL, 2008)	35
Figura 15: Corte radial com possibilidade de resserragem em serras de corte múltiplo. (ROCHA, 2002).....	36

Figura 16: Sistema de corte radial modificado para obtenção de peças com as faces radiais em alta porcentagem. (OLIVEIRA et al., 2007)	36
Figura 17: (1) Corte paralelo à medula, (2) Corte paralelo à casca. (VITAL, 2008)	37
Figura 18: Formato do resíduo para desdobro paralelo à casca (A e B) e paralelo à medula (C e D). (VITAL, 2008).	37
Figura 19: Corte simultâneos. (ROCHA, 2002).....	38
Figura 20: Sistema de desdobro através de cortes alternados. (ROCHA, 2002)	39
Figura 21: Diagramas de corte estabelecidos para madeira reflorestada com diâmetros entre 14 e 16 cm. (OLIVEIRA et al., 2007)	43
Figura 22: Diagramas de corte para toras com 25 cm de diâmetro para três diferentes espessuras do semi-bloco, variando os rendimentos em madeira serrada. (OLIVEIRA et al., 2007).....	43
Figura 23: Tela do software PowerSaw da empresa SAATECH Engineering Pty Ltd. (disponível em http://www.saatech.com.au/Screenshot3-06.htm).....	45
Figura 24: Tela do software MaxiTora da empresa Optimber – Otimização e Informática Ltda. (MANHIÇA, 2010).....	46
Figura 25: Parâmetros pedidos pelo software. (Autor)	47
Figura 26: Parâmetros relacionados a toras. (Autor)	47
Figura 27: Parâmetros principais referente às máquinas. (Autor).....	48
Figura 28: Tela de cadastramento dos produtos. (Autor)	49
Figura 29: Diagrama de corte proposto pelo software. (Autor)	50
Figura 30: Serraria ABF Madeiras. (Autor)	51
Figura 31: Serra de desdobro principal, Serra fita simples com carro portadora. (Autor)	52
Figura 32: Serra fita horizontal de cabeçote duplo. (Autor).....	53
Figura 33: Serra circular refiladeira. (Autor).....	53
Figura 34: Picador utilizado pela serraria. (Autor).....	54
Figura 35: Saída de resíduos. (Autor).....	54
Figura 36: Fluxograma dos processos produtivos da serraria. (Autor)	55
Figura 37: Setagem da escala da imagem digital no software Image J. (Autor)	56
Figura 38: Toras mensuradas para amostra entrando no processo. (Autor) ..	58

Figura 39: Peças serradas no desdobro convencional das toras marcadas...	59
Figura 40: Diagrama de corte adotado para implementação do desdobro otimizado. (Autor)	61
Figura 41: Esquemas dos cortes para o desdobro primário. (Autor)	62
Figura 42: Esquema de corte das peças no desdobro da serra fita horizontal de cabeçote duplo. (Autor)	62
Figura 43: Desdobro na serra circular refileira. (Autor)	63
Figura 44: Diagrama de corte que apresentou o melhor rendimento. (Autor)	67
Figura 45: Diagrama de corte com o menor rendimento possível. (Autor)	67
Figura 46: Diagrama de corte com valor de rendimento de 64,86%. (Autor) ..	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões madeira serrada.....	16
Tabela 2: Rendimento em razão do diâmetro das toras.....	41
Tabela 3: Geração de Resíduos em serrarias de coníferas nos Estado Unidos da América e no Brasil	42
Tabela 4: Custos da tora/m ³ de acordo com sua classe diametral.....	55
Tabela 5: Lista de produtos cadastrados.....	60
Tabela 6: Dado obtidos para o cálculo da conicidade das toras.	64
Tabela 7: Dados das toras que forma processadas com desdobro convencional.	65
Tabela 8: Produtos obtidos no desdobro convencional.	66
Tabela 9: Frequência das classes diamétrais no GRUPO 1.	68
Tabela 10: Frequência das classes diamétrais no grupo 2.	68
Tabela 11: Produtos do desdobramento otimizado.	71
Tabela 12: Comparação dos rendimentos obtidos nos desdobros convencional e otimizado.	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivos secundários	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. Madeira serrada	16
3.2. Direções de corte para a madeira	17
3.3. Sistemas de corte	17
3.4. Máquinas para desdobramento de madeira	18
3.4.1. Serras fitas	18
3.4.2. Serras circulares	23
3.5. Sistemas de desdobro em serrarias	25
3.5.1. Desdobro principal	26
3.5.2. Desdobro secundário	26
3.5.3. Técnicas convencionais de serrarias	26
3.5.4. Técnica modernas de serrarias	27
3.6. Modelos de corte	29
3.6.1. Corte tangencial	30
3.6.2. Corte Radial	34
3.6.3. Corte paralelo ao eixo longitudinal da tora e corte paralelo a casca	36
3.6.4. Classificação quanto à continuidade dos cortes	38
3.7. Rendimento em serraria	39
3.8. Diagramas de Corte	42
3.9. Softwares de geração de diagramas de corte	44

3.10. Descrição do software Delta 2000.....	46
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
4.1. Descrição do local.....	51
4.2. Cálculo de conicidade do povoamento.....	55
4.3. Cálculo do rendimento da serraria com método de desdobro convencional.....	57
4.4. Obtenção dos diagramas de corte otimizados	59
4.5. Cálculo do rendimento da serraria com o desdobro otimizado	60
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
5.1. Cálculo de conicidade da toras	64
5.2. Rendimento da serraria para o desdobro convencional	65
5.3. Diagramas de corte obtidos com o software Delta 2000, módulo otimizador.....	66
5.4. Rendimento da serraria para o desdobro otimizado	70
5.5. Comparação dos rendimentos obtidos nos diferentes sistemas de desdobro.....	71
6. CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS	74

1. INTRODUÇÃO

A indústria madeireira na região de Itapeva/SP apresenta grande oferta de madeira proveniente de florestas plantadas. Essa proximidade com as florestas fez com que houvesse um desenvolvimento de uma indústria específica nesta região, a indústria de desdobro de madeira. A região de Itapeva possui 207 micro e pequenas empresas no setor de fabricação de produtos de madeira, sendo destes 162 empresas de desdobramento de madeira (serrarias).

As serrarias em sua maioria na região realizam o desdobro primário da madeira, ou seja, a conversão de toras em tábuas e outros produtos sem beneficiamento. Durante este processamento, parte da madeira é transformada em resíduos, pó de serra e cavaco, afetando assim o rendimento deste tipo de processamento. Vários autores realizaram estudos sobre rendimento encontrando valores de 34 a 53%.

A busca por melhorias nos processos e aplicação de tecnologias mais recentes é então necessária para que a conversão da tora em madeira serrada seja cada vez maior. Segundo estudos, para 2020 é esperado um *déficit* de 27 milhões de metros cúbicos de tora de pinus. Isso fará com que as serrarias busquem uma matéria-prima cada vez mais escassa o que acabará encarecendo seu preço.

O uso de programas que realizam otimização de corte da tora é uma das possibilidades que podem auxiliar no aumento do aproveitamento na conversão tora/peça serrada das indústrias de beneficiamento de madeira.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho objetiva analisar o rendimento nos processos de desdobro de uma serraria a partir do uso do software de otimização de corte para a proposição de modelos de corte.

2.1. Objetivos secundários

- Comparar os rendimentos obtidos pelo sistema de desdobro convencional e pelo sistema de desdobro otimizado;
- Utilizar o programa para analisar classes diamétrais de tora que possibilitam maior rendimento com consequente redução de resíduos;
- Analisar os diâmetros de toras, através dos diagramas de corte gerados pelo software, que possuem maiores perdas ao serem processadas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico serão apresentados os estudos e literatura envolvendo o trabalho. Entre os assuntos estão a madeira serrada, as direções de corte, o maquinário utilizado em serraria, os sistemas de desdobro, o rendimento em serraria e os softwares de otimização.

3.1. Madeira serrada

Segundo a ABIMCI (2004), a madeira serrada pode ser definida como peças em forma de paralelepípedos obtidas por meio do desdobro de toras em serras, o que representa um tipo de transformação primária da madeira. Dependendo do formato e das dimensões da peça, os serrados possuem diversas denominações, tais como vigas, tábuas, pranchas, pontaletes, sarrafos, ripas e caibros.

A NBR 14807/2002 traz a nomenclatura e as dimensões de peças de madeira serrada conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Dimensões madeira serrada

Nome da peça	Espessura (mm)	Largura (mm)
Pranchão	De 71 a 161	161 e acima
Prancha	De 39 a 70	161 e acima
Pranchinha	38	100 e acima
Viga	De 40 a 80	De 81 a 160
Caibro	De 40 a 80	De 50 a 80
Tábua	De 10 a 37	100 e acima
Sarrafo	De 21 a 39	De 20 a 99
Ripa	De 10 a 20	De 20 a 50
Ripão	De 15 a 20	De 51 a 70
Pontalete	De 70 a 80	De 70 a 80
Quadrado	25	25
Quadrado	100 e acima	Igual à espessura

Adaptado da NBR 14807/2002.

3.2. Direções de corte para a madeira

De acordo com Gonçalves (2009), existem três direções principais quando tratamos do corte da madeira. Entre elas temos:

- Direção Longitudinal ou axial: direção na qual o corte é paralelo à direção das fibras;
- Direção Radial: direção na qual o corte ocorre perpendicular às fibras;
- Direção Tangencial: direção na qual o corte ocorre também perpendicular às fibras, porém tangente aos anéis de crescimento.

3.3. Sistemas de corte

Gonçalves (2009) fala sobre diferentes sistemas de corte aplicados a madeira. A notação proposta consiste em duas numerações, sendo a primeira representativa do ângulo da aresta de corte em relação à direção das fibras, e o segundo com relação ao ângulo da direção do movimento em relação à direção das fibras. São elas:

- Corte 90-0: Onde a aresta de corte faz um ângulo de 90° com a direção das fibras e a direção de movimento a 0° com a direção das fibras;
- Corte 0-90: Neste corte a direção de movimento é perpendicular às fibras e com ao ângulo entre a aresta de corte e a direção das fibras é de 0° , ou seja, paralela;
- Corte 90-90: A direção de movimento do corte e a aresta cortante são perpendiculares às fibras.

A Figura 1 demonstra os sistemas de corte e as direções de corte.

3.4. Máquinas para desdobramento de madeira

Oliveira *et al.* (2007) diz que basicamente as máquinas para desdobramento de madeira são divididas de acordo com a sua ferramenta de corte. Pode-se dividir as máquinas de desdobramento de madeira em dois grandes grupos, os das serras fitas e as serras circulares.

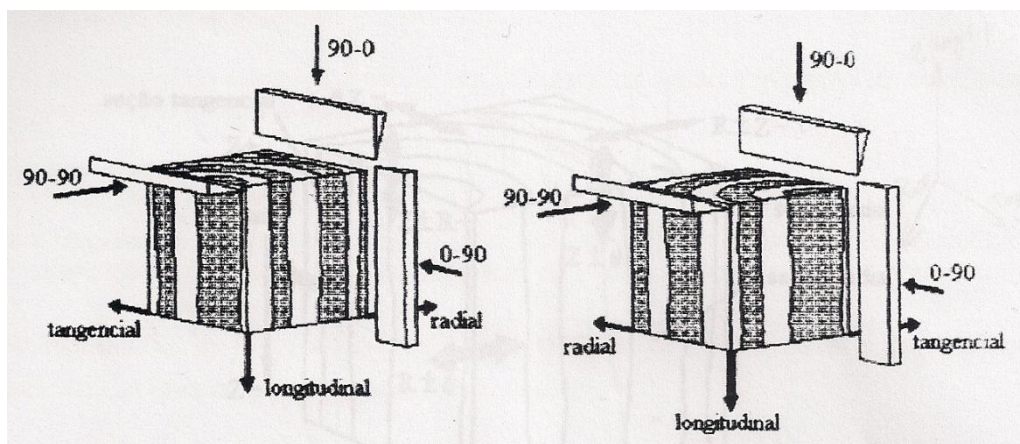


Figura 1: Sistemas de corte aplicado à seção transversal da madeira (GONÇALVES, 2009)

3.4.1. Serras fitas

De acordo com Oliveira *et al.* (2007), serras fitas são aquelas que utilizam-se de lâminas dentadas, onde essa lâmina é uma lâmina contínua de aço tensionado por dois volantes. As principais vantagens citadas para as serras fitas são:

- Grande velocidade de corte, com corte contínuo a uma velocidade constante;
- Pequena espessura das lâminas, ocasionando pouca perda de madeira;

- Versatilidade, pois uma mesma máquina podem-se desdobrar toras de grandes e pequenos diâmetros e madeiras moles e duras, o que a faz mais utilizada em serrarias com variação de diâmetros e espécies;

- Boa produção com reduzido consumo de energia.

Dentre as desvantagens são citadas a dificuldade de manutenção e montagem do equipamento.

Gonçalves (2009) classificou as diferentes serras de fita de acordo com:

- Disposição dos volantes: vertical, horizontal e inclinada;

- Quantidade de cabeçotes associados (simples, dupla e quádrupla);

- Deslocamento relativo lâmina e madeira;

- Possibilidade de cortar na direção de avanço ou na direção de avanço e retorno (serras monocortes e bicortes);

- Tipo de volante;

- Largura da lâmina (estreita ou larga).

Os subitens a seguir trarão alguns tipos de serras fitas comumente encontradas em serrarias.

3.4.1.1. Serras fita verticais

Podem ser classificadas de acordo com o número de cabeçotes. As serras fita simples normalmente apresentam um, dois ou quatro cabeçotes.

A Figura 2 mostra uma foto de uma serra fita simples com carro porta toras, enquanto as Figuras 3 e 4 trazem dois tipos de serras duplas, respectivamente serra dupla geminada e serra dupla tandem.

De acordo com Oliveira *et al.* (2007) a serra fita simples é o tipo de serra mais difundida entre as pequenas serrarias para desdobro principal. Consiste de uma única máquina com um carro porta toras a qual executa um só corte a cada avanço do carro. No retorno do carro a serra não realiza a atividade de corte, caracterizando assim o chamado recuo morto.

Gonçalves (2009) acrescenta que neste tipo de serra fita, os volantes estão dispostos um sobre o outro, na direção vertical e a lâmina é posicionada para que os dentes da lâmina cortem a madeira de cima para baixo.

A diferença entre as serras fita dupla geminada e tandem consiste em que na geminada os cabeçotes se encontram em um mesmo plano horizontal, enquanto que na Tandem esses cabeçotes são defasados um do outro, além de que as lâminas atuam em planos diferentes.



Figura 2: Serra de fita simples com carro porta toras. METALÚRGICA SCHIFFER S.A. (disponível em http://www.schiffer.com.br/ind_madeira_detalhes_produtos.php?id=181)



Figura 3: Serra fita dupla tipo geminada. MILL EQUIPAMENTOS.
(disponível em http://www.mill.com.br/mill_equipamentos/interna_serrafita_germ_gforce.html)



Figura 4: Serra fita dupla tipo Tandem. METALÚRGICA SCHIFFER S.A.
(disponível em: http://www.schiffer.com.br/ind_madeira_detalhes_produtos.php?id=197)

3.4.1.2. Serra fita horizontal

De acordo com Gonçalves (2009), as serras fita horizontais possuem volantes a mesma altura do piso e a lâmina realiza o corte no plano horizontal.

Esse tipo de serra pode ter mais de um cabeçote, proporcionando mais de um corte por passada dos blocos de madeira.

Oliveira *et al.* (2007) complementa que este tipo de serra possui uma desvantagem com relação àquela com posicionamento vertical. Na serra fita horizontal, durante o desdobro de toras grandes, tem-se uma perda de tempo calçando as mesmas, o que faz com que esta serra tenha produção inferior a uma serra vertical de tamanho equivalente. Por causa disto foi pouco utilizada, porém no desdobro de toras de reflorestamento onde os diâmetros são pequenos e com o crescente aumento do custo de matéria-prima, houve aumento no uso desse tipo de serra, hoje em dia, encontrado em muitos *layouts* de serrarias. Nestes sistemas, uma tora, bloco ou semi-bloco, passa nesta sequência de serras, sendo transformado em tábuas ao final do conjunto.

Muitas serrarias utilizam-se de correias transportadoras laterais às serras fita horizontais para possibilitar o retorno de peças para serem novamente processadas pelo conjunto.

Na Figura 5 se encontra uma serra fita horizontal composta por vários cabeçotes.



Figura 5: Serra fita horizontal com vários cabeçotes. VANTEC MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. (disponível em <http://www.vantec.ind.br/node/103>)

3.4.2. Serras circulares

De acordo com Oliveira *et al.* (2007), as serras circulares são máquinas que sempre estarão presentes em qualquer tipo de serraria, independente de seu porte. Usa como elemento cortante discos de serras dentados e deve-se utilizá-lo nas operações adequadas, pois devido a sua grande espessura de dente, serras circulares podem facilmente atingir 5 mm ou mais devido ao fato dos discos de serra serem muito espessos, ocasionam corte de 10 a 20 mm ou mais, produzem grande quantidade de serragem. São serras de simples instalação e boa produção de madeira serrada e seus dentes possuem diversas formas, cada uma específica para um uso.

Gonçalves (2009) diz que no serramento por serra circular, usam-se serras de disco, multicortantes, nos quais os gumes podem ser especialmente preparados na própria lâmina do disco (dentes fixos) ou com gumes cortantes soldados (dentes postiços). Tem-se então alguns dos tipos de serra circular abaixo:

- Serra circular simples: usada em operações de seccionamento, refilamento e destopamento (Figura 6);
- Serra circular dupla: que pode ser de discos paralelos, para seccionamento e destopamento, ou discos sobrepostos (Figura 7);
- Serra circular múltipla: que pode ser de cabeçote único ou duplo (Figura 8).

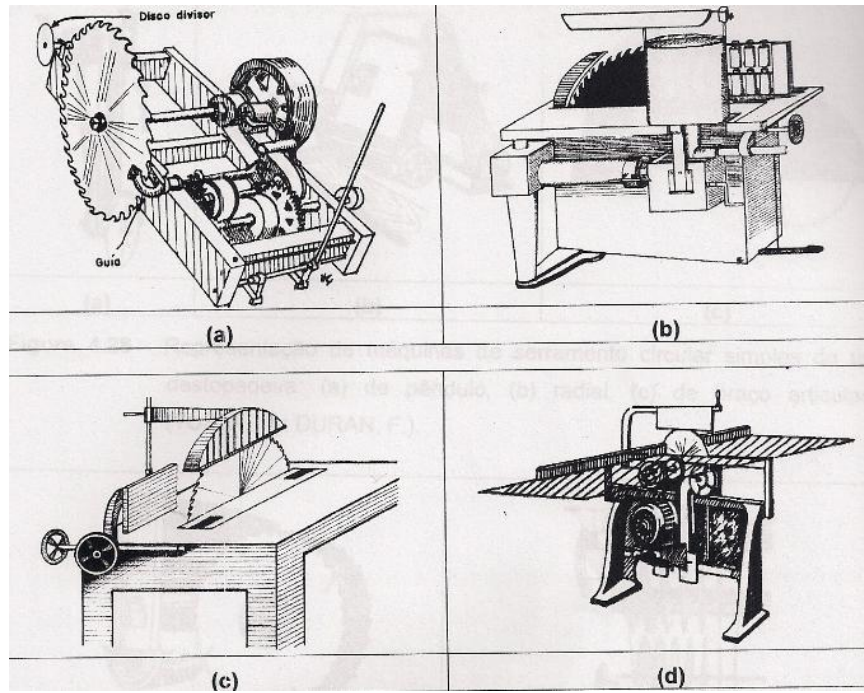


Figura 6: Serras circulares seccionadeiras/refiladeiras: (a) e (c) refiladeiras, (b) ressorra e (d) esquadrejadeira. (GONÇALVES, 2009)

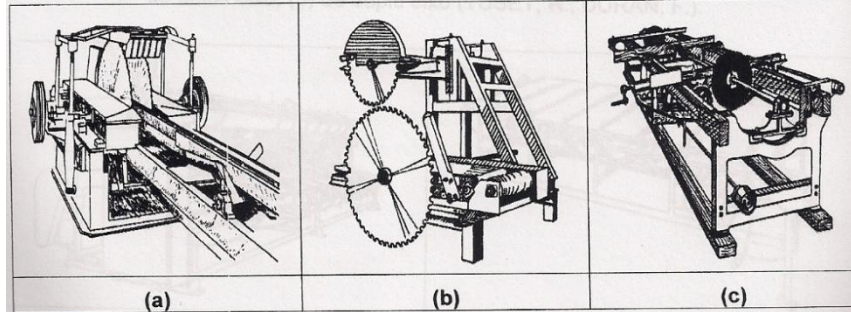


Figura 7: Serras circulares duplas: (a) seccionadeira, (b) de discos sobrepostos e (c) destopadeira. . (GONÇALVES, 2009)

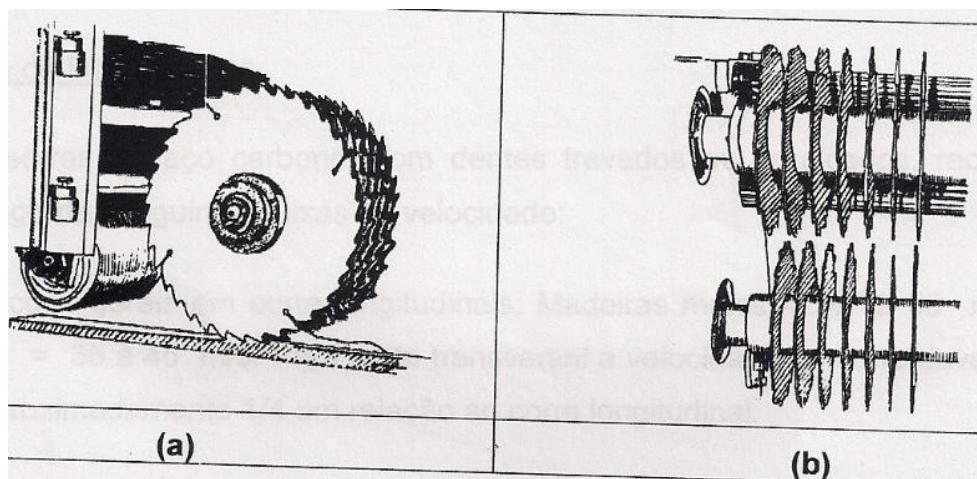


Figura 8: Serras circulares múltiplas: (a) eixo simples e (b) eixo duplo. .
(GONÇALVES, 2009)

3.5. Sistemas de desdobro em serrarias

De acordo com Oliveira *et al.* (2007), para as operações de desdobro e outros processamentos na indústria de madeira serrada são utilizadas serras que podem ser classificadas em serras principais e serras secundárias ou auxiliares.

Segundo Rocha (2002), as técnicas de desdobro de toras em peças de madeira serrada são classificadas em duas, técnicas convencionais e técnicas modernas de serrarias, que se diferenciam de acordo com características relacionadas à matéria-prima, maquinário e formas de desdobro. O autor ainda divide essa classificação em operações relacionadas ao pátio de toras, desdobro principal e desdobro secundário.

O pátio de toras consiste na área onde são armazenadas as toras que servirão de matéria-prima para a produção de peças serradas.

3.5.1. Desdobro principal

São realizadas com equipamentos de grande dimensão que necessitam de muita energia. As serras principais tem a função de reduzir as dimensões das toras em peças de menores dimensões e de mais fácil trabalhabilidade, que serão enviadas a equipamentos de menores portes para as operações secundárias. Ocorre nesta etapa o corte longitudinal e transversal da tora.

Como principais peças de saída temos blocos, semi-blocos, pranchões, pranchas, tábuas ou ainda toras de comprimentos menores, quando operações de destopo são realizadas no pátio de toras.

3.5.2. Desdobro secundário

São realizadas logo após o desdobro principal e visam a redução das dimensões das peças ou o dimensionamento final das mesmas, seja no comprimento, na largura ou espessura.

As serras circulares são geralmente utilizadas como serras secundárias, mas as serras fitas de pequeno porte também podem ser usadas para essas operações.

Dentre as operações secundárias temos as operações de resserragem, refilo ou canteagem, destopo e reaproveitamento.

3.5.3. Técnicas convencionais de serrarias

É um processo muito lento, segundo Rocha (2002), onde a trajetória da tora e das peças serradas dentro da serraria é pouco automatizada, em função da variabilidade da matéria-prima, o que resulta em baixa produção e eficiência. É usada para desdobro de madeiras de custo elevado e com muita variabilidade em

termos de espécies e diâmetros, normalmente madeira nativa. Justifica-se o uso da técnica convencional, pois a baixa produção é compensada com alto custo do produto final.

No pátio de toras a grande variação de espécies, diâmetros e comprimentos faz com que haja pequenos lotes, com poucas toras, distribuídos em várias classes diamétricas. A serraria não consegue trabalhar em um turno ou período apenas com uma única espécie de madeira, numa única classe diamétrica e cada tora recebe um tratamento particular, sendo que para seu desdobro são realizados ajustes nos equipamentos de desdobro, o que proporciona melhores rendimentos, porém com uma perda grande de produtividade.

Na técnica convencional o desdobro principal é baseado em serras de fita simples ou duplas, pois com grande variação de espécies e diâmetros este tipo de equipamento tem uma maior versatilidade e rapidez de ajuste.

No desdobro secundário se utiliza serras de fita de resserra, onde as peças vindas do processamento das serras principais, geralmente pranchões, são reduzidas as espessuras finais. A canteagem ou refilo são realizados por serra circulares simples ou múltiplas, com o cuidado de quando se fazer do uso de serras múltiplas devem ser providos dispositivos que facilitem um ajuste rápido de bitolas, devido a grande variabilidade do insumo. O destopamento é feito geralmente com destopadeiras simples.

3.5.4. Técnica modernas de serrarias

De acordo com Rocha (2002), as técnicas modernas de serraria proporcionam um processo rápido. Esta técnica é utilizada para o desdobro de madeiras homogêneas e de baixo custo, ou seja, madeiras providas de florestas plantadas, de reflorestamento. A trajetória da tora e das peças de madeira serradas é realizada com grande automação e devido à homogeneidade da matéria-prima, a produtividade é alta com elevada eficiência. Deste modo, o baixo custo do produto final é compensado por uma elevada produção industrial.

No pátio de toras tem-se uma homogeneidade de matéria-prima, proveniente de florestas plantadas, com pouca variação de espécie, com propriedades muito semelhantes entre si, diâmetros e comprimentos. As toras são descascadas, evitando o desgaste desnecessário das serras principais e aumento a qualidade dos resíduos produzidos, e então separadas em boxes por classes diametrais. Esta classificação pode ser feita através de sistemas de “scanners” ópticos ou sistema mecânico de placas de pinos, que registrarão os diâmetros médios. Esses diâmetros são então registrados por um computador que automaticamente definirá para cada boxe uma classe diametral. A tora então é derrubada em um boxe, de acordo com as leituras feitas pelo sistema de classificação das classes diametraais.

Como cada classe possui muitos representantes, é possível trabalhar turnos inteiros com uma única classe, ajustando assim os equipamentos para aproveitar suas máximas velocidades de desdobro. Depois do ajuste, as toras daquela classe diametral receberão o mesmo tratamento dentro da indústria de beneficiamento primário de toras em madeira serrada.

Para o desdobramento primário são utilizados, com frequência, serras circulares de cortes duplos ou múltiplos que possuem maiores velocidades de corte, porém com uma grande desvantagem de produzirem, devido as maiores espessuras de corte proporcionadas pelos discos, maior quantidade de resíduos. Há também perda de madeira na forma de costaneiras que, se descascadas, podem ser transformada em cavacos limpos e vendidos a indústrias de papel e celulose como insumo, ou a indústrias de produção de chapas de madeira como painéis de partículas de madeira ou painéis de fibras de madeira.

No desdobramento secundário, as peças vindas do desdobramento primário são resserradas em serras múltiplas de um ou dois eixos, dependendo dos diâmetros utilizados pela serraria. Este tipo de equipamento possibilita uma alta produtividade com muita perda de madeira na forma de serragem. As peças externas do bloco provindo da resserragem podem apresentar esmoados, cascas em seus cantos, sendo necessário uma operação de refilo para que sejam reaproveitadas. Assim após a etapa de resserragem, tem-se dois caminhos que as peças podem tomar. As peças com esmoados são direcionadas para a operação de refilo, e as peças com as bordas limpas, sem cascas, são direcionadas diretamente ao destopo, mesmo destino das peças que foram refileadas.

Já que as serrarias modernas operam com variações de comprimento de peças pequenas, há a possibilidade de utilização de mesas contínuas de destopo. Após esta etapa, as madeiras são gradeadas e enviadas para câmaras de secagem.

Como a matéria-prima é muito homogênea em relação a espécies, diâmetros e comprimentos, toda a movimentação das peças é feita mecanicamente, o que implica em redução de mão-de-obra, aumentando-se assim a eficiência de produção por homem hora.

3.6. Modelos de corte

Os sistemas de corte, de acordo com Del Menezzi (1999) *apud* Vital (2008), podem ser classificados de acordo com:

- Corte segundo a orientação em relação aos anéis de crescimentos e raios (tangencial e radial);
- Corte segundo a orientação quanto ao eixo longitudinal da tora;
- Corte quanto à continuidade dos cortes (sucessivo simultâneo ou alternado);
- Sistemas especiais de corte, para evitar defeitos.

Rocha (2002) classifica os sistemas de desdobro quanto aos anéis de crescimento e raios lenhosos, onde o desdobro pode ser tangencial ou radial. Em relação ao eixo longitudinal da tora, onde o sistema pode ser paralelo ao eixo ou paralelo à casca. Quanto à continuidade dos cortes, estes podendo ser sucessivos ou em sanduíche, simultâneos ou alternados em relação ao eixo longitudinal.

Para Vital (2008), os sistemas de corte, principalmente os diagramas de corte, afetam a eficiência da serraria, o rendimento e a qualidade da madeira serrada. Diz que a variabilidade diamétrica afeta também o rendimento, pois pode induzir a um baixo aproveitamento das toras durante o desdobro, sendo então conveniente selecionar as toras por classe de diâmetro, associar o estoque de matéria-prima às metas de produção e decidir qual é a melhor classe diamétrica para gerar determinado tipo de produto.

Ainda de acordo com Vital (2008), a localização da primeira linha de serragem na tora é importante, porque afeta tanto o rendimento quanto a qualidade da madeira serrada. Essa primeira linha de serra pode ser posicionada manualmente pelo operador de serra fita, no desdobramento primário, que gira a tora até conseguir menor costaneira e tábuas com menos defeitos. Por outro lado, serrarias que desdobram toras de reflorestamento costumam desdobrar as toras em blocos ou semiblocos e as costaneiras são retiradas na espessura máxima até o núcleo nodoso.

Vital (2008) ainda estabelece mais dois métodos onde o primeiro consiste em estabelecer a menor face a ser aberta, em que a largura e o comprimento desejados são inseridos no programa de um computador que acionará os esquadros, posicionando-os na posição adequada para o corte. O segundo método emprega programas de computadores que calculam a melhor posição para o primeiro corte em um diagrama que, matematicamente, otimiza a produção ou o valor dos produtos.

3.6.1. Corte tangencial

De acordo com Vital (2008), este método tem a finalidade de retirar peças predominantemente tangenciais aos anéis de crescimento e é utilizado para várias espécies de madeira, porém é um método que quando utilizado em toras com tensões de crescimento favorece o aparecimento de empenos, de fendas longitudinais e de colapso das células na secagem. A Figura 9 simula os cortes em uma serra fita com carro porta-tora de um fuste conforme o método de corte tangencial.

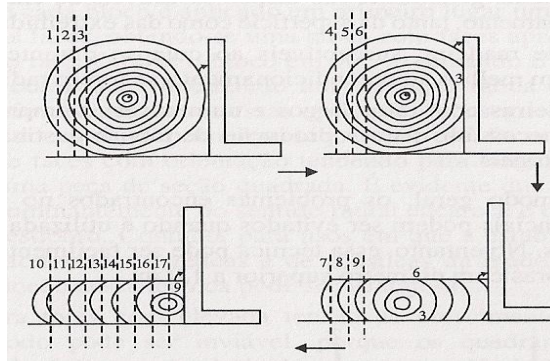


Figura 9: Esquema de desdobro para a produção de peças predominantemente tangenciais. (VITAL, 2008)

Vital (2008) diz ainda que para a obtenção de maiores números de peças com cortes tangenciais, é necessário rotacionar a tora frequentemente na serra, o que reduz a eficiência da serraria e onera a produção, necessitando de um equipamento que faça o tomo da tora de maneira rápida e eficiente.

Já Oliveira *et al.* (2007) diz que este sistema é o mais utilizado no desdobro de toras em serrarias, consistindo em cortes longitudinais paralelos, dividindo a tora em várias peças de faces paralelas. Neste modelo de corte, mostrado na Figura 10, o primeiro fio de serragem, indicado pelo algarismo um, origina uma tábua com uma das superfícies plana e outra curvilínea denominada costaneira. No segundo fio de serragem origina-se uma peça serrada com duas faces planas e os lados biselados, denominados bordaneiras. Os outros cortes originam peças normais, porém com bordas irregulares.

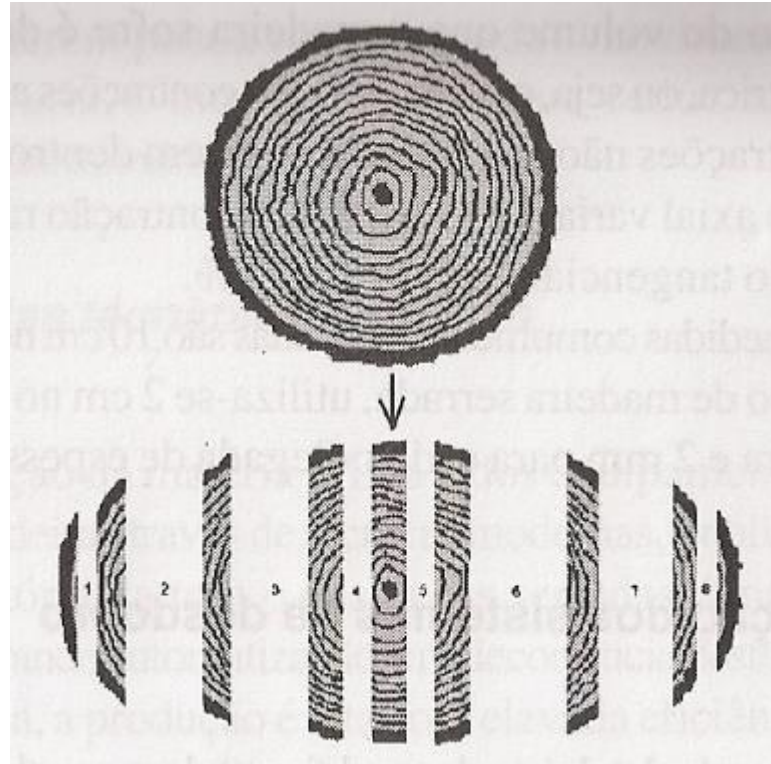


Figura 10: Sistema de desdobro tangencial em sanduíche. (OLIVEIRA et al., 2007)

Segundo ainda Oliveira *et al.* (2007), com as técnicas de redução, onde no desdobro principal obtém-se um semi-bloco, pode ser realizado um sistema de desdobro tangencial modificado, onde no semi-bloco saem peças tangenciais em maior proporção, conforme mostra a Figura 11.

A tora ainda pode ser transformada em um bloco que se reserrado em uma serra circular múltipla, obtém-se uma maioria de peças tangenciais, conforme a Figura 12.

De acordo com Oliveira *et al.* (2007), a principal vantagem no sistema de corte tangencial é o melhor aproveitamento da matéria-prima, o alto rendimento de madeira serrada. Em contraponto ele diz que neste sistema ocorre a produção de tábuas que tendem para a forma côncava durante a secagem, à medida que as peças se afastam da peça central.

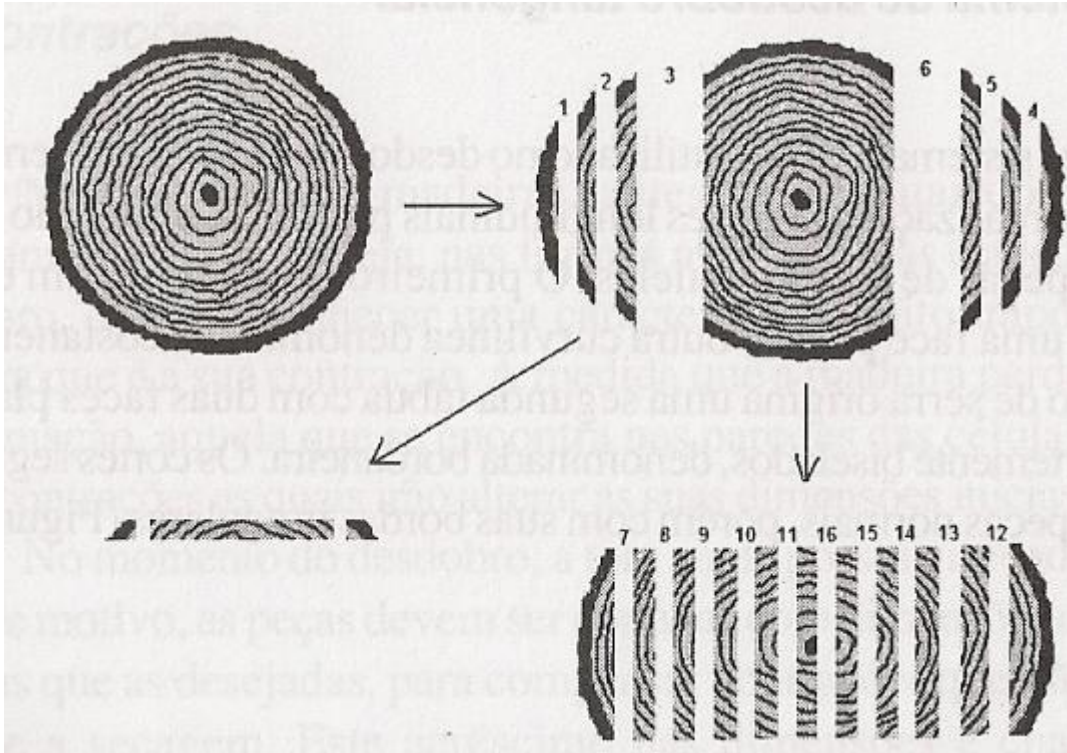


Figura 11: Sistema de desdobro tangencial de semibloco. (OLIVEIRA et al., 2007)

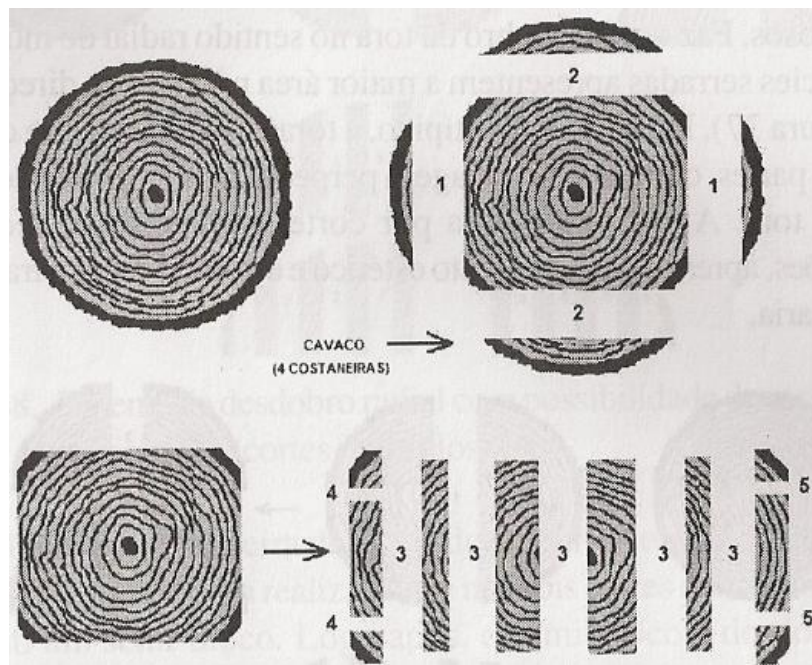


Figura 12: Desdobro de blocos, para obtenção de peças tangenciais. (OLIVEIRA et. al., 2007)

3.6.2. Corte Radial

Segundo Vital (2008), uma peça de madeira serrada é considerada completamente radial quando os anéis de crescimento formam um ângulo com a face da tábua maior que 80° . O mesmo autor ainda cita vantagens do corte radial como:

- Proporção de um melhor aspecto à madeira de folhosas, uma vez que expõe os seus raios;
- Menor contração das tábuas no sentido da largura;
- Menor aparecimento de encanoamentos e fendilhamentos, tanto na superfície como nas extremidades da tábua.

No entanto esta técnica pode ser empregada somente em toras com comprimento maior que 1,0 m.

Rocha (2002) diz que o corte radial é mais utilizado quando a madeira serrada servir para fins decorativos, pois esta técnica de desdobro evidencia o brilho das faixas de parênquima dos raios lenhosos.

Oliveira *et al.* (2007) fala que no corte radial típico, a tora é cortada em quatro partes, com fios de serragem perpendiculares cruzando-se no centro da tora, conforme mostra a Figura 13.

Vital (2008) propõe um corte radial onde a tora tem dois cortes simultâneos que retiram duas costaneiras. O semi-bloco resultante é partido ao meio e cada pedaço é então processado por uma serra circular múltipla de eixo simples ou de duplo eixo, conforme esquema apresentado na Figura 14.

Rocha (2002) demonstra um corte radial utilizando-se também de serra circular múltipla de duplo eixo onde a tora é dividida em quatro partes na máquina de desdobro principal, conforme a Figura 15.

Oliveira *et al.* (2007) propõe também um sistema de obtenção de peças com corte radial em alta porcentagem nas faces das peças, porém diz que este método só é justificável para peças estritamente decorativas ou para a construção de instrumentos musicais em função da dificuldade de execução. O esquema de corte é apresentado na Figura 16.

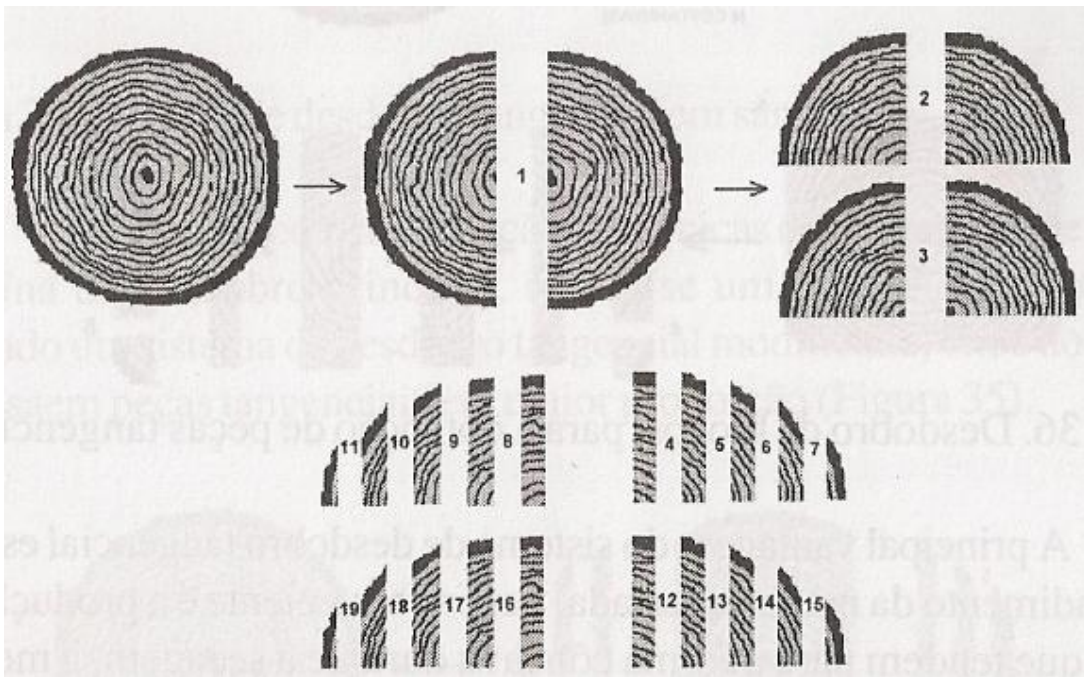


Figura 13: Corte radial típico. (OLIVEIRA et al., 2007)

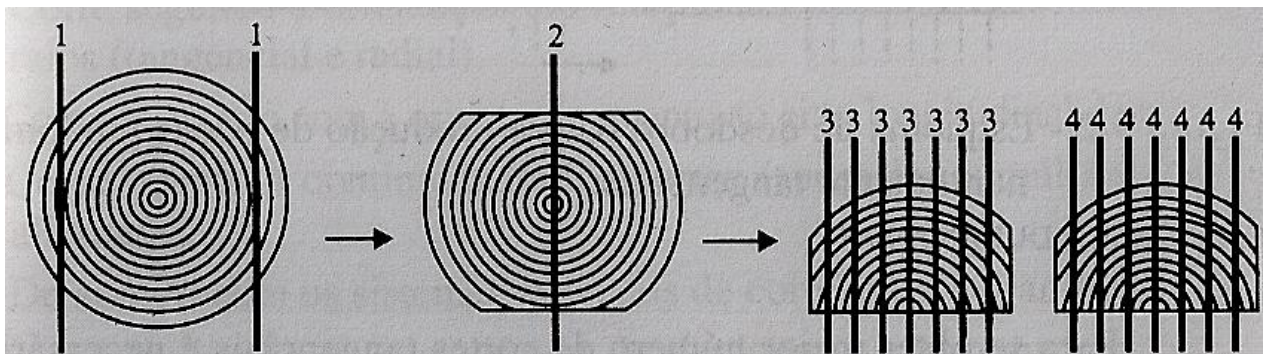


Figura 14: Corte radial utilizando-se serra circular múltipla. (VITAL, 2008)

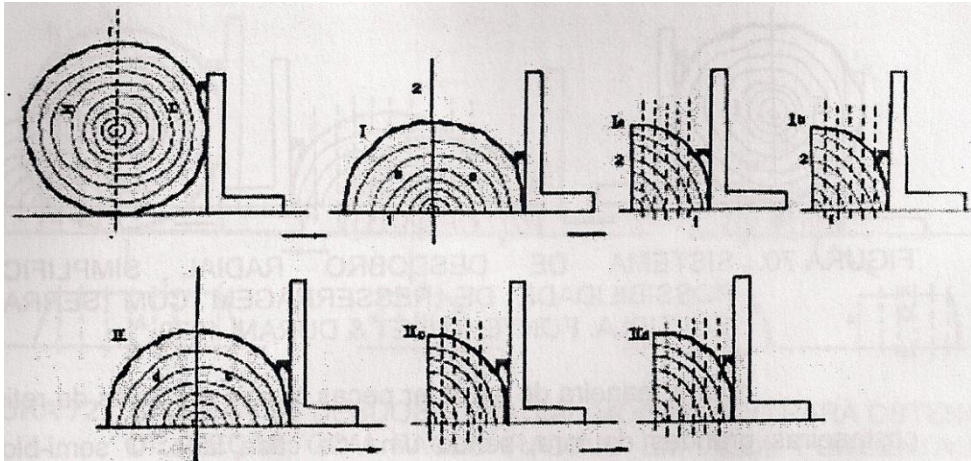


Figura 15: Corte radial com possibilidade de resserragem em serras de corte múltiplo. (ROCHA, 2002)

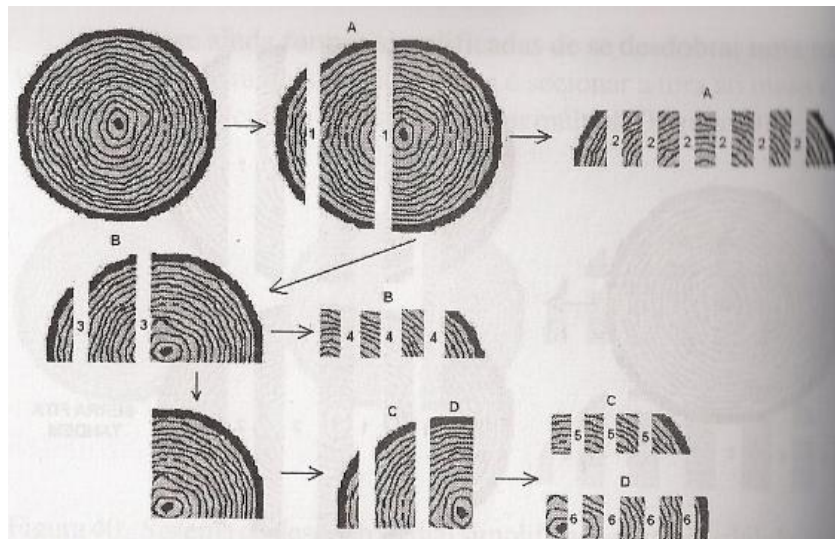


Figura 16: Sistema de corte radial modificado para obtenção de peças com as faces radiais em alta porcentagem. (OLIVEIRA et al., 2007)

3.6.3. Corte paralelo ao eixo longitudinal da tora e corte paralelo a casca

De acordo com Vital (2008), a tora que apresenta uma certa conicidade (*taper*) ao ser desdobrada paralelamente ao seu eixo apresenta costaneiras em

forma de cunha, como mostrado na Figura 17 (1). No fim do corte, a peça central apresenta faces paralelas contendo a medula e a madeira adjacente a estas.

O corte paralelo à casca, Figura 17 (2), segundo Rocha (2002), é utilizado quando a madeira de melhor qualidade se encontra logo abaixo da casca.

Segundo Vital (2008), após alguns cortes, a madeira restante adquire um formato de tronco piramidal, conforme observado na Figura 18 (A e B), constituída de madeira de qualidade inferior. O desdobro paralelo à medula produz costaneiras de forma de cunha, conforme a Figura 18 (C e D).

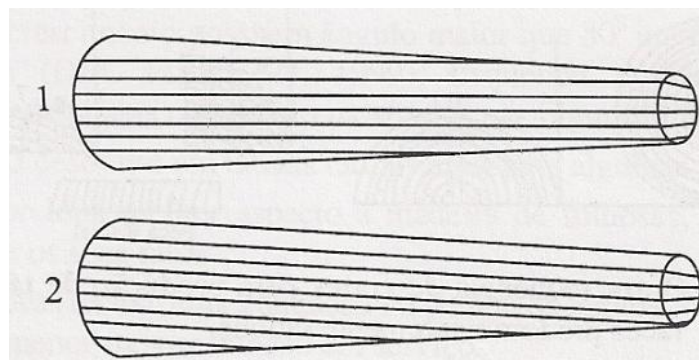


Figura 17: (1) Corte paralelo à medula, (2) Corte paralelo à casca. (VITAL, 2008)

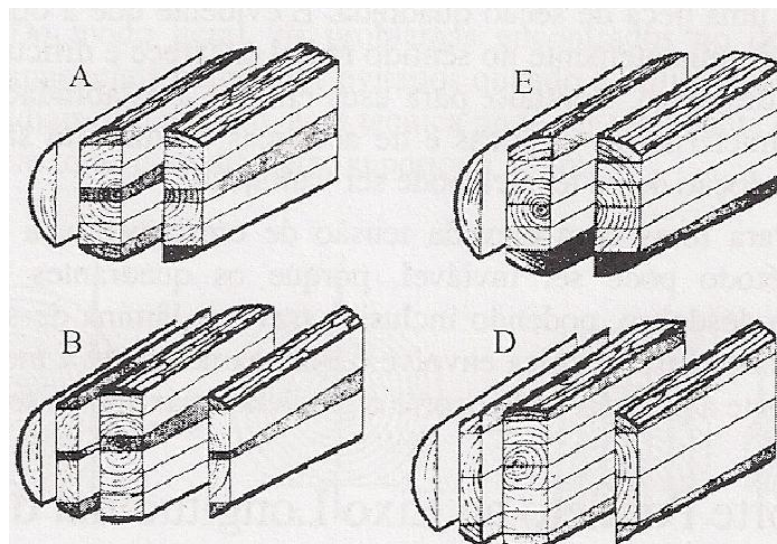


Figura 18: Formato do resíduo para desdobro paralelo à casca (A e B) e paralelo à medula (C e D). (VITAL, 2008).

3.6.4. Classificação quanto à continuidade dos cortes

Rocha (2002) define três classificações quanto à continuidade dos cortes durante o desdobro. São elas cortes sucessivos, cortes simultâneos e cortes alternados.

O corte sucessivo é o sistema mais comum, onde há a realização de cortes paralelos entre si. Ele pode também ser chamado de corte sanduíche.

Os cortes simultâneos consistem em realizar dois ou mais cortes de uma vez com a utilização de serras múltiplas, conforme a Figura 19, e é recomendado para evitar ou diminuir manifestações de tensões de crescimento em espécies de rápido crescimento.

Os cortes alternados são em relação ao eixo longitudinal da tora, onde depois de um ou mais cortes sucessivos ou simultâneos em uma metade da tora, esta é girada e segue-se um número igual de cortes na parte oposta. É um substituto ao sistema de cortes simultâneos, com o objetivo de diminuir a manifestação de tensões de crescimento. Na Figura 20 é apresentado um esquema de desdobro com cortes alternados.

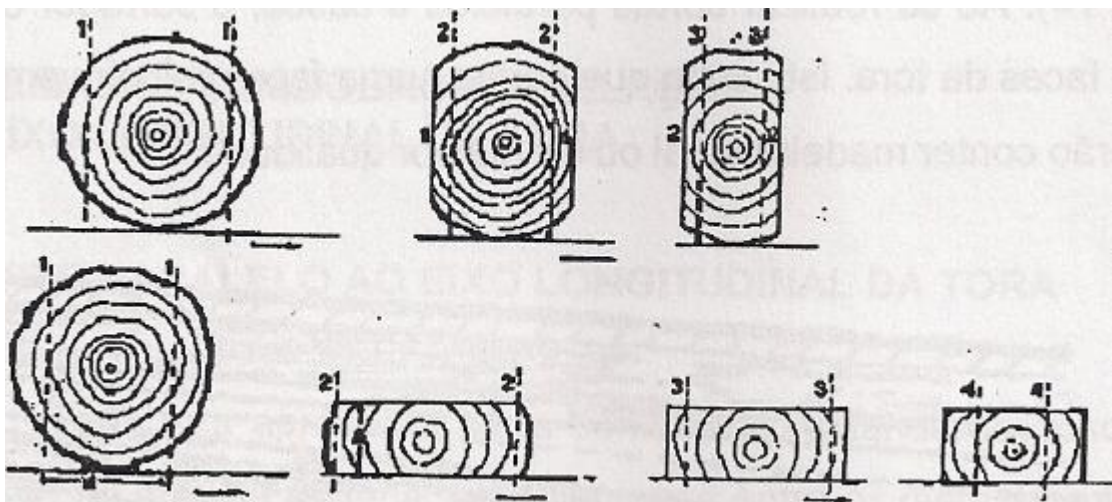


Figura 19: Corte simultâneos. (ROCHA, 2002)

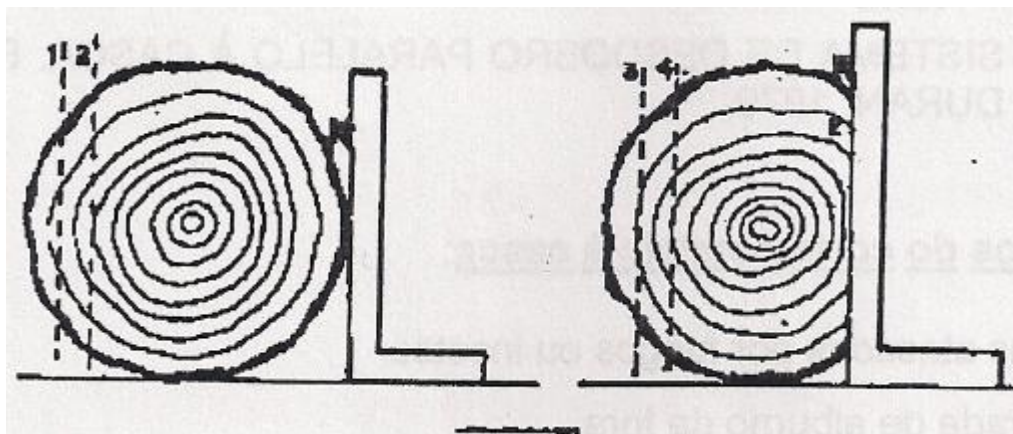


Figura 20: Sistema de desdobro através de cortes alternados. (ROCHA, 2002)

Vital (2008) acrescenta que no corte simultâneo não há orientação quanto aos anéis de crescimento, proporcionando uma mistura de tábuas tangenciais e radiais. No Brasil utilizam-se para os cortes simultâneos serras fita geminadas, tandem, serra fita quádrupla ou circular múltipla. O autor ainda diz que com os cortes simultâneos tem-se a produção de tábuas com medula e, ou principalmente com madeira de eucalipto, cerne quebradiço, o que causa uma redução da qualidade das tábuas produzidas.

No Brasil, segundo Vital (2008), devido à simplicidade de equipamentos, podem-se conseguir bons resultados através do esquadreamento da tora em três faces, sendo o bloco restante desdobrado em faces tangenciais, paralelas ao eixo longitudinal e cortes alternados.

3.7. Rendimento em serraria

De acordo com Rocha (2002), o rendimento de uma serraria representa a relação entre o volume de toras serradas num período ou turno e o volume obtido destas toras. Ele propõe a Equação 1 para o cálculo de rendimento.

$$R = \frac{M}{T} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

R = Rendimento em %;

M = Volume de madeira serrada em m³;

T = Volume de toras em m³ utilizado para obter M.

Rocha (2002) traz também dados interessantes sobre o rendimento em serrarias. O rendimento no desdobro de madeira de coníferas varia entre 55% e 65%, enquanto que o valor para folhosas oscila de 45% a 55%. Alguns fatores citados como influentes no rendimento da serraria são a qualidade do povoamento, a qualidade dos equipamentos e técnicas de desdobro e da qualificação profissional dos operários.

Algumas serrarias que fazem parcerias com indústrias de papel e celulose ou com indústrias de chapas de partículas e fibras podem ter seu rendimento em 40%. Nestes casos haverá somente conversão em madeira serrada do miolo das toras, transformando-se o restante em cavacos para as indústrias parceiras.

Gonçalves (2002) realizou um estudo sobre a geração de resíduos em serrarias da região sudoeste do Estado de São Paulo. Seus resultados de aproveitamento diferem de outros, pois as medidas de razão para o cálculo de aproveitamento foram realizadas utilizando-se metros estéreis de tora na entrada com m³ de madeira serrada chegando a uma média de aproveitamento de 53,17% ± 5,67%.

Segundo Benchimol (1996) *apud* Vital (2008), os rendimentos médios de serrarias oscilam entre 45% e 55%.

Gerwing *et al.* (2001) estudou os rendimentos de serrarias de madeira nativa do Estado do Pará e apresentou que o rendimento médio das serrarias quando o produto era destinado ao mercado doméstico era de 36% e para o mercado externo era de 32%.

Oliveira *et al.* (2003) estudou o processamento de madeira nativas em serrarias do Estado de Rondônia e concluiu que o baixo rendimento das serrarias do município de Jaru era causado pela qualidade do povoamento que possuía formas ruins (conicidade, rachaduras, encurvamentos, nós, etc.), pelo método de desdobro inadequado, pelos equipamentos obsoletos e pelo pouco treinamento dos

funcionários da serraria. Afirma ainda que esses fatores não têm a devida atenção dos proprietários da serraria.

Murara *et al.* (2003) diz que a madeira serrada é influenciada por diversos fatores, tais como características da espécie, produtos, maquinário, mão de obra e principalmente pelo diâmetro das toras. Segundo o autor, o tratamento que é dado às toras no pátio da serraria e outras decisões de como desdobrá-las são fatores fundamentais para que se atinjam bons níveis de rendimento.

De acordo com Scanavaca e Garcia (2003), os fatores que influenciam a madeira serrada são o tipo de serra utilizado, o reaproveitamento de aparas e costaneiras e da metodologia de avaliação do rendimento em madeira serrada.

Manhica (2010) cita em seu trabalho como fatores principais de influência no rendimento de peças serradas o diâmetro de toras, a qualidade de toras (Defeitos das toras), a técnicas de desdobro e a operação dos equipamentos. Na Tabela 2 são apresentados os rendimentos de uma serraria em função do diâmetro trabalhado.

Tabela 2: Rendimento em razão do diâmetro das toras.

Diâmetro (cm)	Rendimento (%)			
	Madeira serrada	Costaneiras	Aparas	Serragem
15	38,98	20,63	30	10,36
20	51,91	18,71	16,43	12,95
25	53,31	23,23	9,67	13,79
30	64,87	14,29	6,18	14,66

Fonte: BORGES et al. (1993) *apud* VITAL (2008)

Vital (2008) comparou os rendimentos de serrarias do Brasil e dos Estados Unidos da América, através dos dados apresentados na Tabela 3, e concluiu que considerando a influência dos equipamentos de corte, como espessura dos dentes das serras na produção de serragem, a diferença não é marcante, uma vez que a tendência atual é de empregar serras fita nos dois países. Porém quando a geração de resíduos depende do treinamento dos operários (refilo e destopo) e da qualidade da matéria-prima (casca e outros resíduos), a quantidade de resíduo

produzida no Brasil pode chegar próximo ao dobro da produzida nos Estados Unidos. Na Tabela 3 se encontram os dados comparativos entre os dois países.

Tabela 3: Geração de Resíduos em serrarias de coníferas nos Estado Unidos da América e no Brasil

País	%			
	Refilo	Destopo	Pó de Lixa e Serragem	Casca e Outros Resíduos
EUA	14,40	1,60	8,50	6,70
Brasil	24,00	3,00	10,00	12,00

Fonte: (BRAND *et al.*, 2002 *apud.* VITAL 2008)

3.8. Diagramas de Corte

De acordo com Oliveira *et al.* (2007), os diagramas de corte consistem em uma sequência de cortes na tora, definida especificamente para uma classe diamétrica e uma lista de produtos pré-definidos. Tem como finalidades obter o máximo rendimento na conversão da tora em peças serradas, a maior produtividade e menor tempo, não deixando de lado a qualidade dos produtos. Os principais fatores de influência no estabelecimento dos diagramas de corte são a espécie a ser desdobrada, os produtos requeridos e os equipamentos e *layout* nas operações de desdobro.

Após definir os diagramas de corte, que possibilitam a geração de produtos com bons rendimentos, é necessário se estabelecer as sequências de corte a serem realizados. Os equipamentos disponíveis, suas capacidades e a disposição dos mesmos dentro da serraria influenciam e são fatores primordiais nessa escolha da sequência de cortes. Na Figura 21 e na Figura 22 se encontram exemplos de diagramas de corte sendo que a primeira traz diagramas para diferentes diâmetros e a segunda traz para uma mesma classe diametral, porém que possuem rendimentos diferentes.

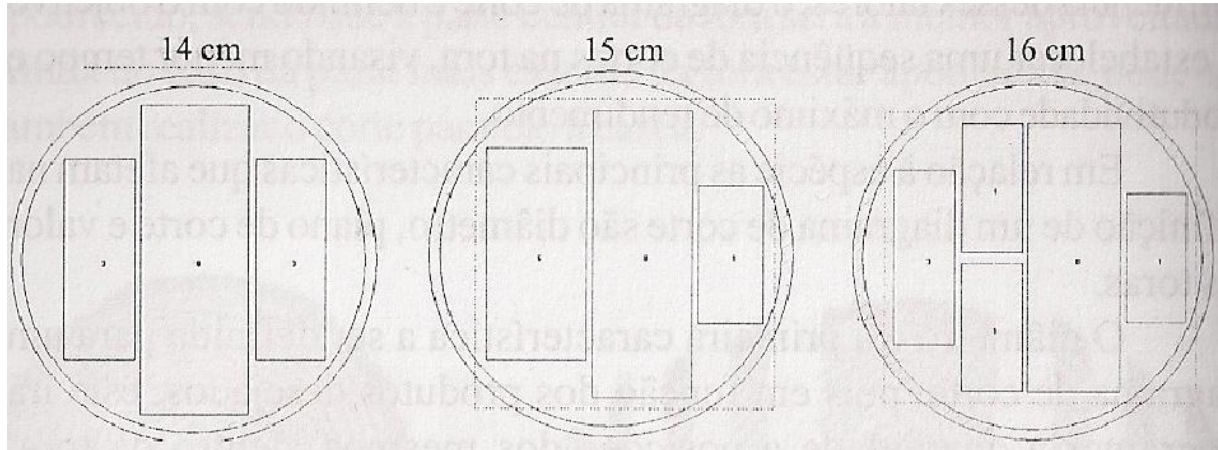


Figura 21: Diagramas de corte estabelecidos para madeira reflorestada com diâmetros entre 14 e 16 cm. (OLIVEIRA *et al.*, 2007)

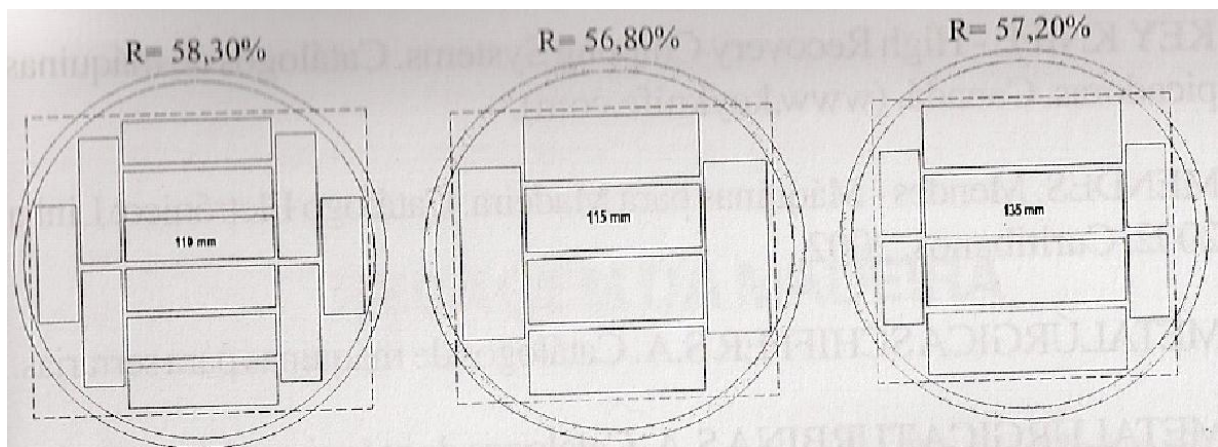


Figura 22: Diagramas de corte para toras com 25 cm de diâmetro para três diferentes espessuras do semi-bloco, variando os rendimentos em madeira serrada. (OLIVEIRA *et al.*, 2007)

3.9. Softwares de geração de diagramas de corte

De acordo com Manhiça (2010), o crescimento do preço e da demanda por madeira de reflorestamento nos últimos anos tem levado ao desenvolvimento de novas tecnologias que visam à maximização na utilização da matéria prima. Nos dias atuais existem programas capazes de avaliar automaticamente as características da tora (diâmetro, forma, comprimento) permitindo a visualização das condições de desdobro. Estes programas estão associados a outros equipamentos como “*scanners*” que fazem varredura do perfil da tora providenciando informações no formato tridimensional, sendo visualizadas pelo operador no computador. Assim, os programas fornecem o modelo de corte pelo qual será desdobrada a tora, os produtos a serem obtidos e o respectivo rendimento estimado. O uso desses programas contribui para o aumento da produtividade na serraria.

Segundo Cardoso (2008), os programas de otimização de corte são sistemas de alta tecnologia, os quais possibilitam a maximização no aproveitamento da matéria-prima. Embora disponíveis, esses sistemas em geral são caros e em serrarias de pequeno e médio porte dificilmente podem ter justificado seu uso.

Cardoso (2008) cita em seu trabalho o *software* da empresa australiana SAATECH Engineering Pty Ltd, o Saatech Calculator.

De acordo com as descrições do fabricante, o Saatech Calculator, chamado hoje de PowerSaw, é o novo programa de computador para simulação de geração rápida e análise de padrões de corte em serrarias. Este software aborda a necessidade prática do dia-a-dia da indústria de desdobro de madeira para a criação, edição, teste e análise de padrões de corte. O PowerSAW é projetado para determinar com precisão e rapidez as recuperações de valor e volume para qualquer padrão de corte. Na Figura 23 se encontra uma tela do software PowerSaw.

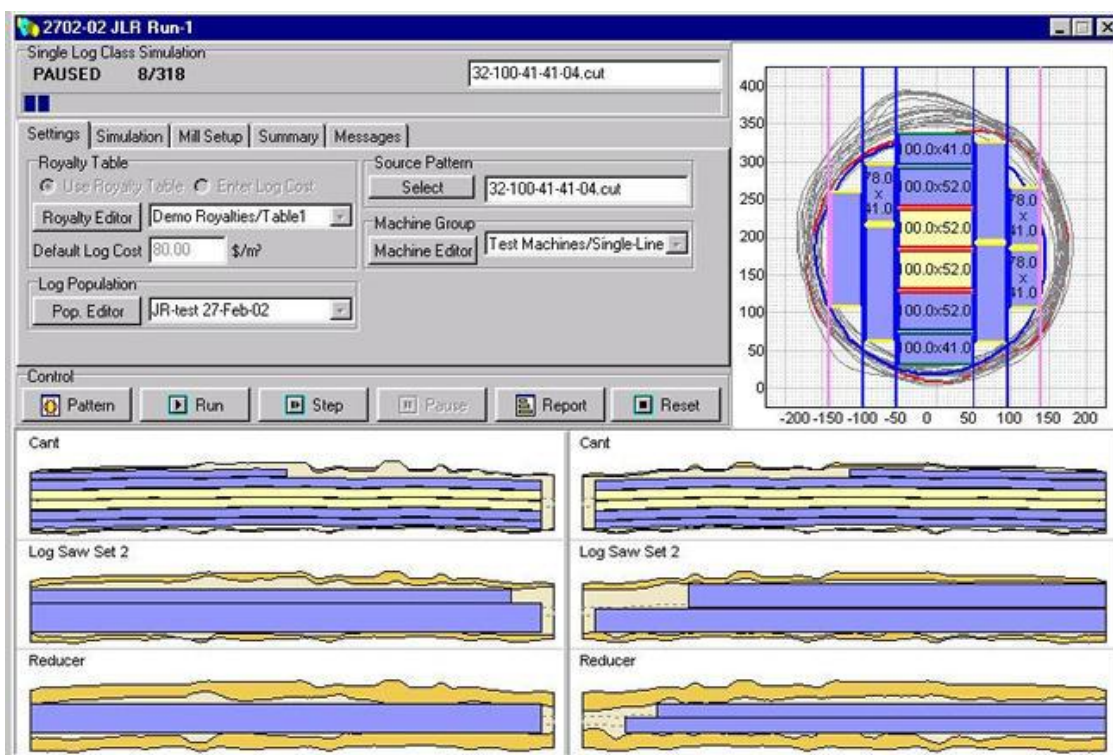


Figura 23: Tela do software PowerSaw da empresa SAATECH Engineering Pty Ltd. (disponível em <http://www.saatech.com.au/Screenshot3-06.htm>)

Manhiça (2010) apresenta em seu trabalho o software MaxiTora da empresa brasileira Optimber – Otimização e Informática LTDA que segundo a descrição do autor, é um programa que permite fazer a simulação de desdobro de toras apresentando um modelo de corte que ilustra a maneira na qual deverá ser desdobrada a tora e os produtos a serem obtidos. A partir de uma mistura de produtos de interesse da empresa é possível definir a melhor classe diamétrica para elevar os níveis de rendimento em madeira serrada. Assim como, através de uma determinada classe diamétrica, podem ser definidos os produtos a serem obtidos com melhor rendimento. Na Figura 24 é apresentada uma tela do software MaxiTora.

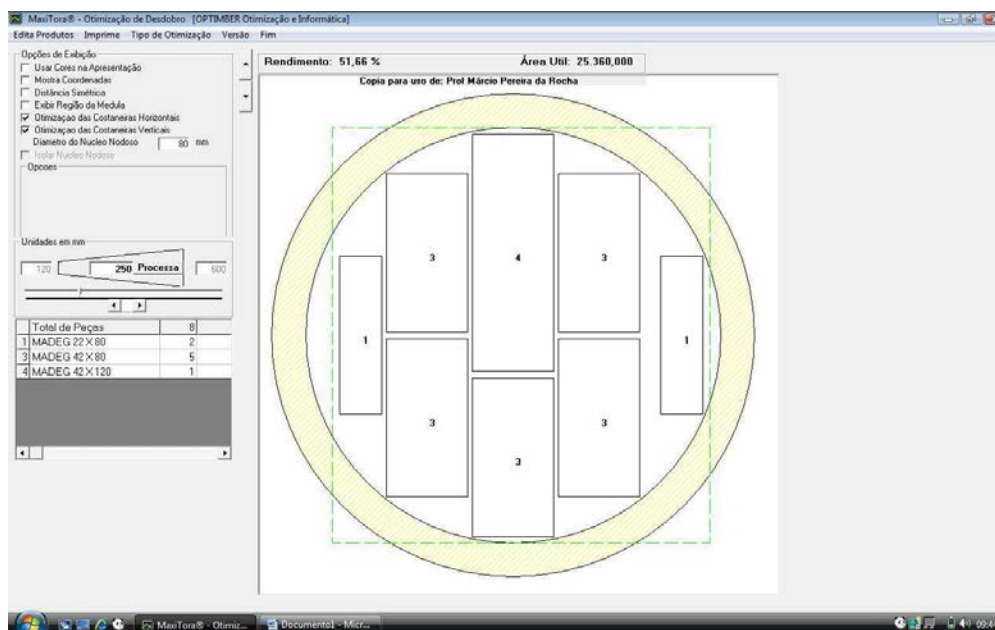


Figura 24: Tela do software MaxiTora da empresa Optimber – Otimização e Informática Ltda. (MANHIÇA, 2010)

3.10. Descrição do software Delta 2000

O software Delta 2000 da fabricante francesa Ciris Ingénierie é um conjunto de ferramentas poderosas e fáceis, dedicados a operações de desdobro de madeira. É um software comercial, não sendo gratuito e que permite que cada gerente de serraria e/ou produção possa analisar, otimizar, simular e preparar um plano de produção otimizado com base nas ordens de produção pendentes. O software foi emprestado gentilmente pelo Engenheiro Waldemar Gehring Júnior, que possui a licença do programa.

Ele é dividido em vários módulos, entre eles o módulo calculador, o módulo otimizador, o módulo simulador e o módulo programador. Este módulo otimizador é responsável por criar propostas de diagramas de corte para a serraria. Para tanto são necessários dados de entrada. Na Figura 25 se localiza um recorte da tela dos parâmetros pedidos pelo software.

Os primeiros dados importantes usados pelo software são as classes diamétrais das toras, o preço de cada uma, o comprimento e sua conicidade. Cabe

ao usuário escolher em quantas classes diametrais o software irá trabalhar. Na Figura 26 se encontra um exemplo da tela de entrada destes dados.



Figura 25: Parâmetros pedidos pelo software. (Autor)

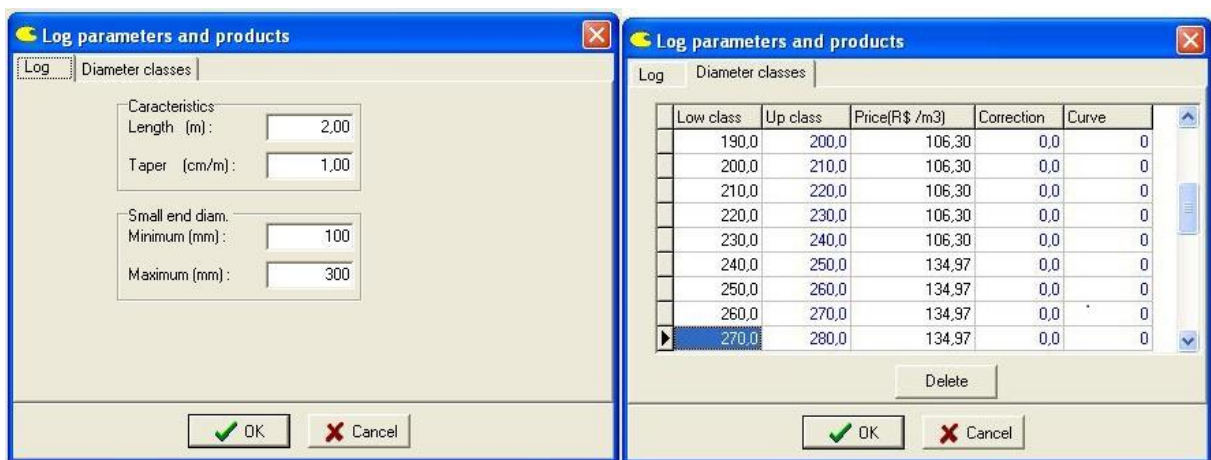


Figura 26: Parâmetros relacionados a toras. (Autor)

Em seguida o software requer informações como número de peças que podem ser retiradas do bloco central e das costaneiras, bem como as espessuras de corte de cada maquinário. Essas informações dependem do tipo de maquinário disponível na serraria. Geralmente o software considera o desdobro principal sendo feito ou por serras duplas, geminadas ou tandem, e o desdobro secundário sendo feito em serras circulares múltiplas e em serras circulares refiladeiras. Caso a serraria não possua estes equipamentos são necessários ajustes com estes

parâmetros. Na Figura 27 encontram-se outros parâmetros, estes referentes ao maquinário como visto no texto acima.

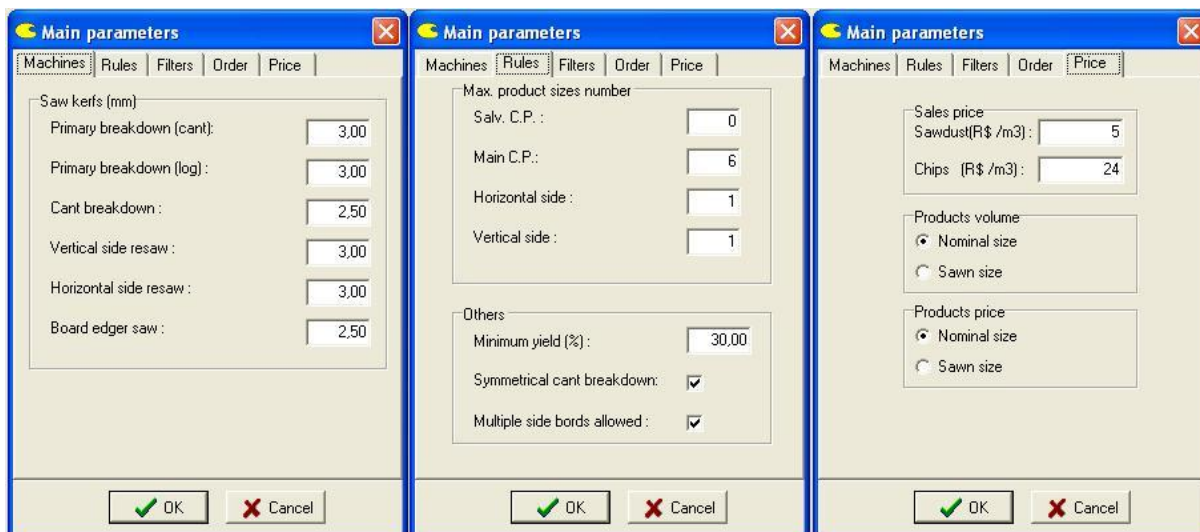


Figura 27: Parâmetros principais referente às máquinas. (Autor)

Nota-se também que entre os parâmetros principais encontra-se um item denominado “*price*”, ou na língua portuguesa preço, no qual deve ser indicado o valor de venda dos resíduos “*sawdust*”, ou pó de serra, e dos “*chips*”, ou cavacos. Estes valores são importantes para realizar uma análise contábil de cada tora pois o módulo otimizador demonstra para o usuário o valor de compra de cada tora, que dependem do valor desta, e o valor possível com a venda dos produtos e dos resíduos colocando para cada solução proposta o ganho, em espécie, daquele diagrama de corte.

Antes de calcular as possíveis soluções é necessário cadastrar os produtos desejados, ou seja, as dimensões das peças de madeira serrada e seus valores de venda. Neste cadastro é possível colocar dois valores para as dimensões dos produtos. O primeiro é o “*nominal*” que indica as dimensões de venda do produto, e o segundo indica o “*sawn goods*” onde é possível inserir um valor de sobremedida às tábuas devido a perda que elas obterão durante a secagem, onde ao perder água, as peças tem uma diminuição em suas dimensões. Pode-se também colocar uma tolerância de casca presente nas tábuas para que os rendimentos aumentem, porém peças serradas que apresentem partes com casca

perdem em qualidade. Encontra-se na Figura 28, a tela de cadastramento de produtos do software Delta 2000, módulo otimizador.

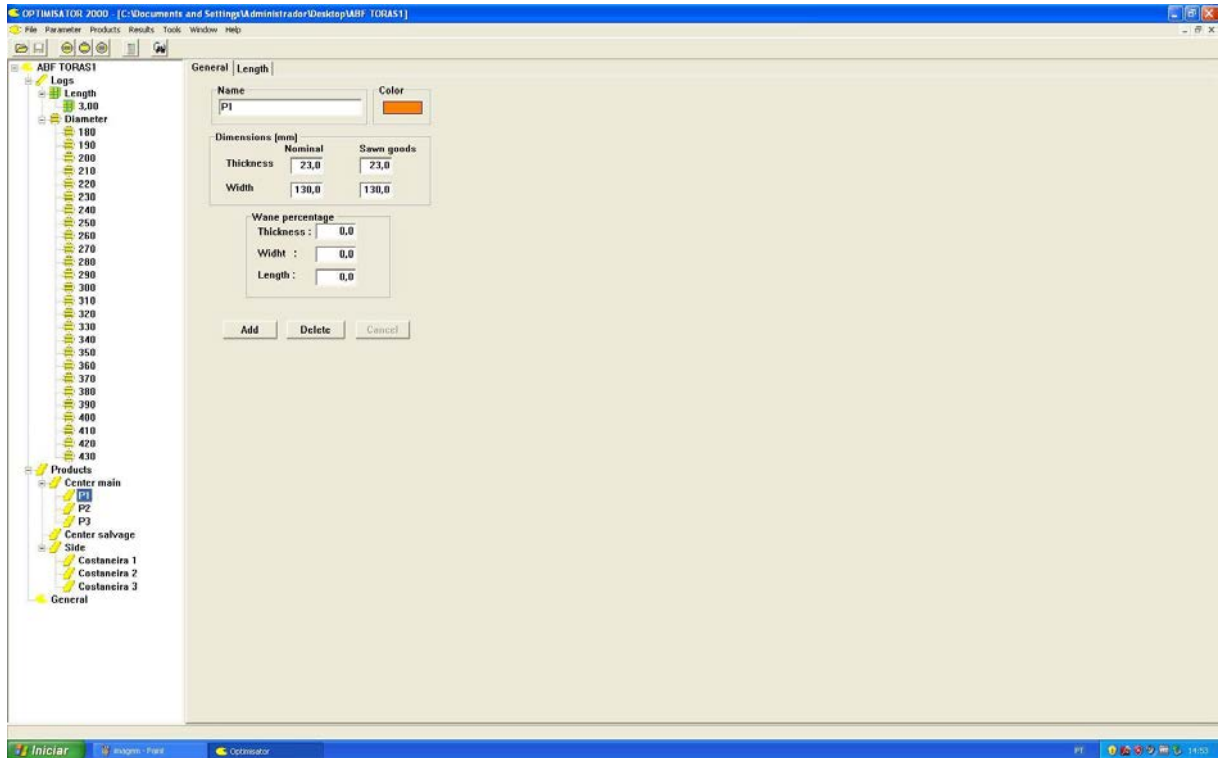


Figura 28: Tela de cadastramento dos produtos. (Autor)

É necessário cadastrar os produtos que podem ser retirados do centro da tora, denominados por “*center main*”, e também aqueles retirados no aproveitamento das costaneiras, denominados “*size*”.

O software, com base nas informações exigidas e fornecidas, gera os diagramas de corte, como apresentado na Figura 29.

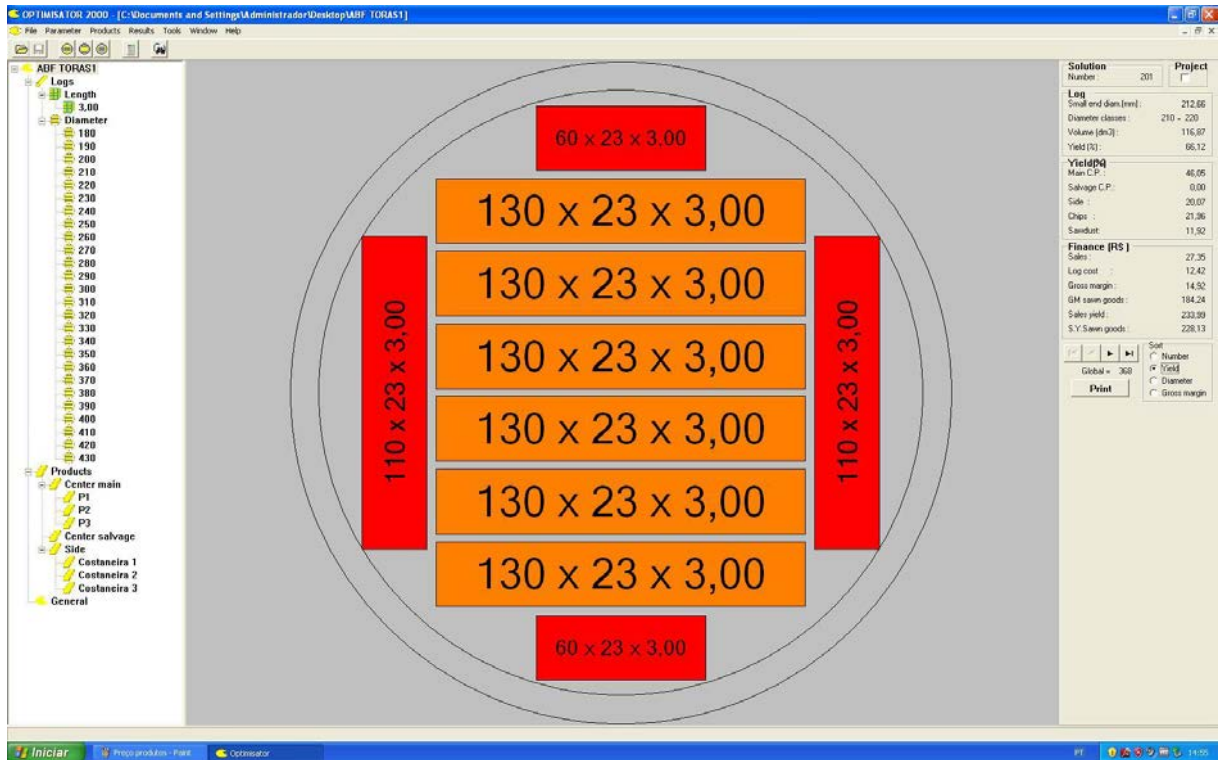


Figura 29: Diagrama de corte proposto pelo software. (Autor)

Cada solução traz as seguintes informações:

- Numeração gerada pelo software;
- Informações em relação à tora como classe diametral, diâmetro mínimo utilizado, com base nas conicidade fornecida, volume de madeira na tora;
- Rendimento da relação do volume de madeira bruta e o volume das peças serradas produzidas;
- Rendimento da conversão em cada elemento da tora, central ou lateral;
- Relatório de finanças detalhando o custo da tora e o valor possível de venda dos produtos e resíduos.

As soluções propostas podem então ser ordenadas pela sua numeração, pelo rendimento, por classe diametral ou por margem bruta de rendimentos para facilitar a escolha e análise dos diagramas de corte.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta parte do trabalho serão apresentados o local onde o procedimento experimental aconteceu, as metodologias empregadas e os materiais utilizados. Serão abordados o maquinário da serraria e as características de trabalho da mesma como matéria-prima empregada e produtos trabalhados.

4.1. Descrição do local

A serraria na qual foi desenvolvido o trabalho é estabelecida no município de Itapeva/SP, denominada ABF Madeiras. Na Figura 30, encontra-se uma foto da indústria de desdobro de toras.



Figura 30: Serraria ABF Madeiras. (Autor)

As matérias-primas trabalhadas são de diversas espécies de *Pinus*, entre elas o *Pinus elliotti*, *Pinus hondurenses* e *Pinus caribea*. Os diâmetros trabalhados variam de 18 cm a 44 cm.

Os principais produtos da indústria são as tábuas serradas e peças para a construção civil. O seu principal mercado é o mercado interno.

É uma serraria de pequeno porte que conta com um pátio de toras que também serve como pátio de madeira serrada, e um galpão onde se encontram os

equipamentos para o desdobro das toras. Há ainda na parte de trás da serraria um pátio de resíduos, onde todo o cavaco e toda a serragem são depositados para posterior venda. Este resíduo é vendido para queima.

A serraria apresenta baixo nível de automação sendo que a operação dos equipamentos é dependente da mão-de-obra. As toras são transportadas do pátio para uma esteira transportadora, que as conduzem para o desdobro primário. As toras são processadas com casca.

O desdobro principal é feito com uma serra fita simples com carro portadora. A espessura de corte da serra é de 3 mm. Na Figura 31, encontra-se a serra principal da serraria.



Figura 31: Serra de desdobro principal, Serra fita simples com carro portadora. (Autor)

O carro porta-tora possui um elemento tecnológico em que o ajuste das espessuras das peças serradas é feito por Controlador Lógico Programável (CLP). O operador da serra fita entra com os valores no CLP e quando estas espessuras são necessárias, há a execução de um comando e o carro porta-tora ajusta a distância da tora com o plano de corte da serra fita automaticamente. O tomo da tora é feito de maneira manual por um colaborador.

Para o desdobro secundário são utilizadas serras fitas horizontais de cabeçote duplo com espessura de corte de 3 mm, mostrada na Figura 32, e uma serra circular refiladeira com espessura de corte de 2,5 mm, mostrada na Figura 33.



Figura 32: Serra fita horizontal de cabeçote duplo. (Autor)



Figura 33: Serra circular refiladeira. (Autor)

As peças retiradas na etapa de desdobro principal podem seguir dois caminhos. Aquelas retiradas no desdobro principal, já com a espessura comercial da peça, são direcionadas a uma serra circular refiladeira para o acerto da largura. As outras peças passam pelo desdobro da serra fita horizontal para que suas espessuras fiquem na medida certa para a comercialização da peça e, caso seja necessário, passam pela serra refiladeira.

Na serra horizontal, as peças tinham a oportunidade de passar mais de uma vez pelas serras. Caso o colaborador responsável na saída das peças do equipamento percebesse a possibilidade de retirada de mais peças serradas, este operador reconduzia as peças ao início da serra horizontal através de esteiras de realimentação. Estas então são recebidas por outro colaborador que as coloca novamente na esteira de alimentação da serra horizontal.

As peças então seguem para uma serra destopadeira que, caso haja necessidade, ajusta o comprimento das peças. Estas então são colocadas em um banho de imunização, onde posteriormente são gradeadas de maneira manual e estocadas no pátio de madeiras serradas.

Todos os pedaços não aproveitados, incluindo cascas e aparas que jogados em um picador, são transformados em cavacos para posterior envio aos montes de estoque. Na Figura 34 encontra-se o picador utilizado na empresa, e na Figura 35 se encontra os depósitos de resíduos.



Figura 34: Picador utilizado pela serraria. (Autor)



Figura 35: Saída de resíduos. (Autor)

Na figura 36 é apresentado um fluxograma do processo produtivo dessa indústria de beneficiamento de toras.

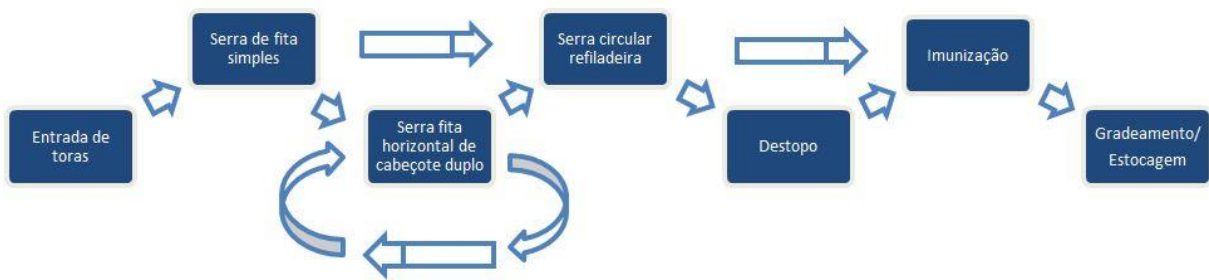


Figura 36: Fluxograma dos processos produtivos da serraria. (Autor)

Um equipamento que a serraria possui e que não estava ativado no momento do desenvolvimento do estudo era uma serra circular múltipla de eixo simples, que devido a sua espessura de corte ser grande, 4,5 mm, não era utilizada para evitar a perda de madeira por produção de serragem.

As toras dessa indústria possuem valores de custo diferentes, de acordo com as classes diametrais, apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Custos da tora/m³ de acordo com sua classe diametral

Classe diametral (cm)	Custo (%)
18 a 23	X
24 a 35	126,97% de X
Maior que 35	156,45% de X

Os valores de venda dos resíduos nesta indústria madeireira são de 22,57% do valor de compra da tora com diâmetro entre 18 e 23 cm (valor X) e para cavacos, ou “chips”, e 4,7% de X para o pó de serra, ou “sawdust”.

4.2. Cálculo de conicidade do povoamento

Para o cálculo da conicidade das toras foi utilizado um método de análise de imagens digitais. Primeiramente utilizou-se uma máquina fotográfica digital da marca Casio EX-Z1200, com capacidade de resolução de 12.1 megapixels e resolução máxima de 4000x3000 pixels, para se obter imagens digitais dos empilhamentos de tora no pátio de tora da empresa.

Utilizou-se como padrão, para o estabelecimento da escala da fotografia, peças de painel MDF revestidos com comprimento de um metro cada. Estes padrões eram então postos alinhados com as pilhas de tora. Em seguida, tomando-se o cuidado de centralizar o meio da pilha, alinhando-se a câmera com o alinhamento da pilha retirou-se as fotos. Cada uma de um lado da pilha para que os dois diâmetros da tora, conhecidos como ponta fina e ponta grossa, fossem estimados.

Com o auxílio do software Image J, software para processamento e análise de imagens, desenvolvido por Wayne Rasband no National Institute of Health, USA. em Java e de domínio público, realizou-se a medição dos diâmetros de um conjunto de toras.

No Image J realizou-se a função de setagem de escala, desenhando-se, com o auxílio do zoom do programa até que os pixels fossem visíveis, uma linha em cima do padrão de MDF de um metro de comprimento. Então aquela quantidade de pixels da reta correspondiam a um metro de comprimento. Este procedimento é visto na Figura 37.

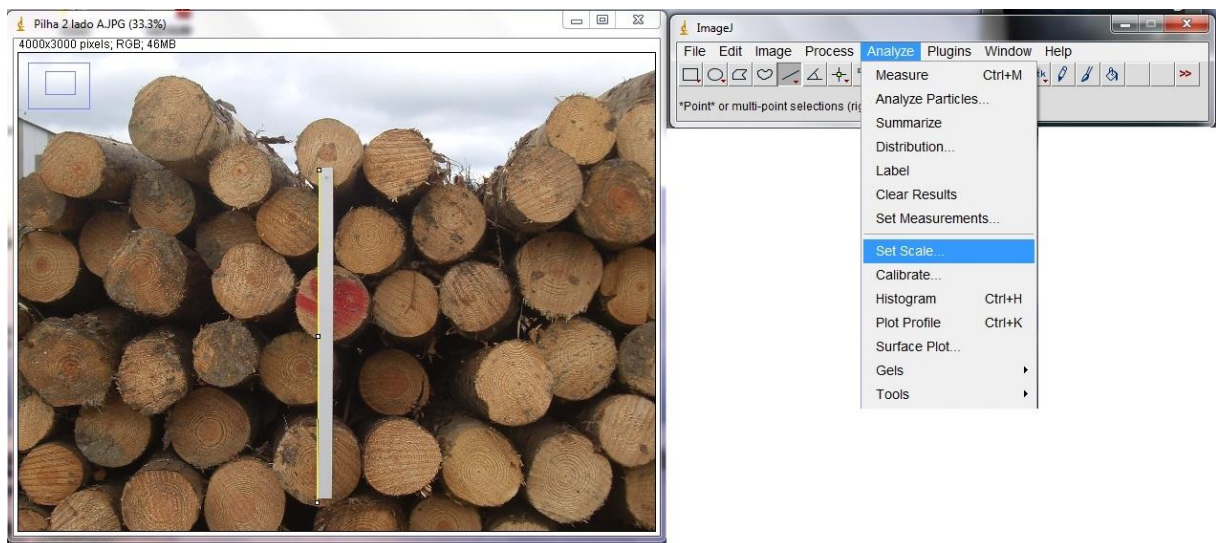


Figura 37: Setagem da escala da imagem digital no software Image J. (Autor)

Estudos realizados por Araújo (2010), que trabalhou com o processamento de imagem digital para mensuração de volumes de toras com o mesmo software, encontrou que a distorção causada pela curvatura da lente de

contato para uma distância entre o foco da lente e o objeto da foto, no caso as pilhas de madeira, é desprezível a uma distância inferior a 6,5 metros.

Em seguida, com a escala setada, desenhou-se uma linha no diâmetro da tora e, com o auxílio da função do software de mensuração, mediu-se o comprimento dessa reta desenhada que corresponde ao diâmetro da tora. Mediu-se para a mesma tora a sua ponta fina e sua ponta grossa, tomando-se o cuidado de identificar a tora nas fotos com um dos lados da pilha e o outro lado. Fez-se para o cálculo de conicidade 10 repetições.

Para o cálculo de conicidade, utilizou-se a equação abaixo:

$$\text{Con} = \frac{D_{\text{Ponta grossa}} - D_{\text{Ponta fina}}}{C} \quad (2)$$

Onde:

Con = conicidade da tora, em cm/m;

$D_{\text{ponta grossa}}$ = diâmetro da ponta grossa, em cm;

$D_{\text{Ponta fina}}$ = diâmetro da ponta fina, em cm;

C = comprimento da tora, em m.

O comprimento de tora foi obtido com uma trena.

O software Image J também pode ser utilizado para levantar dados sobre as toras encontradas no pátio, tais como distribuição diametral das toras e volume total de madeira. Para tanto foram tomados os mesmos procedimentos adotados para a retirada das imagens usadas na obtenção dos valores de conicidade das toras.

4.3. Cálculo do rendimento da serraria com método de desdobro convencional

O método convencional é definido como o método de desdobro que a serraria submetia suas toras antes da proposta de diagramas de corte feito pelo software Delta 2000.

Primeiramente escolheu-se 10 toras ao acaso que tiveram seus diâmetros mensurados. Essas toras tiveram seus topos pintados com esmalte sintético em spray para que fosse possível identificar os produtos provenientes destes indivíduos. A medição dos diâmetros foi feita com o auxílio de uma trena. Foi retirado duas medidas de diâmetro da tora e calculado seu volume através da Equação 3.

$$\text{Vol}_{\text{tora}} = \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot C \quad (3)$$

Onde:

Vol_{tora} = volume da tora, em m^3 ;

D_1 = medição do diâmetro da tora 1, em m;

D_2 = medição do diâmetro da tora 2, em m;

C = comprimento da tora, em m;

A figura 38 mostra as toras marcadas entrando no processo.



Figura 38: Toras mensuradas para amostra entrando no processo. (Autor)

Depois de processadas e transformadas em produtos, foi realizada a mensuração das dimensões e quantidades de cada produto obtido com base na marcação feita nos topos da tora. É importante ressaltar que para esta etapa do processo tomou-se o cuidado de não destopar os produtos do processo, para que a marcação não desaparecesse. Na Figura 39 se apresenta a saída dos produtos serrados, onde se encontravam as peças serradas provenientes das toras marcadas.



Figura 39: Peças serradas no desdobro convencional das toras marcadas.

A partir dos dados coletados e da Equação 1, obteve-se o valor do rendimento da experimentação.

4.4. Obtenção dos diagramas de corte otimizados

Com o auxílio do software Delta 2000, módulo otimizador, obteve-se diversos diagramas de corte um total de 368 diagramas de corte diferentes.

Para tanto foi necessário seguir-se os seguintes passos:

- Cadastro dos parâmetros relacionados a tora, tais como classes diamétrais, comprimentos, conicidade e preço das toras;

No passo citado acima, foi optado pela divisão das classes de tora com intervalos de 1 cm, começando com a primeira classe com toras de 18 cm a 19 cm de diâmetro, até a última classe que tem sua variação entre 43 cm e 44 cm.

- Colocação dos parâmetros referentes ao maquinário, como espessuras de corte e quantidades possíveis de retirada de produtos do bloco central e das costaneiras;

- Cadastro do valor de venda dos resíduos;

- Cadastro dos produtos, dimensões e valores de venda;

Na Tabela 5 se encontra a lista de produtos cadastrados.

Tabela 5: Lista de produtos cadastrados.

<i>Parte da tora</i>	<i>Nome do produto</i>	<i>Dimensões comerciais (mm)</i>		
		<i>Largura</i>	<i>Espessura</i>	<i>Comprimento</i>
Bloco Central	P1	130	23	3000
Bloco Central	P2	110	23	3000
Bloco Central	P3	60	23	3000
Costaneiras	Cost 1	130	23	3000
Costaneiras	Cost 2	110	23	3000
Costaneiras	Cost 3	60	23	3000

- Cálculo e geração dos padrões de corte.

O software então gerou diversas soluções no qual foi escolhida uma para se trabalhar, devido ao seu alto rendimento teórico calculado pelo Delta 2000.

4.5. Cálculo do rendimento da serraria com o desdobro otimizado

Foram separadas 10 toras de uma mesma classe diametral, classe que envolvia um intervalo de diâmetro de 25 a 26 cm, pois esta era a classe com maior número de indivíduos no povoamento do pátio de toras ficando fácil a separação dos indivíduos para o procedimento experimental.

Escolheu-se então o diagrama de corte da Figura 40, adotado para a implementação do sistema de desdobro otimizado.

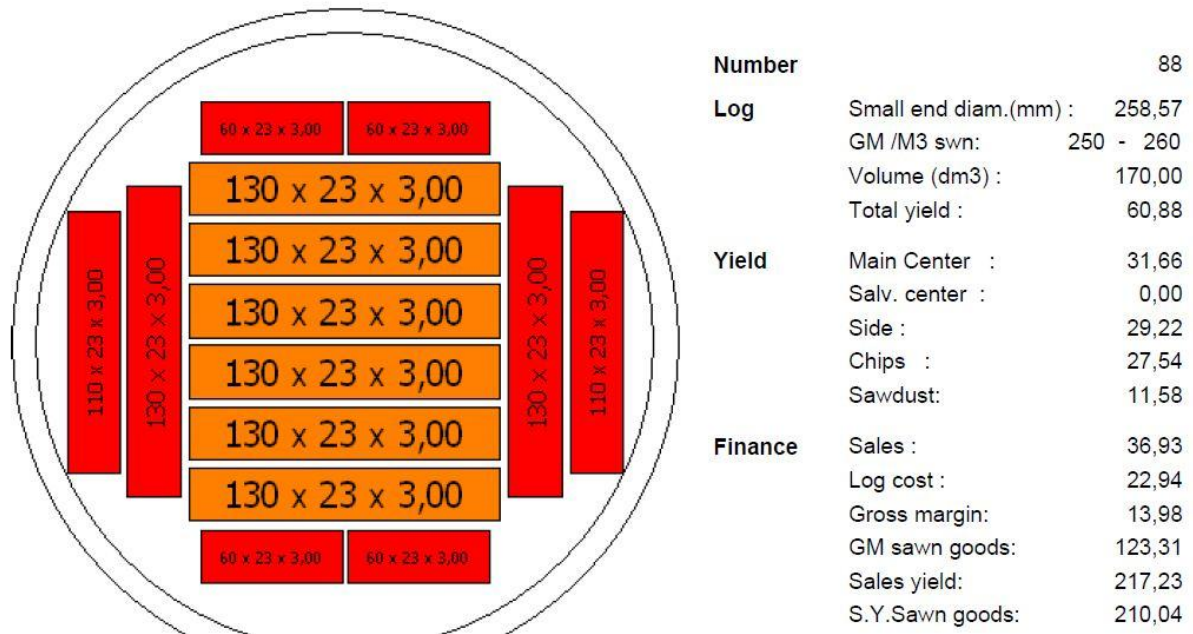


Figura 40: Diagrama de corte adotado para implementação do desdobro otimizado. (Autor)

É interessante notar que as peças em laranja são as peças cadastradas para serem obtidas do bloco central, e as peças na coloração vermelha são àquelas cadastradas para serem retiradas no reaproveitamento da costaneira.

Com os padrões de corte em mãos, as 10 toras tiveram seus topos totalmente pintados com esmalte sintético verde em spray.

De acordo com o diagrama de corte foi estabelecido a seguinte sequência de corte:

- Desdobro principal (Serra Fita simples):
 - 1º Fio de serra a 60 mm de distancia entre a lateral da tora e o plano de corte da serra fita;
 - Tombo da tora 2 vezes;
 - 2º Fio de serra a 60 mm de distância entre a lateral da tora e o plano de corte da serra fita;
 - Tombo da tora;
 - 3º Fio de serra a 126 mm de distância entre a lateral da tora e o plano de corte da serra fita.

A Figura 41 demonstra o esquema de corte na serra fita simples.

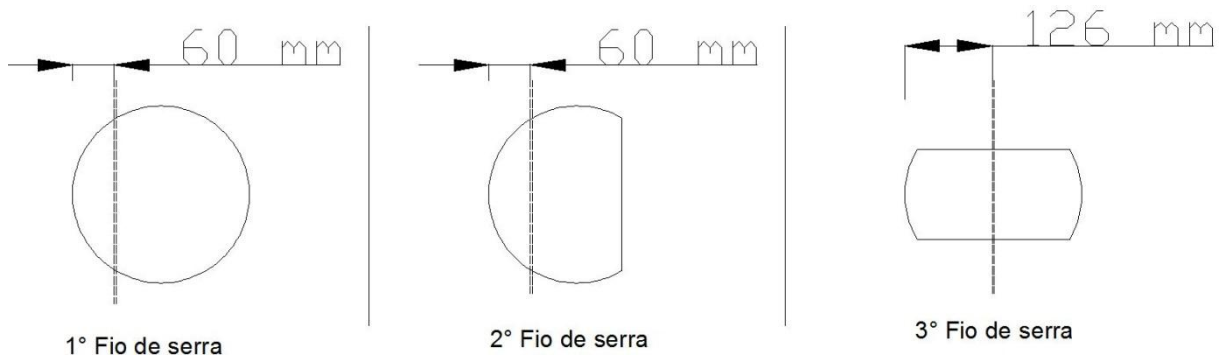


Figura 41: Esquemas dos cortes para o desdobro primário. (Autor)

- Desdobro Secundário (Serra Horizontal de cabeçote duplo):

- Ajuste do primeiro corte a 49 mm de altura em relação ao plano da esteira de transporte;

- Segundo corte a 23 mm de altura com relação ao plano da esteira de transporte;

Na Figura 42 se encontra o esquema de corte para o desdobro secundário na serra fita horizontal de cabeçote duplo.

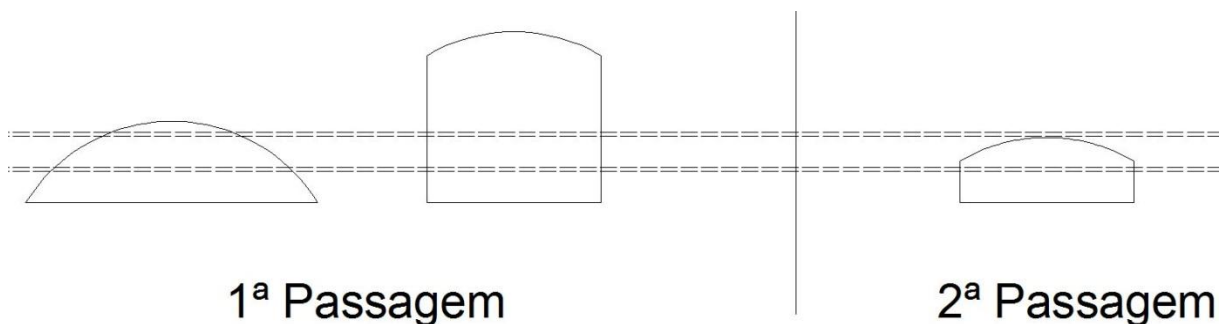


Figura 42: Esquema de corte das peças no desdobro da serra fita horizontal de cabeçote duplo. (Autor)

- Desdobro secundário (Serra circular Refiladeira):

A serra circular refiladeira possui uma serra fixa e outra serra móvel, com ajuste de largura, sendo possível o refilo em larguras de até 250 mm.

Para o diagrama de corte escolhido foram feitos três tipos de corte, dependendo da espessura da peça desejada, conforme o esquema apresentado na Figura 43.

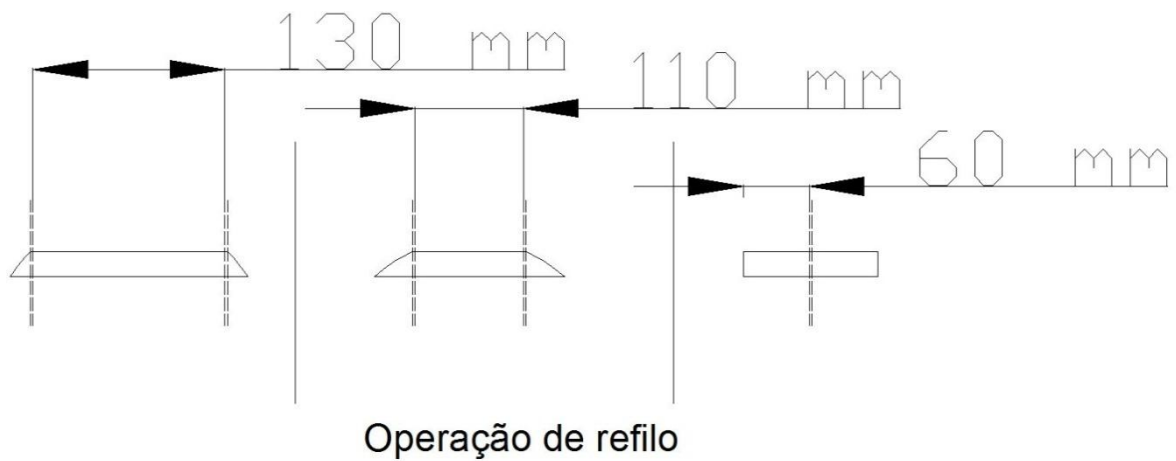


Figura 43: Desdobro na serra circular refiladeira. (Autor)

As toras foram então submetidas ao processamento. Como elas estavam demarcadas, os produtos obtidos das toras selecionadas também tinham o topo colorido de verde, por causa do esmalte sintético.

Os produtos então foram contabilizados para posterior obtenção do rendimento, através da Equação 1.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados das metodologias adotadas para o procedimento experimental.

5.1. Cálculo de conicidade da toras

A Tabela 6 traz os valores de conicidade encontrados e utilizados nas análises posteriores.

Tabela 6: Dado obtidos para o cálculo da conicidade das toras.

Tora	Diâmetro 1 (cm)	Diâmetro 2 (cm)	Conicidade (cm/m)
1	26,01	24,26	0,6982
2	25,35	21,25	1,6412
3	25,07	23,05	0,809
4	21,53	20,62	0,3642
5	20,35	19,23	0,4496
6	19,18	17,60	0,6326
7	18,93	16,89	0,8142
8	23,30	22,97	0,1336
9	23,22	21,74	0,5906
10	21,00	19,70	0,5212
		Média	0,66544

O valor médio para conicidade encontrado foi de 0,66544 cm/m.

De acordo com Manhiça (2010), do ponto de vista prático, a conicidade é considerada defeito quando o diâmetro da tora diminui em mais de um centímetro em cada metro de comprimento da tora, da base em direção à copa ou quando a circunferência da mesma diminui em mais de três centímetros em cada metro de comprimento.

Considerando que muitos são os fatores que influenciam na conicidade das toras, tais como espécies, manejo florestal e até mesmo o terreno, dificilmente serão encontrados valores médios seguros para comparação de dados.

De acordo com o dado apresentado por Manhiça (2010), o valor de conicidade médio não é, do ponto de vista prático, considerado como defeito na qualidade das toras. Porém um dos valores encontrados, Tora 2 da Tabela 6, ultrapassou a conicidade limite de um cm/m de comprimento de tora. Valores assim podem influenciar no rendimento de conversão das toras, obtendo-se maior número de aparas que serão descartadas ao picador, sendo transformadas em resíduos como cavacos e pó de serra.

5.2. Rendimento da serraria para o desdobro convencional

Na Tabela 7 se encontra os valores de diâmetros, comprimentos e volume das 10 toras selecionadas para serem submetidas ao desdobro convencional. Os valores de volume foram encontrados utilizando-se da Equação 3.

Tabela 7: Dados das toras que forma processadas com desdobro convencional.

Tora	D_1 (m)	D_2 (m)	C (m)	Vol_{tora} (m³)
1	0,300	0,330	3,000	0,297
2	0,270	0,280	3,000	0,227
3	0,270	0,270	3,000	0,219
4	0,270	0,280	3,000	0,227
5	0,330	0,360	3,000	0,356
6	0,235	0,235	3,000	0,166
7	0,245	0,240	3,000	0,176
8	0,240	0,230	3,000	0,166
9	0,275	0,275	3,000	0,227
10	0,320	0,325	3,000	0,312
			TOTAL	2,372

O volume de madeira na entrada do processo foi de 2,372 m³.

A Tabela 8 demonstra a quantidade dos produtos obtidos no desdobro das 10 toras.

Tabela 8: Produtos obtidos no desdobro convencional.

Produtos	Espessura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Quantidade	Volume (m³)
1	0,023	0,105	3,000	11	0,0797
2	0,023	0,150	3,000	19	0,1967
3	0,023	0,205	3,000	36	0,5092
4	0,023	0,300	3,000	5	0,1035
5	0,023	0,055	3,000	9	0,0342
6	0,023	0,055	3,000	18	0,0683

O volume de produtos na saída do desdobro foi igual a 0,9915 m³ de madeira serrada.

Utilizando-se da Equação 1, calculou-se o rendimento do desdobro convencional da serraria, chegando-se a um valor de 41,8%.

Manhiça (2010) encontrou em seus estudos um rendimento médio para o desdobro convencional de 49,01%. Já Rocha (2002) encontrou para o desdobro convencional uma média de 44,21% de rendimento.

5.3. Diagramas de corte obtidos com o software Delta 2000, módulo otimizador

O maior rendimento teórico obtido nos diagramas de corte, gerados pelo Delta 2000, foi de 66,12 para a classe diametral de 21 – 22 cm, conforme a Figura 44.

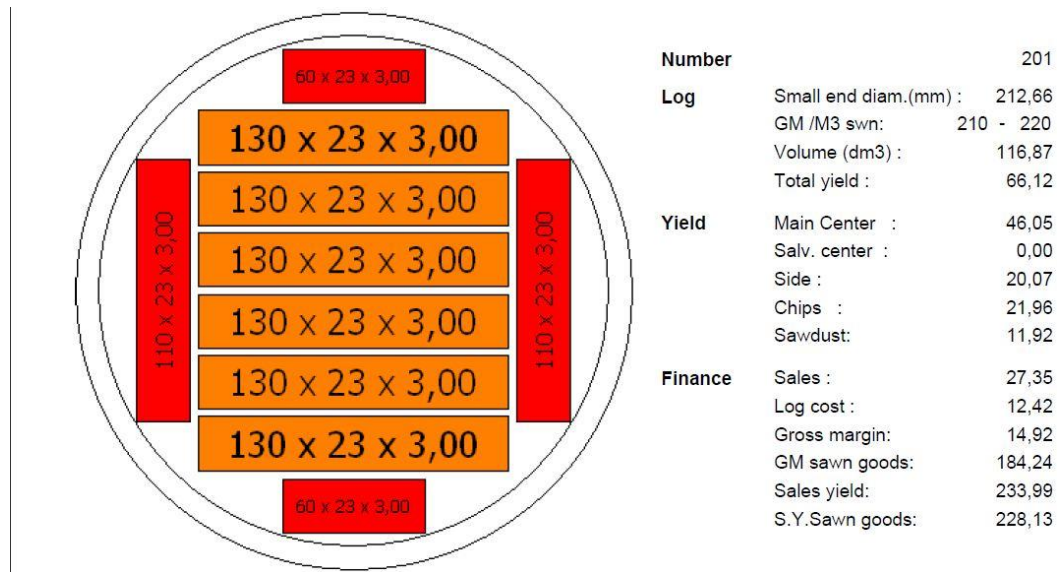


Figura 44: Diagrama de corte que apresentou o melhor rendimento.

(Autor)

É importante ressaltar que durante a configuração do software para a geração dos modelos de corte, colocou-se a condição de se considerar somente aqueles modelos de corte com rendimento superior a 30%.

O menor rendimento teórico encontrado foi para a tora da classe 28 – 29 cm, que teve o rendimento de 33,55%, apresentado na Figura 45.

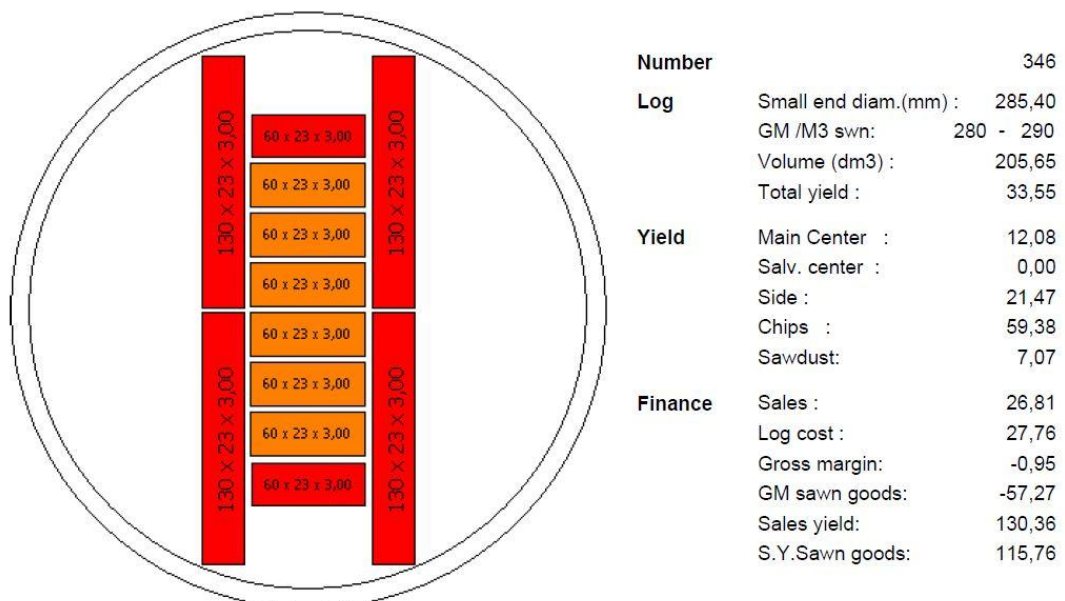


Figura 45: Diagrama de corte com o menor rendimento possível. (Autor)

Devido ao filtro imposto, somente demonstrar os diagramas com rendimento superior a 30%, algumas classes não tiveram nenhuma proposta de corte. São elas a classe de 18 – 19 cm e as classes com diâmetros acima de 33 cm.

Fez-se então uma análise dos 20 melhores diagramas de corte, chamado de GRUPO 1, encontrados no ANEXO A, e os 20 piores diagramas de corte, chamados de GRUPO 2, encontrados do ANEXO B, em relação ao parâmetro rendimento, para levantar quais classes eram mais comuns nos dois grupos.

Esta análise foi realizada para possibilitar o encontro de quais diâmetros de toras são melhores para serem trabalhadas pela serraria.

As Tabelas 9 e 10 trazem as frequências das classes diametrais nos grupos 1 e 2, respectivamente. Essas Tabelas não contemplam as classes que somente apresentaram rendimentos inferiores a 30%.

Tabela 9: Frequência das classes diametrais no GRUPO 1.

Classe diametral	Frequência
19 a 20	1
20 a 21	0
21 a 22	1
22 a 23	0
23 a 24	2
24 a 25	6
25 a 26	0
26 a 27	6
27 a 28	0
28 a 29	6
29 a 30	0
30 a 31	0
31 a 32	0
32 a 33	0

Tabela 10: Frequência das classes diametrais no grupo 2.

Classe diametral	Frequência
19 a 20	0
20 a 21	0
21 a 22	1
22 a 23	0

Continuação da Tabela 10

Classe diametral			Frequência
23	a	24	0
24	a	25	3
25	a	26	0
26	a	27	1
27	a	28	1
28	a	29	7
29	a	30	0
30	a	31	5
31	a	32	2
32	a	33	0

Pode-se perceber que as maiores frequências dentro do GRUPO 1 foram as classes diamétricas 24 - 25, 26 - 27 e 28 - 29, cada um com 6 elementos.

No GRUPO 2, a classe mais frequente foi a classe de 28 - 29 cm.

É importante ressaltar que nem sempre aquele diagrama que apresenta alto rendimento deve ser adotado. Observe o diagrama de corte da Figura 46.

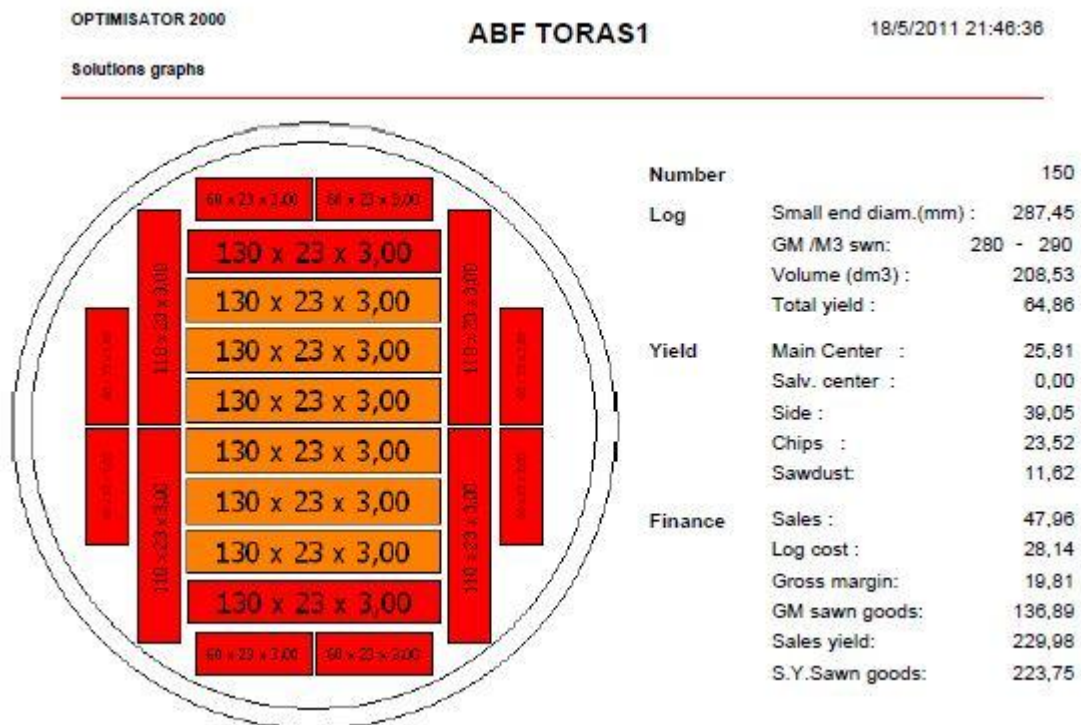


Figura 46: Diagrama de corte com valor de rendimento de 64,86%. (Autor)

Para aplicar este modelo de corte na serraria estudada seria necessário que as peças do bloco central passassem diversas vezes no desdobro secundário da serra horizontal, ou que se fizessem muitos corte no desdobro primário, o que poderia aumentar o rendimento da serraria, porém iria diminuir a eficiência da mesma. Eficiência é um parâmetro que indica a relação entre o volume de toras serradas por turno ou período de trabalho. Seu cálculo é feito através da Equação 4 abaixo:

$$E = T/O \quad (5)$$

Onde:

E = Eficiência em m³/operário/turno;

T = Toras (em m³) desdobradas em um turno;

O = Número de operários que trabalham dentro da serraria.

Ao analisar a equação, vê-se que muito tempo é consumido para o processamento de uma tora, o valor de eficiência da serraria tende a diminuir.

5.4. Rendimento da serraria para o desdobro otimizado

O cálculo do volume de toras que foram processadas foi realizado tomando-se um diâmetro médio das toras da classe escolhida, neste caso, as toras com diâmetros entre 25 cm e 26 cm. Considerou-se então 10 toras com diâmetro médio de 25,5 cm e comprimento de 3 m. Visto que os troncos se assemelham a cilindros, utilizou-se a Equação 5 para o cálculo do volume de toras na entrada do processo.

$$\text{Volume tora} = n \cdot (D_{\text{médio}})^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot C \quad (5)$$

Onde:

n = número de toras;

$D_{\text{médio}}$ = diâmetro médio, em m;

C = comprimento das toras, em m;

Obteve-se então o valor de $1,5321 \text{ m}^3$ para o volume das toras na entrada do processo.

Como as toras estavam com os topos devidamente pintados, as peças resultantes do desdobro destas também possuíam o topo marcado. Foi realizada então a contagem dos produtos resultantes, conforme a Tabela 11.

Tabela 11: Produtos do desdobramento otimizado.

<i>Produtos</i>	<i>Espessura (m)</i>	<i>Largura (m)</i>	<i>Comprimento (m)</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Volume (m³)</i>
1	0,0230	0,1300	3,0000	71	0,6369
2	0,0230	0,1100	3,0000	19	0,1442
3	0,0230	0,0600	3,0000	40	0,1656

O volume de produtos na saída do processo encontrado foi de $0,9467 \text{ m}^3$.

Utilizando a Equação 1, encontrou-se então o valor de rendimento da serraria para o desdobramento otimizado de 61,79%. Este valor é ainda superior ao teórico estimado pelo software que era de 60,88%.

Manhiça (2010) utilizando o desdobro otimizado encontrou uma média de rendimento entre as classes diamétricas de 52,14%.

Rocha (2002) encontrou para o desdobro otimizado o valor de 53,6%.

5.5. Comparação dos rendimentos obtidos nos diferentes sistemas de desdobro

A Tabela 12 traz os valores encontrados por este trabalho e o trabalho de outros autores comparando os rendimentos encontrados nos desdobros convencionais e desdobros otimizados.

Tabela 12: Comparação dos rendimentos obtidos nos desdobros convencional e otimizado.

Rendimento (%)		
<i>Desdobro convencional</i>	<i>Desdobro Otimizado</i>	<i>Diferença (%)</i>
41,8	61,79	19,99
49,01 (a)	52,14 (a)	3,13
44,21 (b)	53,6 (b)	9,39

(a) MUNHIÇA, 2010

(b) ROCHA, 2002

6. CONCLUSÃO

Com o presente trabalho concluiu-se que a utilização do software de otimização de corte proporcionou um aumento do rendimento da conversão de toras, que passou de 41,8% para 61,79%, uma diferença significativa de 19,99%, que serve como indicador, apontando a existência de espaço para a melhora significativa do desempenho de desdobro nas serrarias a partir da utilização de softwares de otimização como o empregado no trabalho.

As classes de diâmetros acima de 32 cm devem ser evitadas, uma vez que seu custo é mais elevado que os de outras classes, como mostrado na Tabela 4, e não houve geração de diagramas de corte para os produtos cadastrados, indicando rendimentos inferiores a 30%.

Sugere-se para as condições da serraria, que seja realizada a compra das toras com diâmetros entre 24 e 35 cm, pois estes são as que possuem maiores frequências dentro do GRUPO 1, dos diagramas com melhores rendimentos.

A separação das toras por classes diamétrais é recomendada, pois há ganhos de rendimento e produtividade quando se trabalha com toras de diâmetros parecidos.

A serraria possui um consumo mensal de 2000 m³ de tora/mês, e mesmo que houvesse uma melhora de 5% no rendimento global, possível nos dados apontados no levantamento bibliográfico, representaria 100 m³ de resíduos a menos por mês. Se considerarmos as 162 serrarias da região, deixariam de ser produzidos mensalmente 16200 m³ de resíduos, entre serragem e cavacos, ressaltando a importância ambiental e econômica desses estudos.

Para futuros trabalhos recomenda-se a análise dos diagramas de corte juntamente com uma análise da eficiência da serraria, para que o aumento do rendimento da conversão, com a retirada de muitos produtos, não baixe os níveis de eficiência da serraria relativos ao aumento do tempo de processamento.

REFERÊNCIAS

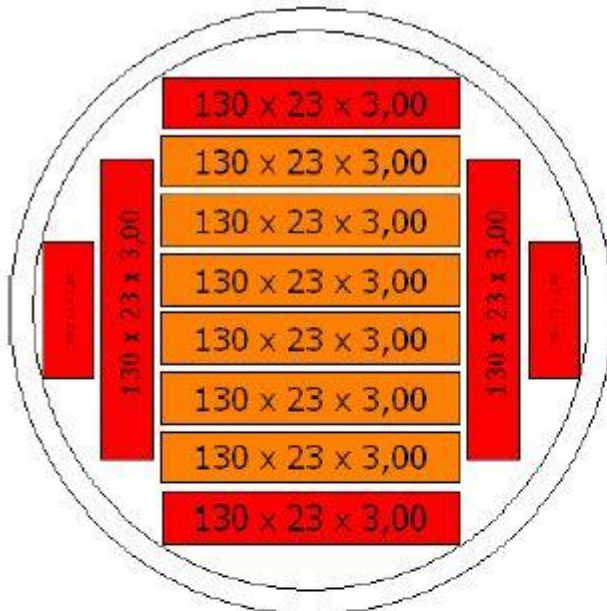
- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2010, Brasília, DF. **Anuário estatístico da ABRAF**. Brasília: Abraf, 2011.
- ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE . **Resíduos de madeira geradores de receita**. Artigo técnico nº4 -, 2009. Disponível em: <www.abimci.com.br>. Acesso em: 15 abr. 2011.
- ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE . **Resíduos de madeira geradores de receita**. Artigo técnico nº15 -, 2004. Disponível em: <www.abimci.com.br>. Acesso em: 15 abr. 2011
- ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2009 Ano base 2008**. Curitiba, PR, 2009.
- ARAÚJO, Vinícius Catão de. **Desenvolvimento de metodologia para a obtenção de cubicagem de madeira em toras empilhadas, através de imagens digitais**. 2010. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Campus Experimental de Itapeva, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2010.
- BELLUZZO, Luciano; MORABITO, Reinaldo. Otimização nos padrões de corte de chapas de fibras de madeira reconstituída: Um estudo de caso. **Pesquisa Operacional**, São Carlos, v. 3, n. 25, p.391-415, dez. 2005
- BRAND, Marta Andreia et al. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, n.32 , p.247-259, 02 jul. 2002.
- CARDOSO JUNIOR, Antônio Américo. **Inovação tecnológica na obtenção de madeira serrada de Pinus com uso de programa otimizador de desdobro**. 2008. 120 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- GAVA, Maristela; INO, Akemi; GARCIA, José Nivaldo. O setor de processamento mecânico da madeira da região sudoeste do estado de São Paulo. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADERIA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais** . Londrina: -, 2008.
- GERWING, Jeffrey et al. **O Rendimento no Processamento de Madeira no Estado do Pará**. Belém: Imazon, 2001. (Série Amazônia nº18). Disponível em: <<http://www.imazon.org.br/publicacoes/serie-amazonia/o-rendimento-no-processamento-de-madeira-no-estado>>. Acesso em: 15 abr. 2011.

- GONÇALVES, M.T.T. (2009) **Processamento da Madeira**. Bauru-SP: Document Center Xerox – USC, 242 p., 23,5 cm. ISBN 85.901.425-1-5
- GONÇALVES, M. T. T.; SOUZA, A. J. D.; BARBOSA, J. C. (2002). **Geração de resíduos em serrarias de pinus**. Anais do VIII Encontro Brasileiro em Madeira e em Estruturas de Madeira. Uberlândia. CD-ROM. Uberlândia, MG: 2002.
- GONÇALVES, Mozart. **AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO EM REFLORESTAMENTO DE PINUS SOB CONDIÇÕES DE INCERTEZA**. 2004. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004
- MANHIÇA, Alberto António. **Rendimento e eficiência no desdobro de Pinus sp. utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte**. 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010
- MURARA JÚNIOR, Mauro Itamar; ROCHA, Márcio Pereira da; TIMOFEICZYK JÚNIOR, Romano. Rendimento em madeira serrada de pinus para desdobro. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. , p.001-003, 01 set. 2006.
- MURARA JUNIOR, Mauro Itamar. **Desdobro de toras de Pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diamétricas**. 2005. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- NÉRI, Antônio Carlos; GONÇALVES, Raquel; HERNANDEZ, Roger E.. Forças de corte ortogonal 90-90 em três espécies de madeira de eucalipto do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 4, p.275-280, 01 jan. 2000.
- NOGUEIRA, Marcelo; FIEDLER, Nilton César; OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Vitória, ES: Aquarius, 2007. 302 p.
- OLIVEIRA, Antônio Donizete et al. Viabilidade econômica de serrarias que processam madeira de florestas nativas: O caso do município de Jaru, Estado de Rondônia. **Revista Cerne**, Lavras, v. 1, n. 9, p.001-015, 2003.
- OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; FIEDLER, Nilton César; NOGUEIRA, Marcelo (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro, ES: Editora Ufv, 2007. 420 p.
- REGINALDO SALES MAGALHÃES. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Crescimento, pobreza e degradação: as contradições do território sudoeste paulista**: Estudo Propositivo. São Paulo, SP, 2005.
- ROCHA, Márcio Pereira da. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Curitiba: Fupref, 2002. 121 p. (Série Didática). N°02/01

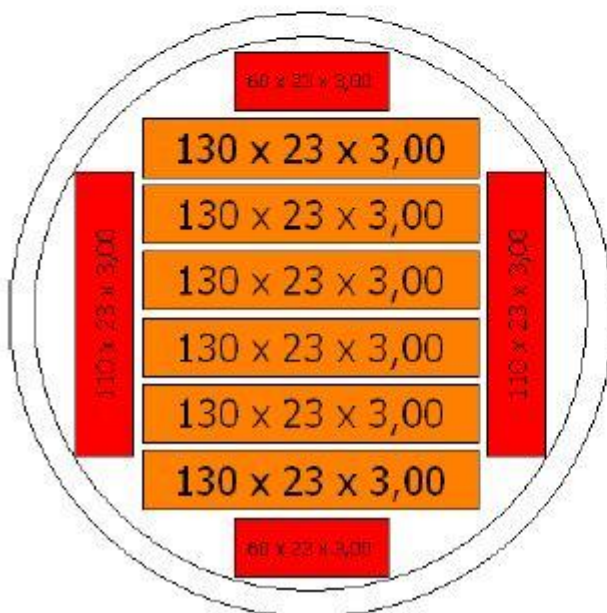
- ROCHA, Márcia Pereira da; MURARA JUNIOR, Mauro Itamar; TIMOFEICZYK JUNIOR, Romano. Rendimento em madeira serrada de Pinus taeda para duas metodologias de desdobro. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 3, n. 35, 01 dez. 2005.
- SCANAVACA JUNIOR, Laerte; GARCIA, José Nivaldo. Rendimento em madeira serrada de Eucayptus urophylla. **Scientia Forestalis**, Curitiba, n. , p.32-43, 01 jun. 2003.
- SEBRAE, **Onde estão as Micro e Pequenas Empresas em São Paulo** / [Marco Aurélio Bedê, coordenador]. São Paulo, 2006.
- SEBRAE, **Perfil econômico Regional – Regiões selecionadas do Estado de São Paulo** / [Marco Aurélio Bedê, coordenador]. São Paulo, ago. 1998.
- SOARES, Thelma Shirlen et al. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 27, p.811-820, 2003
- VIDAURRE, Graziela Baptista. **Efeito dos parâmetros do dente da serra de fita na qualidade e produtividade da madeira serrada de eucalipto**. 2006. 70 f. Tese (Pós-graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- VITAL, Benedito Rocha. **Planejamento e operação de serrarias**. Viçosa, MG: Editora Ufv, 2008. 211 p.

ANEXOS

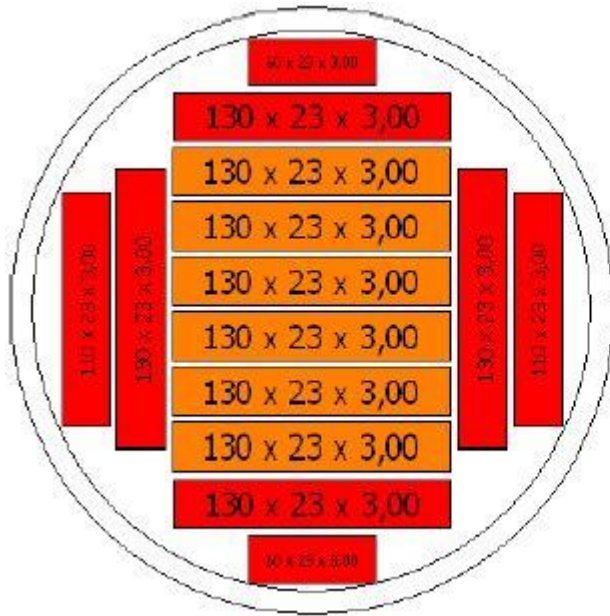
ANEXO A – Diagramas de corte do GRUPO 1, dos diagramas com melhores rendimentos gerados pelo software de otimização.



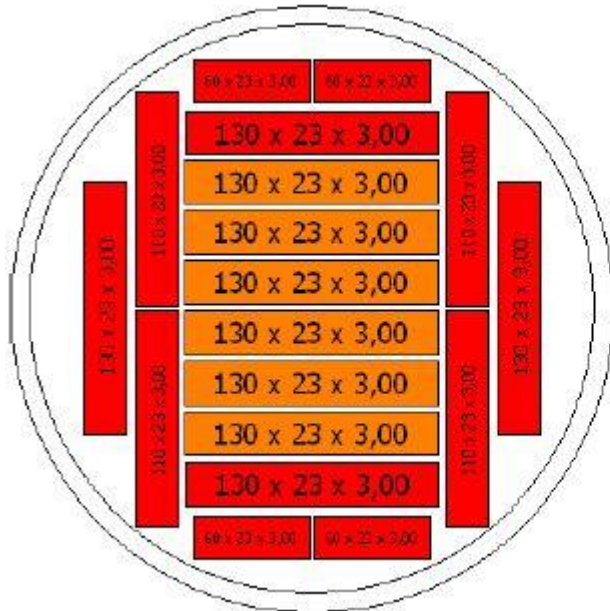
Number		104
Log	Small end diam.(mm) :	241,57
	GM /M3 swm:	240 - 250
	Volume (dm3) :	149,17
	Total yield :	65,68
Yield	Main Center :	36,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	29,60
	Chips :	22,16
	Sawdust:	12,16
Finance	Sales :	34,69
	Log cost :	20,13
	Gross margin:	14,55
	GM sawn goods:	139,51
	Sales yield:	232,53
	S.Y.Sawn goods:	226,60



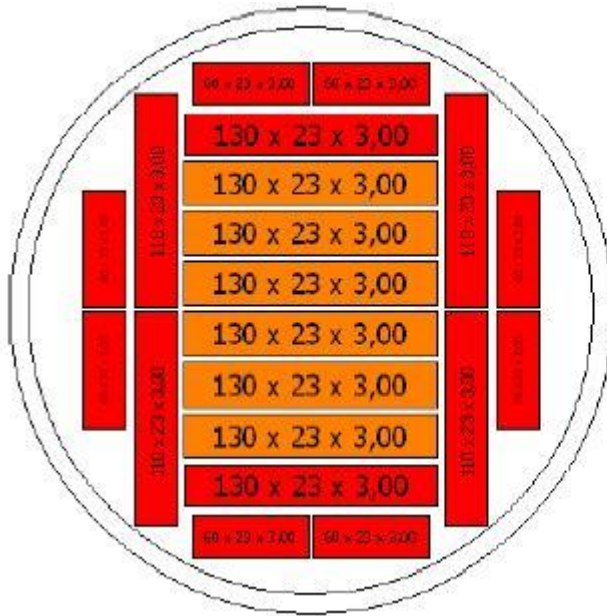
Number		201
Log	Small end diam.(mm) :	212,66
	GM /M3 swm:	210 - 220
	Volume (dm3) :	116,87
	Total yield :	66,12
Yield	Main Center :	46,05
	Salv. center :	0,00
	Side :	20,07
	Chips :	21,96
	Sawdust:	11,92
Finance	Sales :	27,35
	Log cost :	12,42
	Gross margin:	14,92
	GM sawn goods:	184,24
	Sales yield:	233,99
	S.Y.Sawn goods:	228,13



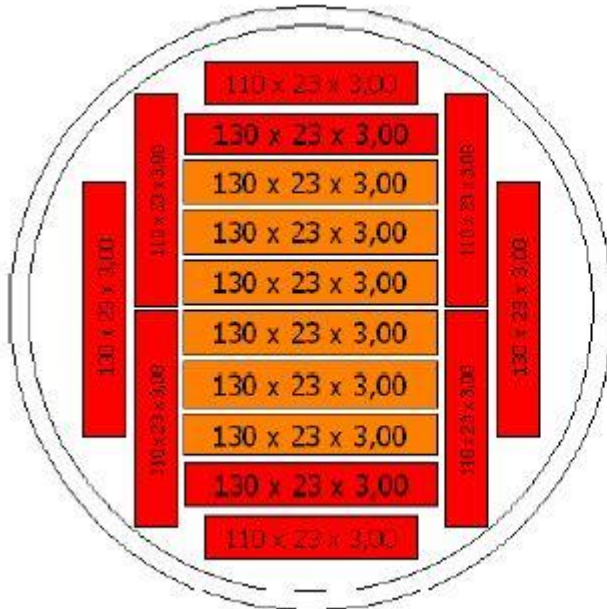
Number		85
Log	Small end diam.(mm) :	281,48
	GM /M3 swm: :	260 - 270
	Volume (dm3) :	173,71
	Total yield :	65,14
Yield	Main Center :	30,98
	Salv. center :	0,00
	Side :	34,16
	Chips :	22,76
	Sawdust:	12,09
Finance	Sales :	40,09
	Log cost :	23,44
	Gross margin:	16,65
	GM sawn goods:	137,82
	Sales yield:	230,82
	S.Y.Sawn goods:	224,75



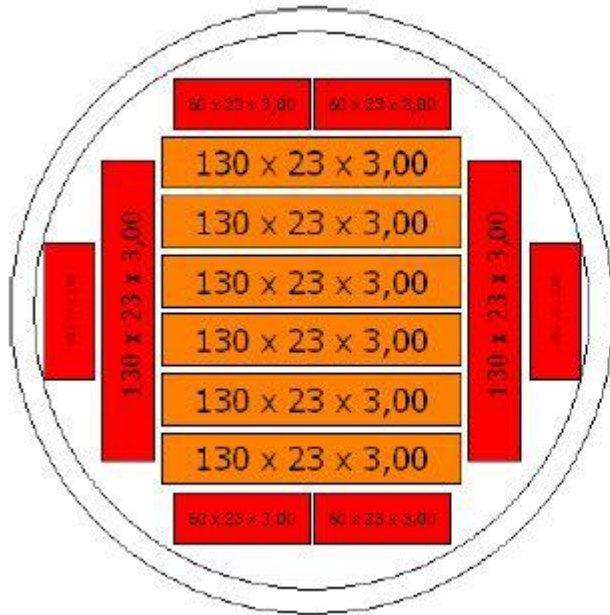
Number		128
Log	Small end diam.(mm) :	287,45
	GM /M3 swm: :	280 - 290
	Volume (dm3) :	208,53
	Total yield :	65,52
Yield	Main Center :	25,81
	Salv. center :	0,00
	Side :	39,71
	Chips :	22,86
	Sawdust:	11,62
Finance	Sales :	48,40
	Log cost :	28,14
	Gross margin:	20,25
	GM sawn goods:	138,99
	Sales yield:	232,10
	S.Y.Sawn goods:	226,03



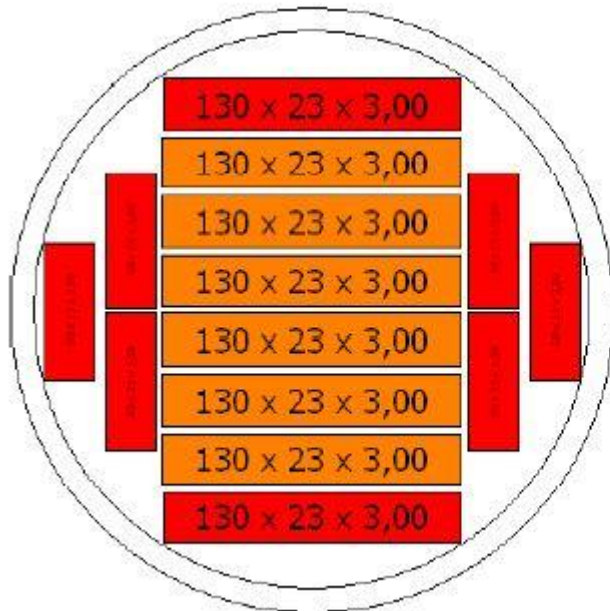
Number		150
Log	Small end diam.(mm) :	287,45
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	208,53
	Total yield :	64,86
Yield	Main Center :	25,81
	Salv. center :	0,00
	Side :	39,05
	Chips :	23,52
	Sawdust:	11,62
Finance	Sales :	47,96
	Log cost :	28,14
	Gross margin:	19,81
	GM sawn goods:	136,89
	Sales yield:	229,98
	S.Y.Sawn goods:	223,75



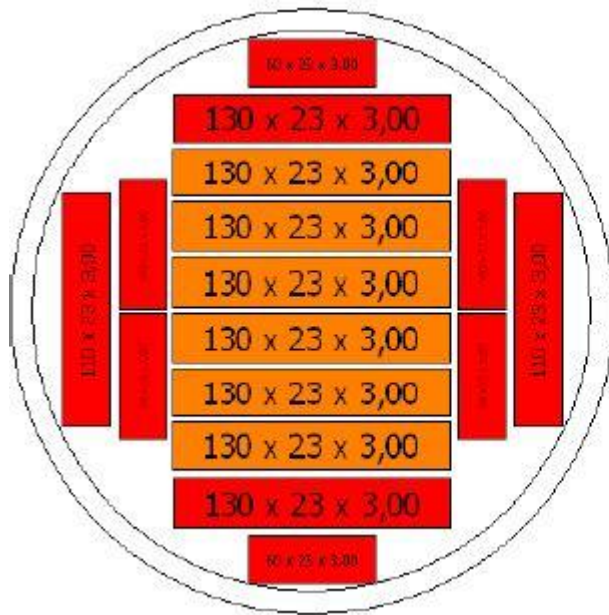
Number		127
Log	Small end diam.(mm) :	287,45
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	208,53
	Total yield :	64,86
Yield	Main Center :	25,81
	Salv. center :	0,00
	Side :	39,05
	Chips :	23,52
	Sawdust:	11,62
Finance	Sales :	47,96
	Log cost :	28,14
	Gross margin:	19,81
	GM sawn goods:	136,89
	Sales yield:	229,98
	S.Y.Sawn goods:	223,75



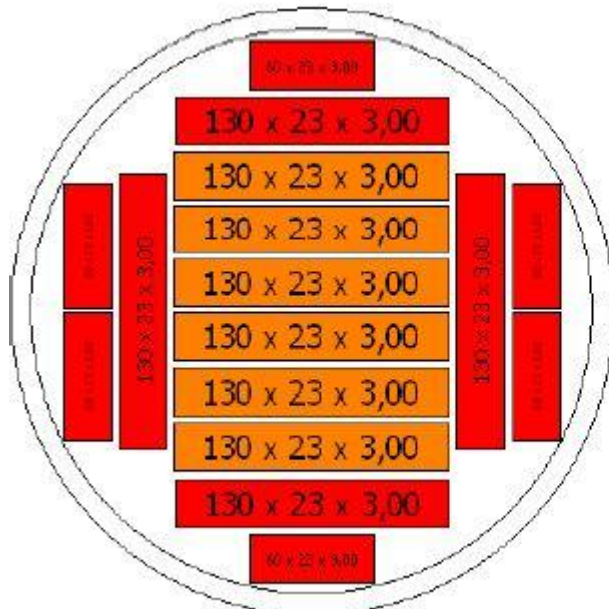
Number		110
Log	Small end diam.(mm) :	241,57
	GM /M3 swm:	240 - 250
	Volume (dm3) :	149,17
	Total yield :	64,76
Yield	Main Center :	36,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	28,68
	Chips :	23,08
	Sawdust:	12,16
Finance	Sales :	34,24
	Log cost :	20,13
	Gross margin:	14,11
	GM sawn goods:	136,57
	Sales yield:	229,56
	S.Y.Sawn goods:	223,41



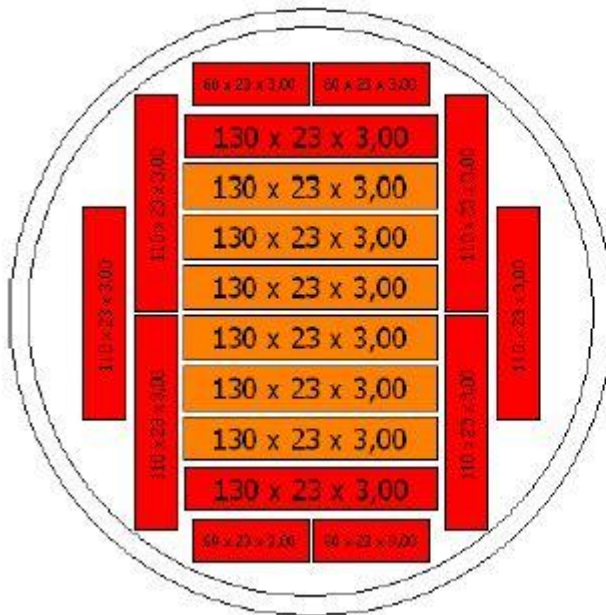
Number		214
Log	Small end diam.(mm) :	241,57
	GM /M3 swm:	240 - 250
	Volume (dm3) :	149,17
	Total yield :	64,76
Yield	Main Center :	36,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	28,68
	Chips :	23,08
	Sawdust:	12,16
Finance	Sales :	34,24
	Log cost :	20,13
	Gross margin:	14,11
	GM sawn goods:	136,57
	Sales yield:	229,56
	S.Y.Sawn goods:	223,41



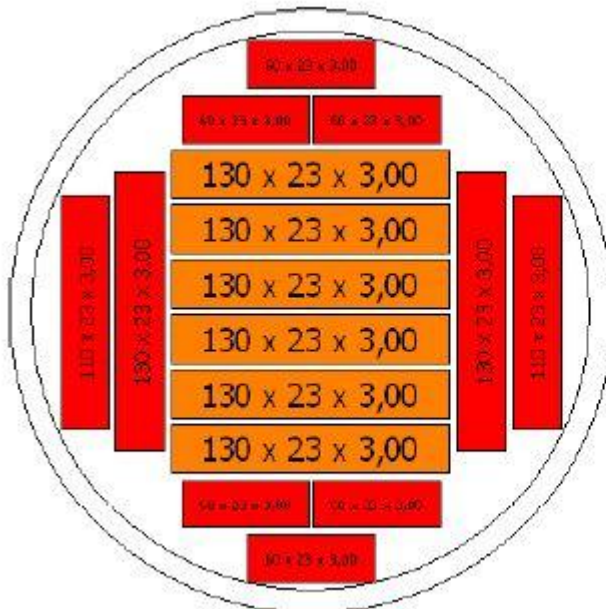
Number	208
Log	Small end diam.(mm) : 261,48 GM /M3 swm: 260 - 270 Volume (dm3) : 173,71 Total yield : 64,35
Yield	Main Center : 30,98 Salv. center : 0,00 Side : 33,37 Chips : 23,56 Sawdust: 12,09
Finance	Sales : 39,65 Log cost : 23,44 Gross margin: 16,21 GM sawn goods: 135,26 Sales yield: 228,27 S.Y.Sawn goods: 222,01



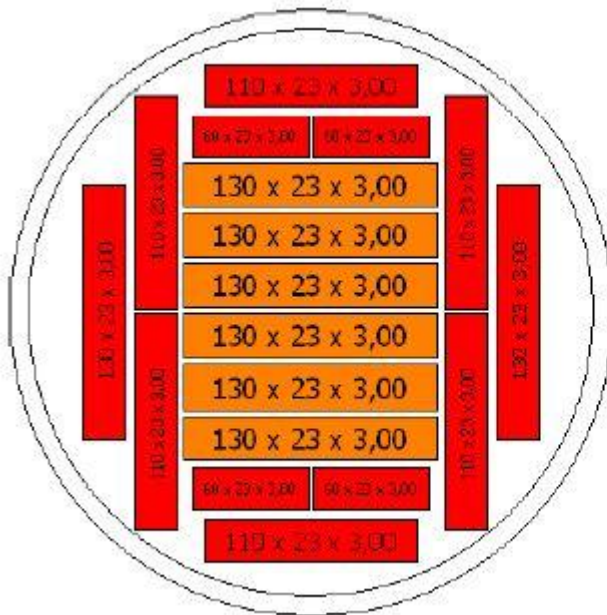
Number	96
Log	Small end diam.(mm) : 264,13 GM /M3 swm: 260 - 270 Volume (dm3) : 177,11 Total yield : 64,67
Yield	Main Center : 30,39 Salv. center : 0,00 Side : 34,28 Chips : 23,24 Sawdust: 12,09
Finance	Sales : 40,61 Log cost : 23,90 Gross margin: 16,71 GM sawn goods: 136,30 Sales yield: 229,30 S.Y.Sawn goods: 223,12



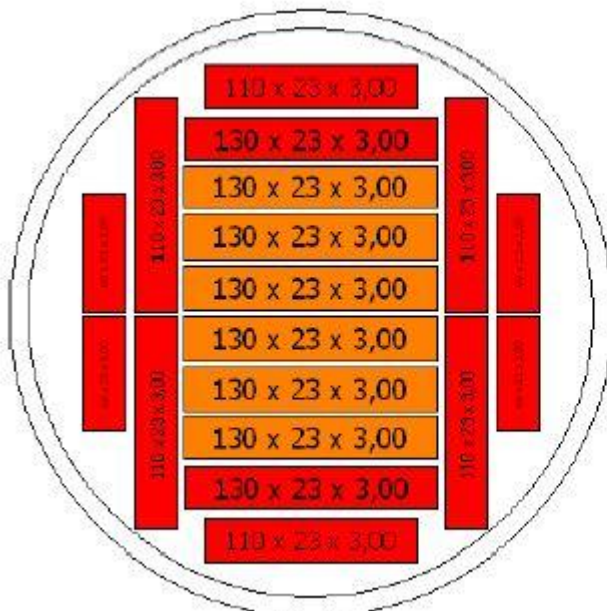
Number		139
Log	Small end diam.(mm) :	287,45
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	208,53
	Total yield :	64,19
Yield	Main Center :	25,81
	Salv. center :	0,00
	Side :	38,38
	Chips :	24,18
	Sawdust:	11,62
Finance	Sales :	47,51
	Log cost :	28,14
	Gross margin:	19,37
	GM sawn goods:	134,74
	Sales yield:	227,85
	S.Y.Sawn goods:	221,47



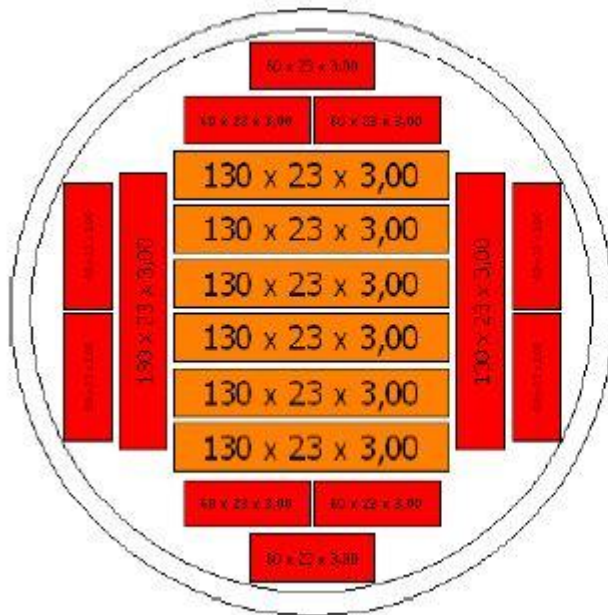
Number		90
Log	Small end diam.(mm) :	261,48
	GM /M3 swm:	260 - 270
	Volume (dm3) :	173,71
	Total yield :	64,35
Yield	Main Center :	30,98
	Salv. center :	0,00
	Side :	33,37
	Chips :	23,56
	Sawdust:	12,09
Finance	Sales :	39,65
	Log cost :	23,44
	Gross margin:	16,21
	GM sawn goods:	135,26
	Sales yield:	228,27
	S.Y.Sawn goods:	222,01



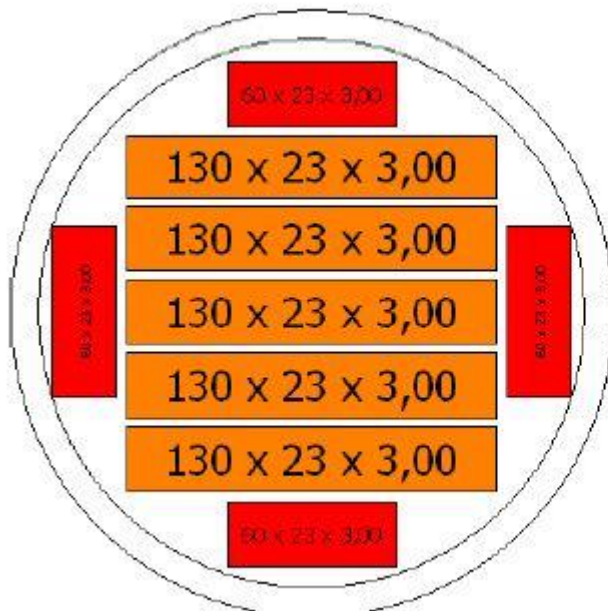
Number		133
Log	Small end diam.(mm) :	287,45
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	208,53
	Total yield :	64,19
Yield	Main Center :	25,81
	Salv. center :	0,00
	Side :	38,38
	Chips :	24,18
	Sawdust:	11,82
Finance	Sales :	47,51
	Log cost :	28,14
	Gross margin:	19,37
	GM sawn goods:	134,74
	Sales yield:	227,85
	S.Y.Sawn goods:	221,47



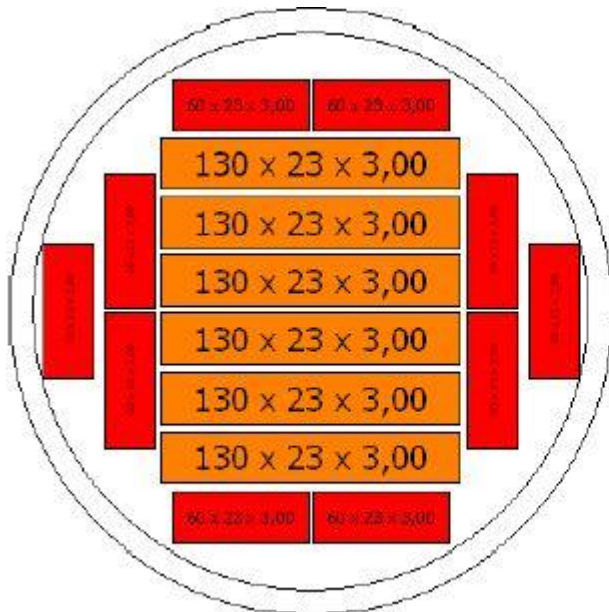
Number		149
Log	Small end diam.(mm) :	287,45
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	208,53
	Total yield :	64,19
Yield	Main Center :	25,81
	Salv. center :	0,00
	Side :	38,38
	Chips :	24,18
	Sawdust:	11,82
Finance	Sales :	47,51
	Log cost :	28,14
	Gross margin:	19,37
	GM sawn goods:	134,74
	Sales yield:	227,85
	S.Y.Sawn goods:	221,47



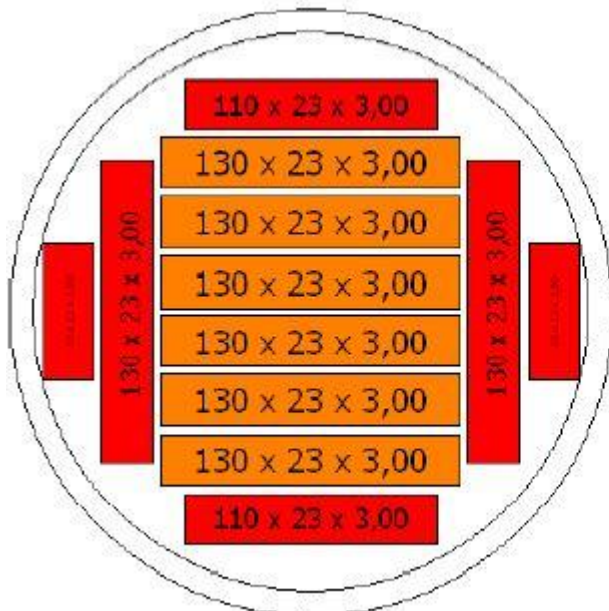
Number		101
Log	Small end diam.(mm) :	264,13
	GM /M3 swm:	280 - 270
	Volume (dm3) :	177,11
	Total yield :	63,89
Yield	Main Center :	30,39
	Salv. center :	0,00
	Side :	33,50
	Chips :	24,02
	Sawdust:	12,09
Finance	Sales :	40,17
	Log cost :	23,90
	Gross margin:	16,26
	GM sawn goods:	133,76
	Sales yield:	226,80
	S.Y.Sawn goods:	220,43



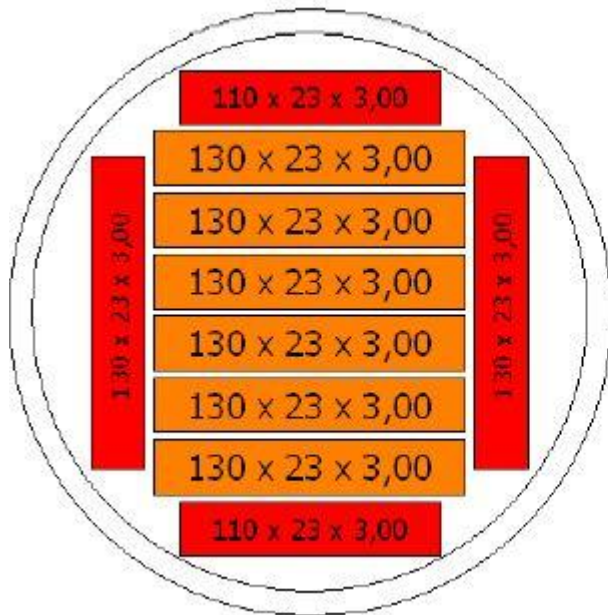
Number		3
Log	Small end diam.(mm) :	191,64
	GM /M3 swm:	190 - 200
	Volume (dm3) :	95,86
	Total yield :	64,07
Yield	Main Center :	46,79
	Salv. center :	0,00
	Side :	17,28
	Chips :	23,58
	Sawdust:	12,36
Finance	Sales :	21,79
	Log cost :	10,19
	Gross margin:	11,60
	GM sawn goods:	179,08
	Sales yield:	227,30
	S.Y.Sawn goods:	221,03



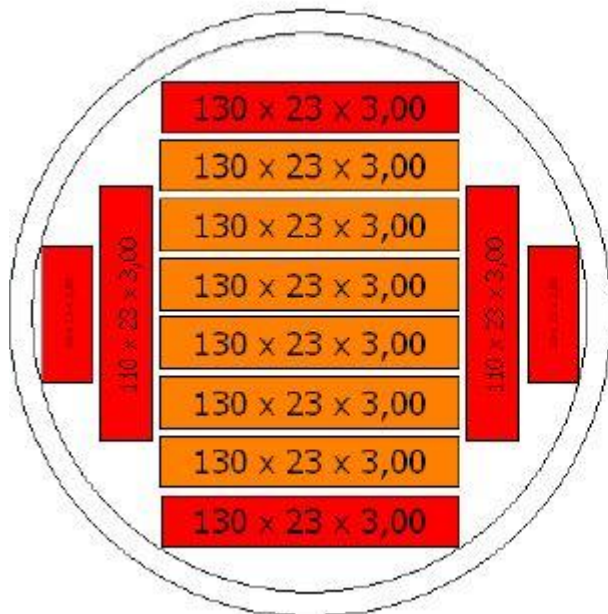
Number		220
Log	Small end diam.(mm) :	241,57
	GM /M3 swm:	240 - 250
	Volume (dm3) :	149,17
	Total yield :	63,83
Yield	Main Center :	36,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	27,75
	Chips :	24,01
	Sawdust:	12,16
Finance	Sales :	33,80
	Log cost :	20,13
	Gross margin:	13,67
	GM sawn goods:	133,55
	Sales yield:	226,59
	S.Y.Sawn goods:	220,22



Number		108
Log	Small end diam.(mm) :	241,57
	GM /M3 swm:	240 - 250
	Volume (dm3) :	149,17
	Total yield :	63,83
Yield	Main Center :	36,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	27,75
	Chips :	24,01
	Sawdust:	12,16
Finance	Sales :	33,80
	Log cost :	20,13
	Gross margin:	13,67
	GM sawn goods:	133,55
	Sales yield:	226,59
	S.Y.Sawn goods:	220,22

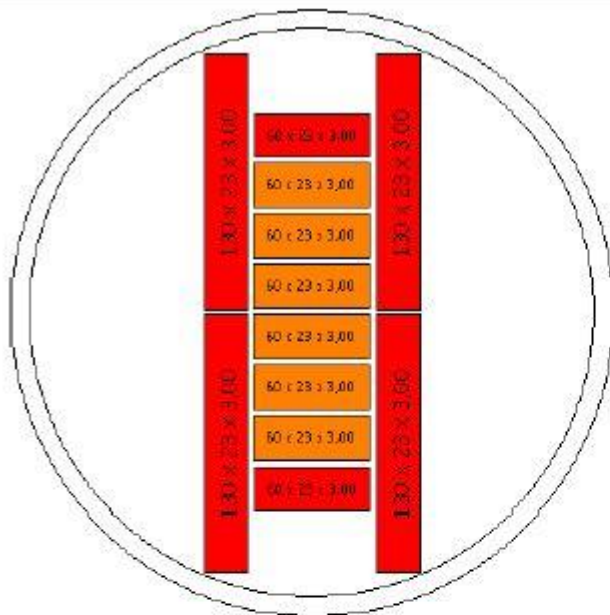


Number		119
Log	Small end diam.(mm) :	230,45
	GM /M3 swm:	230 - 240
	Volume (dm3) :	136,28
	Total yield :	63,79
Yield	Main Center :	39,49
	Salv. center :	0,00
	Side :	24,30
	Chips :	24,72
	Sawdust:	11,49
Finance	Sales :	30,88
	Log cost :	14,49
	Gross margin:	16,39
	GM sawn goods:	178,37
	Sales yield:	226,60
	S.Y.Sawn goods:	220,09

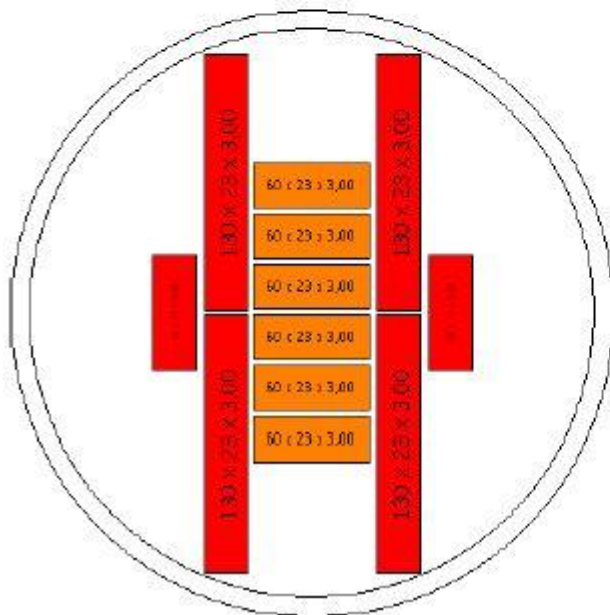


Number		181
Log	Small end diam.(mm) :	241,57
	GM /M3 swm:	240 - 250
	Volume (dm3) :	149,17
	Total yield :	63,83
Yield	Main Center :	36,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	27,75
	Chips :	24,01
	Sawdust:	12,16
Finance	Sales :	33,80
	Log cost :	20,13
	Gross margin:	13,67
	GM sawn goods:	133,55
	Sales yield:	226,59
	S.Y.Sawn goods:	220,22

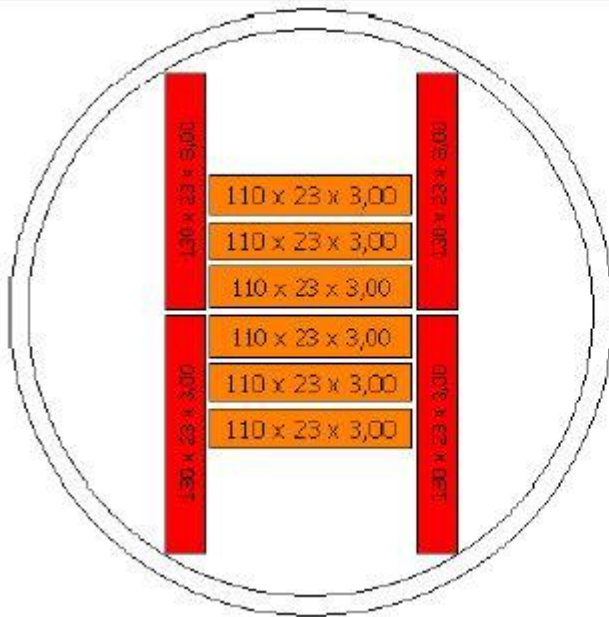
ANEXO B – Diagramas de corte do GRUPO 2, diagramas com os piores rendimentos gerados pelo software de otimização.



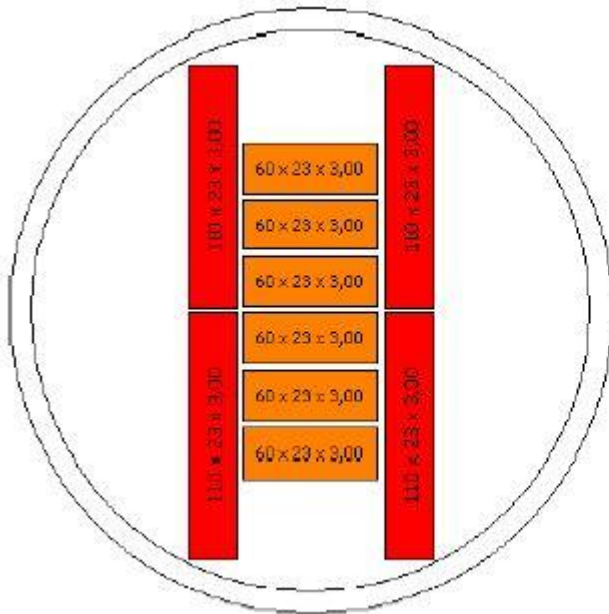
Number		348
Log	Small end diam.(mm) :	285,40
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	205,85
	Total yield :	33,55
Yield	Main Center :	12,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	21,47
	Chips :	59,38
	Sawdust:	7,07
Finance	Sales :	26,81
	Log cost :	27,76
	Gross margin:	-0,95
	GM sawn goods:	-57,27
	Sales yield:	130,36
	S.Y.Sawn goods:	115,76



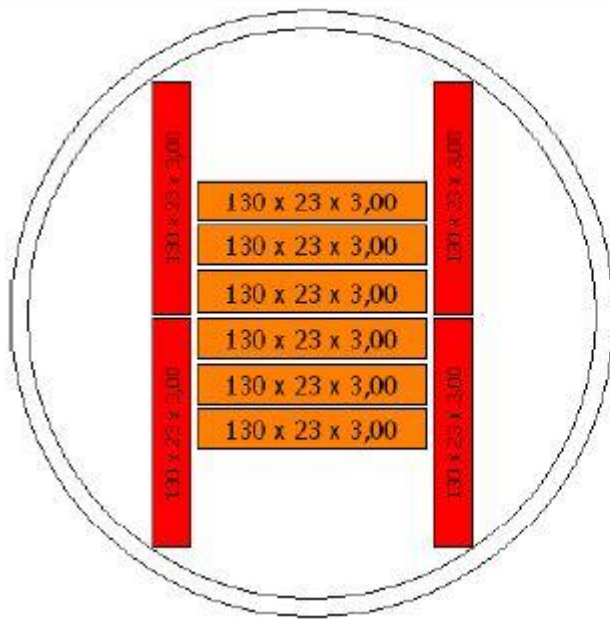
Number		345
Log	Small end diam.(mm) :	285,40
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	205,85
	Total yield :	33,55
Yield	Main Center :	12,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	21,47
	Chips :	57,76
	Sawdust:	8,89
Finance	Sales :	26,74
	Log cost :	27,76
	Gross margin:	-1,01
	GM sawn goods:	-57,27
	Sales yield:	130,05
	S.Y.Sawn goods:	115,76



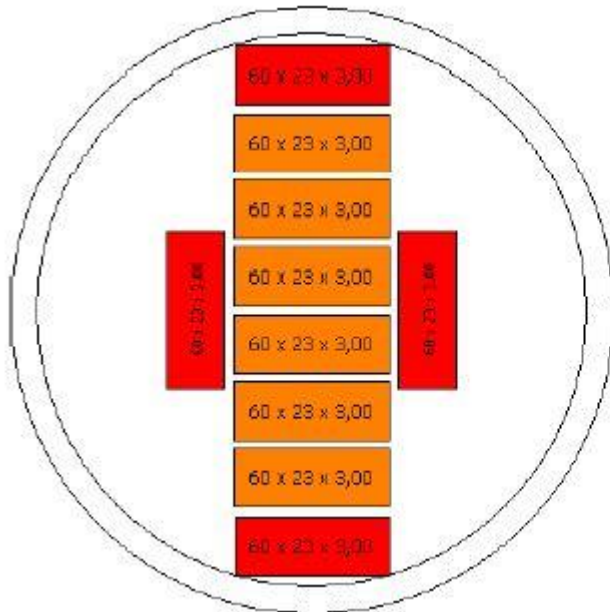
Number	274	
Log	Small end diam.(mm) :	308,46
	GM /M3 swm:	300 - 310
	Volume (dm3) :	239,01
	Total yield :	34,06
Yield	Main Center :	19,05
	Salv. center :	0,00
	Side :	15,01
	Chips :	59,07
	Sawdust:	6,87
Finance	Sales :	31,56
	Log cost :	32,26
	Gross margin:	-0,70
	GM sawn goods:	-51,21
	Sales yield:	132,04
	S.Y.Sawn goods:	117,52



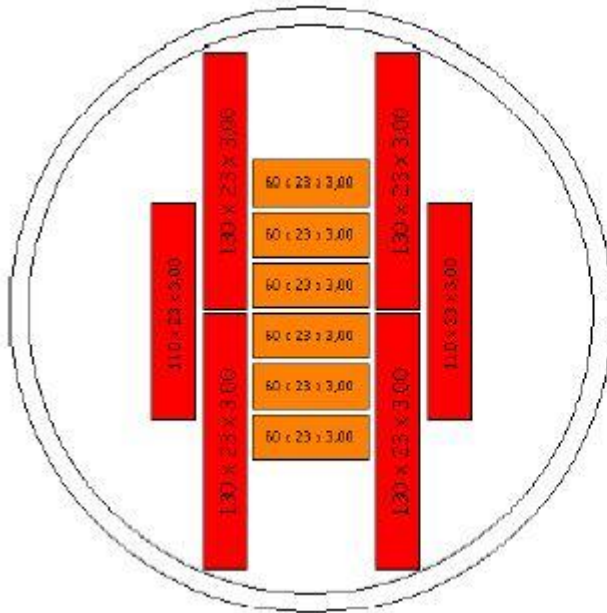
Number	363	
Log	Small end diam.(mm) :	249,10
	GM /M3 swm:	240 - 250
	Volume (dm3) :	158,23
	Total yield :	34,89
Yield	Main Center :	15,70
	Salv. center :	0,00
	Side :	19,19
	Chips :	57,49
	Sawdust:	7,63
Finance	Sales :	21,29
	Log cost :	21,36
	Gross margin:	-0,07
	GM sawn goods:	-41,89
	Sales yield:	134,53
	S.Y.Sawn goods:	120,36



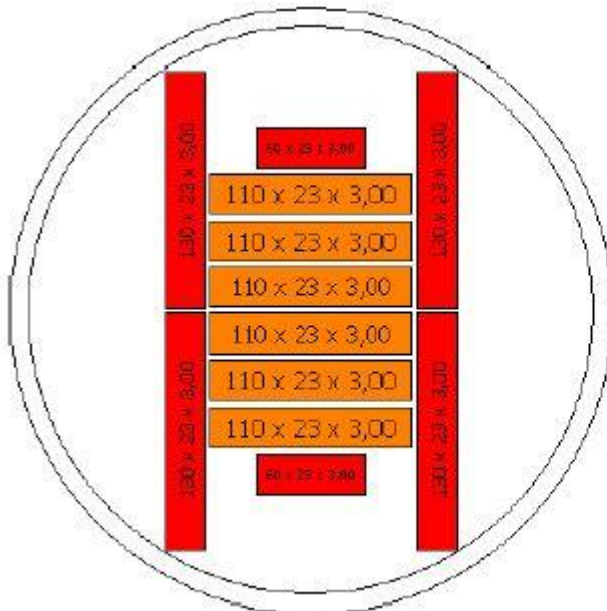
Number		81
Log	Small end diam.(mm) :	319,42
	GM /M3 swm:	310 - 320
	Volume (dm3) :	255,74
	Total yield :	35,07
Yield	Main Center :	21,04
	Salv. center :	0,00
	Side :	14,03
	Chips :	58,04
	Sawdust:	6,88
Finance	Sales :	34,80
	Log cost :	34,52
	Gross margin:	0,08
	GM sawn goods:	-39,81
	Sales yield:	135,28
	S.Y.Sawn goods:	121,01



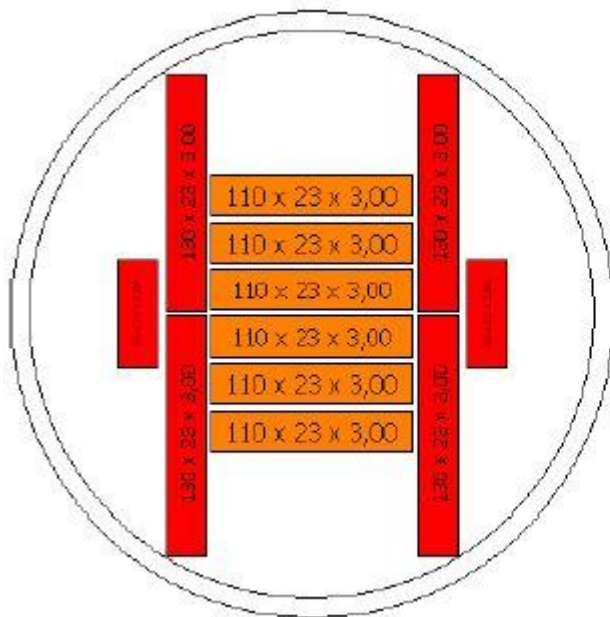
Number		370
Log	Small end diam.(mm) :	211,20
	GM /M3 swm:	210 - 220
	Volume (dm3) :	115,35
	Total yield :	35,89
Yield	Main Center :	21,53
	Salv. center :	0,00
	Side :	14,36
	Chips :	53,99
	Sawdust:	10,12
Finance	Sales :	15,84
	Log cost :	12,26
	Gross margin:	3,57
	GM sawn goods:	48,83
	Sales yield:	137,29
	S.Y.Sawn goods:	123,83



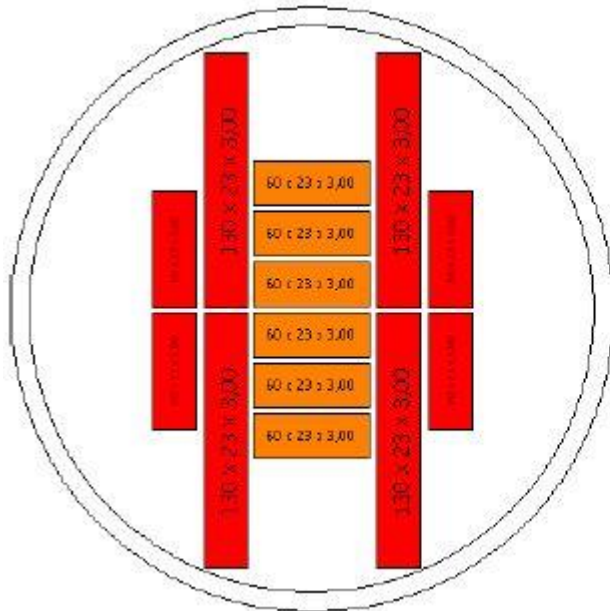
Number		341
Log	Small end diam.(mm) :	285,40
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	205,65
	Total yield :	36,91
Yield	Main Center :	12,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	24,83
	Chips :	54,40
	Sawdust:	8,69
Finance	Sales :	28,96
	Log cost :	27,76
	Gross margin:	1,20
	GM sawn goods:	-20,70
	Sales yield:	140,82
	S.Y.Sawn goods:	127,33



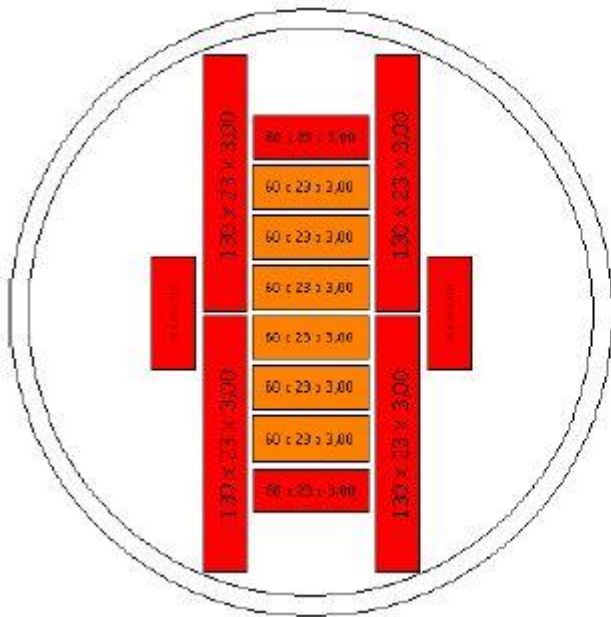
Number		273
Log	Small end diam.(mm) :	308,46
	GM /M3 swm:	300 - 310
	Volume (dm3) :	239,01
	Total yield :	37,53
Yield	Main Center :	19,05
	Salv. center :	0,00
	Side :	18,48
	Chips :	54,77
	Sawdust:	7,70
Finance	Sales :	34,18
	Log cost :	32,26
	Gross margin:	1,92
	GM sawn goods:	-14,64
	Sales yield:	143,01
	S.Y.Sawn goods:	129,48



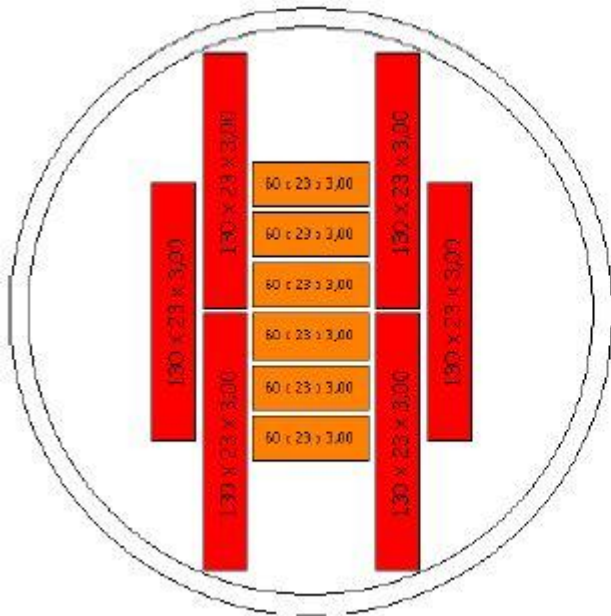
Number		270
Log	Small end diam.(mm) :	308,46
	GM /M3 swm:	300 - 310
	Volume (dm3) :	239,01
	Total yield :	37,53
Yield	Main Center :	19,05
	Salv. center :	0,00
	Side :	18,48
	Chips :	53,83
	Sawdust:	8,64
Finance	Sales :	34,14
	Log cost :	32,26
	Gross margin:	1,88
	GM sawn goods:	-14,64
	Sales yield:	142,83
	S.Y.Sawn goods:	129,48



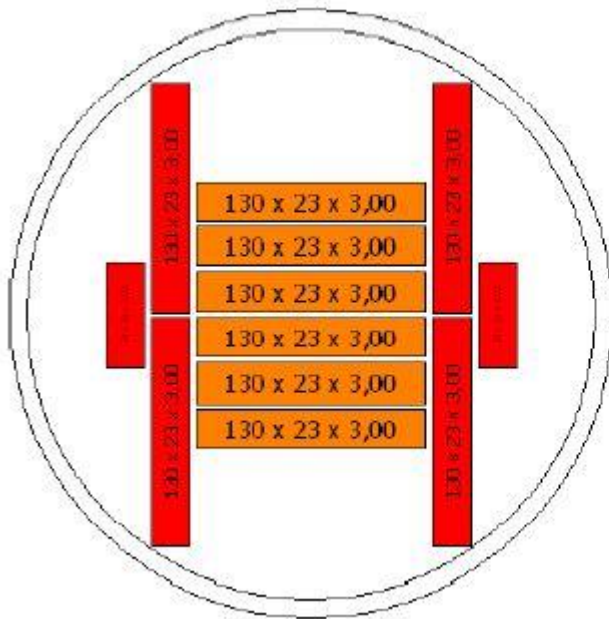
Number		343
Log	Small end diam.(mm) :	285,40
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	205,65
	Total yield :	37,58
Yield	Main Center :	12,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	25,50
	Chips :	53,73
	Sawdust:	8,69
Finance	Sales :	29,40
	Log cost :	27,76
	Gross margin:	1,65
	GM sawn goods:	-14,17
	Sales yield:	142,98
	S.Y.Sawn goods:	129,65



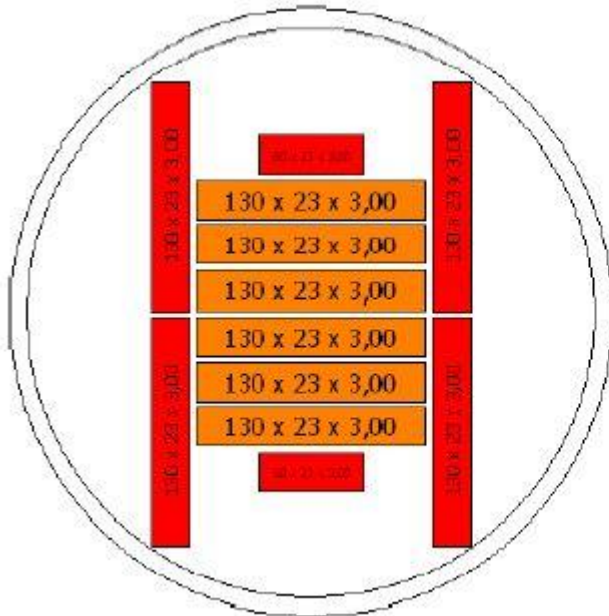
Number		344
Log	Small end diam.(mm) :	285,40
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	205,65
	Total yield :	37,58
Yield	Main Center :	12,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	25,50
	Chips :	53,20
	Sawdust:	9,22
Finance	Sales :	29,38
	Log cost :	27,76
	Gross margin:	1,63
	GM sawn goods:	-14,17
	Sales yield:	142,88
	S.Y.Sawn goods:	129,65



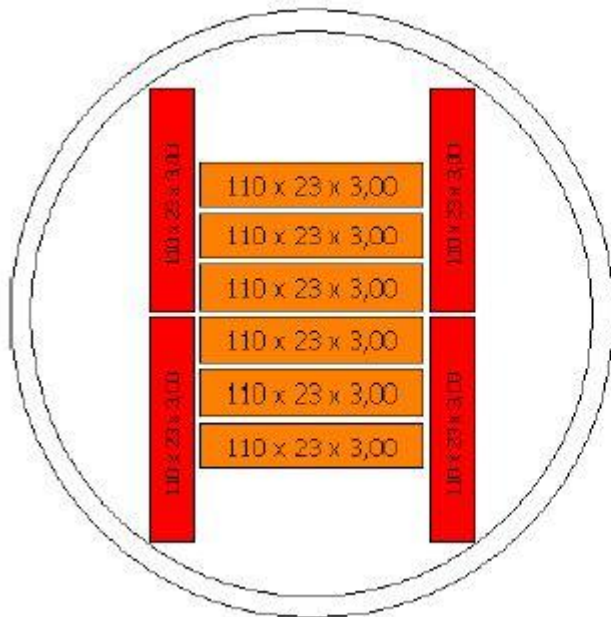
Number		337
Log	Small end diam.(mm) :	285,40
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	205,65
	Total yield :	38,25
Yield	Main Center :	12,08
	Salv. center :	0,00
	Side :	26,17
	Chips :	53,06
	Sawdust:	8,69
Finance	Sales :	29,85
	Log cost :	27,76
	Gross margin:	2,09
	GM sawn goods:	-7,87
	Sales yield:	145,13
	S.Y.Sawn goods:	131,96



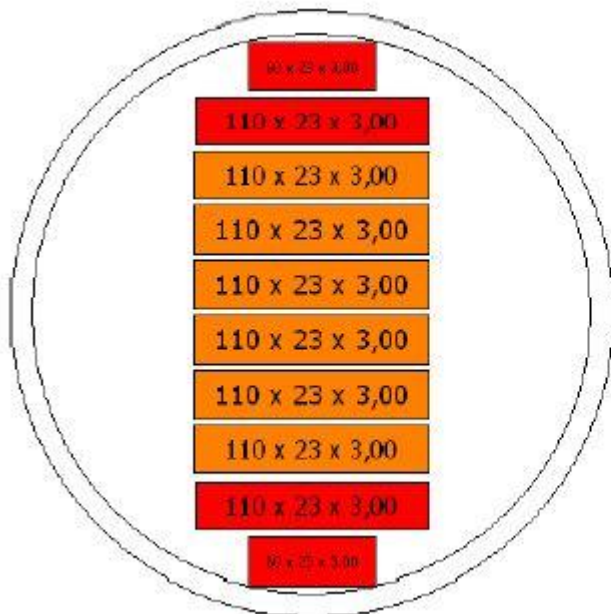
Number		70
Log	Small end diam.(mm) :	319,42
	GM /M3 swm:	310 - 320
	Volume (dm3) :	255,74
	Total yield :	38,31
Yield	Main Center :	21,04
	Salv. center :	0,00
	Side :	17,27
	Chips :	53,17
	Sawdust:	8,51
Finance	Sales :	37,18
	Log cost :	34,52
	Gross margin:	2,66
	GM sawn goods:	-7,29
	Sales yield:	145,37
	S.Y.Sawn goods:	132,18



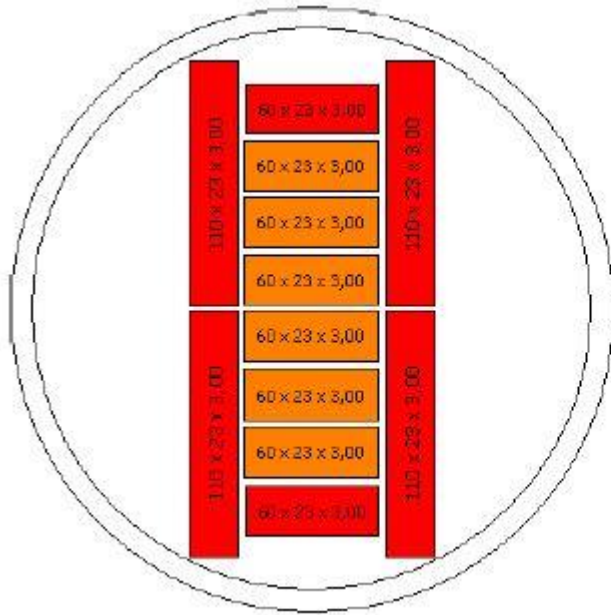
Number		80
Log	Small end diam.(mm) :	319,42
	GM /M3 swm:	310 - 320
	Volume (dm3) :	255,74
	Total yield :	38,31
Yield	Main Center :	21,04
	Salv. center :	0,00
	Side :	17,27
	Chips :	53,89
	Sawdust:	7,80
Finance	Sales :	37,21
	Log cost :	34,52
	Gross margin:	2,69
	GM sawn goods:	-7,29
	Sales yield:	145,50
	S.Y.Sawn goods:	132,18



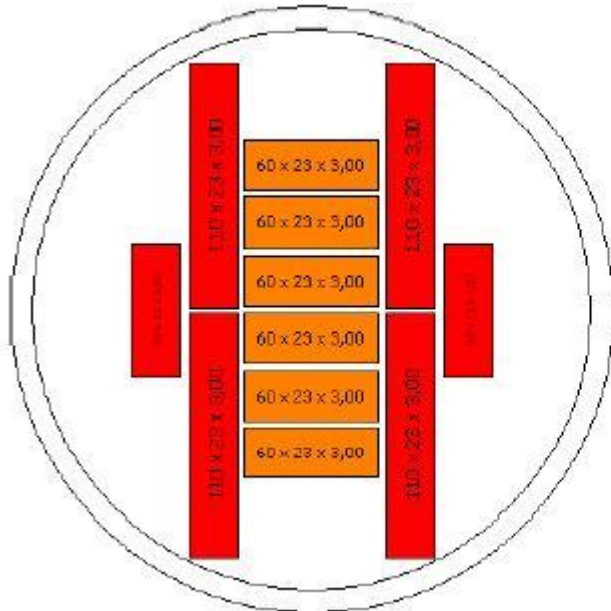
Number		310
Log	Small end diam.(mm) :	275,23
	GM /M3 swn:	270 - 280
	Volume (dm3) :	191,74
	Total yield :	39,58
Yield	Main Center :	23,75
	Salv. center :	0,00
	Side :	15,83
	Chips :	52,56
	Sawdust:	7,86
Finance	Sales :	28,68
	Log cost :	25,88
	Gross margin:	2,80
	GM sawn goods:	4,04
	Sales yield:	149,57
	S.Y.Sawn goods:	136,57



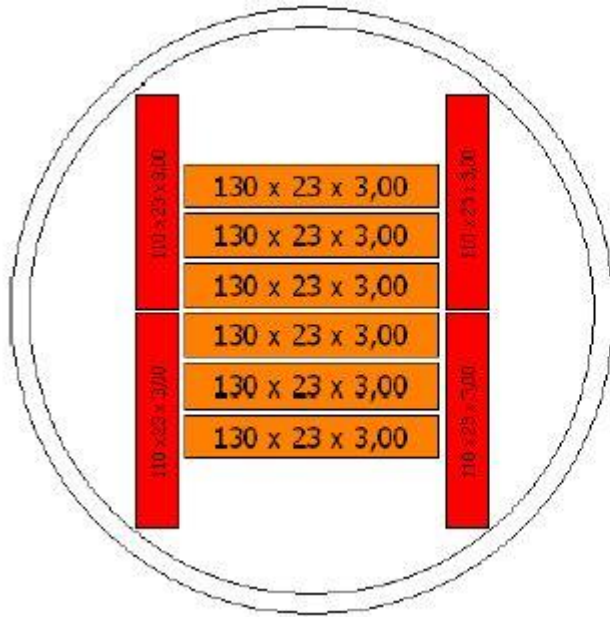
Number		248
Log	Small end diam.(mm) :	281,48
	GM /M3 swn:	260 - 270
	Volume (dm3) :	173,71
	Total yield :	39,72
Yield	Main Center :	26,22
	Salv. center :	0,00
	Side :	13,51
	Chips :	52,43
	Sawdust:	7,85
Finance	Sales :	26,06
	Log cost :	23,44
	Gross margin:	2,61
	GM sawn goods:	5,22
	Sales yield:	150,02
	S.Y.Sawn goods:	137,04



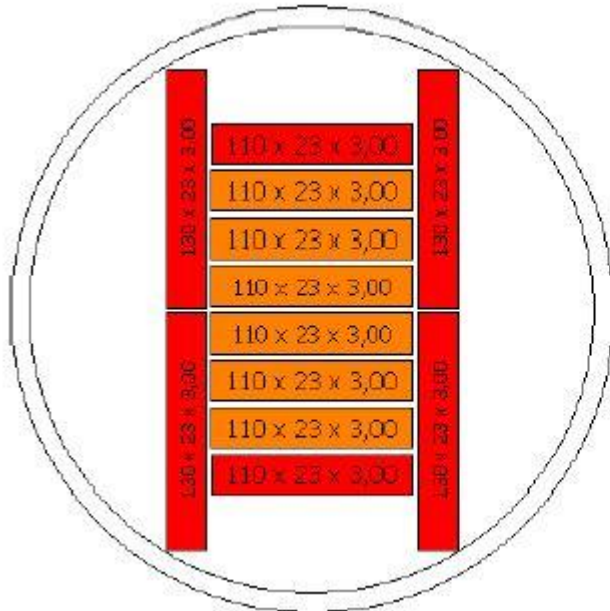
Number		382
Log	Small end diam.(mm) :	249,10
	GM /M3 swm:	240 - 250
	Volume (dm3) :	158,23
	Total yield :	40,12
Yield	Main Center :	15,70
	Salv. center :	0,00
	Side :	24,42
	Chips :	51,57
	Sawdust:	8,31
	Finance	Sales :
	Log cost :	21,36
	Gross margin:	2,57
	GM sawn goods:	8,57
	Sales yield:	151,20
	S.Y.Sawn goods:	138,41



Number		381
Log	Small end diam.(mm) :	249,10
	GM /M3 swm:	240 - 250
	Volume (dm3) :	158,23
	Total yield :	40,12
Yield	Main Center :	15,70
	Salv. center :	0,00
	Side :	24,42
	Chips :	49,97
	Sawdust:	9,91
	Finance	Sales :
	Log cost :	21,36
	Gross margin:	2,52
	GM sawn goods:	8,57
	Sales yield:	150,90
	S.Y.Sawn goods:	138,41



Number		180
Log	Small end diam.(mm) :	287,45
	GM /M3 swm:	280 - 290
	Volume (dm3) :	208,53
	Total yield :	40,37
Yield	Main Center :	25,81
	Salv. center :	0,00
	Side :	14,56
	Chips :	51,83
	Sawdust:	7,80
Finance	Sales :	31,72
	Log cost :	28,14
	Gross margin:	3,57
	GM sawn goods:	10,66
	Sales yield:	152,10
	S.Y.Sawn goods:	139,27



Number		271
Log	Small end diam.(mm) :	308,46
	GM /M3 swm:	300 - 310
	Volume (dm3) :	239,01
	Total yield :	40,42
Yield	Main Center :	19,05
	Salv. center :	0,00
	Side :	21,36
	Chips :	51,89
	Sawdust:	7,70
Finance	Sales :	36,40
	Log cost :	32,26
	Gross margin:	4,14
	GM sawn goods:	11,05
	Sales yield:	152,27
	S.Y.Sawn goods:	139,44