



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO AGROECOSSISTEMAS DA AMAZÔNIA**

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONVERSÃO DA TORA POR
PROCESSAMENTO MECÂNICO NA INDUSTRIALIZAÇÃO DA MADEIRA**

Dissertação submetida à consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Ciências Agrárias, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia.

Manoel Sebastião Pereira de Carvalho

2011

Esta dissertação foi apresentada ao Conselho de Pós-Graduação da Universidade federal Rural da Amazônia como requisito à obtenção do grau de Doutor em Ciências Agrárias, outorgado pela Universidade federal Rural da Amazônia.

MANOEL SEBASTIÃO PEREIRA DE CARVALHO
Prof. Msc. Adjunto IV da Universidade Federal Rural da Amazônia

Dissertação aprovada em/...../.....

Prof. Dr, Visitante, Jorge Alberto Gazel Yared da Universidade Federal Rural da Amazônia
Orientador

Prof. PhD. Associado I, Suelo Numazawa da Universidade Federal Rural da Amazônia
Avaliador

Prof. PhD. Associado I, Alcir Tadeu de Oliveira Brandão da Universidade Federal Rural da Amazônia
Avaliador

Pesquisador PhD. Osmar José Romeiro de Aguiar da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental
Avaliador

Prof. Dr, Alcebíades Negrão Macêdo da Universidade Federal do Pará
Avaliador

A

DEUS.

Aos meus Pais,

MANOEL RAIMUNDO DE CARVALHO e ANA PEREIRA DE CARVALHO, por tudo que sou hoje.

As minhas três eternas princesas,

MARIZA, minha esposa; VANESSA e MARISSA minhas filhas, por serem fantásticas.

Aos meus irmãos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu bom DEUS, porque sem ELE não seria possível realizar este trabalho, pois foi ELE mesmo quem disse: “sem MIM nada podeis fazer”. Tenho certeza que fui apenas um instrumento DELE durante todo o tempo empregado na realização deste trabalho, que foi sempre direcionado pelo SEU SANTO ESPÍRITO. Agradeço por ter estado sempre do meu lado em todas as horas, fáceis ou difíceis, nunca me abandonando ou me deixando desanimar, dando-me força e coragem para ir sempre em frente.

Agradeço à minha esposa MARIZA e minhas filhas VANESSA e MARISSA, que foram compreensivas o suficiente, durante toda a realização deste trabalho, principalmente pelas vezes que tive de deixá-las sem a minha atenção, em benefício deste projeto; por terem a paciência de aturar as minhas “rabugices” e agradeço ainda a essas três MENINAS-MULHERES FANTÁSTICAS, que são a inspiração de tudo na minha vida. Pois, apenas seus simples sorrisos são suficientes para que todas as dificuldades sejam ultrapassadas.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. JORGE ALBERTO GAZEL YARED, pela grande ajuda, colaboração, orientação, sugestões e ânimo nas horas difíceis do trabalho.

Agradeço ao meu grande amigo, irmão e co-orientador, o Prof. .PhD. JOÃO OLEGÁRIO PEREIRA DE CARVALHO, por sua incansável e inesgotável ajuda e orientação, durante todo o tempo de realização deste trabalho; NUNCA me negando nada que pudesse comprometer o andamento deste projeto; Muitas vezes levando material à tira-colo para ser corrigido em suas viagens profissionais, ou mesmo em suas viagens de férias. Mesmo assim não lhe faltou o bom humor, a amizade, a dedicação, e a responsabilidade que tanto lhe é peculiar.

Agradeço ao meu amigo Prof. PhD. SUEO NUMAZAWA, parceiro de todos os trabalhos, de todas as consultorias e de todas as horas, que construiu esse trabalho comigo, revisou, orientou, sugeriu e foi o grande incentivador para a realização do mesmo, me cobrando quase que diariamente a conclusão do meu doutorado.

Agradeço também ao meu amigo Prof. PhD ALCIR TADEU DE OLIVEIRA BRANDÃO, pela sua grande ajuda nas correções dos textos, nas indicações de literaturas e artigos os quais sempre me auxiliou para o bom conteúdo deste trabalho, além de parceiro na realização de vários trabalhos que compõem esta tese.

Agradeço também ao Eng. Agrônomo ELIEL GALVÃO, pela ajuda e colaboração nos trabalhos que originaram esta tese.

RESUMO

A otimização ou melhoria contínua nos processos de transformação mecânica da madeira é uma necessidade nas indústrias e deve começar pelo setor de desdobro primário. Em geral, as técnicas que vêm sendo empregadas neste setor em muitas indústrias, nem sempre levam a resultados satisfatórios de rendimento, qualidade do corte e economia no consumo de energia para o processamento. A forma mais adequada de gerar alternativas para solucionar estes e outros problemas passa pelo conhecimento do rendimento produtivo das indústrias e do volume de resíduos existente, além dos possíveis usos que podem ser dados a este material. Sendo assim, neste trabalho determinou-se os índices de conversão da tora em madeira serrada, da tora em lâminas torneadas, da tora em lâminas faqueadas e do serrado bruto em madeira beneficiada ou acabada. O rendimento médio obtido para a conversão de tora em madeira serrada foi de 61,7%, para a conversão de tora em madeira torneada foi de 63,1%, para a conversão de tora em madeira faqueada foi de 48,0% e para a conversão de serrado bruto em produto acabado foi de 54,3% para piso e 68,1 % para deck. O rendimento da indústria na transformação de madeira serrada, torneada, faqueada e de produtos acabados, depende diretamente da qualidade e sanidade das toras, das espécies, da mão-de-obra especializada ou treinada, da regulagem e manutenção dos equipamentos e do grau tecnológico da indústria.

ABSTRACT

The continuous improvement in the process of mechanical transformation of timber is a need in the industries and it must start by the primary saw sector. In general the techniques that are being used by this sector in several industries do not lead to sufficient results of yield, quality of cutting and economics in the use of energy for the timber processing. The best way to create alternatives to solve these problems goes by the knowledge of the yield of the industries, the existing volume of woody debris, and the use of that material. So, in this work the indices of conversion of log to lumber, log to sliced veneers, log to rotary cut veneers, and lumber to processed timber were calculated. The medium yield obtained to convert log to lumber was 61.7%, log to sliced veneers was 48.0%, lumber to final product was 54.3% for floor and 68.1 for deck. The yield of the industry in the lumber processing, rotary cut veneers, sliced veneers and final products depends on the quality and health of logs, species, specialized labour, calibration and maintenance of equipment and technologic dimension of the industry.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. HIPÓTESE	17
3. OBJETIVO GERAL	17
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. PROBLEMA	18
5. REVISÃO DE LITERATURA	19
6. MATERIAL E MÉTODO	26
6.1 Determinação do índice de conversão da tora em madeira serrada	26
6.1.1 Determinação de volume geométrico da tora	27
6.1.2 Processamento mecânico da tora	28
6.1.2.1 Corte 1: Corte da tora, em serra de fita	28
6.1.2.2 Corte 2: Corte em multi-serra para padronização de largura das peças	30
6.1.2.3 Corte 3: Corte em multi-serra dos serrados para padronização de largura das peças oriundas do corte 2	31
6.1.2.4 Corte 4: Corte em multi-serra de serrados para produção de ripas	32
6.1.2.5 Corte 5: Corte em destopadeira para padronização de comprimento das ripas	33
6.1.2.6 Corte 6: Corte em destopadeira para padronização de comprimento das peças de serrado do Corte 2	34
6.1.2.7 Corte 7: Corte em multi-serra para produção de madeira para ripas, assoalhos, janelas e portas	35
6.1.2.8 Corte 8: Corte em destopadeira para produção de peças semi-acabadas (tábuas e pernamancas)	35
6.1.2.9 Corte 9: Corte em moldureira para produção de peças para janelas, portas e assoalhos	36
6.1.2.10 Corte 10: Corte em multi-serra para produção de ripas – Setor complementar	37
6.1.2.11 Corte 11: Corte em esquadrejadeira para produção de sarrafos e outras peças	39
6.2 Determinação do coeficiente de conversão volumétrica da tora em lâminas torneadas para fabricação de compensado	40
	21

6.2.1	Amostragem das toras para o estudo	40
6.2.2	Sobras de fustes no pátio da indústria	41
6.2.3	Aproveitamento do fuste em toras de comprimento padronizado – APF	42
6.2.4	Conversão mecânica da tora em lâminas torneadas	42
6.2.5	Rendimento de lâminas obtidas no torno – RLT	42
6.2.6	Rendimento total de lâminas obtidas das toras – RTL	43
6.2.7	Rendimento total de lâminas obtidas de toras e sobras de fustes – RTLTF	45
6.2.8	Rendimento final de lâminas obtidas de toras e sobras de fuste – RFLF	45
6.3	Determinação do índice de conversão da tora em lâminas faqueadas	46
6.3.1	Seleção das toras	46
6.3.2	Desdobramento da tora em blocos	47
6.3.3	Cozimento, raspagem e aplainamento dos filés	48
6.3.4	Faqueamento dos filés	49
6.3.5	Secagem das lâminas	50
6.3.6	Guilhotinagem das lâminas	51
6.3.7	Determinação da área (m ²) das lâminas obtidas de cada tora	52
6.3.8	Etiquetagem e embalagem dos feixes de lâminas	52
6.3.9	Determinação dos resíduos obtidos durante o processamento da matéria-prima na indústria	53
6.3.10	Resíduos gerados no corte dos blocos (preparo dos filés)	54
6.3.11	Faqueamento dos filés	55
6.3.12	Guilhotinagem das lâminas	55
6.3.13	Cálculo do rendimento e do índice	56
6.3.13.1	Determinação do rendimento	56
6.3.13.2	Determinação do índice de conversão da tora em lâminas faqueadas	57
6.4	Determinação do índice de conversão mecânica do serrado bruto em madeira beneficiada e ou acabada	57
6.4.1	Avaliação do serrado bruto no pátio de estocagem	59
6.4.2	Perda devido à secagem da madeira (serrado bruto)	59
6.4.3	Processo de conversão do serrado bruto em produtos acabados	59
6.4.4	Perda por etapa de conversão do serrado bruto em madeira beneficiada	61
6.4.5	Estimativa de partículas geradas no processo de conversão do serrado bruto em madeira beneficiada (serragem e maravalhas)	61

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
7.1. Índice de conversão da tora em madeira serrada	62
7.2. Coeficiente de conversão volumétrica da tora em lâminas torneadas para fabricação de compensado	69
7.2.1. Sobras de fuste no pátio da indústria	69
7.2.2. Aproveitamento do fuste em toras de comprimento padronizado – APF	70
7.2.3. Rendimento da tora em lâminas torneadas	71
7.2.4. Rendimento de lâminas obtidas da tora cilindrada – RLT	71
7.2.5. Rendimento total de lâminas obtidas das toras – RLT	74
7.2.6. Rendimento total de lâminas obtidas de toras e sobras de fuste – RLT	75
7.2.7. Rendimento final de lâminas obtidas de toras e sobras de fuste – RFL	76
7.3. Índice de conversão da tora em lâminas faqueadas	79
7.3.1. Qualidade das toras	79
7.3.2. Quantificação dos resíduos	79
7.3.3. Rendimentos	81
7.3.4. Análise estatística	82
7.4. Índice de conversão mecânica do serrado bruto em madeira beneficiada e ou acaba	84
7.4.1. Avaliação do serrado bruto no pátio de estocagem	84
7.4.2. Perda devido à secagem da madeira em estufa	85
7.4.3. Rendimento e Índice de conversão do serrado bruto em produtos beneficiados	85
7.4.4. Serrado bruto em piso da espécie ipê (<i>Tabebuia serratifolia</i> , (Vahl) G. Nichols)	86
7.4.5. Serrado bruto em piso da espécie jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> , L)	87
7.4.6. Serrado bruto em piso da espécie muiracatiara (<i>Astronium lecointe</i> , Ducke)	88
7.4.7. Serrado bruto em piso da espécie cumarú (<i>Dipterix odorata</i> , (Aubl.) Willd.)	89
7.4.8. Serrado bruto em deck da espécie maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i> , (Ducke) Chevalier)	90
7.4.9. Serrado bruto em deck da espécie cumarú (<i>Dipterix odorata</i> , (Aubl.) Willd.)	91
7.4.10. Serrado bruto em pré-cortado da espécie tauarí (<i>Couratari guianensis</i> , Aubl)	92
7.4.11. Perdas nas etapas de conversão	93

7.4.12. Estimativa de particulados do processo de conversão do serrado bruto em madeira beneficiada (serragem e maravalhas)	94
8. FATORES QUE INFLUÊNCIA DIRETAMENTE NO RENDIMENTO	99
8.1. Qualidade e Sanidade das toras	99
8.2. Regulagem e Manutenção dos equipamentos	101
8.3. Qualidade de mão-de-obra treinada	102
8.4. Grau de Tecnologia na Indústria	104
9. CONCLUSÕES	105
9.1 Contribuições para Políticas Públicas	106
10. RECOMENDAÇÕES	107
11. APÊNDICES	108
Apêndice 01	109
Apêndice 02	110
Apêndice 03	111
Apêndice 04	112
Apêndice 05	113
Apêndice 06	115
Apêndice 07	116
Apêndice 08	117
Apêndice 09	118
Apêndice 10	120
Apêndice 11	122
Apêndice 12	123
Apêndice 13	124
Apêndice 14	125
Apêndice 15	126
Apêndice 16	127
Apêndice 17	128
Apêndice 18	129
Apêndice 19	130
Apêndice 20	131
Apêndice 21	132
Apêndice 22	133
Apêndice 23	134
Apêndice 24	135
Apêndice 25	136
12. ANEXOS	137
Anexo 01	138
Anexo 02	178
Anexo 03	203
Anexo 04	208

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Fluxo do processo produtivo da indústria Rio do Norte – Paragominas	27
FIGURA 02 - Medições de diâmetro da tora nas duas extremidades (vertical e horizontal)	29
FIGURA 03 - Serra de fita – desdobro primário	29
FIGURA 04 - Pranchas de uma e duas polegadas	29
FIGURA 05 - Medições de espessura, largura e comprimento da peça produzida no Corte 1	30
FIGURA 06 - Corte 2 de serrado proveniente do Corte 1, em multi-serra	31
FIGURA 07- Serrados obtidos no Corte 2, em multi-serra	31
FIGURA 08 - Restos de serrados aproveitáveis (A, B e C), provenientes de Corte 2	32
FIGURA 09 - Reaproveitamento de resíduos oriundos do Corte 2, em serra circular	33
FIGURA 10 - Reaproveitamento de resíduos oriundos do Corte 4, em serra circular para produção de ripas	33
FIGURA 11 - Ripas de diferentes comprimentos	34
FIGURA 12 - Ripas de comprimento padronizado (A e B)	35
FIGURA 13 - Corte em destopadeira para padronização do comprimento da peça	35
FIGURA 14 - Lotes de serrados de diferentes comprimentos	35
FIGURA 15- Corte em serra circular para produção de peças para assoalhos, janelas e portas	36
FIGURA 16 - Corte em destopadeira para padronização do comprimento da peça	36
FIGURA 17 - Peças de madeira destopadas para serem processadas no setor complementar de reaproveitamento de resíduos para ripas e sarrafos	37
FIGURA 18 - Resíduos destinados para produção de peças para janelas, portas e assoalhos	38
FIGURA 19 - Moldureira para produção de peças para janelas, portas e assoalhos	38
FIGURA 20 - Resíduos diversos gerados durante o processamento mecânico nas diferentes etapas de desdobramento	39
FIGURA 21 - Resíduos diversos destinados para o estudo de rendimento de produção de ripas	40
FIGURA 22 - Ripeira (A) para produção de ripas e Destopadeira (B) para padronização de comprimento de ripas e Lote de ripas (C)	40

FIGURA 23 - Esquadrejadeira (A) para produção de sarrafos, Destopadeira (B) para padronização de comprimento de sarrafos e Lote de sarrafos (C)	41
FIGURA 24 - Sobras de fuste após a retirada de defeitos (podridão do topo)	42
FIGURA 25 - Lâmina contínua de torno, (B) Medição da circunferência da tora cilindrada e (C) do rolete (rolo resto)	43
FIGURA 26 - (A) Lâminas advindas de torneamento e (B) Lâminas apropriadas obtidas na guilhotina grande	45
FIGURA 27 - (A) Guilhotina e Lâminas com defeitos: (B e C) Perfurações transversais; (D) Rachaduras longitudinais; (E) Rachadura transversal (F)	45
FIGURA 28 - Aproveitamento de lâminas impróprias oriundas da guilhotina grande para produção de lâminas transversais para compensado	45
FIGURA 29 - (A) Lâminas impróprias oriundas de cilindramento da tora e (B) Corte na guilhotina pequena para produção de lâminas transversais para compensado	46
FIGURA 30 - Medições dos diâmetros e do comprimento da tora para cálculo do volume geométrico	48
FIGURA 31 - Marcação e corte para obtenção dos blocos em serra	48
FIGURA 32 - Corte para obtenção do filé em serra fita	49
FIGURA 33 - Tanque de cozimento dos filés	49
FIGURA 34 - Raspagem para retirada de manchas dos filés	50
FIGURA 35 - Filé pronto com face plana para faqueamento	50
FIGURA 36 - Faqueadeira vertical (A) e horizontal (B)	51
FIGURA 37 - Lâminas de madeira saindo da secadora	51
FIGURA 38 - Feixes de lâminas de madeira após a secagem	52
FIGURA 39 - Lotes de lâminas de madeira a serem guilhotinadas após a secagem	52
FIGURA 40 - Feixe com 24 lâminas passando no sensor luminoso para cálculo da área total	53
FIGURA 41 - Feixe de lâminas codificado pelo computador	53
FIGURA 42 - Feixes de lâminas de cada tora, embalados em lona plástica	54
FIGURA 43(A) - Determinação do peso da amostra de madeira	55
FIGURA 43(B) - Determinação do volume da amostra de madeira pelo método de pesagem	55
FIGURA 44 - Resíduos gerados durante o corte dos blocos (serragem)	55
FIGURA 45 - Resíduos gerados no preparo dos filés (costaneiras)	55
FIGURA 46 - Resíduos de preparo do filé (miolo)	56

FIGURA 47 - Resíduos de faqueamento (lâminas e restos em forma de prancha)	56
FIGURA 48 - Resíduos de guilhotinagem. (Aparas laterais)	57
FIGURA 49 - Resíduos de guilhotinagem. (Aparas das extremidades)	57
FIGURA 50 - Amostras de serrado bruto úmido no pátio da indústria	59
FIGURA 51 - Amostras de serrado bruto (seco) saído da estufa	60
FIGURA 52 - Medições de espessura (A), largura (B) e comprimento (C) da peça de serrado bruto	61
FIGURA 53 - Peças de madeira com podridão interna causando redução no aproveitamento	65
FIGURA 54 - Finas costaneiras retiradas na Etapa I	66
FIGURA 55 - Pilhas de roletes mostrando a perda devido à sanidade da tora (podridão e rachaduras)	74
FIGURA 56 - Amostra de um lote de serrado bruto seco sem ataque de agentes biodegradadores	86
FIGURA 57 - Peças de serrado bruto, empenadas devido à secagem em estufa	86
FIGURA 58 - (A) Serrado bruto e (B) Pilha de deck com dimensões homogêneas	98
FIGURA 59 - Pisos de diferentes comprimentos	98
FIGURA 60 - Serrado bruto de várias dimensões	98
FIGURA 61 - Pré-cortados de várias dimensões	99
FIGURA 62 - (A) Multilâmina, (B) Plaina, (C) Destopadeira e (D) Moldureira	99
FIGURA 63 - Qualidade das toras - toras tortas (A) e toras com sapopemas (B)	102
FIGURA 64 - Sanidade das toras - toras podres e rachadas (A) e toras ocadas (B)	102
FIGURA 65 - Resíduos causados pela falta de Qualidade e Sanidade das toras, resíduos de torno (A) e resíduos de faqueadeira (B)	103
FIGURA 66 - Toras maciça de boa Qualidade e Sanidade	103
FIGURA 67 - Maquinários em precárias condições de funcionamento e sem nenhuma regulagem e manutenção	104
FIGURA 68 - Maquinários em precárias condições de funcionamento e sem nenhuma regulagem e manutenção	104
FIGURA 69 - Funcionários sem nenhum treinamento, com mãos em cima dos equipamentos, sem uniforme adequado e sem usos de EPIs	105
FIGURA 70 - Funcionários sem nenhum treinamento, subindo no equipamento, usando equipamento indevido para essa operação, sem uniforme adequado e sem usos de EPIs	105

FIGURA 71 - Funcionários treinados, especializados, usando uniforme adequado e usos corretos de EPIs	105
FIGURA 72 - Funcionários treinados, especializados, usando uniforme adequado e usos corretos de EPIs	106
FIGURA 73 - Maquinário de alta tecnologia que fazem parte do processo industrial dentro das indústrias madeireiras	106
FIGURA 74 - Maquinário de alta tecnologia que fazem parte do processo industrial dentro das indústrias madeireiras	107

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 - Volume total de serrado bruto utilizado por espécie estudada	60
QUADRO 02 - Rendimento de processamento mecânico da tora em madeira serrada	64
QUADRO 03 - Produção e rendimentos de serrados por setores da indústria, Principal e Secundário, e por tipos de máquina	66
QUADRO 04 - Aumento de rendimento com uso de multi-serras “ripeira e esquadrejadeira” nos Setores Principal (SP)e Secundário (SS)	67
QUADRO 05 - Demonstrativo de sobras de fuste devido à padronização do comprimento das toras destinadas ao torno	71
QUADRO 06 - Demonstrativo de aproveitamento do fuste em toras de comprimento padronizado – APF	72
QUADRO 07 - Médias de rendimento da tora cilindrada em lâminas torneadas	74
QUADRO 08 - Valores médios de diâmetro dos roletes (rolo resto) das espécies estudadas	75
QUADRO 09 - Rendimento total de lâminas obtidas de toras	76
QUADRO 10 - Rendimento final de lâminas obtidas de toras e de topos de fuste	77
QUADRO 11 - Rendimento final de lâminas obtidas dos fustes processados	78
QUADRO 12 - Perdas, Rendimentos e Índices de Conversão mecânica da tora em lâminas faqueadas	82
QUADRO 13 - Rendimento médio da conversão mecânica da tora em laminas faqueadas	83
QUADRO 14 - Análise de Variância a nível de 5% de probabilidade	83
QUADRO 15 - Dimensões médias de serrado bruto processado	87
QUADRO 16 - Rendimento do serrado bruto (SB) em piso da espécie ipê (<i>Tabebuia serratifolia</i> , (Vahl) G. Nichols)	88

QUADRO 17 - Rendimento de serrado bruto em piso da espécie jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> , L.)	89
QUADRO 18 - Rendimento de serrado bruto em piso da espécie muiracatiara (<i>Astronium lecointe</i> , Ducke)	90
QUADRO 19 - Rendimento de serrado bruto em piso da espécie cumarú (<i>Dipterix odorata</i> , (Aubl.) Willd.)	91
QUADRO 20 - Rendimento de serrado bruto em deck da espécie maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i> , (Ducke) Chevalier)	92
QUADRO 21 - Rendimento de serrado bruto em deck da espécie cumarú (<i>Dipterix odorata</i> , (Aubl.) Willd)	93
QUADRO 22 - Rendimento de serrado bruto em Pré-cortado da espécie tauarí (<i>Couratari guianensis</i>, Aubl))	94
QUADRO 23 - Médias de perdas de madeira em cada etapa de conversão	95
QUADRO 24 - Repartição de resíduos particulados gerados durante a conversão de serrado bruto em madeira beneficiada	96
QUADRO 25 - Resumo de Rendimento, Perdas e Índice de conversão mecânica do serrado bruto em piso, deck e pré-cortados das espécies estudadas	97

1. INTRODUÇÃO.

A indústria de madeira serrada começou a ser implantada no Brasil há aproximadamente um século, passando por contínua expansão e sendo atualmente um dos mais importantes setores da indústria. Como fonte de matéria-prima, esta atividade utilizou, durante décadas, madeira oriunda das grandes extensões de florestas nativas, principalmente das florestas de araucária, as quais chegaram ao esgotamento. Estas serrarias instaladas para este tipo de matéria-prima utilizavam inicialmente serras de quadro e posteriormente serras de fita com volantes de grandes diâmetros e, em função da variabilidade de diâmetros e espécies, eram providas de pouca ou nenhuma automação (ROCHA, 2003).

O Brasil é um país ainda com grandes reservas de madeira nativa na região Norte, onde quase que a totalidade das serrarias a utiliza como fonte de matéria-prima. Nas regiões Sul e Sudeste, o setor de madeira serrada também utilizou, durante décadas, como principal fonte de matéria-prima, as essências oriundas das florestas nativas. Com o aumento da demanda e diminuição dos estoques destas florestas, além das pressões ambientais, associados à falta de uma política que ampare o serrador e proporcione condições de uso das mesmas, o setor viu-se na necessidade de buscar alternativas para suprir as necessidades da crescente demanda. Encontrou-se nos grandes maciços florestais com espécies de rápido crescimento, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, uma alternativa viável para grande parte dos usos da madeira serrada (ROCHA, 2005).

A partir da década de 1960, com a escassez de matéria-prima nativa e por causa da lei de incentivo fiscal para reflorestamentos, as indústrias de papel e celulose, bem como algumas outras indústrias do setor madeireiro, deram início a um amplo programa de implantação de grandes maciços florestais com essências exóticas. Na Região Sul, as principais espécies utilizadas foram *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. Inicialmente, as áreas reflorestadas com *Pinus* foram destinadas ao suprimento de fibras para a indústria de celulose. Porém, com o aumento da demanda na indústria de serrados, este setor foi em busca de matérias-primas alternativas, a fim de suprir as suas crescentes necessidades, substituindo a matéria-prima de grandes dimensões, obtida principalmente nas florestas nativas por madeira de pequenas dimensões, disponível nas plantações de *P. elliottii* e *P. taeda*. Este recurso florestal já responde por aproximadamente um quarto da produção de serrados no país (ROCHA, 2003).

A laminação não se constitui uma invenção moderna. Este processo produtivo de obtenção de lâminas de madeira iniciou-se no Antigo Egito, há cerca de 3000 anos a.C., e se destinava à confecção de peças de mobiliário pertencentes aos reis e príncipes (Albuquerque, 1996). A primeira máquina a produzir lâminas contínuas, por faqueamento de toras em torno desfolhador, surgiu em 1818; entretanto, nos Estados Unidos, existe uma patente de torno laminador de 1840 concedida a Dresser e, na França, outra, concedida a Garand, em 1844. Neste processo, as toras possuíam, normalmente, 2m de comprimento e a velocidade de laminação situava-se na faixa de 4 a 5 m/min. (MENDES et al., 2006).

Atualmente, o termo qualidade está cada vez mais difundido e empregado por mais pessoas e por mais empresas, que descobriram aí uma fonte de ganhos econômicos e financeiros, e acima de tudo uma forma de introduzir mais um indicador de competição. O conceito de qualidade vem adquirindo importância em âmbito mundial como: qualidade de produtos, qualidade de serviços, gestão de qualidade total, controle de qualidade, sistema de qualidade, garantia da qualidade e outros (FREITAS, 2000).

Oferecer um produto de boa aceitação para o mercado consumidor (interno e externo) tem sido a preocupação das empresas e, dentro desta categoria, são encontradas as empresas que beneficiam a madeira. Para que isso aconteça, o processo industrial de beneficiamento da madeira deve ser controlado, evitando os erros, as falhas e os desperdícios (FREITAS, 2000).

A conversão de toras em madeira serrada compreende o processamento de peças de seção circular ou elíptica em peças de seção retangular. É uma operação que permite um melhor aproveitamento da madeira, além de lhe conferir maior versatilidade para inúmeros usos (REMADE, 2003).

É importante abordar o processo industrial de beneficiamento de madeira, do índice de aproveitamento e do índice de desperdício, na Região Norte e principalmente no estado do Pará, porque a exploração de madeira nesta região do país é uma atividade comum e não tem um controle do que se perde no corte, no transporte e no beneficiamento (FREITAS, 2000).

A indústria de processamento primário de madeira deve produzir madeira serrada de qualidade, aproveitando, ao máximo, a matéria-prima, a fim de obter maior rentabilidade. Para alcançar esta meta, deve-se controlar a eficiência do aproveitamento do produto principal, determinada como rendimento, bem como a capacidade produtiva e os custos de produção de madeira serrada. O rendimento ou porcentagem de aproveitamento

é a relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume de toras produzido. Em geral, o rendimento obtido para coníferas está entre 55 a 65%, devido à forma mais retilínea do tronco, enquanto que o rendimento para folhosas está entre 45 a 55% (REMADE, 2003).

A indústria brasileira de madeiras evoluiu muito nos últimos anos, impulsionada por um mercado cada vez mais competitivo e exigente e atualmente representa 4% do Produto Interno Bruto (PIB), gerando aproximadamente 900 mil empregos diretos (ABIMCI, 2008).

O fato das indústrias de base florestal terem baixo rendimento e gerarem grandes quantidades de resíduos no processo produtivo, principalmente as indústrias de transformação primária, não é novidade. Porém, o aumento progressivo da quantidade de madeira desdobrada tem revelado problemas como o crescimento do consumo da matéria-prima madeira, em um momento que o mercado apresenta diminuição de oferta da mesma, ou ainda a disponibilização de quantidades ainda maiores de resíduos, que muitas vezes não tem utilização na indústria, onde os mesmos foram gerados (BRAND et. al, 2005).

Na medida em que o suprimento de toras diminui e seu preço se eleva, a indústria enfrenta uma pressão constante para melhorar a tecnologia e manter a rentabilidade. Por outro lado, com o acirramento da concorrência entre os produtores, devido à globalização da economia mundial, apenas sobreviverão às empresas que conseguirem tirar o máximo proveito de suas matérias-primas e se adaptarem rapidamente às mudanças de mercado (SZYMANI, 1995). No passado com matéria-prima abundante, toras de grandes dimensões e de baixo custo, as indústrias tinham menor preocupação com o aproveitamento de madeira. Esta situação mudou e com o uso cada vez mais frequente de espécies de rápido crescimento, de toras de pequenas dimensões e a forte concorrência do mercado, ganhos com produtividade tornaram-se imperativos (ROCHA et al., 2000).

O aproveitamento da tora em madeira serrada, em lâminas torneadas, lâminas faqueadas e produtos beneficiados ou acabados, num processo de conversão mecânica nas indústrias madeireiras varia de acordo com a tecnologia de desdobramento, qualidade do fuste e espécies, entre outros fatores (NUMAZAWA et. al., 2003).

A Instrução Normativa Nº 001 do IBAMA/MMA, de 05 de setembro de 1996 estabelece uma relação de 1,8 m³ de tora para 1,0 m³ de serrados, o que muitas vezes varia de acordo com a espécie e o nível tecnológico da indústria. Na Instrução Normativa Nº.001 de 30/12/2002, o IBAMA/MMA determina que as empresas de base florestal/madeira

busquem os seus índices de conversão mecânica da tora em madeira serrada, de acordo com o seu nível tecnológico de desdobramento.

A Instrução Normativa do IBAMA nº 112 de 16/08/2006 estabelece que o coeficiente de conversão volumétrica no processo de conversão mecânica da tora em lâminas torneadas é de 2m³ de tora para 1 m³ de lâminas, representando 50% de rendimento. Por outro lado, sabe-se que algumas indústrias podem obter maior ou menor rendimento do que é estabelecido pelo IBAMA.

O CONAMA publicou a Instrução Normativa – IN 411, em maio de 2009 que estabeleceu novos índices de Rendimentos para as Indústrias Processadoras de Madeiras (CONAMA, 2009), (ver anexo 2).

2. HIPÓTESE

O rendimento da indústria madeireira está relacionado com a qualidade e sanidade das toras, com características de cada espécie, com a regulagem e manutenção dos equipamentos, com qualidade de mão-de-obra treinada e com a tecnologia empregada.

3. OBJETIVO GERAL

Determinar o índice de conversão da tora em madeira serrada, torneadas, faqueadas, e madeira serrada em produtos beneficiados ou acabados.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinação do índice de conversão da tora em madeira serrada
- Determinação do coeficiente de conversão volumétrica da tora em lâminas torneadas para fabricação de compensado
- Determinação do índice de conversão da tora em lâminas faqueadas
- Determinação do índice de conversão mecânica do serrado bruto em madeira beneficiada ou acabada

4. O PROBLEMA

A otimização ou melhoria contínua nos processos de transformação mecânica da madeira é uma necessidade nas indústrias e deve começar pelo setor de desdobro primário. Em geral, as técnicas que vêm sendo empregadas neste setor em muitas indústrias, nem sempre levam a resultados satisfatórios de rendimento, qualidade do corte e economia no consumo de energia para o processamento (NÉRI, 2005).

A forma mais adequada de gerar alternativas para solucionar estes e outros problemas passa pelo conhecimento do rendimento produtivo das indústrias e do volume de resíduos existente, além dos possíveis usos que podem ser dados a este material. Sendo assim, é fundamental a realização da análise de cada fase do processo produtivo, caracterizado pelo balanço de materiais e pela avaliação do rendimento. Nesta avaliação é possível diagnosticar todas as entradas e saídas do processo, tendo como resposta a determinação das quantidades de produtos manufaturados e resíduos gerados durante o processo (BRAND et al, 2005).

Atualmente, nas indústrias, são empregadas diferentes máquinas de serragem e técnicas de desdobro, o que evidencia a necessidade de estudos de caracterização dos diferentes processos, quanto ao rendimento da madeira, qualidade do corte e consumo de energia (NÉRI, 2005).

Existem indústrias que detêm um nível tecnológico moderno de produção e por isso potencialmente podem apresentar um rendimento superior à média geral das indústrias que trabalham com desdobramento de madeira, portanto, com índice de conversão maior que o estabelecido pelo CONAMA de 2,25:1. (CONAMA, 2009) (ver anexo 2).

5. REVISÃO DE LITERATURA

A qualidade da madeira começa pela semente, justificando a importância do material genético para se obter uma matéria-prima homogênea e de qualidade. A qualidade da matéria-prima ideal para indústria envolve os seguintes parâmetros: homogeneidade, diâmetros adequados ao processo, baixa presença de tensões e rachaduras, grã direita, ausência de nós, retilínea, forma cilíndrica, ausência de podridão e ataque de pragas, baixa incidência de alburno, pouca diferença entre cerne e alburno, ausência de bolsas de resina, medula centralizada e ausência de impurezas (pedra, areia etc.) (REMADE, 2003).

A madeira serrada com características dimensionais adequadas melhora o rendimento, através da diminuição das variáveis e sobremedidas. O desdobro da madeira exige técnicas especiais, devido às condições intrínsecas da madeira; a grande ocorrência de tensões internas de crescimento prejudica sobremaneira o rendimento, através da tendência de rachamento das toras antes e durante a operação de desdobro (JUNIOR et al., 2005).

O processo convencional de desdobro de toras é um processo muito lento. A trajetória da tora e das peças serradas dentro da indústria é pouco automatizada, em função da variabilidade da matéria-prima. Isto resulta em baixa produção e eficiência (ROCHA, 2005).

A qualidade da tora está presa a fatores que antecedem a sua presença na serraria, como práticas silviculturais (espaçamento, fertilização, desbastes e desramas), técnicas de abate, derrubada e transporte das toras, bem como cuidados na estocagem das toras (limpeza, descascamento). A retidão e a uniformidade da superfície da tora influenciam muito no rendimento. Árvores com crescimento irregular e de formato cônico originam baixo aproveitamento, quando comparadas com aquelas retas e cilíndricas (REMADE, 2003).

No pátio de toras de uma indústria que utiliza técnicas convencionais, a matéria-prima geralmente é de origem nativa, com custo elevado, onde ocorre uma grande variação de espécies, diâmetros e comprimentos. A grande variação faz com que haja pequenos lotes (com poucas toras) distribuídos em várias classes diamétricas. Desta forma, a indústria não tem estoque suficiente para trabalhar por um período ou turno com uma única espécie, numa única classe diamétrica. Sendo assim, para que cada tora possa ser desdobrada é realizado um ajuste nos equipamentos de desdobro, ou seja, cada tora recebe um tratamento particular. Isto pode até implicar num melhor aproveitamento da tora, proporcionando um maior rendimento. Porém, a eficiência é muito pequena (ROCHA, 2005).

A presença de encurvamento na tora reflete-se na produção de peças de menor largura, afetando o volume do material serrado e, conseqüentemente, o rendimento. As toras mais cônicas também redundam na produção de peças mais curtas. A maioria dos defeitos inerentes à madeira encontrados atualmente podem ser minimizados através do manejo florestal e do melhoramento genético. A idade de corte das árvores é um dos fatores preponderantes para se obter um material de qualidade (FREITAS, 2000).

O processo de colheita da madeira e seu transporte devem obedecer a alguns preceitos e existem algumas técnicas que podem ser utilizadas para que a madeira tenha

maximizado o seu potencial de uso. As árvores jamais devem ser cortadas com o tronco flexionado, evitando-se rachaduras internas, devem ser cortadas com a maior dimensão possível para posterior seccionamento, devem conter anelamento e aplicação de impermeabilizante (parafina) nos topos, e o transporte para processamento deve ser realizado num prazo máximo de 3 dias (REMADE, 2003).

No pátio de uma indústria que utiliza técnicas modernas de desdobro, geralmente a matéria-prima tem custo relativamente baixo, ou seja, é madeira de reflorestamento, com pouca variação de espécies, diâmetros e comprimentos. No caso da espécie, se houver mais de uma, estas serão muito semelhantes, consideradas com certa homogeneidade. Desta forma, pode-se dizer que a matéria-prima é homogênea, o que na maioria das vezes só é encontrado em madeiras de reflorestamentos. Ainda no pátio de toras, a madeira é descascada e selecionada por classes diamétricas. O descascamento evita o desgaste desnecessário das ferramentas cortantes e propicia resíduos, no caso cavacos, de melhor qualidade. Em relação às classes diamétricas, estas serão poucas com muitos representantes em cada uma delas (ROCHA, 2005).

Devido à grande demanda de madeira e pressões econômicas para resultados imediatos, árvores jovens, de rápido crescimento e de pequenas dimensões, tenderão a compor o mercado madeireiro num futuro próximo. Segundo especialistas da área, as árvores destinadas à produção de madeira para serraria devem apresentar diâmetros avantajados, com fustes longos e retos, bem como produzirem madeira com critérios de qualidade bem definidos em questão de uniformidade, resistência, estabilidade e trabalhabilidade (REMADE, 2003).

À medida em que as indústrias se especializam na busca de melhores produtos e maior rendimento, as indústrias de beneficiamento melhoram a qualidade e reduzem seus custos de produção (ROCHA, 2000).

A madeira proveniente de reflorestamento de rápido crescimento deve ser sempre considerada como matéria-prima diferente de uma madeira resultante de ciclo longo. Os defeitos de rachaduras são ocasionados por tensões internas que se manifestam após o abate das árvores, apresentando-se, com maior intensidade, nas idades mais jovens. As tensões internas diminuem consideravelmente com o amadurecimento da árvore (REMADE, 2003).

Em função da matéria-prima e dos equipamentos utilizados, o desdobro da madeira através de técnicas modernas implica num processo rápido. A trajetória da tora e das peças serradas dentro da indústria é realizada com grande automatização, em decorrência desta

homogeneidade da matéria-prima e a produção é alta com elevada eficiência. Tais técnicas são utilizadas para o desdobro de madeira de baixo custo e homogênea, ou seja, madeira reflorestada. Desta forma, o baixo custo também do produto final é compensado pela elevada produção da indústria (ROCHA, 2005).

Os níveis de tensões são sempre mais elevados para as árvores de menores diâmetros. Os profissionais da área de processamento de madeira deverão aperfeiçoar os processos de conversão, no sentido de adequação dessas madeiras que, naturalmente, possuirão algumas características tecnológicas diferentes daquelas formadas em ciclos longos de crescimento (REMADE, 2003).

Indústrias que utilizam toras de reflorestamento de pequenos diâmetros, raramente ultrapassando 30 cm, tendem a gerar um rendimento em madeira serrada inferior ao que era obtido com toras de madeiras nativas. Além disso, a variabilidade diamétrica, muitas vezes, induz a um baixo aproveitamento das toras durante os processos de desdobro. Para reduzir estas perdas, várias são as técnicas e medidas aplicadas nas indústrias madeireiras. Dentre elas, a seleção das toras por classes diamétricas, a otimização do traçamento dos fustes e o descascamento das toras são técnicas que não podem mais ser dispensadas, tendo em vista a escassez de matéria-prima. Porém, existem muitas alternativas que podem servir de ferramenta às indústrias madeireiras para cada vez mais melhorarem suas performances (ROCHA, 2003).

Tendo em vista as dificuldades de colheita da madeira, o que muitas vezes implica na chegada de matéria-prima de regiões diferentes, com diferentes idades e condições de crescimento específicas, faz parte do dia a dia das indústrias de madeira serrada, um pátio de toras contendo um *mix* de classes diamétricas. Associado a isto, em função da flexibilidade destas indústrias em atenderem variados mercados, a gama de produtos serrados, muitas vezes, torna-se ampla (ROCHA, 2000).

Ainda hoje, é frequente a utilização de técnicas inadequadas para o desdobro de madeira, principalmente devido à baixa concorrência, boa oferta de matéria-prima, mão-de-obra barata e pouca exigência do mercado, entre outros fatores. Além disso, em função do elevado custo dos equipamentos e da instabilidade econômica do país, na maioria das vezes, o empresário sente-se desestimulado a investir, buscando adaptar o que tem disponível no lugar de adequar a indústria com novos e modernos equipamentos. Porém, atualmente vem se observando uma escassez de matéria-prima, um aumento dos custos de mão-de-obra e uma grande elevação da concorrência. Associado a estes fatores, a possibilidade de

exportação tem estimulado o setor a uma redefinição de processos. Desta maneira, em função dos pequenos diâmetros utilizados e da homogeneidade da matéria-prima, surge a oportunidade de implantação de sistemas de automação, reduzindo muito os custos de mão-de-obra e melhorando a eficiência. Tais sistemas podem estar presentes dentro da indústria desde o pátio de toras, passando pelos processos de desdobro e classificação, até o empacotamento e expedição dos produtos (ROCHA, 2005).

Nestas condições, o administrador de uma indústria madeireira necessita constantemente associar seu estoque de matéria-prima às metas de produção requeridas pelo mercado. Tal situação implica que, na maioria das vezes, o administrador precisa decidir sobre uma melhor classe diamétrica para atender um pedido, dentro de uma boa produtividade, com o melhor rendimento possível das toras (ROCHA, 2000).

O desequilíbrio entre oferta e demanda, dado pela escassez da matéria-prima e pelo crescimento do emprego e da industrialização da madeira (compósitos, madeira laminada colada, MDF, OSB, etc.), principalmente das espécies de reflorestamento, vem gerando a necessidade de inovações tecnológicas para a utilização racional da madeira, tanto em aspectos de qualidade (produtos com melhor acabamento superficial), quanto econômicos (conversão ou rendimento de madeira serrada e energia para o processamento) (NÉRI, et. al, 2005).

É usual em uma indústria madeireira, se estabelecer um diagrama de corte para uma determinada classe diamétrica e um determinado grupo de produtos, valendo-se dos conhecimentos técnicos e práticos de pessoas envolvidas nas atividades de administração e operação da serraria. Porém, tendo em vista as constantes alterações de diâmetros no pátio e as variações nos pedidos, tais decisões precisam ser tomadas rapidamente, o que acarreta um aproveitamento inadequado das toras, além de algumas vezes afetar o processo de produção (ROCHA, 2000).

O Brasil ainda possui um grande número de indústrias madeireiras que utilizam o sistema convencional de desdobro, em que as toras são desdobradas de acordo com critérios escolhidos pelo operador da máquina principal, ou seja, é ele quem define a melhor maneira de se desdobrar uma tora. Dessa maneira, podem ocorrer elevadas perdas de matéria-prima, devido à ausência de tecnologias apropriadas para o desdobro das toras, encarecendo o processo, em função de que há a necessidade de se consumir maior volume de matéria-prima para produzir a mesma quantidade de produto serrado (JUNIOR et al., 2005).

Para atingir a necessária produção, as indústrias madeireiras bem como as indústrias fabricantes de máquinas mudaram seus conceitos quanto ao processamento mecânico de toras. Indústrias que produziam de 3 a 5 m³/operário/turno, tidas como boas indústrias, através de uma readaptação e intenso processo de automação, elevaram a produtividade para níveis acima de 20 m³/operário/turno. Porém, em função da falta de uma política adequada para o setor por parte dos governos federal e estaduais, bem como dos elevados investimentos que são necessários, poucas são as indústrias que podem atingir bons níveis de produção. Desta maneira, o que muito se vê, são pequenas indústrias, com equipamentos lentos e quase nenhuma automação, processando a madeira com técnicas inadequadas (ROCHA, 2000).

A escolha dos operadores da serra principal, resserradeiras, canteadeiras e destopadeiras assume verdadeira importância, tendo em vista que esses operadores estão continuamente tomando decisões que dizem respeito a fatores que dependem do bom funcionamento das máquinas, que, por sua vez, afetam o desempenho da indústria: produtividade, qualidade do produto e o elevado índice de retrabalho para recuperação da matéria-prima. A decisão pessoal de um operador de como seccionar um tronco, ou mesmo desdobrar, dificilmente obterá um nível ótimo, porque ele raramente conseguirá obter a melhor visualização de todas as alternativas no pouco tempo que tem para tomada de decisões (JUNIOR et al, 2005).

A necessidade de seleção de toras por classes diamétricas e o estabelecimento de diagramas de corte é de importância primária para que se consiga atingir níveis de rendimentos elevados para aquele determinado tipo de material que está sendo utilizado. Dessa maneira, é possível melhorar o rendimento em madeira serrada proporcionado por cada classe utilizada (JUNIOR et al, 2005).

Em função da grande concorrência em termos de disponibilidade de matéria-prima, é necessário que uma serraria busque o seu máximo aproveitamento. Isto requer um planejamento em função dos produtos da empresa e das classes diamétricas disponíveis, estabelecendo-se diagramas de corte que visem o máximo rendimento com a maior eficiência possível (ROCHA, 2005).

A indústria de serrados tem encontrado com frequência, problemas com o suprimento de matéria-prima. Desta maneira, o custo de produção da madeira serrada vem aumentando frequentemente. Além disso, cada vez mais o mercado torna-se competitivo, com variadas opções de produtos. Para que possa manter seus produtos competitivos, o

serrador precisa adotar uma série de medidas a fim de reduzir os custos de produção. Muitas são elas, como melhoria no rendimento e na produtividade e desenvolvimento de novos produtos. Mas é imprescindível uma atenção especial aos resíduos que são gerados na indústria. O volume de resíduos que são gerados anualmente nas indústrias é muito grande e não pode ser desprezado (ROCHA et al., 2000).

O rendimento ao desdobro é obtido pela relação entre os volumes de madeira serrada e de toras, expressa em %, e pode ser afetado de diferentes formas. O rendimento varia de 45% a 55% para folhosas, sendo afetado pela qualidade das toras, dos equipamentos, técnicas de desdobro e pela qualificação profissional dos operários (Ferreira et al., 2005).

Na obtenção de madeira serrada, quanto maior for o nível de automação de uma indústria, maior será a sua eficiência, ou seja, maior será a quantidade de m³ serrados por operário num turno. Porém, isto não significa que em função disso a indústria terá o máximo rendimento, pois este ainda é afetado pelo diâmetro das toras, bitolas fabricadas e equipamentos utilizados (ROCHA, 2005).

De maneira geral, a madeira produzida pelas florestas plantadas no Brasil possui volumes significativos, embora, por vezes, a qualidade seja apenas aceitável. Algumas informações contribuem para uma melhor qualidade da matéria-prima, tais como desdobro, velocidades de alimentação das serras, formas de dentes de serras. As propriedades das espécies que afetam o seu processamento e resultam em menor incidência de defeitos também são dados importantes (FERREIRA et al, 2005).

As serrarias que têm como matéria-prima madeira de reflorestamento passam por uma situação de certo modo inadequada. Normalmente se observa uma adaptação de equipamentos pouco apropriados à maioria das operações necessárias, prejudicando a qualidade e o rendimento dos produtos, mas principalmente a eficiência das operações. Associado a isto, tem-se ainda baixos níveis de automação e pouca preocupação com a manutenção de serras e equipamentos (ROCHA, 2005).

Ao se utilizar técnicas de redução, as quais consistem em se reduzir as dimensões das toras para posterior desdobramento em outros equipamentos, pode-se ter variações no rendimento em função dos equipamentos utilizados. Quando se opta por serras circulares, tem-se um rendimento em madeira serrada menor com uma eficiência maior. Porém, quando se opta por serras de fita, tem-se um aumento no rendimento com uma eficiência mais baixa. Entra aí novamente, o planejamento e a avaliação econômica, onde deve-se levar em conta o

custo da mão-de-obra, da matéria-prima e dos equipamentos a fim de se atingir os melhores resultados econômicos (ROCHA, 2005).

Para uma indústria produzir 100 m³ de madeira serrada, são gerados aproximadamente 220 m³ de resíduos, considerando-se um rendimento de 45%. Portanto, quanto melhor for o aproveitamento do resíduo, melhor será o lucro obtido com o mesmo, reduzindo-se os custos de produção. É necessário que o serrador se preocupe em gerar um resíduo limpo, sem casca, com cavacos de dimensões convenientemente obtidas, a fim de que o mesmo possa ser utilizado como matéria-prima para outras indústrias como as de chapas e celulose (ROCHA, 2000).

A técnica de desdobro adotada, a qualidade da matéria-prima e as características dos equipamentos utilizados deverão garantir um rendimento adequado, assim como uma boa qualidade da madeira serrada. Características externas (conicidade, curvatura e achatamento) e internas (tensões de crescimento, excentricidade da medula e largura da rachadura) das toras são determinantes para se obter qualidade e rendimento satisfatórios (FERREIRA et al, 2005).

O estudo de parâmetros que afetam o rendimento da madeira é de extrema importância não só para aumentar o rendimento de madeira, mas para o uso racional deste recurso renovável que vem se tornando cada vez mais escasso.

6. MATERIAL E MÉTODO

6.1. Determinação do índice de conversão da tora em madeira serrada

Dentro deste contexto, avaliou-se neste estudo as perdas em todas as etapas de conversão mecânica da tora, para determinar o Índice de Aproveitamento da tora em madeira serrada, em lâminas torneadas, em lâminas faqueadas e de madeira serrada (serrado bruto) em produtos acabados.

O índice de aproveitamento foi determinado, levando-se em consideração o nível tecnológico, operacional e o fluxo do processo produtivo da indústria (Figura 1).

A escolha da Indústria Rio do Norte localizada no Município de Paragminas/PA, foi porque a mesma trabalha com o maior número de espécies comercializadas na região, possui um bom elenco de pessoal treinado no processo produtivo, abundância em matéria-prima e

um bom parque tecnológico em relação às demais indústrias da região e principalmente apresentar maquinários que proporcione aumentar consideravelmente seu rendimento final.

FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO DA INDÚSTRIA

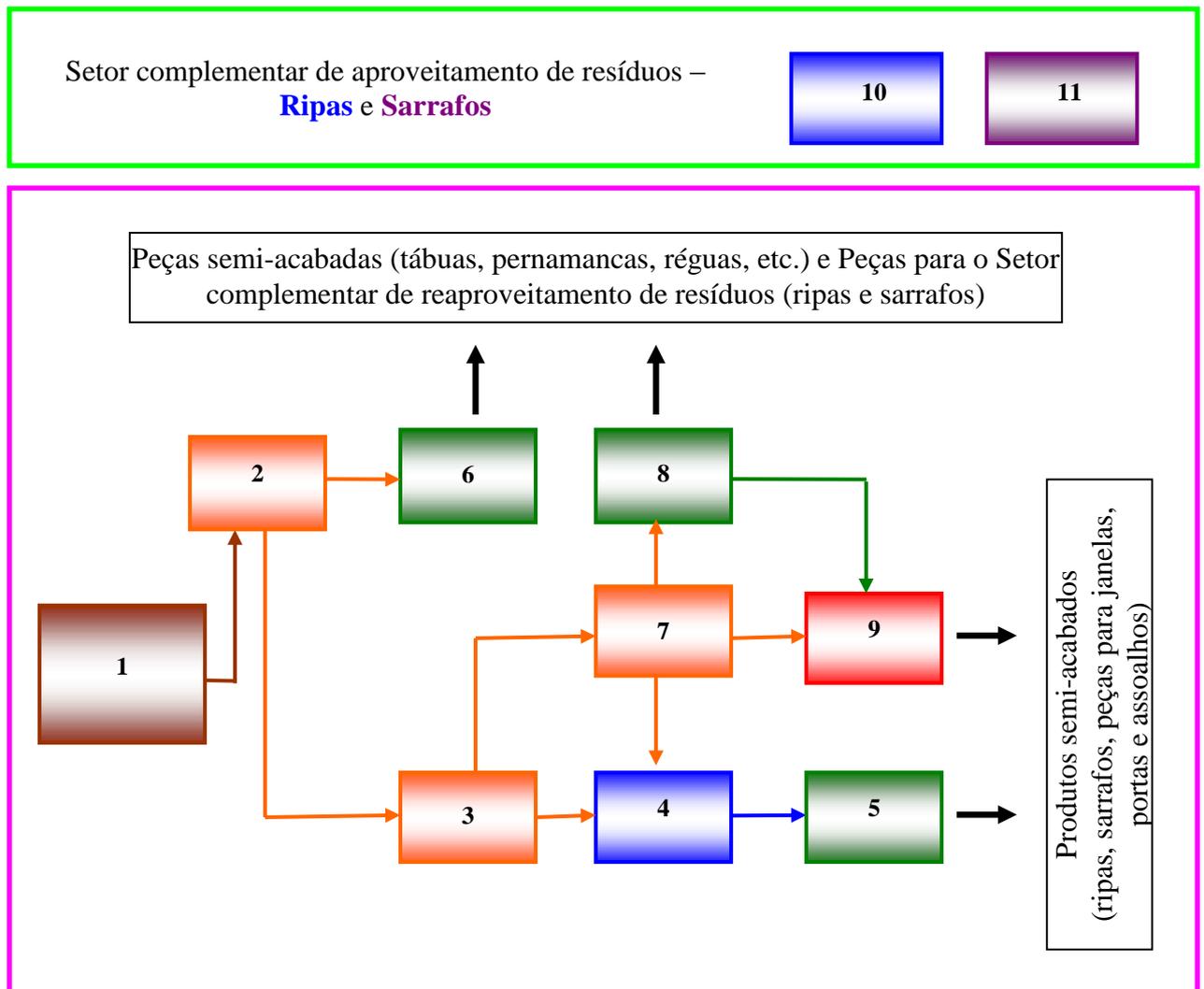


Figura 1. Fluxo do processo produtivo da indústria Rio do Norte – Paragominas.

O trabalho foi executado com base na metodologia que se segue:

LEGENDA:

1. **Corte 1:** Desdobramento primário da tora em serra de fita.

2. **Corte 2:** Corte em multi-serra para padronização da peça, em largura.
3. **Corte 3:** Corte em multi-serra para padronização da peça em largura oriunda de reaproveitamento de resíduos do corte II.
4. **Corte 4:** Corte em multi-serra para produção de ripas “ripeira”.
5. **Corte 5:** Corte em destopadeira para padronização de ripas, em comprimento.
6. **Corte 6:** Corte em destopadeira para padronização das peças de serrado, em comprimento.
7. **Corte 7:** Corte em multi-serra para produção de madeira para ripas, assoalhos, janelas e portas.
8. **Corte 8:** Corte em destopadeira para padronização de comprimento das peças.
9. **Corte 9:** Corte em moldureira para produção de peças para janelas, portas e assoalhos.
10. **Corte 10:** Corte em multi-serra para produção de ripas “ripeira” – Setor complementar.
11. **Corte 11:** Corte em esquadrejadeira para produção de sarrafos e outras peças – Setor complementar

6.1.1. Determinação de volume geométrico da tora.

O volume geométrico da tora foi determinado com base nas medições dos diâmetros das extremidades da tora (Figura 2: A e B) e o comprimento da mesma, calculado pela equação 1.

$$V_{(tora)} = \frac{\pi D^2 L}{4}$$

[Equação 1]

onde,

$V_{(tora)}$ - volume da tora (m³)

D - diâmetro médio da tora (m)

L - comprimento da tora (m)

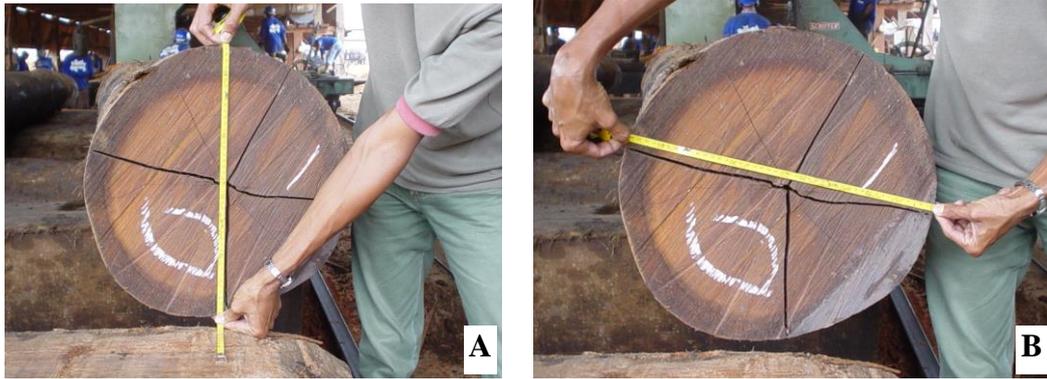


Figura 02. Medições de diâmetro da tora nas duas extremidades (vertical e horizontal).

6.1.2. Processamento mecânico da tora.

6.1.2.1. Corte 1: Corte da tora, em serra de fita.

Após a cubagem da tora foi feito o processamento mecânico, utilizando-se a serra de fita (Figura 3) para a obtenção de pranchas (Figura 4).



Figura 03. Serra de fita – desdobro primário.



Figura 04. Pranchas de uma e duas polegadas.

Essa etapa correspondeu no primeiro desdobramento da tora em madeira serrada, cujo rendimento foi determinado pela equação 2. O volume total de serrados foi obtido mediante a soma dos volumes de todas as peças, determinados com base nas medidas de espessura, largura e comprimento (Figura 5).



Figura 05. Medições de espessura, largura e comprimento da peça produzida no Corte 1.

$$\text{RMS} = \frac{\text{VS}}{\text{VT}} \times 100$$

[Equação 2]

onde,

RMS - rendimento da tora em madeira serrada, (%.)

VS - volume de madeira serrada, (m³.)

VT - volume geométrico da tora, (m³.)

Nessa etapa foi quantificado o volume de resíduos (costaneiras) que não foram aproveitados no Corte 2 com base na diferença entre o volume da tora e o volume de serrados produzidos, pela equação 3.

$$\text{VR}_{(\text{corte 1})} = \text{V}_{(\text{tora})} - \text{VS}_{(\text{corte 1})}$$

[Equação 3]

onde,

VR_(corte 1) - volume de resíduos do Corte 1, (m³.)

V_(tora) - volume da tora, (m³.)

VS_(corte 1) - volume de serrados do Corte 1, (m³.)

6.1.2.2. Corte 2: Corte em multi-serra para padronização de largura das peças.

Essa etapa correspondeu ao desdobramento mecânico dos serrados advindos do Corte 1, utilizando-se uma multi-serra (Figura 6) para produção de serrados de menores dimensões. O rendimento foi determinado com base na diferença entre o volume de serrados obtidos na multi-serra (Figura 7), adotando-se a mesma metodologia utilizada no item – 6.1.2.1 e o volume de serrados do Corte 1.

O volume de resíduos que não foram aproveitados no Corte 2 foi determinado por diferença entre o volume de serrados do Corte I e o volume de serrados do Corte 2, pela equação 4.

$$\mathbf{VR_{(corte\ 2)} = VS_{(corte\ 1)} - VS_{(corte\ 2)}} \quad \text{[Equação 4]}$$

onde,

- $VR_{(corte\ 2)}$ - volume de resíduos gerados no Corte 2, (m³.)
- $VS_{(corte\ 1)}$ - volume de serrados do Corte 1, (m³.)
- $VS_{(corte\ 2)}$ - volume de serrados do Corte 2, (m³.)



Figura 06. Corte 2 de serrado proveniente do Corte 1, em multi-serra.



Figura 07. Serrados obtidos no Corte 2, em multi-serra.

6.1.2.3. Corte 3: Corte em multi-serra dos serrados para padronização de largura das peças oriundas do corte 2.

Os resíduos gerados no Corte 2 (Figura 8: A, B e C) foram enviados para a máquina de Corte 3 (Figura 9) para padronização de largura das peças. O volume dos serrados obtidos nessa etapa foi determinado da mesma forma do item – 6.1.2.1

O volume de resíduos gerados no Corte 3 foi calculado com base na equação 5.

$$\mathbf{VR_{(corte\ 3)} = VR_{(corte\ 2)} - VS_{(corte\ 3)}} \quad \text{[Equação 5]}$$

onde,

$VR_{(corte\ 3)}$ - volume de resíduos gerados no Corte 3, m^3 .

$VR_{(corte\ 2)}$ - volume de resíduos do Corte 2, m^3 .

$VS_{(corte\ 3)}$ - volume de serrados do Corte 3, m^3 .



Figura 08. Restos de serrados aproveitáveis (A, B e C), provenientes de Corte 2.



Figura 09. Reaproveitamento de resíduos oriundos do Corte 2, em serra circular.

6.1.2.4. Corte 4: Corte em multi-serra de serrados para produção de ripas.

Os resíduos gerados no Corte III foram enviados para a máquina de Corte 4 correspondente a “Ripeira” (Figura 10). Esse processamento caracteriza exatamente o reaproveitamento de resíduos, que na maioria das indústrias madeireiras (serrarias) são abandonados ou queimados como entulhos.



Figura 10. Reaproveitamento de resíduos oriundos do Corte 4, em serra circular para produção de ripas.

O volume de resíduos gerados no Corte 4 foi calculado com base na equação 6.

$$\mathbf{VR}_{(\text{corte } 4)} = \mathbf{VS}_{(\text{corte } 3)} - \mathbf{VS}_{(\text{corte } 4)}$$

[Equação 6]

onde,

$VR_{(corte\ 4)}$ - volume de resíduos do Corte 4, m^3 .

$VS_{(corte\ 3)}$ - volume de serrados do Corte 4, m^3 .

$VS_{(corte\ 4)}$ - volume de serrados do Corte 4, m^3 .

6.1.2.5. Corte 5: Corte em destopadeira para padronização de comprimento das ripas.

As ripas de diferentes comprimentos, produzidas no Corte 4, foram enviadas para a máquina destopadeira para padronização de comprimento (Figura 11). As peças foram separadas por tamanho (Figura 12: A e B).

O volume de resíduos gerados no Corte V foi calculado com base na equação 7.

$$VR_{(corte\ 5)} = VS_{(corte\ 4)} - VS_{(corte\ 5)}$$

[Equação 7]

onde,

$VR_{(corte\ 5)}$ - volume de resíduos do Corte 5, m^3 .

$VS_{(corte\ 4)}$ - volume de serrados do Corte 4, m^3 .

$VS_{(corte\ 5)}$ - volume de serrados do Corte 5, m^3 .

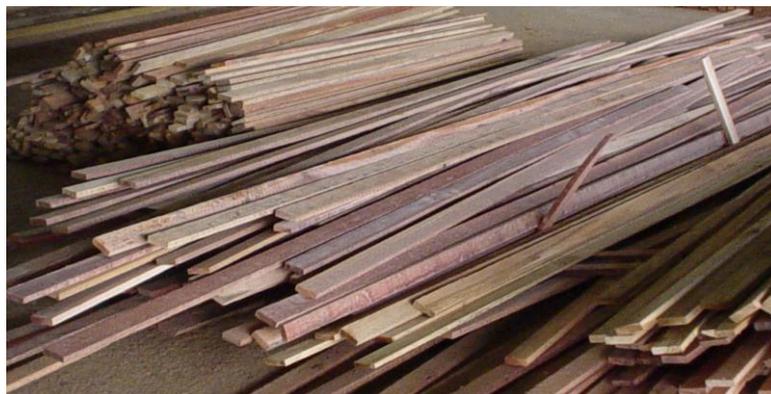


Figura 11. Ripas de diferentes comprimentos.

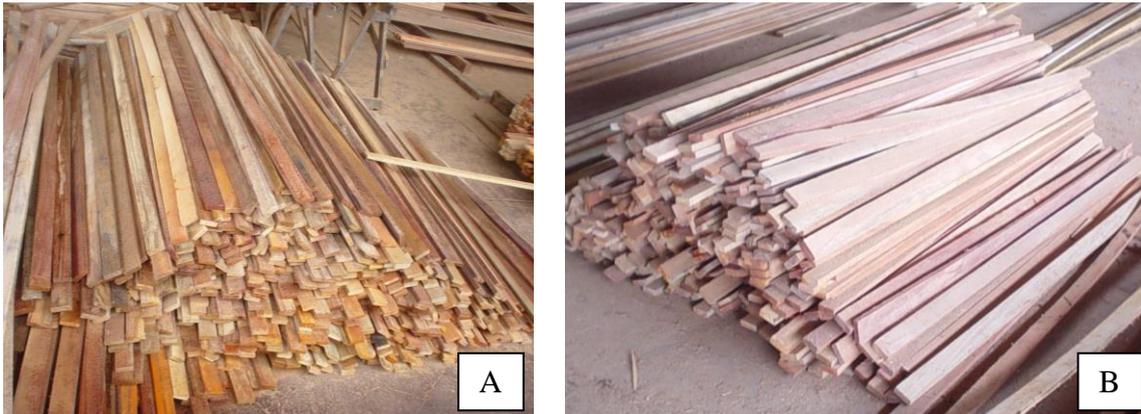


Figura 12. Ripas de comprimento padronizado (A e B).

6.1.2.6. Corte 6: Corte em destopadeira para padronização de comprimento das peças de serrado do Corte 2.

Os serrados oriundos do Corte 2 foram enviados para a destopadeira (Figura 13) para padronização de comprimento das peças. Nessa secção são cortadas peças de diferentes tamanhos (Figura 14).

O volume de resíduos gerados no Corte 5 foi calculado com base na equação 8.

$$\mathbf{VR_{(corte\ 6)} = VS_{(corte\ 5)} - VS_{(corte\ 6)}}$$

[Equação 8]

onde,

$VR_{(corte\ 6)}$ - volume de resíduos do Corte 5, m^3 .

$VS_{(corte\ 5)}$ - volume de serrados do Corte 4, m^3 .

$VS_{(corte\ 6)}$ - volume de serrados do Corte 5, m^3 .



Figura 13. Corte em destopadeira para padronização do comprimento da peça. Figura 14. Lotes de serrados de diferentes comprimentos.

6.1.2.7. Corte 7: Corte em multi-serra para produção de madeira para ripas, assoalhos, janelas e portas.

Os serrados obtidos nos Cortes 3 foram enviados para a serra circular de Corte 7 (Figura 15) para produção de peças para o Corte 8 e o Corte 9 com vista principalmente à produção de assoalhos, janelas e portas.



Figura 15. Corte em serra circular para produção de peças para assoalhos, janelas e portas.

6.1.2.8. Corte 8: Corte em destopadeira para produção de peças semi-acabadas (tábuas e pernambancas)

Os serrados oriundos do Corte 7 foram enviados para a destopadeira de Corte 8 (Figura 16). Essas madeiras foram destinadas para produção de peças para ripas e sarrafos no setor complementar de reaproveitamento de resíduos (Figura 17).



Figura 16. Corte em destopadeira para padronização do comprimento da peça.



Figura 17: Peças de madeira destopadas para serem processadas no setor complementar de reaproveitamento de resíduos para ripas e sarrafos.

O volume de resíduos gerados no Corte 8 foi calculado com base na equação 9.

$$\mathbf{VR}_{(\text{corte } 8)} = \mathbf{VS}_{(\text{corte } 7)} - \mathbf{VS}_{(\text{corte } 8)}$$

[Equação 9]

onde,

$\mathbf{VR}_{(\text{corte } 8)}$ - volume de resíduos do Corte 8, (m³.)

$\mathbf{VS}_{(\text{corte } 7)}$ - volume de serrados do Corte 7, (m³.)

$\mathbf{VS}_{(\text{corte } 8)}$ - volume de serrados do Corte 8, (m³.)

6.1.2.9. Corte 9: Corte em moldureira para produção de peças para janelas, portas e assoalhos.

As peças de madeiras oriundas do Corte 7 (Figura 18) foram enviadas para a moldureira (Figura 19) para produção de peças janelas, portas e assoalhos.



Figura 18. Resíduos destinados para produção de peças para janelas, portas e assoalhos.



Figura 19. Moldureira para produção de peças para janelas, portas e assoalhos.

6.1.2.10. Corte 10: Corte em multi-serra para produção de ripas – Setor complementar.

Os resíduos de diferentes formas e tamanhos (Figura 20: A, B e C) gerados durante o processamento mecânico como as costaneiras, os resíduos curtos, os resíduos longos com apodrecimento e outros defeitos, que não foram aproveitados nas máquinas do Setor principal da indústria, foram enviados para a unidade complementar de reaproveitamento de resíduos para produção de ripas. O volume total de resíduos destinado a este fim foi determinado com base na diferença entre o volume total da tora e o volume dos serrados produzidos no setor principal, pela equação 10.

$$VRA = VT - (\Sigma v \text{ serrados})$$

[Equação 10]

onde,

VRA - volume de resíduos para reaproveitamento, (m³.)

VT - volume geométrico da tora, (m³.)



Figura 20. Resíduos diversos gerados durante o processamento mecânico nas diferentes etapas de desdobramento.

Tendo em vista a dificuldade de cubagem total dos resíduos destinados a reaproveitamento no setor complementar, conforme mostrados na Figura 20, foram feitas amostragens de três lotes de resíduos (Figura 21: A e B) as quais foram processadas para produção de ripas (Figura 22: A,B e C). Cada peça introduzida na ripeira foi cubada, medindo-se a espessura, a largura e o comprimento. O rendimento foi calculado com base na relação entre o volume de ripas produzidas e o volume das peças brutas introduzidas na ripeira, pela equação 11.

$$RRI = \frac{VRI}{VRRR} \times 100$$

onde,

RRI - rendimento de ripas, %.

VRI - volume de ripas produzidas, m³.

VRRR - volume de resíduos para ripas, m³.



Figura 21. Resíduos diversos destinados para o estudo de rendimento de produção de ripas.



Figura 22. Ripeira (A) para produção de ripas e Destopadeira (B) para padronização de comprimento de ripas e Lote de ripas (C)

6.1.2.11. Corte 11: Corte em esquadrejadeira para produção de sarrafos e outras peças.

Os resíduos, citados no item 6.1.2.10., também foram destinados para produção de sarrafos. A amostragem para determinar o rendimento do processo de produção de sarrafos foi feita semelhante ao item anterior (Figura 23: A, B e C) e o rendimento foi calculado pela equação 12.

$$RSA = \frac{VSA}{VRSA} \times 100$$

onde,

RSA - rendimento de produção de sarrafos, (%.)

VSA - volume de sarrafos produzidos, (m^3 .)

VRSA - volume de resíduos destinados a sarrafos, (m^3 .)



Figura 23. Esquadrejadeira (A) para produção de sarrafos, Destopadeira (B) para padronização de comprimento de sarrafos e Lote de sarrafos (C).

6.2. Determinação do coeficiente de conversão volumétrica da tora em lâminas torneadas para fabricação de compensado

A escolha da Indústria Rio do Norte localizada no Município de Paragminas/PA, foi porque a mesma trabalha com o maior número de espécies comercializadas na região, possui um bom elenco de pessoal treinado no processo produtivo, abundância em matéria-prima e um bom parque tecnológico em relação às demais indústrias da região e principalmente apresentar maquinários que proporcione aumentar consideravelmente seu rendimento final.

O Índice de Conversão Volumétrica (ICV) da tora em lâminas torneadas foi determinado, levando-se em consideração o nível tecnológico e operacional do processo produtivo da indústria. Para isto, foram executadas as seguintes etapas:

6.2.1. Amostragem das toras para o estudo

As toras para o estudo foram retiradas aleatoriamente do pátio da indústria, as quais foram cubadas, utilizando-se o método de Smalian. O volume da tora foi calculado através da equação 01.

$$VT = 0,785 \times D^2 \times L \quad (\text{Equação 01})$$

Considerando que,

VT – volume geométrico da tora, (m³.)

D – diâmetro da tora, (m.)

L – comprimento da tora, (m.)

6.2.2. Sobras de fustes no pátio da indústria

As sobras de fustes (Figura 24) são decorrentes da padronização de comprimento das toras para produção de lâminas no torno e retirada de defeitos como podridão e rachaduras de topos.



Figura 24. Sobras de fuste após a retirada de defeitos (podridão do topo).

As sobras do fuste foram determinadas pela diferença entre o comprimento total do fuste e a soma dos comprimentos das toras geradas através da equação 1.

$$SF = CTF - \sum CT \quad (\text{Equação 2})$$

Considerando que,

SF - sobras de fuste, (m;)

CTF - comprimento total do fuste, (m;)

$\sum CT$ - soma dos comprimentos das toras, (m.)

6.2.3. Aproveitamento do fuste em toras de comprimento padronizado - APF

O APF foi determinado com base na razão entre o volume das toras obtidas e o volume do fuste traçado. O rendimento foi calculado através da equação 3.

$$APF = \frac{\sum_{i=1}^n VT}{VF} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Considerando que,

APF - aproveitamento do fuste em toras, (%);

$\sum VT$ - soma dos volumes das toras, (m³);

VF - volume do fuste, (m³.)

6.2.4. Conversão mecânica da tora em lâminas torneadas

A avaliação de rendimento do processamento mecânico da tora de madeira em lâminas torneadas foi realizada com base no nível tecnológico da indústria, determinando-se os rendimentos nas diversas etapas de conversão.

6.2.5. Rendimento de lâminas obtidas no torno - RLT

O **RLT** foi determinado com base na razão entre o volume das lâminas obtidas no torneamento e o volume das toras cilindradas.

O volume de lâminas foi determinado pela diferença entre o volume da tora cilindrada e o volume do rolete (Figura 25: A, B e C).



Figura – 25. (A) Lâmina contínua de torno, (B) Medição da circunferência da tora cilindrada e (C) do rolete (rolo resto).

O rendimento de lâminas obtidas no torno foi calculado através da equação 3.

$$RLT = \frac{VTC - VRO}{VTC} \times 100$$

(Equação 4)

Considerando que,

RLT – rendimento de lâminas obtidas no torno, (%;)

VTC - volume da tora cilindrada, (m³;))

VRO - volume do rolete, (m³.)

O volume da tora cilindrada e do rolete foi determinado com base no volume de um cilindro ($V = 0,785 \cdot D^2 \cdot L$), onde D = diâmetro da tora ou do rolete e L = comprimento da tora).

6.2.6. Rendimento total de lâminas obtidas das toras – RTLT

O **RTL**T foi calculado com base na razão entre o volume total de lâminas apropriadas e o volume das toras processadas através da equação 4.

$$RTL T = \frac{VTL}{VTT} \times 100$$

(Equação 5)

Considerando que,

*RTL*T - rendimento total de lâminas obtidas das toras, (%;)

VTL - volume total de lâminas apropriadas, (m³;))

VTT - volume total das toras processadas, (m³.)

A quantificação total de lâminas foi feita através da somatória dos volumes de lâminas apropriadas obtidas no torno (Figura 26: A e B), de lâminas com defeitos provenientes do torno (Figura 27: A,B,C,D,E e F) e aproveitadas no balancim (Figura 28) e de lâminas impróprias geradas no cilindramento da tora e aproveitadas na guilhotina pequena (Figura 29: A e B).



Figura 26. (A) Lâminas advindas de torneamento e (B)

Lâminas apropriadas obtidas na guilhotina grande.

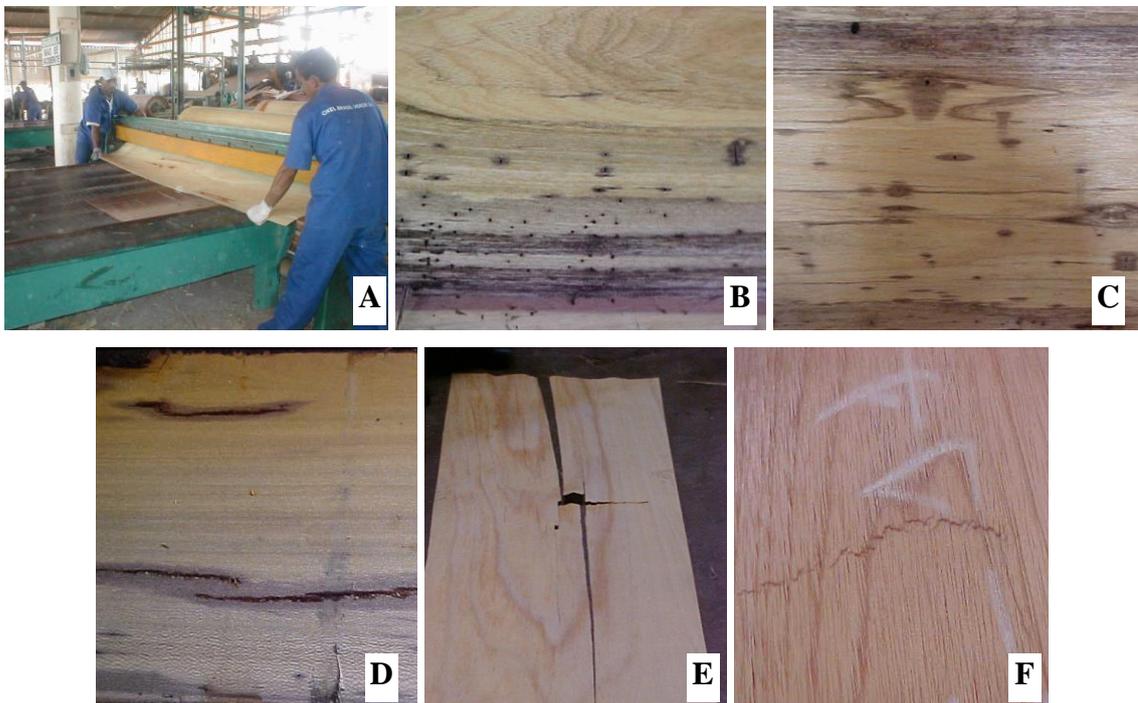


Figura 27. (A) Guilhotina e Lâminas com defeitos: (B e C) Perfurações transversais; (D) Rachaduras longitudinais; (E) Rachadura transversal (F).



Figura – 28. Aproveitamento de lâminas impróprias oriundas da guilhotina grande para produção de lâminas transversais para compensado.



Figura – 29. (A) Lâminas impróprias oriundas de cilindramento da tora e (B) Corte na guilhotina pequena para produção de lâminas transversais para compensado.

6.2.7. Rendimento total de lâminas obtidas de toras e sobras de fustes – $RTLTF$

O $RTLTF$ foi determinado pela razão entre o volume total de lâminas obtidas de toras e sobras de fustes e o volume total de toras através da equação 6.

$$RTLTF = \frac{VTLTF}{VTT} \times 100$$

(Equação 6)

Considerando que,

$RTLTF$ - rendimento total de lâminas obtidas das toras e das sobras de fustes, (%)

$VTLTF$ - volume total de lâminas apropriadas obtidas de toras e de sobras de fustes, (m^3);

VTT - volume total das toras torneadas, (m^3 .)

6.2.8. Rendimento final de lâminas obtidas de toras e sobras de fuste – $RFLF$

O $RFLF$ foi determinado pela razão entre o volume final de lâminas apropriadas obtidas das toras e de sobras de fustes e o volume total dos fustes processados através da equação 7.

$$RFLF = \frac{VTLTF}{VTF} \times 100$$

(Equação 7)

Considerando que,

RFLF - rendimento final de lâminas obtidas das toras e das sobras de fustes, (%)

VTLTF - volume total de lâminas apropriadas obtidas de toras e de sobras de fustes, (m³);

VTF - volume total dos fustes processados, (m³.)

6.3. Determinação do índice de conversão da tora em lâminas faqueadas

A escolha da Indústria Rio do Norte localizada no Município de Paragminas/PA, foi porque a mesma trabalha com o maior número de espécies comercializadas na região, possui um bom elenco de pessoal treinado no processo produtivo, abundância em matéria-prima e um bom parque tecnológico em relação às demais indústrias da região e principalmente apresentar maquinários que proporcione aumentar consideravelmente seu rendimento final.

A metodologia para determinação do índice foi determinada, levando-se em consideração o nível tecnológico e operacional do processo produtivo da indústria.

6.3.1. Seleção das toras

A seleção das toras foi realizada com base na Instrução Normativa Nº 001 do IBAMA/MMA, de 05 de setembro de 1996, selecionando-se três toras por espécie de acordo com a classe de qualidade da tora em função dos defeitos e anomalias. No Anexo 1, encontram-se ilustradas algumas das toras que foram avaliadas neste estudo. Cada tora selecionada foi codificada de acordo com a metodologia empregada pela empresa.

Para se calcular o volume geométrico da tora foram feitas medições dos diâmetros das extremidades nos sentidos horizontal e vertical e do comprimento, conforme pode ser observado na Figura 30.



Figura 30. Medições dos diâmetros e do comprimento da tora para cálculo do volume geométrico.

6.3.2. Desdobramento da tora em blocos.

Inicialmente, foi feita a marcação dos blocos (Figura 31) e, em seguida, a tora foi cortada em serra circular, sendo cada peça identificada com uma etiqueta contendo o número da tora e do bloco. Exemplo: uma tora da classe A, etiquetada com a seguinte identificação : $A_{1(1)}$, $A_{1(2)}$ e $A_{1(3)}$, sendo A_1 correspondente a tora 1 da classe A e os números dentro dos parênteses correspondem à identificação de cada bloco.



Figura 31. Marcação e corte para obtenção dos blocos em serra

Na Figura 32, pode-se observar o momento em que o bloco está sendo cortado em serra fita para obtenção do “Filé”, denominação dada ao bloco com formato final para faqueamento.

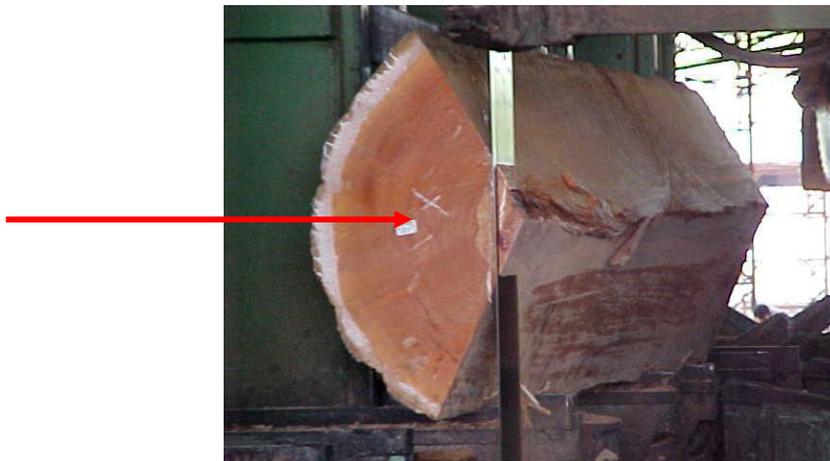


Figura 32. Corte para obtenção do filé em serra fita

6.3.3. Cozimento, raspagem e aplainamento dos filés.

Os filés de cada tora, devidamente identificados, foram submetidos ao cozimento em um tanque com temperatura de 90°C (Figura 33), onde o tempo variou de 3 a 10 dias, dependendo da característica de cada espécie e do tamanho do filé.



Figura 33. Tanque de cozimento dos filés

Após o cozimento, devido o surgimento de manchas escuras causadas pelo tratamento térmico, os filés foram submetidos à raspagem para eliminação das referidas manchas (Figura

34). Finalmente, os filés livres de manchas foram submetidos a aplainamento que consiste em tornar a face plana (Figura 35) para o faqueamento.



Figura 34. Raspagem para retirada de manchas dos filés



Figura 35. Filé pronto com face plana para faqueamento.

6.3.4. Faqueamento dos filés.

A obtenção das laminas faqueadas foi realizada em uma faqueadeira vertical e horizontal (Figura 36: A e B).



Figura 36. Faqueadeira vertical (A) e horizontal (B)

6.3.5. Secagem das lâminas.

As lâminas faqueadas foram submetidas à secagem (Figura 37). O controle do lote de lâminas de cada filé foi feito, anotando-se na primeira e na última lâmina, o código correspondente ao número do filé e da tora processada. Nessa etapa, são preparados os feixes de lâminas, cada um contendo 24 unidades.



Figura 37. Lâminas de madeira saindo da secadora

Após a secagem, os feixes de lâminas de cada tora foram estocados sobre um vagonete (Figura 38), identificados com o código anteriormente citado para posterior guilhotinagem.



Figura 38. Feixes de lâminas de madeira após a secagem

6.3.6. Guilhotinagem das lâminas.

A guilhotinagem corresponde ao corte lateral e das extremidades para homogeneização dimensional das lâminas. Cada feixe de 24 lâminas (Figura 39) contém o código correspondente ao filé e à tora processada.



Figura 39. Lotes de lâminas de madeira a serem guilhotinadas após a secagem

6.3.7. Determinação da área (m²) das lâminas obtidas de cada tora.

Após o corte na guilhotina, o feixe de lâminas foi passado por um sensor de raio luminoso (Figura 40), comandado por um computador que calcula a área total com base na largura, comprimento e número de lâminas por feixe ($\text{Área} = \text{Largura} \times \text{Comprimento} \times 24$).

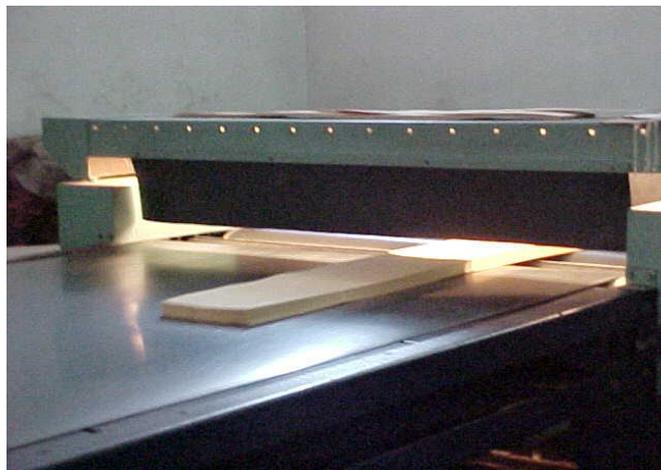


Figura 40. Feixe com 24 lâminas passando no sensor luminoso para cálculo da área total

6.3.8. Etiquetagem e embalagem dos feixes de lâminas.

Os feixes de lâminas de cada tora, após a passagem pelo sensor luminoso foram etiquetados (Figura 41) e embalados com lona de plástico (Figura 42). Cada pilha de lâminas possui a sua identificação, contendo informações sobre a área (m²) total das lâminas.



Figura 41. Feixe de lâminas codificado pelo computador



Figura 42. Feixes de lâminas de cada tora, embalados em lona plástica

6.3.9. Determinação dos resíduos obtidos durante o processamento da matéria-prima na indústria

A quantificação volumétrica dos resíduos gerados durante o processamento das toras em lâminas faqueadas foi determinada com base na seguinte equação:

$$\text{Vol.}_{(\text{resíduos})} = \frac{\text{Peso total}_{(\text{resíduos})}}{\text{Densidade}_{(\text{madeira})}}$$

Equação N° 1

onde,

V – volume dos resíduos, (m³.)

P – peso dos resíduos, (kg.)

D – densidade aparente média dos resíduos, (kg/m³)

O peso total dos resíduos em cada fase das operações foi obtido em uma balança com capacidade de até 1000 kg.

Com base na norma MB 1269/79 da ABNT, a densidade da madeira foi determinada em amostras, retiradas aleatoriamente do lote de resíduos (Figura 43 A e B).



Figura 43 (A). Determinação do peso da amostra de madeira

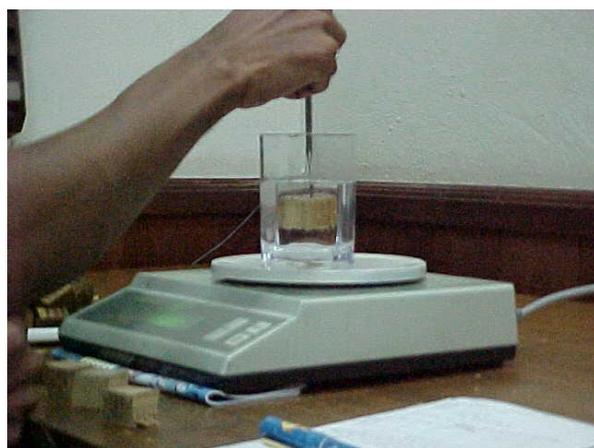


Figura 43 (B). Determinação do volume da amostra de madeira, pelo método de pesagem.

6.3.10. Resíduos gerados no corte dos blocos (preparo dos filés)

Os resíduos gerados durante esta atividade englobam os resíduos de serragem (Figura 44) decorrentes do preparo dos blocos, as costaneiras (Figura 45) e os miolos (Figura 46) na obtenção dos filés.



Figura 44. Resíduos gerados durante o corte dos blocos (serragem)



Figura 45. Resíduos gerados no preparo dos filés (costaneiras)



Figura 46. Resíduos de preparo do filé (miolo)

6.3.11. Faqueamento dos filés

Nesta fase, os resíduos correspondem às primeiras lâminas do processo de faqueamento do filé por este não apresentar a superfície plana e o resto em forma de prancha, que fica presa na garra da faqueadeira (Figura 47).



Pranchas

Lâminas

Figura 47. Resíduos de faqueamento (lâminas e restos em forma de prancha)

6.3.12. Guilhotinagem das lâminas

Os resíduos gerados no processo de guilhotinagem correspondem às aparas laterais (Figura 48) e às aparas das extremidades das lâminas (Figura 49).



Figura 48. Resíduos de guilhotinagem.
(Aparas laterais)



Figura 49. Resíduos de guilhotinagem.
(Aparas das extremidades)

6.3.13. Cálculo do rendimento e do índice

6.3.13.1. Determinação do rendimento

O rendimento do processo mecânico de conversão da tora em lâminas faqueadas foi determinado através de duas metodologias :

1. Rendimento com base no volume final de lâminas (RL) obtidas nas operações de conversão da tora, de acordo com a equação N° 2:

$$RL = \frac{V_{(volume\ de\ lâminas)}}{V_{(volume\ da\ tora)}} * 100$$

Equação N° 2.

Esta metodologia foi empregada como referência para este trabalho, por ser considerado um método com menor possibilidade de erros, haja vista que os cálculos são baseados em medidas exatas (volume final de lâminas e volume da tora).

2. Rendimento em lâminas com base no volume de resíduos (RR) gerados nas operações de conversão da tora, de acordo com a equação N° 3:

$$RR = 100 - \left(\frac{V_{(resíduos)}}{V_{(volumedadora)}} \times 100 \right)$$

Equação N° 3.

Esta metodologia foi definida para determinar as perdas em cada etapa da conversão mecânica da tora em lâminas faqueadas.

6.3.13.2. Determinação do índice de conversão da tora em lâminas faqueadas

O índice de conversão mecânica da tora em lâminas foi determinado com base na equação N° 4:

$$IC = \frac{V_{(volumedadora)}}{V_{(volume\ de\ lâminas)}}$$

Equação N° 4.

6.4. Determinação do índice de conversão mecânica do serrado bruto em madeira beneficiada e ou acabada

A escolha da Indústria Rio do Norte localizada no Município de Paragminas/PA, foi porque a mesma trabalha com o maior número de espécies comercializadas na região, possui um bom elenco de pessoal treinado no processo produtivo, abundância em matéria-prima e um bom parque tecnológico em relação às demais indústrias da região e principalmente apresentar maquinários que proporcione aumentar consideravelmente seu rendimento final.

O aproveitamento e beneficiamento de serrado bruto de madeira através de processamento mecânico variam de acordo com o nível tecnológico da indústria, da qualidade da matéria-prima, da espécie, entre outros fatores.

Existem alguns índices de aproveitamento estabelecidos pelos órgãos competentes, tal como o índice global de 1,8m³ de tora para 1m³ de madeira serrada, equivalendo a 55% de aproveitamento.

Há empresas que não utilizam as toras como matéria-prima, mas sim o produto denominado “serrado bruto” que pode variar em espessura, largura e comprimento, resultante do primeiro desdobramento da tora. Nesse caso específico de conversão do serrado bruto em madeira beneficiada, apesar do produto original ser diferente de tora, ainda assim, se aplica o

índice anteriormente mencionado. Portanto, ainda não há uma definição dos índices técnicos de aproveitamento e, conseqüentemente, de perda, dada a conversão do “serrado bruto” em produtos semi-acabados como piso, deck e pré-cortado (CARVALHO et al, no prelo)

A indefinição metodológica para a determinação do aproveitamento do processo de conversão de “serrado bruto” em produtos como piso, deck e pré-cortado que tem levado a um descompasso entre o índice oficial de aproveitamento; e considerando a taxa de aproveitamento efetivamente alcançada pelas indústrias e a necessidade de adequar a vistoria e o controle por parte do órgão ambiental (SEMA) nos pátios das indústrias e nos prontuários de controle de registro, ou seja, a necessidade que tem os órgãos ambientais de solucionar os problemas que podem ocorrer durante a fiscalização do estoque de madeira “serrado bruto”, piso, deck e pré-cortado nos pátios das indústrias e durante seu transporte, realizaram-se estudos técnicos sobre o rendimento, perdas e índice de conversão do produto denominado de “serrado bruto” em madeira beneficiada piso, deck e pré-cortado de sete espécies de interesse comercial da indústria.

O material disponibilizado para a realização do presente trabalho foi proveniente dos lotes de madeira que se encontravam estocados no pátio da indústria (Figura – 50: A e B), os quais foram secados em estufa.



Figura – 50. Amostras de serrado bruto úmido no pátio da indústria.



Figura – 51. Amostras de serrado bruto (seco) saído da estufa.

Dos lotes saídos da estufa foram retiradas 30 pilhas de serrado bruto para cada espécie estudada, conforme indicados no Quadro 01. No **Anexo 01** encontram-se algumas imagens dos lotes de serrado bruto trabalhado.

Quadro - 01. Volume total de serrado bruto utilizado por espécie estudada.

ESPÉCIES ESTUDADAS	Produto	VSBU (m³)
Ipê (<i>Tabebuia serratifolia</i> , (G.Don) Nichols)	Piso	39.8
Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> , L.)	Piso	38.0
Muiracatiara (<i>Astronium lecointe</i> , Ducke)	Piso	40.8
Maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i> , (Ducke) Chevalier)	Deck	49.9
Cumarú (<i>Dipterix odorata</i> , (Aubl.) Willd.)	Piso	35.2
Cumarú (<i>Dipterix odorata</i> , (Aubl.) Willd.)	Deck	49.3
Tauarí (<i>Couratari guianensis</i> , Aubl.)	Pré-cortado	52.3

VSBU – volume de serrado bruto úmido

6.4.1. Avaliação do serrado bruto no pátio de estocagem.

A avaliação foi feita de forma visual, observando-se as condições de estocagem do serrado bruto no pátio, antes de ser submetido à secagem, visando identificar possíveis danos causados por agentes biodeterioradores (fungos e insetos) que pudessem influenciar no aproveitamento final.

6.4.2. Perda devido à secagem da madeira (serrado bruto).

Essa etapa correspondeu à avaliação do serrado bruto submetido à secagem da madeira em estufa industrial, para verificação de ocorrência de rachadura ou empenamento que prejudicam a transformação em madeira beneficiada como piso, deck e pré-cortado.

6.4.3. Processo de conversão do serrado bruto em produtos acabados.

O processo de conversão de serrado bruto em outros tipos de produtos gerou três parâmetros: Rendimento; Perdas; e Índice de conversão da madeira na indústria.

Para se determinar o volume real do serrado bruto, foram tomadas aleatoriamente peças da pilha de madeira, as quais foram medidas em espessura, largura e comprimento, utilizando-se uma trena de aço (Figura 52: A, B e C).

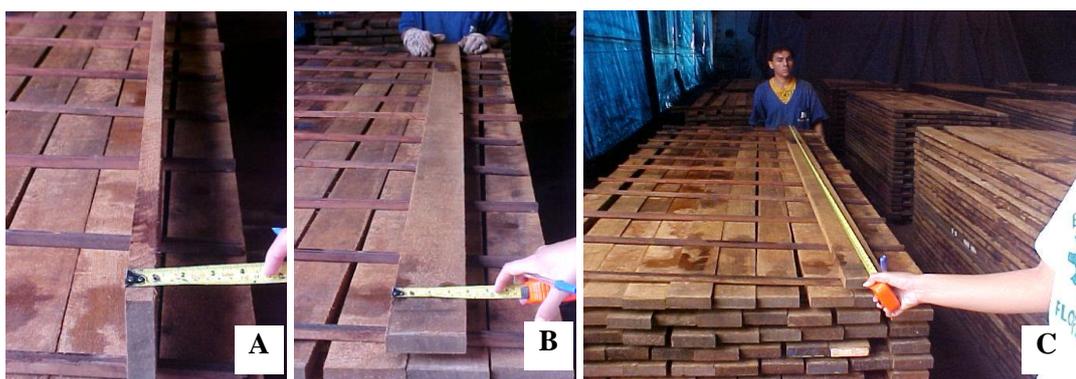


Figura 52. Medições de espessura (A), largura (B) e comprimento (C) da peça de serrado bruto.

$$V_{(peça)} = L \times E \times C \quad (\text{Equação 1})$$

Considerando que,

- $V_{peça}$ - Volume da peça (m^3);
- L - Largura da peça (m);
- E - Espessura da peça (m);
- C - Comprimento da peça (m).

O volume total de cada pilha de serrado bruto selecionado no pátio da indústria foi obtido pela somatória do volume individual das peças, conforme a equação 2.

$$VT_{(lote)} = \sum_{i=1}^n V_i \quad (\text{Equação 2})$$

Considerando que,

- $VT_{(lote)}$ - Volume total real do lote (m³);
- V_i - Volume de cada peça i do lote (m³);
- n - Número de peças.

O Rendimento do processo de conversão mecânica (RC) do serrado bruto em piso, deck e pré-cortado, foi calculado através da equação 3.

$$RC = \frac{VMB}{VSB} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Considerando que,

- RC - Rendimento da conversão (%);
- VMB - Volume de madeira beneficiada (m³);
- VSB - Volume do serrado bruto (m³).

O Índice de Conversão de Serrado Bruto (ICSB) em madeira beneficiada foi calculado com base na equação 4.

$$ICSB = \frac{VSB}{VMB} \quad (\text{Equação 4})$$

Considerando que,

- $ICSB$ - Índice de conversão de serrado bruto;
- VSB - Volume de serrado bruto (m³);
- VMB - Volume de madeira beneficiada (m³).

6.4.4. Perda por etapa de conversão do serrado bruto em madeira beneficiada

Essa etapa consistiu na determinação das perdas de madeira no processo de conversão em multilâmina, destopadeira, plana e moldureira, através da equação 5.

$$PM = 100 - RC \quad (\text{Equação 5})$$

Considerando,

PM – perda de madeira, (%);

RC – rendimento da conversão, (%);

6.4.5. Estimativa de partículas geradas no processo de conversão do serrado bruto em madeira beneficiada (serragem e maravalhas).

Este estudo consistiu na quantificação de serragem e maravalhas geradas durante o processo de conversão mecânica do serrado bruto em madeira beneficiada. A estimativa foi feita com base nos cortes em multilâmina e destopadeira para serragem e em plaina e moldureira para maravalhas através das equações 6 e 7.

$$SER = (CP \times EP \times EL) \times NC \times NP \quad (\text{Equação 6})$$

Considerando,

SER – quantidade de serragem, (m³);

CP – comprimento da peça, (m);

EP – espessura da peça, (m);

EL – espessura da lâmina de serra, (m);

NC – número de cortes na peça;

NP – número de peças processadas.

$$MAR = (EIP - EFP) \times LP \times NP \quad (\text{Equação 7})$$

Considerando,

MAR – quantidade de maravalhas, (m³);

EIP – espessura inicial da peça, (m);

EFP – espessura final da peça, (m);

LP – largura da peça, (m);

NP – número de peças processadas.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. Índice de conversão da tora em madeira serrada

No Quadro 2, encontram-se os rendimentos médios de processamento mecânico da tora em madeira serrada, das oito espécies estudadas. Constata-se que os índices de aproveitamento obtidos neste estudo estão acima da maioria das indústrias madeireiras (serrarias), que em geral, é inferior a 50% (CARRÉ & SCHENKEL, 1994). Esta elevação no rendimento em serrado é proveniente da introdução de mais duas máquinas na linha de produção da indústria, as multi-serras “Ripeira” e “Esquadrejadeira”, que processam as costaneiras e sobras de serrados que são muito pouco aproveitados nas serrarias convencionais.

Quadro 02. Rendimento de processamento mecânico da tora em madeira serrada.

Espécie	Amplitude de variação de rendimento (%)		Rendimento da tora em madeira serrada (%)	Desvio padrão
	Mínimo	Máximo	Médio	
Angelim vermelho	57,2	72,4	64,5	5,4
Jatobá	52,0	68,6	60,2	6,4
Maçaranduba	49,5	70,4	59,2	7,9
Mururé	55,8	78,5	63,8	9,0
Piquiarana	55,1	70,4	63,6	6,1
Sucupira	50,4	63,4	57,5	5,3
Timborana	59,3	68,2	61,5	3,8
Uxi	58,2	73,3	65,9	5,7
Média geral	54,7	70,7	62,0	6,2

As espécies Angelim-vermelho, Mururé, Piquiarana e Uxi apresentaram valores de rendimentos superiores à média geral da indústria. As espécies Sucupira e Maçaranduba apresentaram os menores valores, 57,5% e 59,2%, respectivamente, porém, ainda assim,

superiores aos das serrarias tradicionais. As demais espécies apresentaram variações médias de 61,5% a 63,8%.

Ficou muito patente que essas variações observadas estão relacionadas com a qualidade da tora, como a podridão interna (Figura 53: A e B) e tortuosidade excessiva que geram resíduos que não podem ser aproveitados nem no Setor Secundário da indústria. Como o rendimento é calculado com base na relação entre o volume de serrados e o volume geométrico da tora, isto causa grandes perdas, seja pela remoção da parte que sofreu a decomposição, devido ao ataque de fungos ou insetos, ou pelos cortes que a tora sofre para a retirada de costaneiras não aproveitáveis.



Figura 53. Peças de madeira com podridão interna causando redução no aproveitamento.

No Quadro 3, encontram-se a produção de serrados por etapa de desdobramento e as médias de rendimento da tora em madeira serrada.

Quadro 03. Produção e rendimentos de serrados por setores da indústria, Principal e Secundário, e por tipos de máquina.

Espécie	Volume (m ³)						Rendimento de serrados (%)					*RF (%)
	Tora	Serrados (SP)				Serrados (SS)	Serrados (SP)				Serrados (SS)	
		Serra Fita	Serra circular	Balancim (A)	Multi-serra (B)	Multi-serra (C)	Serra Fita	Serra circular	Balancim (A)	Multi-serra (B)	Multi-serra (C)	
Maçaranduba	1,973	1,441	0,935	0,729	0,116	0,315	73,0	47,4	37,0	5,9	16,0	58,8
Jatobá	1,740	1,315	0,848	0,635	0,120	0,342	75,6	48,8	36,5	6,9	19,7	63,1
Mururé	2,634	2,208	1,404	1,174	0,130	0,370	83,8	53,3	44,6	4,9	14,0	63,5
Piquiarana	2,473	1,986	1,277	1,105	0,097	0,347	80,3	51,6	44,7	3,9	14,0	62,6
Timborana	1,347	1,087	0,626	0,466	0,090	0,273	80,7	46,5	34,6	6,7	20,2	61,5
Angelim vermelho	2,386	1,917	1,310	1,082	0,128	0,308	80,4	54,9	45,4	5,4	12,9	63,7
Sucupira	2,221	1,412	1,060	0,901	0,089	0,260	63,6	47,7	40,6	4,0	11,7	56,3
Uxi	3,677	2,792	2,118	1,659	0,258	0,454	75,9	57,6	45,1	7,0	12,4	64,5
Média geral	2,306	1,770	1,197	0,969	0,128	0,334	76,7	51,0	41,0	5,6	15,1	61,7

(*) RF – rendimento final de serrados

Na **Etapa I** (serra de fita), os rendimentos obtidos são relativamente elevados uma vez que nessa etapa de processamento, a indústria não faz o esquadrejamento, retirando-se apenas as costaneiras (Figura 54), que algumas vezes são aproveitadas no Setor secundário.



Figura 54. Finas costaneiras retiradas na Etapa I.

Houve uma variação de 63,6% a 83,8% de serrados obtidos no desdobramento da tora em serra fita. O Mururé, a Timborana, a Piquiarana e o Angelim-vermelho foram as espécies que se destacaram com rendimentos superiores a 80% e a Sucupira foi que

apresentou o menor rendimento com 63,3%, possivelmente, decorrente da qualidade das toras trabalhadas, especialmente no que diz respeito à tortuosidade, o que causou grandes perdas no momento de retirada das costaneiras. As demais espécies oscilaram em torno da média geral da indústria.

No geral, constata-se que a maior quantidade de sobras de serração é gerada nas máquinas serra circular e multi-serra, quando se padroniza a largura e comprimento da peça, respectivamente. Tradicionalmente, o rendimento obtido nas serrarias equivale ao rendimento obtido no final das Etapas VI e VIII, correspondente a destopamento das peças.

Vale ressaltar, que o reaproveitamento das sobras, utilizando-se as multi-serras (B e C) dos Setores Principal e Secundário, mostrados no Quadro 4, equivale a um aumento médio no volume de serrados da ordem de 47,7%, em relação ao volume de serrados obtidos nas Etapas VI e VIII do setor principal. Isto leva a um rendimento final da tora em madeira serrada superior ao convencional que é inferior a 50%.

Quadro 04. Aumento de rendimento com uso de multi-serras “ripeira e esquadrejadeira” nos Setores Principal (SP) e Secundário (SS).

Espécie	Volume (m ³)			RF(%) ¹	ARE(%) ²	
	Tora	SP Balancim (A)	SP Multi-serra (B)			SS Multi-serra (C)
Maçaranduba	1,973	0,729	0,116	0,315	58,8	59,1
Jatobá	1,740	0,635	0,120	0,342	63,1	72,8
Mururé	2,634	1,174	0,130	0,370	63,5	42,6
Piquiarana	2,473	1,105	0,097	0,347	62,6	40,1
Timborana	1,347	0,466	0,090	0,273	61,5	77,8
Angelim vermelho	2,386	1,082	0,128	0,308	63,7	40,3
Sucupira	2,221	0,901	0,089	0,260	56,3	38,8
Uxi	3,677	1,659	0,258	0,454	64,5	42,9
Média	2,306	0,969	0,128	0,334	61,7	47,7

(1) - rendimento final de serrados obtidos da tora = (A + B + C)/Tora*100

(2) - aumento de rendimento com uso de multi-serras no SP e no SS = (B + C)/A*100

O rendimento em serraria é afetado pela interação de diversos fatores: diâmetro, comprimento, conicidade e qualidade das toras (isenção de defeitos), espessura de corte, decisões pessoais do operador, tipos, condições de funcionamento e manutenção dos

equipamentos, método de processamento e número alternativo de produtos, além da possibilidade de aproveitamento dos sub-produtos (costanheiras, cavacos, refilos, destopos e até a serragem). Todos esses fatores se integram de tal forma que é impossível realizar uma análise isolada (REMADE, 2003).

Vianna Neto (1984), estudando técnicas de desdobro em serrarias que utilizavam toras com pequenos diâmetros, concluiu que o rendimento de madeira serrada aumentou de acordo com o incremento no diâmetro das toras utilizadas, no qual a qualidade da matéria-prima pode influenciar em até 70% no êxito da obtenção de um ótimo rendimento. Da mesma forma, estudando a influência do diâmetro no rendimento em madeira serrada, o autor afirma que ele exerce uma influência diretamente proporcional.

A qualidade das toras a serem desdobradas influencia sobremaneira no rendimento da madeira e tem reflexos sobre todo o sistema de produção da serraria. A serraria pode operar três tipos de tora (boa, regular ou ruim), classificadas visualmente no pátio de estocagem. Quanto melhor for a qualidade da madeira, melhor será a qualidade dos produtos que dela podem ser tirados; evidentemente, a serraria paga mais caro pelas toras de melhor qualidade. O custo da matéria-prima colocada na serraria é o principal componente dos custos totais, mas o aumento nos custos da matéria-prima é compensado pelo aumento da receita nos produtos vendidos (REMADE, 2003).

Ribas et al. (1989), estudando a influência do diâmetro e do comprimento de toras de pinus no rendimento da madeira serrada, encontraram aumento significativo a partir de classes diamétricas acima de 21 cm. E obtiveram um aumento significativo no rendimento com toras a partir de 24 cm de diâmetro.

O rendimento obtido na transformação de toras em tábuas varia de uma espécie para a outra, dadas as inerentes distinções entre as características das mesmas, apresentando comportamento diferente no desdobro. Dentre as principais características, destacam-se: densidade, disposição dos elementos estruturais, teor de umidade, presença de componentes químicos (REMADE, 2003).

Olandoski et al. (1998), utilizando toras entre 23 a 27,9 cm de diâmetro, obtiveram rendimento médio de madeira serrada de 51,97%.

O correto posicionamento e orientação da tora para o desdobro são importantes, pois uma altura de corte inadequada pode significar grandes perdas em volume ou qualidade da madeira. A tora deverá ser fixada firmemente e com um correto alinhamento durante o transporte e passagem pela serra. O sistema integrado de desdobro deverá estar

suficientemente equilibrado para produzir pequenas espessuras de fio de serra, cortes alinhados, com ferramentas bem preparadas e afiadas, visando a produção de superfícies planas e com velocidade de alimentação em níveis aceitáveis (REMADE, 2003).

Acosta (1999), estudando desdobro convencional, utilizando toras de *Eucalyptus* de 20 a 25 cm de diâmetro, obteve um rendimento médio de 53%. Neste caso não se pode destacar a diferença entre as espécies, pois este é um fator de grande importância no rendimento em madeira serrada.

Os fatores inerentes às condições operacionais da serra também podem influenciar no rendimento obtido, como tipo de dentes, relação largura da trava / espessura da lâmina, tensão da lâmina e espaçamento entre os dentes da serra. A espessura do corte é outro fator relacionado com o equipamento que muito influencia no rendimento. A espessura do corte varia normalmente entre 2,0 a 6,0mm e depende, por sua vez, de diferentes fatores: velocidade de alimentação, espécies de madeira, acondicionamento da lâmina. A condição e a manutenção dos equipamentos podem interferir na produtividade de uma serraria. Equipamentos que não funcionam ou que não operam adequadamente podem ser a causa dessa interferência negativa (REMADE, 2003).

Ribas et al. (1989), trabalhando com pinus utilizando classes de diâmetros de 24 a 27 cm, obtiveram rendimento de 51,41%, atribuindo os valores ao diâmetro das toras, a qualidade das toras e os produtos obtidos, associados a um modelo de desdobro mas adequado.

Observa-se, no Quadro 2 que o rendimento médio encontrado para madeira serrada foi de 41,0%, a esses valores foram acrescido ao rendimento das máquinas de processamento secundário, que somado a esses passou a ser de 61,7%, que foi o rendimento final da serraria.

Fontes (1994), estudando rendimento de madeira serrada e geração de resíduos em três diferentes serrarias, obteve um rendimento médio de 30,86%.

Rocha (2000), estudando *Eucalyptus grandis*, encontrou rendimento de 45,71%, enquanto, Jará et al. (1997), obtiveram para o *Eucalyptus grandis*, um rendimento médio de 56,08%. Del Menezzi (1999) observou um rendimento médio de 51,8%, considerando também próximos aos obtidos no presente estudo. Acosta (1999) apresenta, para a classe diamétrica de 20 a 25 cm, um rendimento médio de 53% e para a classe diamétrica de 25 a 30 cm, 57%.

Rocha et al. (2000), encontraram rendimento de 48,22% a 56,87% para toras de *Eucalyptus grandis*. E trabalhando com *Eucalyptus dunnii*, encontraram rendimento médio

entre 41 e 42%. Pereira et al. (1999), testando duas formas de desdobro para *E. dunnii*, obtiveram rendimento de 69,13 e 69,29%, valores muito superiores aos obtidos neste estudo. È difícil de se fazer uma comparação, uma vez que Pereira et al. (1999) não fazem menção ao diâmetro das toras e outros aspectos de metodologia de corte que podem ter influenciado os resultados.

A Indústria Rio Capim tem uma linha de produção que proporciona um rendimento superior as serrarias tradicionais. O rendimento médio geral da Indústria é de 62,0%, com uma variação de 57,5% a 65,9%. Cada espécie apresenta um rendimento que varia com a qualidade da tora processada.

A introdução de duas multi-serras para aproveitamento de sobras do Setor Principal proporciona um aumento da ordem de 47,7% % no rendimento em relação aos serrados obtidos até as Etapas VI e VIII correspondentes a uma linha de produção tradicional de serraria.

Em relação a uma serraria tradicional que apresenta em média um rendimento inferior a 50%, o rendimento médio geral obtido equivale a um aumento mínimo de 23,5%.

7.2. Coeficiente de conversão volumétrica da tora em lâminas torneadas para fabricação de compensado

7.2.1. Sobras de fuste no pátio da indústria

Essa etapa de estudo correspondeu à medição das sobras (m) devido a retiradas de toras de comprimento padronizado do fuste. No Quadro 2 encontram-se os valores médios das sobras de fustes das sete espécies estudadas. Os valores extremos foram registrados para as espécies *copaíba* (*Copaifera multijuga*, AHYNE) (0,73m) e faveira-vermelha (*Dimorphandra parviflora*, Benth) (1,25m), tendo registrado a média geral de 0,98m. Observa-se que a variação das sobras é muito larga, indo de 0,20m a 1,68m (ver Anexo 1).

Os elevados coeficientes de variação (53,3% a 89,8% - perda em *m*) e (62,8% a 85,0% - perda em %) vem da grande heterogeneidade do comprimento dos fustes, os quais ao serem traçados para a retirada das toras de comprimento padronizado promovem essas perdas diferenciadas. Os limites inferior e superior dos Intervalos de Confiança demonstrados no Quadro 02 comprovam esse resultado da grande variação no comprimento das sobras dos

probabilidade ($t_{0,05}$), grau de liberdade, $gl = 14$ e expectativa de erro, $E = 10\%$ para amapá (*Brosimum parinarioides*, Ducke subsp. Parinarioides), amesclão, (*Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Wild), copaíba (*Copaifera multijuga*, AHYNE) e imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns), enquanto que para currupixá (*Micropholis venulosa*, (Mart. & Eichler) Pierre), faveira-branca (*Parkia multijuga*, Benth) e faveira-vermelha (*Dimorphandra parviflora*, Benth), a precisão requerida foi atendida para o nível de 95% de probabilidade ($t_{0,05}$), grau de liberdade, $gl = 14$ e expectativa de erro, $E = 12\%$.

Os elevados coeficientes de variação são passivos de acontecer com qualquer espécie, uma vez que se trata de uma variável correspondente ao comprimento do fuste que depende de um fator intrínseco relacionado à altura da árvore, podendo resultar em fuste curto ou longo, o que resulta em maior ou menor número de toras de comprimento padronizado e por consequência em maior ou menor sobra de fuste.

Os resultados apresentados no Quadro 06 confirmam os dados do Quadro 02, ou seja, as maiores sobras registradas para as três espécies anteriormente citadas resultaram em menor aproveitamento do fuste em toras.

Quadro 06. Demonstrativo de aproveitamento do fuste em toras de comprimento padronizado - APF.

Espécie	Amapá	Amesclão	Copaíba	Currupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu
Média	86,39	83,27	85,85	76,72	78,55	77,15	81,85
Desvio padrão	11,48	11,08	10,69	16,41	16,72	14,96	7,00
Erro padrão	5,81	5,61	5,41	8,31	8,46	7,57	4,34
IC _(limite inferior)	73,93	71,24	74,25	58,90	60,41	60,91	72,04
IC _(limite superior)	98,86	95,29	97,45	94,53	96,70	93,39	91,66
CV (%)	13,29	13,30	12,45	21,39	21,3	19,4	8,55
<i>n</i> calculado	*8,1	*8,1	*7,1	**14,6	**14,5	*12,0	*3,7
<i>n</i> (necessário)	9	9	8	15	15	12	4

(*) calculado com base em $E = 10\%$ e (**) com base em $E = 12\%$

A média geral de aproveitamento de fuste das sete espécies estudadas foi de 81,40%, com IC_(limite inferior) de 73,9% e IC_(limite superior) de 88,89%.

Os dados de cada uma das espécies estudadas que originaram as médias especificadas no Quadro - 06, encontram-se no Apêndice 03.

7.2.3. Rendimento da tora em lâminas torneadas

Para se estimar o rendimento da tora em lâminas torneadas foram executadas as seguintes etapas:

7.2.4. Rendimento de lâminas obtidas da tora cilindrada – RLT

Depois do cilindramento, as toras foram submetidas a torneamento para produção de lâmina contínua (Figura 25, item- 6.2.5.). No Quadro 07 encontram-se as médias de rendimento, tendo-se registrado a menor média para a espécie imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) (55,04%) e a maior para faveira branca (*Parkia multijuga*, Benth) (75,95%). Verifica-se que a faveira-branca (*Parkia multijuga*, Benth) e a faveira-vermelha (*Dimorphandra parviflora*, Benth) apresentaram os mais elevados rendimentos, possivelmente decorrente de melhor sanidade e forma (menor conicidade ou excentricidade) das toras. As espécies amapá (*Brosimum parinarioides*, Ducke subsp. Parinarioides), amesclão, (*Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Wild), copaíba (*Copaifera multijuga*, AHYNE) e curupixá (*Micropholis venulosa*, (Mart. & Eichler) Pierre) apresentaram toras com características semelhantes, resultando em rendimentos muito aproximados entre si.

Os resultados das análises estatísticas indicaram que o número de fustes processados (15) foi suficiente para atender a precisão requerida ($t_{0,05}$, $gl = 14$ e $E = 10\%$) para todas as espécies estudadas.

A média geral de rendimento de lâminas obtidas da tora foi de 66,62%, com $IC_{(\text{limite inferior})}$ de 54,44% e $IC_{(\text{limite superior})}$ de 78,81%.

Os dados de cada uma das espécies estudadas que originaram as médias especificadas no Quadro 07, encontram-se no Apêndice 04.

O maior ou menor rendimento no torneamento está relacionado com o diâmetro final do rolete e da sanidade da tora, especialmente na parte central (miolo) onde as garras do torno são fixadas. Na Figura 55 estão demonstradas algumas dessas fragilidades da tora que provocam perdas importantes de madeira no momento do torneamento.

Quadro – 07. Médias de rendimento da tora cilindrada em lâminas torneadas.

Espécie	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu
Média/sp	65,72	65,90	66,33	64,24	75,95	73,17	55,04
Desvio padrão	6,97	10,66	8,31	8,52	11,40	5,50	5,06
Erro padrão	3,53	5,39	4,21	4,31	5,77	2,78	3,14
IC _(limite inferior)	58,16	54,34	57,31	54,99	63,58	67,20	47,94
IC _(limite superior)	73,29	77,47	75,36	73,48	88,33	79,13	62,13
CV (%)	10,6	16,2	12,5	13,3	15,0	7,5	9,2
n calculado (E% = 10)	5,2	12,0	7,2	8,1	10,4	11,9	4,3
n (necessário)	6	12	8	9	11	12	5



Figura – 55. Pilhas de roletes mostrando a perda devido à sanidade da tora (podridão e rachaduras).

No Quadro 08 encontram-se as médias de diâmetro de trinta roletes de cada espécie estudada, tendo-se registrados os valores extremos para curupixá (*Micropholis venulosa*, (Mart. & Eichler) Pierre) (20cm) e faveira-branca (*Parkia multijuga*, Benth) (29cm). Os dados que originaram as médias de diâmetro encontram-se no Apêndice – 05.

Quadro – 08. Valores médios de diâmetro dos roletes (rolo resto) das espécies estudadas.

Espécies	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu
Média/sp	0,24	0,24	0,25	0,20	0,29	0,26	0,25
Desvio padrão	0,05	0,04	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03
Erro padrão	0,018	0,014	0,009	0,012	0,007	0,016	0,012
IC (limite inferior)	0,13	0,21	0,23	0,18	0,28	0,23	0,22
IC (limite superior)	0,34	0,27	0,27	0,22	0,30	0,29	0,28
CV (%)	21,5	16,2	9,8	16,4	6,2	17,7	13,9
n calculado	**13,1	*11,0	*3,9	*11,2	*1,6	*13,0	*7,9
n - necessário	14	11	4	12	2	14	8

(*) calculado com base em E = 10% e (**) com base em E = 12%

O número de roletes (30) foi suficiente para atender a precisão requerida ao nível de 95% de probabilidade ($t_{0,05}$), grau de liberdade, $gl = 29$ e expectância de erro, E = 10% para amesclão, (*Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Wild), copaíba (*Copaifera multijuga*, AHYNE), curupixá (*Micropholis venulosa*, (Mart. & Eichler) Pierre), faveira branca (*Parkia multijuga*, Benth) e faveira-vermelha (*Dimorphandra parviflora*, Benth) e imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns), enquanto que para amapá (*Brosimum parinarioides*, Ducke subsp. *Parinarioides*) a precisão requerida foi atendida para o nível de 95% de probabilidade ($t_{0,05}$), grau de liberdade, $gl = 29$ e expectância de erro, E = 12%.

7.2.5. Rendimento total de lâminas obtidas das toras - RTLT

O rendimento total de lâminas obtidas das toras correspondeu à somatória das lâminas saídas do torno e passadas na guilhotina grande, de lâminas aproveitadas de resíduos de cilindramento da tora na guilhotina pequena e de lâminas impróprias saídas da guilhotina grande aproveitadas no balancim.

No Quadro 09 estão demonstradas as médias de rendimento total de lâminas obtidas das toras. O menor rendimento foi registrado para a espécie curupixá (*Micropholis venulosa*, (Mart. & Eichler) Pierre) (70,79%) e o maior valor para faveira-branca (*Parkia multijuga*, Benth) (80,64%). Os dados que originaram as médias especificadas no Quadro 09 encontram-se no Apêndice 06.

Quadro 09. Rendimento total de lâminas obtidas de toras.

Espécie	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu
Média	76,72	75,97	76,01	70,79	80,64	80,52	74,24
Desvio padrão	8,14	12,28	9,53	9,39	12,37	6,05	6,83
Erro padrão	4,12	6,22	4,82	4,75	6,26	3,06	4,23
IC _(limite inferior)	68,24	62,64	65,67	60,60	67,20	73,96	64,67
IC _(limite superior)	85,20	89,31	86,35	80,98	94,07	87,09	83,81
CV (%)	10,6	8,18	12,53	13,26	7,77	3,80	5,70
<i>n</i> calculado (E = 10%)	5,2	3,08	7,23	8,09	2,77	0,66	1,66
<i>n</i> (necessário)	6	4	8	9	3	1	2

A média geral foi de 76,41%, com IC_(limite inferior) de 70,08% e IC_(limite superior) de 82,75%. O número de fustes processados (15) foi suficiente para atender a precisão requerida ($t_{0,05}$, $gl = 14$ e $E = 10\%$) para todas as espécies estudadas.

7.2.6. Rendimento total de lâminas obtidas de toras e sobras de fuste – RTLTF

Consistiu na relação entre o volume total de lâminas obtidas de toras e sobras de fustes e o volume total de toras. No Quadro 10 encontram-se as médias de rendimento final, tendo-se registrado o menor valor para a espécie curupixá (*Micropholis venulosa*, (Mart. & Eichler) Pierre) (71,47%) e o maior valor para faveira-vermelha (*Parkia multijuga*, Benth) (85,60%).

O número de fustes foi suficiente para atender a precisão requerida ($t_{0,05}$, $gl = 14$ e $E = 10\%$) para as sete espécies estudadas.

A média geral foi de 78,88%, tendo-se obtido o IC_(limite inferior) de 71,60% e o IC_(limite superior) de 86,00%. Os dados que originaram as médias encontram-se no Apêndice 07.

Quadro 10. Rendimento final de lâminas obtidas de toras e de topos de fuste.

Espécie	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira-branca	Faveira-vermelha	Imbiruçu
Média	76,72	78,35	77,93	71,47	82,67	85,60	79,40
Desvio padrão	8,14	12,67	9,77	9,48	12,68	6,43	7,30
Erro padrão	4,12	6,41	4,94	4,80	6,42	3,25	4,52
IC _(limite inferior)	68,24	63,45	67,33	61,18	68,91	78,62	69,17
IC _(limite superior)	85,2	93,2	88,5	81,8	96,4	92,6	89,64
CV	10,6	8	12,5	13,3	7,8	3,80	5,70
<i>n</i> calculado (E = 10%)	5,2	3,1	7,2	8,1	2,8	0,7	1,66
<i>n</i> (necessário)	6	4	8	9	3	1	2

7.2.7. Rendimento final de lâminas obtidas de toras e sobras de fuste – RFLF

Consistiu na relação entre o volume total das lâminas obtidas das toras e de sobras de fustes e o volume total dos fustes utilizados. No Quadro 11 encontram-se as médias de rendimento de lâminas obtidas a partir dos fustes processados das sete espécies estudadas na Selectas Madeiras Ltda. As médias extremas foram obtidas com curupixá (*Micropholis venulosa*, (Mart. & Eichler) (54,31%) e faveira- vermelha (*Dimorphandra parviflora*, Benth) (65,98%).

Para as espécies amapá (*Brosimum parinarioides*, Ducke subsp. Parinarioides), amesclão (*Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Wild), faveira-branca (*Parkia multijuga*, Benth), faveira- vermelha (*Dimorphandra parviflora*, Benth) e imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns), o número de fustes estudados (15) foi suficiente para atender a precisão requerida de 95% de probabilidade ($t_{0,05}$), $gl = 14$ e $E = 10\%$, enquanto que para copaíba (*Copaifera multijuga*, AHYNE) e curupixá (*Micropholis venulosa*, (Mart. & Eichler), a precisão requerida foi atendida para o nível de probabilidade de 95%, grau de liberdade, $gl = 14$ e expectância de erro, $E = 12\%$, cujo valor tecnicamente é aceitável, uma vez que a variação de rendimento tem relação com maior ou menor quantidade de sobras em decorrência do comprimento dos fustes que não é uniforme e do comprimento das toras obtidas que é padronizado para torneamento.

A média geral na indústria foi de 63,11%, tendo-se obtido o $IC_{(\text{limite inferior})}$ de 55,97% e o $IC_{(\text{limite superior})}$ de 68,24%. Os dados que originaram as médias encontram-se no Apêndice 08.

Quadro – 11. Rendimento final de lâminas obtidas dos fustes processados.

Espécie	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu
Média/sp	65.39	63.20	65.51	54.31	63.55	65.98	64.81
Desvio padrão	7.77	13.31	13.34	11.43	10.77	13.89	6.68
Erro padrão	3.93	6.74	6.75	5.78	5.45	7.03	4.14
$IC_{(\text{limite inferior})}$	56.96	48.75	51.03	41.90	51.86	50.90	55.45
$IC_{(\text{limite superior})}$	73.82	77.65	79.99	66.72	75.24	81.06	74.18
CV	11.88	10.66	20.37	21.05	8.57	10.66	6.39
<i>n</i> calculado	*6.5	*5.2	**13,3	**14,2	*3.4	*5.2	*2.1
<i>n</i> (necessário)	7	6	14	15	4	6	3

(*) calculado com base em $E = 10\%$ e (**) com base em $E = 12\%$

As primeiras lâminas retiradas do torete, que contem casca ou imperfeição, são eliminadas através do encaminhamento das mesmas para a correia transportadora, localizada abaixo dos tornos e que leva esse material para o picador. Além das lâminas iniciais, parte dos rolos-resto, que não são utilizados para outros fins, são todos jogados na caldeira para produção de vapor (Brand et al, 2005).

A espessura das laminas produzidas nos tornos são variadas, podendo ser de 2; 2,1; 2,2; 3; 3,1; e 3,2 mm. A determinação da largura das laminas, bem como a eliminação de defeitos indesejáveis são realizados pelas guilhotinas, localizadas após o torno. Neste ponto também existe geração de resíduos, que são depositados na correia transportadora (Brand et al, 2005).

O rendimento de madeira pode ser afetado pela interação dos vários fatores relacionados à madeira, ao maquinário de corte e ao processo, os quais, não devem ser analisados isoladamente. Diversas técnicas são apresentadas por muitos pesquisadores para o aumento do rendimento da madeira. Enumeram-se vários parâmetros, tais como a seleção de toras por classes diamétricas, tratamento otimizado de toras, software de otimização no sistema de desdobro, feixe de laser para refilo e adequação do layout. Neste contexto, o

maquinário de corte desempenha papel fundamental, e tem contribuição significativa no rendimento da madeira (Rocha,2000).

Brand (2003), em seu trabalho realizado em uma laminadora encontrou um rendimento geral de 40,71%, indicando que mais da metade da matéria-prima que entra no processo torna-se resíduo. Vários fatores influenciam no rendimento, entre eles, tipo de equipamento utilizado, as espécies e o diâmetro das toras.

Miyakaki (1989), trabalhando com espécies tropicais, encontrou a percentagem de resíduo do rolo-resto, a partir do volume de toras que entra na indústria, de 6,60%, sendo que essa percentagem de rolo-resto é muito influenciada pelo tipo de equipamento utilizado na laminação das toras.

Junior et. al. 2008, trabalhando com desenrolamento de lâminas no torno com a espécie *Hevea brasiliense*, encontraram rendimento de 51,42%. Sendo que as perdas geradas pelo descascamento e conicidade foram de 38,86%, enquanto as perdas geradas pelo rolo-resto foram de 9,72%.

Olandoski (2001), citando dados publicados pela FAO (1968), mostra um rendimento médio de laminação de 52,6%. Band (2000), estudando o comportamento de espécies do gênero *Pinus*, quanto ao rendimento em laminação de toras sem casca em lâminas verdes, obteve valor médio de 46,5%. Nos estudos realizados com espécies do gênero *Eucalyptus*, Pio (1996) obteve rendimentos de 36 a 44%, e Interamnense (1998) apresentou rendimentos médios, com grandes variações nos resultados, que situaram-se entre 17 a 50%, ambos para tora com casca. De acordo com Interamnense (1998), rendimentos em torno de 50% podem ser considerados satisfatórios.

A classificação das lâminas é a última atividade realizada, juntamente com a montagem de lâminas a partir de retalhos, produzidos durante a laminação ou secagem, e que compõe lâminas destinadas para o miolo dos painéis. Esta atividade é o outro ponto no qual são gerados resíduos que também vão para a caldeira para produção de vapor (Brand al, 2005).

Miyakaki (1989), cita que a perda na laminação de toras de madeiras tropicais é em torno de 23,30%.

Brand et al, 2005, afirma que, o rendimento aumenta do início para o final do processo, ou seja, as quantidades de perdas diminuem à medida em que o produto vai se aproximando das etapas finais do processo.

As sobras de madeira no pátio estão em função do comprimento do fuste e o comprimento padronizado das toras. A média de sobras de fustes das sete espécies estudadas foi de 0,98m. A sanidade do fuste (podridão ou rachaduras) também é responsável pela maior ou menor sobra de madeira no pátio da indústria.

A heterogeneidade do comprimento do fuste é o fator determinante no aproveitamento do mesmo em toras de comprimento padronizado. O valor médio de aproveitamento foi de 81,4%, com os limites de confiança de 73,9% (inferior) e 88,67%, (superior).

O aproveitamento das sobras de fustes para produção de lâminas transversais proporciona um aumento médio de 2,9% no rendimento final de lâminas.

O número de amostras (15 fustes) utilizadas para determinação do Aproveitamento do fuste (APF) foi suficiente para atender a precisão requerida ($t_{0,05}$, $gl = 14$ e $E\% = 10$) para as espécies *amapá*, *amesclão*, *faveira branca*, *faveira vermelha* e *imbiruçu*. Para *currupixá*, *faveira branca* e *faveira vermelha*, a precisão atendida foi para o nível de $t_{0,05}$, $gl = 14$ e $E = 12\%$.

O número de fustes utilizados (15) para determinação do Rendimento de lâminas obtidas de toras (RLT), do Rendimento total de lâminas obtidas de toras (RTLTL) e do Rendimento total de lâminas obtidas de toras e de sobras de fustes (RTLTLF) foi suficiente para atender a precisão requerida ao nível de $t_{0,05}$, $gl = 14$ e $E\% = 10$.

Para o Rendimento final de lâminas dos fustes (RFLF), o número de fustes (15) foi suficiente para atender a precisão requerida ao nível de $t_{0,05}$, $gl = 14$ e $E\% = 10$ para *amapá*, *amesclão*, *faveira branca*, *faveira vermelha* e *imbiruçu*, enquanto que para *copaíba* e *currupixá* atingiu-se a precisão ao nível de $t_{0,05}$, $gl = 14$ e $E = 12\%$.

O rendimento médio final de lâminas obtidas dos fustes (RFLF) com base no padrão tecnológico da Indústria Selectas Madeiras Ltda, das sete espécies pesquisadas, foi de 63,11% com limite inferior e superior do Intervalo de Confiança de 55,97% e 68,24%, respectivamente, ao nível de 95% de probabilidade ($t_{0,05}$). Esses valores podem ser adotados como limites de rendimento industrial para as espécies estudadas.

7.3. Índice de conversão da tora em lâminas faqueadas.

7.3.1. Qualidade das toras.

Com base na norma do IBDF (Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas. IBDF, 1984, 42 p.1984), foram estabelecidos alguns critérios fundamentais para a escolha das toras: a forma da seção da tora (grau de excentricidade), para as classes I e II e a existência de ocos, excentricidade e sapopemas para a classe III. O grau de excentricidade foi medido pela diferença entre o diâmetro vertical e o horizontal, passando pela medula. De uma maneira geral, o tempo de armazenamento de uma tora num pátio de estocagem, seja na floresta, aguardando o transporte, seja na indústria, causada por alguma descontinuidade no processo produtivo, pode ser a causa da diminuição da qualidade da tora pela ação de agentes biodeterioradores (insetos, bactérias, fungos e moluscos como o *turu* em água salobra).

7.3.2. Quantificação dos resíduos

No Quadro 12, encontram-se os resultados referentes a perdas, rendimentos e índice de conversão mecânica da tora em lâminas faqueadas. As perdas referem-se aos resíduos provenientes das (três) principais operações: Preparo dos blocos, Faqueamento e Guilhotinagem.

É importante ressaltar que foram estimados ainda valores para os resíduos obtidos durante o corte dos blocos, onde se obtém a serragem, na raspagem dos filés para eliminar a camada superficial, devido às manchas surgidas durante o cozimento, e as sobras em função de parte das lâminas que se soltaram durante a fase de secagem. O conjunto desses resíduos atingiu aproximadamente 2%, em relação ao volume médio da tora.

Quadro 12. Perdas, Rendimentos e Índices de Conversão mecânica da tora em lâminas faqueadas.

Espécie	Classe de tora	Volume médio da Tora (m ³)	Volume médio (m ³)			Rendimento em lâminas (%)		Índice de conversão	
			Preparo dos Blocos	Faqueamento	Guilhotina	RBL	RBR	RBL	RBR
Goiabão	Média (m ³)	1,61	0,36	0,14	0,32	47	49	2,1	2,1
	(%)		22,36	8,80	20,08				
Sucupira	Média (m ³)	0,97	0,05	0,26	0,21	53	47	1,9	2,1
	(%)		5,52	26,55	21,38				
Tauari	Média (m ³)	2,06	0,33	0,14	0,61	41	47	2,4	2,1
	(%)		16,21	6,80	29,81				
Tatajuba	Média (m ³)	1,61	0,3	0,1	0,6	41	42	2,4	2,4
	(%)		18,63	4,84	34,91				
Louro vermelho	Média (m ³)	2,40	0,31	0,11	0,67	41	54	2,4	1,9
	(%)		15,05	5,34	32,52				
Curupixá	Média (m ³)	1,788	0,32	0,12	0,49	51	48	2,0	2,1
	(%)		17,90	6,71	27,40				
Freijó	Média (m ³)	0,69	0,05	0,07	0,24	48	48	2,1	2,1
	(%)		7,24	10,29	34,61				
Cedro	Média (m ³)	2,01	0,19	0,12	0,61	46	54	2,2	1,8
	(%)		9,44	5,88	30,30				
Amapá	Média (m ³)	1,82	0,43	0,08	0,51	46	44	2,2	2,3
	(%)		23,63	4,49	27,93				

RBL : Rendimento calculado com base no volume de lâminas

RBR : Rendimento calculado com base no volume de resíduos

De uma maneira geral, todas as espécies apresentaram índices médios de conversão mecânica, um pouco acima do preconizado pelo IBAMA, que é de 1,8. Isto demonstra o baixo rendimento em lâminas faqueadas das espécies estudadas. Nas espécies sucupira e freijó o preparo dos blocos constituiu a fase que proporcionou uma menor quantidade de resíduos.

Todas as espécies apresentaram a maior quantidade de resíduos na guilhotina. Isso pode ser explicado pelo inadequado programa de secagem utilizado para as espécies, ou ainda, no cozimento das toras, num tempo inadequado. Sugere-se o desenvolvimento de pesquisas para uma maior otimização desses controles.

7.3.3. Rendimentos.

No Quadro 13, encontram-se os resultados médios de rendimento da conversão de tora em lâminas faqueadas das duas metodologias empregadas. No que concerne à metodologia de referência (RL, Equação 2), constata-se uma variação de rendimento da ordem de 4% entre as três classes (A, B e C). Este nível de variação de rendimento se mantém na metodologia (RR, Equação 3) com valor inferior a 5%.

Quadro 13. Rendimento médio da conversão mecânica da tora em lâminas faqueadas.

Espécie	Rendimento (%)		
	RL	RR	Desvio
Amapá doce (<i>Brosimum parinarioides</i> Ducke subsp. Parinarioides)	46	44	8,027
Cedro (<i>Cedrela odorata</i> , L)	46	54	7,144
Curupixá (<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre)	51	48	7,881
Freijó (<i>Cordia goeldiana</i> Huber)	41	49	9,122
Goiabão (<i>Pouteria pachycarpa</i> , Pires)	48	48	3,775
Louro vermelho (<i>Ocotea rubra</i> , Mez)	41	54	4,456
Sucupira (<i>Bowdichia nitida</i> Spruce)	53	47	7,103
Tatajuba (<i>Bagassa guianensis</i> , AUBL)	41	42	2,655
Tauará (<i>Couratari guianensis</i> Aubl)	41	47	6,483

RL - rendimento com base no volume de lâminas.

RR – rendimento com base nos resíduos gerados.

No que concerne a comparação entre os rendimentos médios obtidos nas duas metodologias a variação não ultrapassou a 2%.

7.3.4. Análise estatística.

Para comprovação estatística, visando analisar as variações de rendimento em lâminas obtidas nas duas metodologias, optou-se por uma ANOVA para verificar a significância dos resultados. Quadro 14, encontra-se o resultado da ANOVA. A análise foi baseada ao nível de probabilidade de 5%, concluindo-se que não há diferença estatística entre os rendimentos obtidos através das duas metodologias.

Quadro 14. Análise de Variância a nível de 5% de probabilidade.

Variação	GL	SQ	QM	s	F_{calc}	F_{tab}	
Trat	1	15,78	15,78	3,0957	1,01	3,63	n.s
Res	16	150,38	9,40	3,0657			
Total	17	166,17					

Na lâmina faqueada é a obtida a partir de uma tora inteira, da metade ou de um quarto da tora; esta é presa nos lados para que uma faca do mesmo comprimento seja aplicada sob pressão, produzindo assim fatias únicas. Essas lâminas possuem desenhos atraentes e por isso possuem maior valor comercial (MENDES et al, 2006).

O rendimento de madeira pode ser afetado pela interação dos vários fatores relacionados à madeira, ao maquinário de corte e ao processo, os quais, não devem ser analisados isoladamente. Diversas técnicas são apresentadas por muitos pesquisadores para o aumento do rendimento da madeira. Enumeram-se vários parâmetros, tais como a seleção de toras por classes diamétricas, tratamento otimizado de toras, software de otimização no sistema de desdobro, feixe de laser para refilo e adequação do layout. Neste contexto, o maquinário de corte desempenha papel fundamental, e tem contribuição significativa no rendimento da madeira (ROCHA,2000).

Brand (2003), em seu trabalho realizado em uma laminadora, encontrou um rendimento geral de 40,71%, indicando que mais da metade da matéria-prima que entra no processo torna-se resíduo. Vários fatores influenciam no rendimento, entre eles, tipo de equipamento utilizado, as espécies e o diâmetro das toras.

Com relação aos valores de cada etapa do processo produtivo e de seus respectivos rendimentos, no Quadro 12, podemos verificar que os valores obtidos em cada uma das etapas avaliadas mostram que, na etapa da guilhotina a empresa tem a maior perda em rendimento de todo o processo.

Miyakaki (1989) cita que a perda na laminação de toras de madeiras tropicais é em torno de 23,30%.

Brand et al, (2005), afirmam que o rendimento aumenta do início para o final do processo, ou seja, as quantidades de perdas diminuem à medida que o produto vai se aproximando das etapas finais do processo.

Com base nos resultados encontrados, pode-se inferir que: As metodologias utilizadas para determinação do rendimento da tora em lâminas faqueadas, foram adequadas. O rendimento médio de lâminas faqueadas obtidas pela conversão mecânica das toras em lâminas faqueadas das espécies pesquisadas na Empresa Selectas Madeiras, foram:

Amapá doce (<i>Brosimum parinarioides</i> Ducke subsp. <i>Parinarioides</i>)	- 46 %
Cedro (<i>Cedrela odorata</i> , L)	- 46%
Curupixá (<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre)	- 51%
Freijó (<i>Cordia goeldiana</i> Huber)	- 41%
Goiabão (<i>Pouteria pachycarpa</i> , Pires)	- 48%
Louro vermelho (<i>Ocotea rubra</i> , Mez)	- 41%

Sucupira (<i>Bowdichia nitida</i> Spruce)	- 53%
Tatajuba (<i>Bagassa guianensis</i> , AUBL)	- 41%
Tauarí (<i>Couratari guianensis</i> Aubl)	- 41%

Estatisticamente não há diferença significativa entre os rendimentos obtidos através das duas metodologias. Para o nível tecnológico da Empresa Selectas Madeiras, os Índices de conversão mecânica da tora em lâminas faqueadas das espécies pesquisadas são:

O índice de conversão mecânica da tora em laminas foi determinado com base na equação N° 4:

Amapá doce (<i>Brosimum parinarioides</i> Ducke subsp. Parinarioides)	- 2,2
Cedro (<i>Cedrela odorata</i> , L)	- 2,2
Curupixá (<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre)	- 2,0
Freijó (<i>Cordia goeldiana</i> Huber)	- 2,1
Goiabão (<i>Pouteria pachycarpa</i> , Pires)	- 2,1
Louro vermelho (<i>Ocotea rubra</i> , Mez)	- 2,4
Sucupira (<i>Bowdichia nitida</i> Spruce)	- 1,9
Tatajuba (<i>Bagassa guianensis</i> , AUBL)	- 2,4
Tauarí (<i>Couratari guianensis</i> Aubl)	- 2,4

7.4. Índice de conversão mecânica do serrado bruto em madeira beneficiada e ou acabada

7.4.1. Avaliação do serrado bruto no pátio de estocagem

O tempo de estocagem do serrado bruto no pátio da indústria Tradelink Madeiras adquirido de outras indústrias madeireiras (serrarias) é curto, em geral, não ultrapassando duas semanas. Durante a permanência no pátio da indústria foi observado o ataque de organismos biológicos (brocas e fungos) apenas nos pré-cortados de tauarí.



Figura - 56. Amostra de um lote de serrado bruto seco sem ataque de agentes biodegradadores.

7.4.2. Perda devido à secagem da madeira em estufa

O defeito mais comum do serrado bruto em face ao processo de secagem em estufa é o empenamento (Figura 57: A e B). Porém, raramente se perde, pois essas peças na maioria das vezes são recortadas e reaproveitadas para outros usos de interesse comercial.



Figura 57. Peças de serrado bruto, empenadas devido à secagem em estufa.

7.4.3. Rendimento e Índice de conversão do serrado bruto em produtos beneficiados

Determinação das dimensões (espessura, largura e comprimento) das peças

As dimensões médias das peças de serrado bruto utilizado na pesquisa encontram-se no Quadro 15. Os valores que originaram as médias encontram-se no Apêndice 10 e 11.

Quadro 15. Dimensões médias de serrado bruto processado.

Espécie (Produto)	Dimensões médias do serrado bruto (m)		
	Comprimento	Largura	Espessura
Ipê (piso)	2,219	0,103	0,026
Jatobá (piso)	2,377	0,152	0,026
Muiracatiara (Piso)	2,322	0,104	0,025
Cumarú (Piso)	2,082	0,097	0,026
Maçaranduba (Deck)	3,225	0,151	0,026
Cumarú (Deck)	3,055	0,157	0,025
Tauarí (Pré-cortado)	2,623	0,153	0,056

7.4.4. Serrado bruto em piso da espécie ipê (*Tabebuia serratifolia*, (Vahl) G. Nichols).

O Rendimento de processamento mecânico do serrado bruto em piso encontra-se demonstrado no Quadro 16. A média obtida foi de 52,4%, tendo-se registrado os limites inferior e superior do Intervalo de Confiança de 49,8% e 54,9 %, respectivamente. O Coeficiente de Variação do aproveitamento de serrado bruto em piso de ipê foi de 13,0% e o valor de **n** (número de amostras) de 8 unidades. Isto indica que as trinta unidades de amostra utilizadas foram suficientes para atender a precisão requerida para $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 4,9%. O Índice de conversão foi de 1,91m³ de serrado bruto para 1,00m³ de piso fabricado.

A perda média de resíduos foi de 47,6% decorrente da conversão mecânica de serrado bruto em piso, tendo os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 45,1% e 50,2%, respectivamente, e o Coeficiente de Variação de 14,3%.

Quadro 16. Rendimento do serrado bruto (SB) em piso da espécie ipê (*Tabebuia serratifolia*, (Vahl) G. Nichols).

Quadro 16 - Rendimento de processamento mecânico do serrado bruto em piso

Estatística Descritiva	Piso - <i>Ipê</i>	
	Rendimento Industrial (%)	Resíduos (%)
Média	52,4	47,6
Desvio Padrão	6,81	6,81
Erro Padrão da média	1,24	1,24
Coeficiente de Variação (%)	13,0	14,3
Intervalo de Confiança (inferior)	49,8	45,1
Intervalo de Confiança (superior)	54,9	50,2
<i>n</i> (calculado) $E = 10\%$	7,1	8,6
<i>n</i> (necessário)	8	9
E_A (%)	4,9	5,3
Índice de conversão (SB/Piso)	1,91	

As análises estatísticas também indicaram que para as trinta amostras utilizadas, a precisão requerida foi atendida com 9 unidades de amostra para o nível de $\alpha = 0,05$ e o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de apenas 5,3%, valor que satisfaz o Erro inicial admissível de 10% ($E\%$). Os valores gerados na pesquisa para análises estatísticas encontram-se no Apêndice 12.

7.4.5. Serrado bruto em piso da espécie jatobá (*Hymenaea courbaril*, L)

O Rendimento de processamento mecânico do serrado bruto em piso encontra-se demonstrado no Quadro 17. A média obtida foi de 56,2%, tendo-se registrado os limites inferior e superior do Intervalo de Confiança de 52,8% e 59,6 %, respectivamente.

Quadro 17. Rendimento de serrado bruto em piso da espécie jatobá (*Hymenaea courbaril*, L.)

Estatística Descritiva	Piso - Jatobá	
	Rendimento Industrial (%)	Resíduos (%)
Média	56,2	43,8
Desvio Padrão	9,07	9,07
Erro Padrão da média	1,66	1,66
Coefficiente de Variação (%)	16,1	20,7
Intervalo de Confiança (inferior)	52,8	40,4
Intervalo de Confiança (superior)	59,6	47,2
<i>n</i> (calculado) $E = 10\%$	10,9	17,9
<i>n</i> (necessário)	11	15
E_A (%)	6,0	7,7
Índice de conversão (SB/Piso)	1,78	

O coeficiente de variação de aproveitamento entre os lotes estudados foi de 16,1% e o valor de *n* (número de amostras) de 11 unidades, indicando que as trinta unidades utilizadas foram suficientes para atender a precisão requerida para $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 6,0%. O Índice de conversão foi de 1,78m³ de serrado bruto para 1,00m³ de piso fabricado.

A perda média de resíduos foi de 43,8% decorrente da conversão mecânica de serrado bruto em piso, os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 40,4% e 47,2%, respectivamente, e o Coeficiente de Variação de 20,7%. As análises estatísticas também indicaram que para as trinta amostras utilizadas a precisão requerida foi atendida com 15 unidades de amostra para o nível de $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 7,7%.

Os valores gerados na pesquisa para análises estatísticas encontram-se no Apêndice 13.

7.4.6. Serrado bruto em piso da espécie muiracatiara (*Astronium lecointe*, Ducke).

O Rendimento de processamento mecânico do serrado bruto em piso, encontra-se demonstrado no Quadro 18. A média obtida foi de 52,6%, tendo-se registrado os limites inferior e superior do Intervalo de Confiança de 49,4% e 55,8 %, respectivamente.

O coeficiente de variação de aproveitamento entre os lotes estudados foi de 16,1% e o valor de **n** (número de amostras) de 11 unidades, indicando que as trinta unidades utilizadas foram suficientes para atender a precisão requerida para $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 6,0%. O Índice de conversão foi de 1,90m³ de serrado bruto para 1m³ de piso fabricado.

A perda média de resíduos foi de 47,4% decorrente da conversão mecânica de serrado bruto em piso, os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 44,2% e 50,6%, respectivamente, e o Coeficiente de Variação de 17,9%. As análises estatísticas também indicaram que, para as trinta amostras utilizadas, a precisão requerida foi atendida com 14 unidades de amostra para o nível de $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 6,7%.

Quadro 18. Rendimento de serrado bruto em piso da espécie muiracatiara (*Astronium lecointe*, Ducke).

Estatística Descritiva	Piso - Muiracatiara	
	Rendimento Industrial (%)	Resíduos (%)
Média	52,6	47,4
Desvio Padrão	8,5	8,5
Erro Padrão da média	1,55	1,55
Coeficiente de Variação (%)	16,1	17,9
Intervalo de Confiança (inferior)	49,4	44,2
Intervalo de Confiança (superior)	55,8	50,6
n (calculado) $E = 10\%$	10,9	13,4
n (necessário)	11	14
E_A (%)	6,0	6,7
Índice de conversão (SB/Piso)	1,90	

Os valores gerados na pesquisa para análises estatísticas encontram-se no Apêndice 14.

7.4.7. Serrado bruto em piso da espécie cumarú (*Dipterix odorata*, (Aubl.) Willd.).

O Rendimento de processamento mecânico do serrado bruto em piso, encontra-se demonstrado no Quadro - 19. A média obtida foi de 56,0%, tendo-se registrado os limites inferior e superior do Intervalo de Confiança de 53,9% e 58,1%, respectivamente.

O coeficiente de variação de aproveitamento entre os lotes estudados foi de 10,1% e o valor de **n** (número de amostras) de 5 unidades, indicando que as trinta unidades utilizadas foram suficientes para atender a precisão requerida para $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 3,8%. O Índice de conversão foi de 1,79m³ de serrado bruto para 1m³ de piso fabricado.

Quadro 19. Rendimento de serrado bruto em piso da espécie cumarú (*Dipterix odorata*, (Aubl.) Willd.).

Estatística Descritiva	Piso - Cumarú	
	Rendimento Industrial (%)	Resíduos (%)
Média	56,0	44,0
Desvio Padrão	5,64	5,64
Erro Padrão da média	1,03	1,03
Coeficiente de Variação (%)	10,1	12,8
Intervalo de Confiança (inferior)	53,9	41,9
Intervalo de Confiança (superior)	58,1	46,1
n (calculado) $E = 10\%$	4,2	6,9
n (necessário)	5	7
E_A (%)	3,8	4,8
Índice de conversão (SB/Piso)	1,79	

A perda média de resíduos foi de 44,0% decorrente da conversão mecânica de serrado bruto em piso, os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 41,9% e 46,1%, respectivamente, e o Coeficiente de Variação de 12,8%. As análises estatísticas também indicaram que para as trinta amostras utilizadas a precisão requerida foi atendida com 7 unidades de amostra para o nível de $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 4,8%.

Os valores gerados na pesquisa para análises estatísticas encontram-se no Apêndice 15.

7.4.8. Serrado bruto em deck da espécie maçaranduba (*Manilkara huberi*, (Ducke) Chevalier).

O Rendimento de processamento mecânico do serrado bruto em deck, encontra-se demonstrado no Quadro 20. A média obtida foi de 65,7%, tendo-se os limites inferior e superior do Intervalo de Confiança de 63,5% e 67,8%, respectivamente.

Quadro 20. Rendimento de serrado bruto em deck da espécie maçaranduba (*Manilkara huberi*, (Ducke) Chevalier).

Estatística Descritiva	deck - Maçaranduba	
	Rendimento Industrial (%)	Resíduos (%)
Média	65,7	34,3
Desvio Padrão	5,74	5,74
Erro Padrão da média	1,05	1,05
Coefficiente de Variação (%)	8,7	16,7
Intervalo de Confiança (inferior)	63,5	32,2
Intervalo de Confiança (superior)	67,8	36,5
<i>n</i> (calculado) $E = 10\%$	3,2	11,7
<i>n</i> (necessário)	4	12
E_A (%)	3,3	6,2
Índice de conversão (SB/Deck)	1,52	

O coeficiente de variação de aproveitamento entre os lotes estudados foi de 8,7% e o valor de *n* (número de amostras) de 4 unidades, indicando que as trinta unidades utilizadas foram suficientes para atender a precisão requerida para $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 3,3%. O Índice de conversão foi de 1,52m³ de serrado bruto para 1,00m³ de piso fabricado.

A perda média de resíduos foi de 34,3% decorrente da conversão mecânica de serrado bruto em deck, os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 32,2% e 36,5%, respectivamente, e o Coeficiente de Variação de 16,7%. Não obstante, ao maior valor de coeficiente de variação (16,7%) em relação ao valor obtido para o rendimento em deck, análises estatísticas de resíduos também indicaram que para as trinta amostras utilizadas a precisão requerida foi atendida com 12 unidades de amostra para o nível de $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 6,2%.

Os valores gerados na pesquisa para análises estatísticas encontram-se no Apêndice 16.

7.4.9. Serrado bruto em deck da espécie cumarú (*Dipterix odorata*, (Aubl.) Willd.).

O Rendimento de processamento mecânico do serrado bruto em deck encontra-se demonstrado no Quadro 21. A média obtida foi de 70,6%, tendo-se registrado os limites inferior e superior do Intervalo de Confiança de 68,1% e 73,1%, respectivamente.

Quadro 21. Rendimento de serrado bruto em deck da espécie cumarú (*Dipterix odorata*, (Aubl.) Willd.).

Estatística Descritiva	Deck - Cumarú	
	Rendimento Industrial (%)	Resíduos (%)
Média	70,6	29,4
Desvio Padrão	6,74	6,74
Erro Padrão da média	1,23	1,23
Coefficiente de Variação (%)	9,6	22,9
Intervalo de Confiança (inferior)	68,1	26,9
Intervalo de Confiança (superior)	73,1	31,9
<i>n</i> (calculado) $E = 10\%$	3,8	22,0
<i>n</i> (necessário)	4	22
E_A (%)	3,6	8,6
Índice de conversão (SB/Deck)	1,42	

O coeficiente de variação de aproveitamento entre os lotes estudados foi de 9,6% e o valor de *n* (número de amostras) de 4 unidades, indicando que as trinta unidades utilizadas foram suficientes para atender a precisão requerida para $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 3,6%. O Índice de conversão foi de 1,42m³ de serrado bruto para 1m³ de piso fabricado.

A perda média de resíduos foi de 29,4% decorrente da conversão mecânica de serrado bruto em deck, os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 26,9% e 31,9%, respectivamente, e o Coeficiente de Variação de 22,9%.

Apesar do maior valor de coeficiente de variação em relação ao valor obtido para o rendimento em deck, as análises estatísticas também indicaram que para as trinta amostras utilizadas a precisão requerida foi atendida com 20 unidades de amostra para o nível de $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 8.6%.

Os valores gerados na pesquisa para análises estatísticas encontram-se no Apêndice 17.

7.4.10. Serrado bruto em pré-cortado da espécie *tauari* (*Couratari guianensis*, Aubl).

O Rendimento de processamento mecânico do serrado bruto em pré-cortado, encontra-se demonstrado no Quadro - 22. A média obtida foi de 35,4%, tendo-se registrado os limites inferior e superior do Intervalo de Confiança de 32,2% e 38,5%, respectivamente.

Quadro 22. Rendimento de serrado bruto em Pré-cortado da espécie *tauari* (*Couratari guianensis*, Aubl).

Estatística Descritiva	Pré-cortado - tauari	
	Rendimento Industrial (%)	Resíduos (%)
Média	35,4	64,6
Desvio Padrão	8,41	8,41
Erro Padrão da média	1,54	1,54
Coefficiente de Variação (%)	23,8	13,0
Intervalo de Confiança (inferior)	32,2	61,5
Intervalo de Confiança (superior)	38,5	67,8
<i>n</i> (calculado) $E = 10\%$	23,6	7,1
<i>n</i> (necessário)	24	8
E_A (%)	8,9	4,9
Índice de conversão (SB/Pré-cortado)	2,83	

O coeficiente de variação de aproveitamento entre os lotes estudados foi de 23,8% e o valor de *n* (número de amostras) de 24 unidades, indicando que as trinta unidades utilizadas foram suficientes para atender a precisão requerida para $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 8,9%.

A perda média de resíduos foi de 64,6% decorrente da conversão mecânica de serrado bruto em pré-cortados, os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 61,5% e 67,8%, respectivamente, e o Coeficiente de Variação de 13,0%. As análises estatísticas também indicaram que para as trinta amostras utilizadas a precisão requerida foi atendida com apenas 8 unidades de amostra para o nível de $\alpha = 0,05$ e Erro admissível de 10% ($E\%$), uma vez que o Erro de Amostragem ($E_A\%$) obtido foi de 4,9%.

As grandes diferenças das dimensões iniciais e finais e má qualidade da madeira com muitas peças atacadas por brocas foram as principais causas do baixo índice de conversão, ou seja, para cada 1m³ de madeira beneficiada (pré-cortado) necessita-se de 2,83m³ de serrado bruto. Para reduzir essa perda a empresa deve necessariamente adquirir peças mais homogêneas e compatíveis com as dimensões finais dos produtos, além de reduzir o tempo de

estocagem no pátio para evitar o ataque de agentes biológicos (insetos e fungos), uma vez que a madeira de tauarí é naturalmente muito susceptível a esse tipo de deterioração.

Os valores gerados na pesquisa para análises estatísticas encontram-se no Apêndice 18.

7.4.11. Perdas nas etapas de conversão

Essa etapa consistiu na quantificação de resíduos gerados em cada etapa de conversão de acordo com as máquinas: Multilâmina, Destopadeira, Plaina e Moldureira. As espécies maçaranduba (deck) e cumarú (deck) não passaram pela multilâmina no processo de produção do deck.

No Quadro 23 encontram-se as médias das perdas de cada produto industrializado. Na produção de piso, constatou-se que as espécies jatobá (24.9%) e muiracatiara (28.6%) apresentaram os maiores percentuais de perda (serragem e aparas) na etapa de destopamento das peças para padronização em comprimento, enquanto que para ipê (21,3%) e cumarú (19,2%) a maior perda se verificou na moldureira. Nessa etapa, as peças sofrem redução da dimensão em espessura e largura (maravalhas), além das ranhuras que são feitas nas peças.

Com relação a deck, constatou-se que a menor perda desse produto está relacionada com o menor número de máquinas de conversão, ou seja, o serrado bruto é desdobrado apenas pela destopadeira e moldureira, não passando por multilâmina e plaina.

Quadro 23. Médias de perdas de madeira em cada etapa de conversão.

Máquinas	Espécies/Produtos						
	A	B	C	D	E		F
	Piso	Piso	Piso	Deck	Piso	Deck	Pré-cortado
Plaina		7,4	7,7				
Multilâmina	12,7				15,8		21,5
Destopadeira	12,8	24,9	28,6	18,8	9,0	9,8	24,9
Moldureira	21,3	11,5	11,0	15,4	19,2	19,6	18,3
Total	46,8	43,8	47,3	34,2	40,0	29,4	64,6

A - *Ipê (Tabebuia serratifolia, (G.Don) Nichols)*

B - *Jatobá (Hymenaea courbaril, L.)*

C - *Muiracatiara (Astronium lecointe, Ducke)*

D - *Maçaranduba (Manilkara huberi, (Ducke) Chevalier)*

E - *Cumarú (Dipterix odorata, (Aubl.) Willd.)*

F - *Tauarí (Couratari guianensis, Aubl.)*

Esses resultados indicam claramente que as diferentes dimensões iniciais e finais são os principais responsáveis por essas perdas, sejam em forma de aparas ou de partículas (serragem e maravalhas). No Apêndice 19 encontram-se exemplos de resíduos gerados no processamento de serrado bruto em madeira beneficiada.

No caso de pré-cortados de tauarí a maior perda ocorreu no destopamento das peças, indicando que as peças adquiridas pela empresa não possuem dimensões adequadas, além disso observou-se que muitas peças apresentavam perfurações por brocas ou apodrecidas pelos fungos, provavelmente devido à exposição dessas peças no pátio por um tempo inapropriado.

7.4.12. Estimativa de particulados do processo de conversão do serrado bruto em madeira beneficiada (serragem e maravalhas).

No Quadro 24, encontram-se as médias de resíduos particulados de cada espécie. Constata-se que das espécies estudadas, o tauarí foi a que apresentou a maior perda, principalmente na forma de aparas em consequência de má qualidade das peças.

Quadro – 24. Repartição de resíduos particulados gerados durante a conversão de serrado bruto em madeira beneficiada.

Espécie	PL	ML			DEST			MOL	Total		
	MAR (%)	APA (%)	PAR (%)	Total (%)	APA (%)	PAR (%)	Total (%)	MAR (%)	APA	PAR	Geral
Ipê (Piso)		6,87	5,79	12,66	11,21	1,61	12,82	21,33	18,08	28,73	46,81
Jatobá (Piso)	7,36				23,09	1,84	24,93	11,50	23,09	20,70	43,79
Muiracatiara (Piso)	7,72				26,68	1,95	28,63	11,04	26,68	20,70	47,38
Cumarí (Piso)		12,85	2,96	15,80	7,12	1,88	9,00	19,17	19,97	24,01	43,98
Cumarí (Deck)					9,53	0,25	9,78	19,63	9,53	19,88	29,41
Maçaranduba (Deck)					17,49	1,34	18,83	15,46	17,49	16,80	34,29
Tauarí (Pré-cortado)		11,66	9,83	21,49	24,67	0,18	24,86	18,28	36,33	28,29	64,62

PL – plaina

ML – multilamina

DEST – destopadeira

MOL – moldureira

MAR – maravalhas

APA – aparas

PAR – partículas (serragem + maravalhas)

Quanto ao produto piso as espécies ipê, jatobá, muiracatiara e cumarú apresentaram perdas muito aproximadas entre si, indicando que a matéria-prima convertida é muito semelhante.

No que se refere ao produto deck, observa-se que a menor perda, em relação ao piso, é decorrente de peças mais adequadas, ou seja, dimensões (comprimento, largura e espessura) mais aproximadas das medidas finais do produto.

Os valores que originaram esses dados encontram-se nos Apêndice 20 a 25.

Entre os serrados brutos que foram transformados em piso, a maior e a menor média foram apresentados pelo muiracatiara e jatobá, respectivamente.

Com relação à conversão em deck, constata-se também que as médias obtidas com as espécies maçaranduba (65.7%) e onseq (70.6%) são aproximadas. O maior rendimento em relação a piso é decorrente de conversão da matéria-prima que apresenta dimensão inicial bem próxima do produto final (Figura 58: A e B), proporcionando, assim, uma menor perda nas máquinas (multilâmina e destopadeira). Em geral, as peças de deck têm comprimento único, resultando em apenas dois cortes (extremidades da peça), porém as peças para piso sofrem vários cortes em face a diferentes comprimentos (Figura 59).

Quadro 25. Resumo de Rendimento, Perdas e Índice de conversão mecânica do serrado bruto em piso, deck e pré-cortados das espécies estudadas.

Espécie	A	B	C	D	E		F
	Piso	Piso	Piso	Deck	Piso	Deck	Pré-cortado
RMB (%)	52,4	56,2	52,6	65,7	56,0	70,6	35,9
DP	6,8	9,07	8,5	5,74	5,64	6,74	8,56
EP	1,2	1,66	1,55	1,05	1,03	1,23	1,56
CV (%)	13,0	16,1	16,1	8,7	10,1	9,6	23,9
IC _(inferior)	49,8	52,8	49,4	63,5	53,9	68,1	32,7
IC _(superior)	54,9	59,6	55,8	67,8	58,1	73,1	39,0
<i>n</i> _{calculado}	7,1	10,9	10,9	3,2	4,2	3,8	23,8
<i>n</i> _{necessário}	8,0	11	11	4	10	4	24
<i>E_A</i> %	4,9	6,0	6,0	3,2	3,8	3,6	8,9
Perda (%)	47,6	43,8	47,4	34,3	44,0	29,4	64,1
ICSB	1,91	1,78	1,90	1,52	1,79	1,42	2,83

RMB – rendimento de madeira beneficiada DP – Desvio Padrão EP – Erro Padrão
 C – Intervalo de Confiança CV – Coeficiente de Variação *n* – número de amostra
E_A – Erro Amostral ICSB – Índice de Conversão de Serrado Bruto

A – *Ipê (Tabebuia serratifolia, (G.Don) Nichols)* B – *Jatobá (Hymenaea courbaril, L.)*
 C – *Muiracatiara (Astronium lecointe, Ducke)* D – *Maçaranduba (Manilkara huberi, (Ducke) Chevalier)*
 E – *Cumarú (Dipterix odorata, (Aubl.) Willd.)* F – *Tauari (Couratari guianensis, Aubl.)*

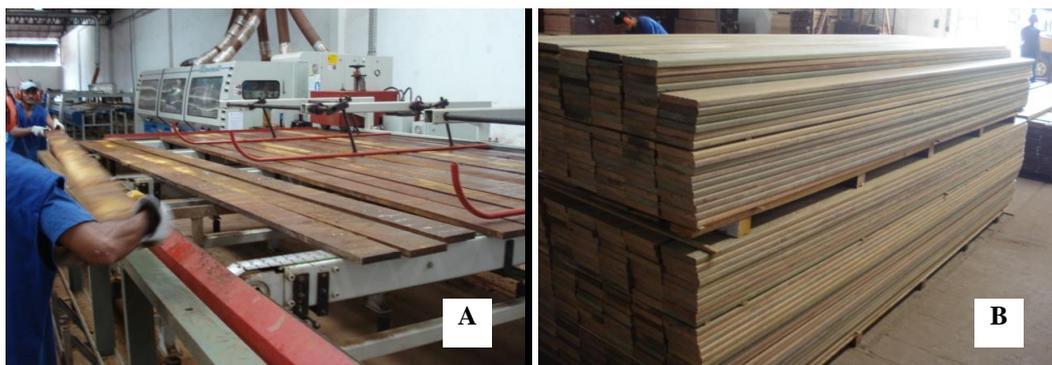


Figura 58. (A) Serrado bruto e (B) Pilha de deck com dimensões homogêneas.



Figura 59: Pisos de diferentes comprimentos.

Os pré-cortados obtidos com a madeira de tauarí apresentaram o menor rendimento (37,7%) de todos os produtos industrializados pela empresa, conseqüentemente gerando maior quantidade de resíduos. As perdas são decorrentes das diferentes dimensões das peças iniciais (Figura 60), que são processadas em vários tamanhos (Figura 61) causando perdas nas etapas do processamento em multilâmina, plaina, destopadeira e moldureira (Figura 62: A, B, C e D), além de muitas peças apresentarem ataques de brocas e fungos, obrigando a eliminação da parte afetada por esses agentes biológicos.



Figura 60. Serrado bruto de várias dimensões.



Figura 61. Pré-cortados de várias dimensões.

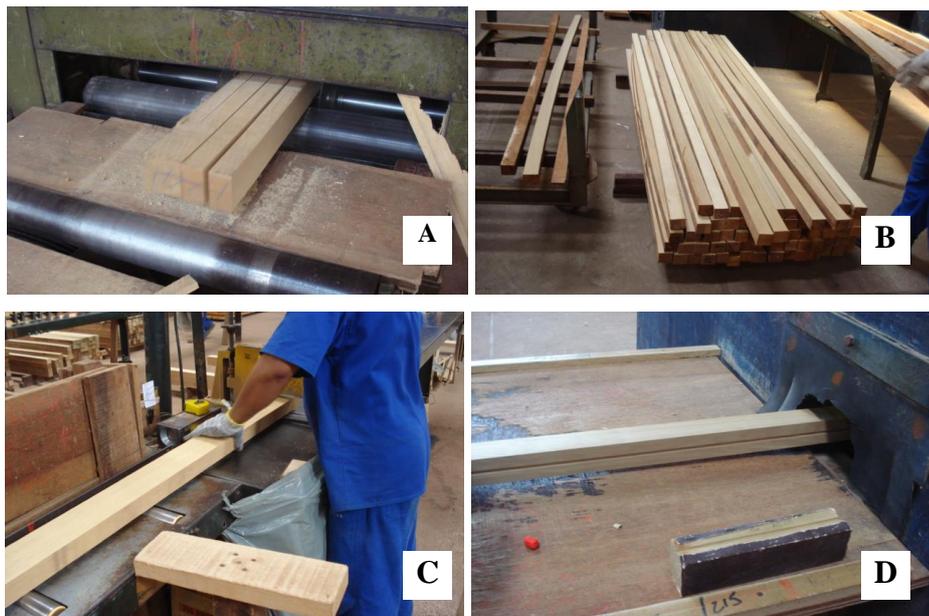


Figura 62. (A) Multilâmina, (B) Plaina, (C) Destopadeira e (D) Moldureira.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, podem ser registradas as seguintes considerações técnicas:

- a. Com exceção da madeira de tauari, que apresentou evidência de deterioração (perfurações e apodrecimento) durante o armazenamento do produto serrado bruto no pátio de estocagem, as demais madeiras não apresentaram ataques de agentes biológicos (fungos e insetos) que prejudiquem a madeira.
- b. A ocorrência de empenamentos de serrado bruto provocado pelo processo de secagem foi muito insignificante e na maioria das vezes essas peças são reprocessadas e reaproveitadas para outros fins.

- c. A perda de madeira foi muito evidenciada nos pré-cortados de tauarí, tendo como principal consequência as diferenças entre as dimensões iniciais do serrado bruto e as finais dos diversos tamanhos dos produtos acabados.
- d. As análises estatísticas descritivas realizadas para todos os parâmetros avaliados (Rendimentos e Resíduos) indicaram que o número de amostras utilizadas foi plenamente suficiente para atender a precisão requerida para nível de $\alpha = 0,05$ e o Erro admissível de 10%.
- e. O elevado índice de aproveitamento em produto deck, para as espécies maçaranduba (65,7%) e onseq (70,6%), é explicado pelo fato desse produto passar por apenas duas máquinas de conversão: destopadeira para padronização do comprimento e moldureira para acabamento superficial do produto (plaina e ranhuras), além das pequenas diferenças entre as dimensões iniciais e finais.
- f. Os serrados brutos das espécies ipê (52,4%), jatobá (56,2%), muiracatiara (52,6%) e onseq (56,0%) ao serem transformados em piso apresentaram rendimentos muito próximos entre si, decorrentes das pequenas diferenças entre as dimensões iniciais e finais. As variações ocorridas nas diferentes máquinas de conversão podem ser consideradas normais.
- g. O serrado bruto de tauarí sofre uma maior perda no destopamento das peças, devido às dimensões iniciais inadequadas, somado ainda a muitas peças com perfurações por brocas ou apodrecidas por fungos.
- h. As espécies que apresentaram a maior perda em forma de partículas (serragem e maravalhas) na fabricação de piso foram ipê (27,73%) e onseq (24,01%) e a menor com muiracatiara (20,70%) e jatobá (20,83%).

- i. Na fabricação de deck, a maior formação de resíduos particulados (serragem e maravalhas) ocorreu com onseq (19,88%) e a menor com maçaranduba (16,80%).
- j. O volume de serragem gerada no processo de conversão do serrado bruto em madeira beneficiada está intimamente ligado ao número de cortes que é feito em multilâmina e destopadeira.
- k. Na fabricação de piso, o volume de serragem é muito menor que o volume de aparas na destopadeira quando se padroniza o comprimento das peças.
- l. A indústria Tradelink possui um padrão considerado normal de conversão mecânica de serrado bruto em madeira beneficiada, principalmente o piso e o deck, podendo melhorar o seu rendimento apenas com adequação das dimensões iniciais, ou seja, aquisição de peças com medidas apropriadas para evitar maiores perdas.

8. FATORES QUE INFLUÊNCIA DIRETAMENTE NO RENDIMENTO

8.1. Qualidade e Sanidade das toras

Naturalmente, a madeira é degradada biologicamente por organismos xilófagos que utilizam os polímeros naturais da parede celular como fonte de nutrição, e alguns deles possuem sistemas enzimáticos capazes de metabolizá-los (Oliveira *et al.* 1986).

A durabilidade natural da madeira é interpretada pela capacidade que a mesma possui de resistir à ação dos agentes deterioradores, tanto os biológicos como os físicoquímicos. Sendo assim, a madeira pode apresentar alta, média ou baixa resistência à ação desses agentes. Sabe-se que o cerne da madeira é a parte mais durável, entretanto, possui variação que ocorre de espécie para espécie e entre árvores com idades diferentes.

Os agentes biológicos xilófagos necessitam da madeira para sua sobrevivência, como fonte de material alimentício para sua nutrição, temperatura adequada ao seu crescimento, umidade suficiente para seu desenvolvimento e quantidade adequada de oxigênio.

Ao existirem essas condições que permitem o crescimento desses organismos, o ataque produz alterações na resistência mecânica da madeira, bem como em seu aspecto exterior.

Assim como a sanidade, a qualidade das toras é um fator preponderante para determinar o rendimento da madeira na indústria, principalmente as toras com grandes tortuosidades, presença de sapopemas, presença de nós, inserção de galhos, etc.



Figura 63. Qualidade das toras – toras tortas (A) e toras com sapopemas (B)



Figura 64. Sanidade das toras – toras podres e rachadas (A) e toras ocadas (B)



Figura 65. Resíduos causados pela falta de Qualidade e Sanidade das toras, resíduos de torno (A) e resíduos de faqueadeira (B)



Figura 66. Toras maciça de boa Qualidade e Sanidade.

Consequentemente toras com boa qualidade e sanidade (Figura 66) produzem um excelente rendimento final na indústria madeireira.

8.2. Regulagem e Manutenção dos equipamentos

Em função dos elevados custos dos equipamentos e da instabilidade econômica do país, na maioria das vezes, o empresário sente-se desestimulado a investir, buscando adaptar o que tem disponível no lugar de adequar a indústria com novos e modernos equipamentos.

Ainda existem indústrias funcionando com um péssimo nível tecnológico, com máquinas em precárias condições, sem nenhuma regulagem e praticamente sem manutenção, com isso há uma perda muito grande em seu rendimento final.



Figura 67. Maquinários em precárias condições de funcionamento e sem nenhuma regulagem e manutenção



Figura 68. Maquinários em precárias condições de funcionamento e sem nenhuma regulagem e manutenção

8.3. Qualidade de mão-de-obra treinada

O Brasil ainda possui um grande número de indústrias madeireiras que utilizam o sistema convencional de desdobro, em que as toras são desdobradas de acordo com critérios escolhidos pelo operador da máquina principal, ou seja, é ele quem define a melhor maneira de se desdobrar uma tora. Com isso se a mão-de-obra não for devidamente treinada e especializada a consequência imediata é um baixo rendimento da indústria.



Figura 69. Funcionários sem nenhum treinamento, com mãos em cima dos equipamentos, sem uniforme adequado e sem usos de EPIs.



Figura 70. Funcionários sem nenhum treinamento, subindo no equipamento, usando equipamento indevido para essa operação, sem uniforme adequado e sem usos de EPIs.



Figura 71. Funcionários treinados, especializados, usando uniforme adequado e usos corretos de EPIs.



Figura 72. Funcionários treinados, especializados, usando uniforme adequado e usos corretos de EPIs.

Funcionários treinados e usando uniformes adequados em suas funções no sistema de produção da indústria (figuras 71 e 72), melhorando seu desempenho e conseqüentemente seu rendimento.

8.4. Grau de Tecnologia na Indústria

Na obtenção de madeira serrada, quanto maior for o nível de automação de uma indústria, maior será a sua eficiência e seu rendimento, ou seja, maior será a quantidade de m³ serrados por operário num turno.

Também existe no Brasil um grande número de indústrias madeireiras que utilizam o sistema com alta tecnologia de desdobro, processamento e acabamento em seu sistema de produção, proporcionando um bom aproveitamento de sua matéria-prima e um alto rendimento de seus produtos finais.



Figura 73. Maquinário de alta tecnologia que fazem parte do processo industrial dentro das indústrias madeireiras.



Figura 74. Maquinário de alta tecnologia que fazem parte do processo industrial dentro das indústrias madeireiras.

9. CONCLUSÕES

A Indústria de madeira serrada, torneadas, faqueadas e de produtos acabados, seus rendimentos dependem diretamente da qualidade e sanidade das toras, da espécie, da mão-de-obra especializada ou treinada, da regulagem e manutenção dos equipamentos e do grau tecnológico da indústria.

A sanidade do fuste (podridão ou rachaduras) também é responsável pela maior ou menor sobra de madeira no pátio da indústria. A heterogeneidade do comprimento do fuste é o fator determinante no aproveitamento do mesmo em toras de comprimento padronizado influenciando diretamente o rendimento.

Com relação a espécies, cada uma apresenta um rendimento diferente devido seus fatores intrínsecos que variam ainda com a qualidade da tora processada.

A indústria tem que se preocupar com as dimensões da matéria prima a ser comprada para entrar no processo industrial, haja vista, que o tamanho está diretamente ligado com o rendimento final da industria, podendo melhorar o seu rendimento apenas com adequação das dimensões iniciais, ou seja, aquisição de peças com medidas apropriadas para evitar maiores perdas durante o processo.

A introdução de maquinários no layout das indústrias proporcionam um maior aproveitamento da matéria prima e conseqüentemente um maior rendimento final do produto.

9.1 Contribuições para Políticas Públicas

Este trabalho contribuiu para a criação de uma Resolução a nível Federal, duas Instruções Normativas a nível estadual e um Manual de Procedimentos para Fiscalização de Produtos florestais a nível estadual.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, RESOLUÇÃO No 411, DE 06 DE MAIO DE 2009

Dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria.

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE – SEMA 1 , INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 023, DE 31 DE MARÇO DE 2009. Altera os índices de conversão de madeira junto ao CEPF/SISFLORA.

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE – SEMA 1 , INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 024, DE 21 DE MAIO DE 2009. Considerando o disposto na Resolução nº. 411/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que dispõe sobre procedimento para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimentos volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria; Considerando o estudo técnico – científico apresentado pelos representantes do setor florestal que aponta a viabilidade de utilização de índice de aproveitamento de madeira industrializada de resíduo diverso do estabelecido através da IN nº. 23/2009;

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ SECRETARIA DE ESTADO, MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARÁ, **MANUAL DE PROCEDIMENTOS DE ESTOCAGEM, MEDIÇÃO E FISCALIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**, Belém – Pará – Outubro de 2010

10. RECOMENDAÇÕES

Desta forma, tem-se como desafio a modernização dos equipamentos buscando-se alternativas de automação dos processos, o que acarretará ganhos em eficiência, rendimento e qualidade dos produtos, através de uma criteriosa avaliação de custos. Quanto à matéria prima, é necessário um maior critério na seleção e um maior aproveitamento da mesma. Em termos de resíduos, é necessário que o serrador deixe de trata-los como subproduto e sim como produto, pois é neles que poderá estar grande parte dos lucros das indústrias.

11. APÊNDICES

APÊNDICE – 01

**SOBRAS DE FUSTE (em m) DEVIDO À PADRONIZAÇÃO DO COMPRIMENTO
DAS TORAS**

Nº Fuste	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu	Média geral
1	1,40	0,60	0,40	2,12	2,12	0,44	1,65	1,25
2	0,42	0,40	1,40	0,17	2,00	0,40	0,23	0,72
3	1,98	0,50	0,10	1,60	1,85	0,40	0,48	0,99
4	0,55	0,00	0,20	0,30	1,95	0,40	1,20	0,66
5	1,32	0,53	1,35	3,76	1,89	1,73	1,20	1,68
6	0,70	1,19	0,15	0,67	1,88	1,68	0,55	0,97
7	1,35	1,74	0,27	1,40	0,66	1,90	1,16	1,21
8	1,70	1,11	0,15	1,50	0,52	1,85	0,35	1,03
9	0,23	1,00	0,20	0,67	0,14	0,62	1,33	0,60
10	1,90	0,59	0,55	0,64	0,55	2,30	0,40	0,99
11	0,48	0,47	0,40	0,64	0,17	0,95		0,72
12	0,20	1,45	2,20	1,07	0,09	0,20		0,20
13	1,23	1,14	1,40	0,20	1,09	1,85		1,54
14	0,05	0,50	0,75	1,12	0,66	2,04		1,05
15	0,17	0,35	1,40	1,44	1,42	2,00		1,09
Média/ sp	0,91	0,77	0,73	1,15	1,13	1,25	0,94	0,98
Desvio padrão	0,67	0,47	0,65	0,92	0,77	0,77	0,50	0,37
EP	0,34	0,24	0,33	0,46	0,39	0,39	0,25	0,189
IC _(limite inferior)	0,18	0,26	0,02	0,16	0,30	0,42	0,40	0,57
IC _(limite superior)	1,64	1,29	1,44	2,15	1,97	2,08	1,49	1,38
CV (%)	73,6	61,5	89,8	79,6	67,9	61,4	53,3	38,1

APÊNDICE - 02

**SOBRAS DE FUSTE (em %) DEVIDO À PADRONIZAÇÃO DO COMPRIMENTO
DAS TORAS**

Nº Fuste	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu	Média geral
1	25,00	10,00	5,41	28,19	28,19	5,15	22,76	17,81
2	6,98	6,90	20,00	3,05	27,03	4,71	3,18	10,26
3	32,04	8,47	1,75	22,86	25,52	4,71	7,89	14,75
4	7,28	0,00	4,55	5,26	26,53	4,71	17,65	9,43
5	23,91	8,94	19,42	58,20	25,93	39,05	22,22	28,24
6	11,11	30,59	2,61	11,04	25,82	38,36	7,28	18,12
7	24,32	39,19	4,60	20,59	10,89	26,03	14,22	19,98
8	23,29	17,05	5,08	21,74	8,78	25,52	4,76	15,18
9	3,95	10,99	3,45	11,04	2,53	10,30	32,20	10,64
10	21,35	9,85	8,94	10,60	9,24	46,00	6,67	16,09
11	7,89	8,01	6,67	10,60	3,05	14,96		11,43
12	3,45	34,94	34,38	16,54	1,64	3,57		3,51
13	22,65	17,43	25,00	3,57	16,80	25,52		24,08
14	0,71	5,81	11,81	17,18	8,40	27,42		14,06
15	2,37	4,14	20,00	21,05	20,82	42,55		22,46
Média/ sp	14,42	14,15	11,58	17,43	16,08	21,24	13,88	15,74
Desvio padrão	10,45	11,69	9,84	13,55	10,10	15,41	9,59	6,37
EP	5,29	5,92	4,98	6,86	5,11	7,80	4,85	3,221
IC _(limite inferior)	3,08	1,46	0,90	2,72	5,12	4,51	3,48	8,83
IC _(limite superior)	25,76	26,85	22,26	32,15	27,04	37,97	24,29	22,65
CV (%)	72,4	82,6	85,0	77,8	62,8	72,6	69,1	40,5

APÊNDICE – 03

APROVEITAMENTO DO FUSTE – APF (%)

Nº Fuste	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu	Média geral
1	68,33	88,34	93,33	64,11	58,01	95,60	79,72	78,21
2	93,47	87,41	80,39	82,41	57,84	94,01	93,21	84,10
3	97,15	91,42	94,21	74,64	57,41	93,69	80,83	84,19
4	97,45	87,90	93,32	44,78	80,22	93,25	83,59	82,93
5	68,49	89,82	73,99	87,48	57,74	68,28	77,59	74,77
6	93,86	68,07	93,85	48,22	59,47	55,46	87,00	72,28
7	74,43	60,29	95,88	97,29	88,33	73,98	84,54	82,11
8	71,85	81,93	90,51	79,09	92,21	73,32	85,93	82,12
9	85,14	88,88	95,09	89,53	94,78	84,22	66,73	86,34
10	83,58	90,26	90,46	99,49	96,37	53,13	79,38	84,67
11	92,60	92,06	92,77	81,21	94,80	85,96		89,90
12	93,49	60,07	60,37	69,92	94,10	87,97		77,65
13	77,72	85,76	75,68	93,53	66,40	76,86		79,32
14	99,58	92,12	84,38	75,19	93,68	65,36		85,05
15	98,77	84,68	73,53	63,90	86,96	56,16		77,33
Média/sp	86,39	83,27	85,85	76,72	78,55	77,15	81,85	81,40
Desvio padrão	11,48	11,08	10,69	16,41	16,72	14,96	7,00	4,72
EP	5,81	5,61	5,41	8,31	8,46	7,57	4,34	3,49
IC(limite inferior)	73,93	71,24	74,25	58,90	60,41	60,91	72,04	73,90
IC(limite superior)	98,86	95,29	97,45	94,53	96,70	93,39	91,66	88,89
CV (%)	13,29	13,30	12,45	21,39	21,3	19,4	8,55	5,79
n calculado	8,1	8,1	7,1	14,6	14,5	12,0	3,7	
n (necessário)	9*	9*	8*	15**	15**	12*	4*	

(*) calculado com base em E = 10% e (**) calculado com base em E = 12%

APÊNDICE – 04

RENDIMENTO DE LÂMINAS OBTIDAS DA TORA CILINDRADA – RLT

Nº Fuste	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu	Média geral
1	69,22	43,62	76,89	71,29	88,28	72,56	51,61	67,64
2	62,16	74,99	60,63	62,71	88,76	75,67	55,99	68,70
3	67,87	78,85	74,49	79,56	77,64	66,62	56,90	71,70
4	65,16	64,19	65,13	56,94	75,71	80,01	49,27	65,20
5	71,20	73,65	70,77	54,76	89,15	74,67	58,49	70,38
6	60,08	74,58	66,78	77,14	83,48	69,55	44,26	67,98
7	70,36	68,49	65,56	72,60	64,56	62,42	58,74	66,10
8	73,92	65,33	73,19	63,69	64,73	70,38	56,34	66,80
9	70,37	78,48	59,39	50,24	67,13	65,94	59,22	64,39
10	64,23	65,84	61,93	53,50	75,04	77,14	59,53	65,31
11	52,14	56,49	83,60	60,57	84,97	72,02		68,30
12	52,76	59,58	63,36	62,80	59,74	82,02		63,38
13	75,56	76,76	53,02	62,93	87,71	74,67		71,78
14	69,04	54,93	54,69	66,82	77,68	79,13		67,05
15	61,79	52,77	65,61	67,99	54,73	74,68		62,93
Média/sp	65,72	65,90	66,33	64,24	75,95	73,17	55,04	66,62
Desvio padrão	6,97	10,66	8,31	8,52	11,40	5,50	5,06	2,74
EP	3,53	5,39	4,21	4,31	5,77	2,78	3,14	1,39
IC(limite inferior)	58,16	54,34	57,31	54,99	63,58	67,20	47,94	54,44
IC(limite superior)	73,29	77,47	75,36	73,48	88,33	79,13	62,13	78,81
CV (%)	10,6	16,2	12,5	13,3	15,0	7,5	9,19	4,08
n calculado (E% = 10)	5,17	12,03	7,23	8,09	10,36	11,94	4,32	0,77
n (neces- sário)	6	12	8	9	11	12	5	1

APÊNDICE – 05

DIÂMETROS DOS ROLETES APÓS O TORNEAMENTO DAS TORAS

Nº Fuste	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu	Média geral
1	0,22	0,29	0,22	0,18	0,32	0,35	0,29	0,27
2	0,18	0,27	0,23	0,17	0,30	0,19	0,22	0,22
3	0,20	0,21	0,22	0,28	0,28	0,24	0,22	0,24
4	0,18	0,25	0,25	0,28	0,27	0,26	0,35	0,26
5	0,19	0,28	0,25	0,18	0,30	0,28	0,22	0,24
6	0,29	0,22	0,30	0,24	0,30	0,32	0,29	0,28
7	0,22	0,22	0,26	0,21	0,29	0,28	0,22	0,24
8	0,25	0,26	0,25	0,18	0,29	0,27	0,25	0,25
9	0,18	0,25	0,23	0,18	0,30	0,21	0,24	0,23
10	0,30	0,26	0,28	0,17	0,32	0,21	0,22	0,25
11	0,32	0,27	0,25	0,23	0,29	0,32	0,22	0,27
12	0,32	0,26	0,29	0,19	0,30	0,29	0,22	0,27
13	0,24	0,26	0,26	0,21	0,32	0,27	0,28	0,26
14	0,32	0,21	0,24	0,18	0,28	0,28	0,28	0,25
15	0,18	0,24	0,26	0,19	0,27	0,30	0,22	0,24
16	0,27	0,18	0,22	0,18	0,29	0,22	0,28	0,23
17	0,18	0,27	0,22	0,19	0,29	0,21	0,22	0,23
18	0,25	0,18	0,22	0,17	0,27	0,22	0,32	0,23
19	0,17	0,25	0,24	0,19	0,27	0,19	0,22	0,22
20	0,25	0,17	0,23	0,19	0,32	0,29	0,21	0,24
21	0,21	0,24	0,25	0,19	0,29	0,26	0,25	0,24
22	0,24	0,19	0,23	0,18	0,30	0,25	0,22	0,23
23	0,19	0,33	0,25	0,18	0,28	0,31	0,24	0,25
24	0,33	0,27	0,24	0,18	0,31	0,31	0,24	0,27
25	0,27	0,24	0,27	0,19	0,29	0,32	0,25	0,26
26	0,23	0,22	0,25	0,18	0,29	0,27	0,27	0,25

27	0,24	0,31	0,31	0,21	0,29	0,22	0,22	0,26
28	0,22	0,18	0,25	0,17	0,35	0,20	0,22	0,23
29	0,31	0,23	0,22	0,28	0,28	0,20	0,21	0,25
30	0,18	0,27	0,22	0,18	0,27	0,20	0,25	0,22
Média/ sp	0,24	0,24	0,25	0,20	0,29	0,26	0,25	0,25
DP	0,05	0,04	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,016
EP	0,018	0,014	0,009	0,012	0,007	0,016	0,012	0,006
IC ^(limite inferior)	0,13	0,21	0,23	0,18	0,28	0,23	0,22	0,21
IC ^(limite superior)	0,34	0,27	0,27	0,22	0,30	0,29	0,28	0,28
CV (%)	21,5	16,2	9,8	16,4	6,2	17,7	13,9	6,7
<i>n</i>(calculado)	18,8	11,0	3,9	11,2	1,6	13,0	7,9	1,9
<i>n</i>(necessário)	19	11	4	12	2	13	8	2

APÊNDICE – 06

RENDIMENTO TOTAL DE LÂMINAS OBTIDAS DAS TORAS – RTL

Nº Fuste	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu	Média geral
1	80,80	50,28	88,10	78,57	94,28	79,86	69,62	78,65
2	72,55	86,44	69,47	69,11	95,42	83,28	75,53	79,38
3	79,23	90,90	85,36	87,68	82,87	73,32	76,75	83,23
4	76,06	74,00	74,62	62,75	80,64	88,05	66,47	76,02
5	83,11	84,90	81,09	60,35	95,46	82,18	78,89	81,18
6	70,13	85,97	76,52	85,02	89,49	76,54	59,71	80,61
7	82,13	78,95	75,12	80,01	69,95	68,70	79,24	75,81
8	86,29	75,31	83,86	70,19	68,10	77,46	76,00	76,87
9	82,14	90,47	68,05	55,36	70,62	72,58	79,88	73,20
10	74,97	75,90	70,96	58,96	78,93	84,90	80,31	74,10
11	60,86	65,13	95,79	66,75	89,38	79,26		76,20
12	61,58	68,68	72,60	69,21	62,85	90,27		70,86
13	88,21	88,49	60,75	69,35	92,26	82,18		80,21
14	80,58	63,32	62,66	73,64	81,72	87,09		74,84
15	72,13	60,83	75,17	74,93	57,58	82,19		70,47
Média/sp	76,72	75,97	76,01	70,79	80,64	80,52	74,24	76,41
Desvio padrão	8,14	12,28	9,53	9,39	12,37	6,05	6,83	3,76
EP	4,12	6,22	4,82	4,75	6,26	3,06	4,23	1,90
IC(limite inferior)	67,89	62,64	65,67	60,60	67,20	73,96	64,67	70,08
IC(limite superior)	85,5	89,3	86,3	81,0	94,1	87,1	83,81	82,75
CV (%)	10,6	8,2	12,5	13,3	7,8	3,8	5,70	4,9
<i>n</i> calculado (E% = 10)	5,2	3,1	7,2	8,1	2,8	0,7	1,7	1,1
<i>n</i> (necessário)	6	4	8	9	3	1	2	2

APÊNDICE – 07

**RENDIMENTO TOTAL DE LÂMINAS OBTIDAS DAS TORAS E DAS SOBRAS DE
FUSTES – RTLTF**

Nº Fuste	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu	Média geral
1	80,80	51,85	90,33	79,33	96,64	84,89	74,46	79,76
2	72,55	89,15	71,23	69,77	97,79	88,53	80,78	81,40
3	79,23	93,74	87,52	88,52	84,95	77,94	82,09	84,86
4	76,06	76,31	76,51	63,36	82,66	93,60	71,09	77,09
5	83,11	87,55	83,14	60,93	97,85	87,35	84,38	83,47
6	70,13	88,66	78,46	85,83	91,72	81,36	63,86	80,00
7	82,13	81,42	77,02	80,78	71,68	73,03	84,75	78,69
8	86,29	77,67	85,98	70,86	69,83	82,34	81,28	79,18
9	82,14	93,30	69,78	55,90	72,41	77,15	85,43	76,59
10	74,97	78,27	72,76	59,52	80,94	90,25	85,89	77,51
11	60,86	67,16	98,22	67,39	91,65	84,26		78,26
12	61,58	70,83	74,43	69,88	64,44	95,96		72,85
13	88,21	91,26	62,29	70,02	94,61	87,36		82,29
14	80,58	65,30	64,25	74,35	83,80	92,58		76,81
15	72,13	62,73	77,08	75,65	59,04	87,37		72,33
Média/sp	76,72	78,35	77,93	71,47	82,67	85,60	79,40	78,88
Desvio padrão	8,14	12,67	9,77	9,48	12,68	6,43	7,30	3,49
EP	4,12	6,41	4,94	4,80	6,42	3,25	4,52	1,77
IC(limite inferior)	68,24	63,45	67,33	61,18	68,91	78,62	69,17	71,60
IC(limite superior)	85,2	93,2	88,5	81,8	96,4	92,6	89,64	86,00
CV (%)	10,6	8	12,5	13,3	7,8	3,80	5,70	4,44
<i>n</i> calculado (E% = 10)	5,2	3,1	7,2	8,1	2,8	0,7	1,66	0,9
<i>n</i> (necessário)	6	4	8	9	3	1	2	1

APÊNDICE – 08

RENDIMENTO FINAL DE LÂMINAS DOS FUSTES – RFLF

Nº Fuste	Amapá	Amesclão	Copaíba	Curupixá	Faveira branca	Faveira vermelha	Imbiruçu	Média geral
1	54,89	44,42	82,15	50,86	56,07	81,10	59,36	61,26
2	67,42	75,56	55,80	57,50	56,56	83,17	75,30	67,33
3	76,52	83,10	80,34	66,07	48,77	72,97	66,35	70,59
4	73,69	65,04	69,57	28,37	66,31	87,23	59,42	64,23
5	56,59	76,25	59,94	53,30	56,50	59,61	65,47	61,09
6	65,45	58,52	71,75	41,38	54,55	45,09	55,56	56,04
7	60,77	47,60	71,95	78,59	63,31	53,99	71,65	63,98
8	61,64	61,70	75,83	56,05	64,39	60,33	69,85	64,25
9	69,52	80,41	64,65	50,04	68,63	64,93	57,01	65,03
10	62,30	68,50	64,13	59,22	78,00	47,92	68,18	64,04
11	56,04	59,96	88,78	54,72	86,89	72,38		69,80
12	57,24	41,26	43,78	48,86	60,64	84,36		56,02
13	68,16	75,89	45,93	65,49	62,82	67,10		64,23
14	79,78	58,34	52,83	55,91	78,50	60,47		64,30
15	70,83	51,51	55,22	48,34	51,35	49,03		54,38
Média/sp	65,39	63,20	65,51	54,31	63,55	65,98	64,81	63,11
Desvio padrão	7,77	13,31	13,34	11,43	10,77	13,89	6,68	4,73
EP	3,93	6,74	6,75	5,78	5,45	7,03	4,14	2,39
IC _(limite inferior)	56,96	48,75	51,03	41,90	51,86	50,90	55,45	57,97
IC _(limite superior)	73,8	77,7	80,0	66,7	75,2	81,1	74,18	68,24
CV (%)	11,9	11	20,4	21,0	8,6	10,66	6,39	7,5
n calculado	6,5	5,2	13,3	14,2	3,4	5,2	2,1	
n (neces- sário)	7*	6*	14**	15**	4*	6*	3*	

* calculado com base em E = 10% e ** calculado com base em E = 12%.

APÊNDICE 09

AMOSTRAS DE SERRADO BRUTO UTILIZADAS NO ESTUDO



Ipê



Jatobá



Cumarú



Maçaranduba





APÊNDICE – 10
DIMENSÕES DAS PEÇAS DE SERRADO BRUTO POR ESPÉCIE

Amostras	Espécies											
	Ipê (Piso)			Jatobá (Piso)			Muiracatiara (Piso)			Cumarú (Piso)		
	Dimensões das peças											
	Comp	Larg	Esp	Comp	Larg	Esp	Comp	Larg	Esp	Comp	Larg	Esp
A1	2.852	0.104	0.026	2.519	0.153	0.026	2.509	0.123	0.025	2.831	0.123	0.024
A2	2.518	0.101	0.027	2.851	0.148	0.026	1.264	0.100	0.024	2.829	0.096	0.025
A3	3.138	0.103	0.026	2.519	0.153	0.026	2.510	0.124	0.025	2.220	0.095	0.025
A4	3.463	0.102	0.027	2.827	0.151	0.026	2.510	0.124	0.025	1.276	0.098	0.062
A5	2.559	0.103	0.027	2.519	0.153	0.026	2.479	0.103	0.024	2.511	0.115	0.024
A6	2.215	0.103	0.025	2.827	0.151	0.026	2.479	0.103	0.024	1.279	0.097	0.035
A7	3.090	0.102	0.026	2.508	0.151	0.025	2.817	0.104	0.025	2.216	0.097	0.024
A8	2.832	0.104	0.026	2.802	0.151	0.027	2.781	0.100	0.025	1.890	0.096	0.024
A9	1.631	0.103	0.027	2.519	0.153	0.026	2.199	0.102	0.025	2.423	0.093	0.023
A10	1.899	0.102	0.026	2.836	0.151	0.026	2.199	0.102	0.025	1.890	0.096	0.024
A11	1.579	0.101	0.027	2.519	0.153	0.026	2.199	0.102	0.025	2.506	0.097	0.025
A12	1.917	0.120	0.028	3.108	0.151	0.027	2.201	0.103	0.025	2.213	0.094	0.025
A13	1.895	0.104	0.037	3.112	0.152	0.025	2.208	0.103	0.025	2.511	0.096	0.025
A14	3.164	0.106	0.026	3.125	0.152	0.026	2.208	0.103	0.025	1.605	0.095	0.025
A15	1.293	0.119	0.026	3.124	0.150	0.024	2.208	0.103	0.025	3.144	0.095	0.024
A16	2.815	0.099	0.027	3.104	0.152	0.025	3.135	0.103	0.024	1.613	0.095	0.025
A17	1.303	0.100	0.027	1.601	0.153	0.026	2.817	0.104	0.025	2.827	0.097	0.024
A18	1.292	0.108	0.024	2.238	0.150	0.027	1.891	0.102	0.025	2.513	0.096	0.024
A19	1.278	0.109	0.026	1.601	0.153	0.026	1.891	0.102	0.025	0.673	0.096	0.026
A20	1.265	0.101	0.027	2.238	0.150	0.027	2.230	0.101	0.024	0.662	0.096	0.027
A21	2.519	0.099	0.025	1.601	0.153	0.026	2.197	0.100	0.025	0.675	0.095	0.025
A22	3.458	0.073	0.027	2.205	0.152	0.025	2.230	0.101	0.024	2.204	0.095	0.025
A23	3.757	0.104	0.026	1.601	0.154	0.024	2.196	0.103	0.025	2.204	0.094	0.024
A24	4.045	0.102	0.027	2.221	0.152	0.025	2.197	0.100	0.025	1.890	0.096	0.024

A25	2.202	0.098	0.025	1.601	0.154	0.024	2.487	0.098	0.025	2.201	0.095	0.024
A26	1.067	0.102	0.025	1.920	0.146	0.026	2.230	0.101	0.024	2.827	0.095	0.024
A27	1.264	0.101	0.024	1.938	0.154	0.025	2.195	0.102	0.025	2.203	0.095	0.024
A28	1.264	0.101	0.024	1.868	0.152	0.025	2.505	0.104	0.025	2.213	0.093	0.030
A29	1.074	0.122	0.026	1.938	0.154	0.025	2.181	0.104	0.024	2.205	0.094	0.024
A30	1.922	0.103	0.025	1.933	0.151	0.026	2.497	0.104	0.024	2.205	0.094	0.026
Mé dia	2.219	0.103	0.026	2.377	0.152	0.026	2.322	0.104	0.025	2.082	0.097	0.026

APÊNDICE – 11

DIMENSÕES DAS PEÇAS DE SERRADO BRUTO POR ESPÉCIE

Amostras	Espécies								
	Maçaranduba (Deck)			Cumarú (Deck)			Tauarí (Pré-cortado)		
	Dimensões das peças (m)								
	Comp	Larg	Esp	Comp	Larg	Esp	Comp	Larg	Esp
A1	3.147	0.151	0.027	2.207	0.159	0.025	3.40	0.193	0.057
A2	3.152	0.15	0.025	2.547	0.158	0.025	3.11	0.176	0.057
A3	3.132	0.151	0.026	2.499	0.155	0.026	3.09	0.200	0.057
A4	3.134	0.152	0.025	2.824	0.158	0.026	2.13	0.099	0.057
A5	2.531	0.152	0.026	3.413	0.159	0.026	1.92	0.090	0.056
A6	2.209	0.149	0.025	2.578	0.156	0.025	1.88	0.138	0.057
A7	2.531	0.152	0.026	3.160	0.157	0.025	1.88	0.162	0.057
A8	2.209	0.149	0.025	3.118	0.158	0.025	3.41	0.180	0.055
A9	2.527	0.153	0.025	4.043	0.162	0.026	3.40	0.192	0.055
A10	2.209	0.148	0.025	3.737	0.157	0.024	1.89	0.113	0.057
A11	2.531	0.152	0.026	4.007	0.160	0.025	3.52	0.159	0.055
A12	2.753	0.152	0.026	3.737	0.152	0.024	2.13	0.150	0.057
A13	3.752	0.153	0.026	2.812	0.158	0.025	2.53	0.151	0.057
A14	2.209	0.148	0.025	2.224	0.155	0.025	2.49	0.139	0.057
A15	2.837	0.149	0.025	3.115	0.160	0.025	3.11	0.157	0.057
A16	2.836	0.153	0.025	2.499	0.155	0.026	3.09	0.163	0.056
A17	3.302	0.154	0.026	3.416	0.156	0.025	2.52	0.158	0.055
A18	2.837	0.149	0.025	2.847	0.155	0.025	2.53	0.158	0.058
A19	3.440	0.151	0.026	3.462	0.154	0.025	2.20	0.166	0.057
A20	3.442	0.151	0.025	2.499	0.155	0.026	2.20	0.162	0.059
A21	4.668	0.149	0.026	3.427	0.158	0.026	2.50	0.141	0.058
A22	2.234	0.156	0.027	3.160	0.156	0.034	2.52	0.181	0.057
A23	4.508	0.152	0.026	2.812	0.158	0.025	1.91	0.093	0.056
A24	3.442	0.151	0.025	3.120	0.160	0.024	2.21	0.058	0.057
A25	4.215	0.154	0.027	2.812	0.158	0.025	2.82	0.149	0.056
A26	3.147	0.150	0.025	3.120	0.160	0.024	2.51	0.141	0.054
A27	4.681	0.153	0.027	2.813	0.152	0.024	2.81	0.168	0.054
A28	3.610	0.150	0.025	3.120	0.160	0.024	2.81	0.166	0.057
A29	5.642	0.152	0.027	3.727	0.156	0.024	2.80	0.182	0.055
A30	3.893	0.151	0.026	2.811	0.157	0.024	3.35	0.200	0.055
Média	3.225	0.151	0.026	3.055	0.157	0.025	2.623	0.153	0.056

APÊNDICE – 12

VALORES DE RENDIMENTO e PERDA (%) DA ESPÉCIE: *IPÊ (piso)*

Pilha	VBS	PISO	RMB (%)	RES (%)
1	1.711	0.938	54.8	45.2
2	1.560	0.768	49.2	50.8
3	1.732	1.040	60.1	39.9
4	2.113	1.057	50.0	50.0
5	1.559	0.765	49.1	50.9
6	1.301	0.732	56.2	43.8
7	1.785	0.983	55.1	44.9
8	1.708	0.733	42.9	57.1
9	0.943	0.529	56.1	43.9
10	1.043	0.673	64.5	35.5
11	0.931	0.527	56.6	43.4
12	1.385	0.604	43.6	56.4
13	1.152	0.517	44.9	55.1
14	1.852	0.813	43.9	56.1
15	0.873	0.523	59.9	40.1
16	1.672	0.939	56.2	43.8
17	0.769	0.442	57.4	42.6
18	0.699	0.378	54.0	46.0
19	0.743	0.375	50.4	49.6
20	1.693	0.864	51.1	48.9
21	2.283	1.118	49.0	51.0
22	2.440	1.114	45.6	54.4
23	2.440	1.665	68.2	31.8
24	1.209	0.710	58.7	41.3
25	1.064	0.586	55.1	44.9
26	0.989	0.491	49.6	50.4
27	1.094	0.410	37.4	62.6
28	1.131	0.580	51.3	48.7
29	1.191	0.568	47.7	52.3
Média			52.4	47.6
Desvio Padrão			6.81	6.81
Erro Padrão da média			1.24	1.24
Coeficiente de Variação (%)			13.0	14.3
Intervalo de Confiança (limite inferior)			49.8	45.1
Intervalo de Confiança (limite superior)			54.9	50.2
<i>n</i> (calculado para erro admissível de 10%)			7.1	8.6
<i>n</i> (necessário)			8	9
Erro amostral (E _A)			4.9	5.3
Índice de conversão (SB/Piso)			1.91	

VBS – volume de serrado bruto seco (m³)

RMB – rendimento de madeira

beneficiada (%)

RES – resíduos de madeira (%)

APÊNDICE – 13

VALORES DE RENDIMENTO e PERDA (%) DA ESPÉCIE: *JATOBÁ* (piso)

Pilha	VBS	PISO	RMB (%)	RES (%)
1	1.375	0.673	48.9	51.1
2	1.522	0.893	58.7	41.3
3	1.375	0.752	54.7	45.3
4	1.492	0.850	57.0	43.0
5	1.375	0.710	51.6	48.4
6	1.492	0.929	62.2	37.8
7	1.268	0.638	50.3	49.7
8	1.543	0.797	51.7	48.3
9	1.375	0.646	47.0	53.0
10	1.503	0.785	52.3	47.7
11	1.375	0.740	53.8	46.2
12	1.735	1.227	70.7	29.3
13	1.599	1.240	77.5	22.5
14	1.698	0.971	57.2	42.8
15	1.570	0.880	56.1	43.9
16	1.625	0.981	60.4	39.6
17	0.863	0.461	53.4	46.6
18	1.217	0.625	51.4	48.6
19	0.863	0.448	51.8	48.2
20	1.251	0.592	47.3	52.7
21	0.863	0.474	54.9	45.1
22	1.159	0.745	64.3	35.7
23	0.821	0.686	83.5	16.5
24	1.154	0.664	57.5	42.5
25	0.821	0.295	36.0	64.0
26	0.988	0.594	60.1	39.9
27	1.026	0.528	51.5	48.5
28	0.983	0.577	58.7	41.3
29	1.026	0.550	53.6	46.4
30	1.042	0.544	52.2	47.8
Média			56.2	43.8
Desvio Padrão			9.07	9.07
Erro Padrão da média			1.66	1.66
Coeficiente de Variação (%)			16.1	20.7
Intervalo de Confiança (limite inferior)			52.8	40.4
Intervalo de Confiança (limite superior)			59.6	47.2
<i>n</i> (calculado para erro admissível de 10%)			10.9	17.9
<i>n</i> (necessário)			11	18
Erro amostral (E _A)			6.0	7.7
Índice de conversão (SB/Piso)			1.78	

VBS – volume de serrado bruto seco (m³)

RMB – rendimento de madeira

beneficiada (%)

RES – resíduos de madeira (%)

APÊNDICE – 14

VALORES DE RENDIMENTO e PERDA (%) DA ESPÉCIE: *MUIRACATIARA* (piso)

Pilha	VBS	PISO	RMB (%)	RES (%)
1	1.646	0.798	48.5	51.5
2	0.526	0.279	53.0	47.0
3	1.675	0.783	46.8	53.2
4	1.675	0.727	43.4	56.6
5	1.335	0.789	59.1	40.9
6	1.335	0.835	62.5	37.5
7	1.546	0.780	50.4	49.6
8	1.495	0.857	57.3	42.7
9	1.359	0.768	56.6	43.4
10	1.234	0.654	53.0	47.0
11	1.228	0.674	54.8	45.2
12	1.352	0.700	51.8	48.2
13	1.281	0.676	52.8	47.2
14	1.373	0.756	55.1	44.9
15	1.298	0.640	49.3	50.7
16	1.676	0.388	23.1	76.9
17	1.535	0.845	55.0	45.0
18	1.163	0.595	51.1	48.9
19	1.158	0.581	50.2	49.8
20	1.304	0.490	37.6	62.4
21	1.312	0.700	53.3	46.7
22	1.304	0.689	52.9	47.1
23	1.364	0.762	55.9	44.1
24	1.312	0.756	57.6	42.4
25	1.438	0.846	58.8	41.2
26	1.304	0.614	47.1	52.9
27	1.349	0.685	50.8	49.2
28	1.451	0.875	60.3	39.7
29	1.285	0.723	56.3	43.7
30	1.532	1.134	74.0	26.0
Média			52.6	47.4
Desvio Padrão			8.5	8.5
Erro Padrão da média			1.55	1.55
Coeficiente de Variação (%)			16.1	17.9
Intervalo de Confiança (limite inferior)			49.4	44.2
Intervalo de Confiança (limite superior)			55.8	50.6
<i>n</i> (calculado para erro admissível de 10%)			10.9	13.4
<i>n</i> (necessário)			11	14
Erro amostral (E _A)			6.0	6.7
Índice de conversão (SB/Piso)			1.90	

VBS – volume de serrado bruto seco (m³)

RMB – rendimento de madeira

beneficiada (%)

RES – resíduos de madeira (%)

APÊNDICE – 15

VALORES DE RENDIMENTO e PERDA (%) DA ESPÉCIE: *CUMARÚ* (piso)

Pilha	VBS	PISO	RMB (%)	RES (%)
1	1.941	0.882	45.5	54.5
2	1.524	0.954	62.6	37.4
3	1.198	0.683	57.0	43.0
4	0.739	0.387	52.4	47.6
5	1.607	0.735	45.8	54.2
6	0.976	0.410	42.0	58.0
7	1.186	0.686	57.9	42.1
8	1.004	0.605	60.2	39.8
9	1.102	0.708	64.2	35.8
10	1.004	0.591	58.8	41.2
11	1.365	0.841	61.6	38.4
12	1.184	0.671	56.7	43.3
13	1.354	0.808	59.7	40.3
14	0.861	0.484	56.2	43.8
15	1.622	0.925	57.0	43.0
16	0.864	0.450	52.1	47.9
17	1.518	0.859	56.6	43.4
18	1.335	0.849	63.6	36.4
19	0.692	0.347	50.1	49.9
20	0.774	0.411	53.1	46.9
21	0.743	0.375	50.5	49.5
22	1.004	0.660	65.8	34.2
23	1.143	0.631	55.2	44.8
24	1.004	0.582	58.0	42.0
25	1.148	0.662	57.7	42.3
26	1.485	0.870	58.6	41.4
27	1.135	0.637	56.1	43.9
28	1.393	0.691	49.6	50.4
29	1.110	0.659	59.4	40.6
30	1.216	0.688	56.6	43.4
Média			56.0	44.0
Desvio Padrão			5.64	5.64
Erro Padrão da média			1.03	1.03
Coeficiente de Variação (%)			10.1	12.8
Intervalo de Confiança (limite inferior)			53.9	41.9
Intervalo de Confiança (limite superior)			58.1	46.1
<i>n</i> (calculado para erro admissível de 10%)			4.2	6.9
<i>n</i> (necessário)			5	7
Erro amostral (E _A)			3.8	4.8
Índice de conversão (SB/Piso)			1.79	

VBS – volume de serrado bruto seco (m³)

RMB – rendimento de madeira

beneficiada (%)

RES – resíduos de madeira (%)

APÊNDICE – 16

VALORES DE RENDIMENTO e PERDA (%) DA ESPÉCIE: *MAÇARANDUBA (deck)*

Pilha	VBS	PISO	RMB (%)	RES (%)
1	1.670	0.992	59.4	40.6
2	1.560	1.015	65.1	34.9
3	1.589	0.985	62.0	38.0
4	1.542	1.084	70.3	29.7
5	1.286	0.852	66.2	33.8
6	1.083	0.724	66.9	33.1
7	1.286	0.786	61.1	38.9
8	1.083	0.708	65.3	34.7
9	1.289	0.852	66.1	33.9
10	1.078	0.665	61.7	38.3
11	1.286	0.629	48.9	51.1
12	1.078	0.786	72.9	27.1
13	1.975	1.330	67.3	32.7
14	1.412	0.898	63.6	36.4
15	1.444	0.870	60.3	39.7
16	1.363	0.992	72.8	27.2
17	1.748	1.138	65.1	34.9
18	1.690	1.189	70.3	29.7
19	1.803	1.092	60.6	39.4
20	1.363	1.022	75.0	25.0
21	2.557	1.723	67.4	32.6
22	1.232	0.786	63.8	36.2
23	2.420	1.459	60.3	39.7
24	1.690	1.319	78.0	22.0
25	2.344	1.479	63.1	36.9
26	1.545	0.938	60.7	39.3
27	2.590	1.760	67.9	32.1
28	1.831	1.295	70.7	29.3
29	3.056	2.004	65.6	34.4
30	2.017	1.446	71.7	28.3
Média			65.7	34.3
Desvio Padrão			5.74	5.74
Erro Padrão da média			1.05	1.05
Coeficiente de Variação (%)			8.7	16.7
Intervalo de Confiança (limite inferior)			63.5	32.2
Intervalo de Confiança (limite superior)			67.8	36.5
<i>n</i> (calculado para erro admissível de 10%)			3.2	11.7
<i>n</i> (necessário)			4	12
Erro amostral (E _A)			3.3	6.2
Índice de conversão (SB/Deck)			1.52	

VBS – volume de serrado bruto seco (m³)

RMB – rendimento de madeira

beneficiada (%)

RES – resíduos de madeira (%)

APÊNDICE – 17

VALORES DE RENDIMENTO e PERDA (%) DA ESPÉCIE: *CUMARÚ* (deck)

Pilha	VBS	PISO	RMB (%)	RES (%)
1	2.287	1.095	47.9	52.1
2	2.128	1.115	52.4	47.6
3	2.056	0.805	39.1	60.9
4	1.417	0.473	33.4	66.6
5	1.271	0.670	52.7	47.3
6	1.240	0.581	46.9	53.1
7	1.487	0.320	21.6	78.4
8	2.314	0.648	28.0	72.0
9	2.235	0.790	35.4	64.6
10	1.194	0.423	35.4	64.6
11	2.264	0.602	26.6	73.4
12	1.393	0.465	33.4	66.6
13	1.679	0.491	29.2	70.8
14	1.649	0.467	28.3	71.7
15	2.070	0.659	31.8	68.2
16	2.013	0.767	38.1	61.9
17	1.610	0.546	33.9	66.1
18	1.683	0.510	30.3	69.7
19	1.405	0.301	21.4	78.6
20	1.528	0.437	28.6	71.4
21	1.625	0.543	33.4	66.6
22	1.731	0.537	31.0	69.0
23	1.270	0.409	32.2	67.8
24	1.413	0.512	36.2	63.8
25	1.921	0.701	36.5	63.5
26	1.679	0.476	28.4	71.6
27	1.823	0.879	48.2	51.8
28	1.885	0.926	49.1	50.9
29	1.830	0.608	33.2	66.8
30	2.255	0.868	38.5	61.5
Média			35.4	64.6
Desvio Padrão			8.41	8.41
Erro Padrão da média			1.54	1.54
Coeficiente de Variação (%)			23.8	13.0
Intervalo de Confiança (limite inferior)			32.2	61.5
Intervalo de Confiança (limite superior)			38.5	67.8
<i>n</i> (calculado para erro admissível de 10%)			23.6	7.1
<i>n</i> (necessário)			24	8
Erro amostral (E _A)			8.9	4.9
Índice de conversão (SB/Deck)			1.42	

VBS – volume de serrado bruto seco (m³)

RMB – rendimento de madeira

beneficiada (%)

RES – resíduos de madeira (%)

APÊNDICE – 18

VALORES DE RENDIMENTO e PERDA (%) DA ESPÉCIE: *TAUARÍ* (*pré-cortados*)

Pilha	VBS	Pré-cortado	RMB (%)	RES (%)
1	2.287	1.095	47.9	52.1
2	2.128	1.115	52.4	47.6
3	2.056	0.805	39.1	60.9
4	1.417	0.473	33.4	66.6
5	1.271	0.670	52.7	47.3
6	1.240	0.581	46.9	53.1
7	1.487	0.320	21.6	78.4
8	2.314	0.648	28.0	72.0
9	2.235	0.790	35.4	64.6
10	1.194	0.423	35.4	64.6
11	2.264	0.602	26.6	73.4
12	1.393	0.465	33.4	66.6
13	1.679	0.491	29.2	70.8
14	1.649	0.467	28.3	71.7
15	2.070	0.659	31.8	68.2
16	2.013	0.767	38.1	61.9
17	1.610	0.546	33.9	66.1
18	1.683	0.510	30.3	69.7
19	1.405	0.301	21.4	78.6
20	1.528	0.437	28.6	71.4
21	1.625	0.543	33.4	66.6
22	1.731	0.537	31.0	69.0
23	1.270	0.409	32.2	67.8
24	1.413	0.512	36.2	63.8
25	1.921	0.701	36.5	63.5
26	1.679	0.476	28.4	71.6
27	1.823	0.879	48.2	51.8
28	1.885	0.926	49.1	50.9
29	1.830	0.608	33.2	66.8
30	2.255	0.868	38.5	61.5
Média			35.4	64.6
Desvio Padrão			8.41	8.41
Erro Padrão da média			1.54	1.54
Coeficiente de Variação (%)			23.8	13.0
Intervalo de Confiança (limite inferior)			32.2	61.5
Intervalo de Confiança (limite superior)			38.5	67.8
<i>n</i> (calculado para erro admissível de 10%)			23.6	7.1
<i>n</i> (necessário)			24	8
Erro amostral (E _A)			8.9	4.9
Índice de conversão (SB/Pré-cortado)			2.83	

VBS – volume de serrado bruto seco (m³)

RMB – rendimento de madeira

beneficiada (%)

RES – resíduos de madeira (%)

APÊNDICE – 19

Exemplos de RESÍDUOS INDUSTRIAIS



Resíduos de destopadeira (aparas de deck)



Resíduos de destopadeira (aparas de piso)



Resíduos de destopadeira (aparas de pré-cortado)



Resíduos de multilâmina (aparas de pré-cortado)

APÊNDICE – 20

VALORES MÉDIOS DE PERDAS EM FORMA DE APARAS E PARTÍCULAS DA
ESPECIE *ipê (piso)*.

Multilâmina			Destopadeira			Moldureira
Serragem (%)	Aparas (%)	Total de Resíduos (%)	Serragem (%)	Aparas (%)	Total de Resíduos (%)	Maravalhas (%)
5.78	8.99	14.77	6.08	2.14	8.21	21.75
5.97	5.58	11.55	13.59	1.29	14.89	23.52
5.83	3.19	9.01	6.34	2.18	8.52	21.96
5.88	2.89	8.77	21.40	2.44	23.85	16.11
5.84	3.53	9.36	10.96	1.99	12.95	24.83
5.83	5.40	11.23	2.50	1.36	3.87	44.95
5.89	5.01	10.90	1.95	2.13	4.08	28.63
5.79	2.44	8.22	23.27	1.87	25.14	22.38
5.83	3.15	8.98	4.22	1.18	5.40	29.25
5.88	2.97	8.85	4.84	1.16	6.00	20.09
5.91	2.83	8.74	5.19	1.18	6.37	27.97
5.00	7.19	12.20	9.31	1.41	10.72	32.85
5.81	14.90	20.71	7.42	1.26	8.68	23.35
5.68	0.89	6.58	21.70	2.26	23.96	24.13
5.41	0.14	5.55	18.58	0.76	19.34	14.19
6.03	2.09	8.12	7.18	2.08	9.25	26.02
6.00	4.33	10.33	5.48	0.81	6.29	25.62
5.53	8.71	14.24	7.60	1.11	8.71	22.56
5.49	1.18	6.67	9.78	2.57	12.35	29.88
5.93	12.99	18.93	18.14	0.91	19.05	13.00
6.05	12.39	18.45	17.78	1.72	19.50	8.72
5.94	7.39	13.33	18.10	2.35	20.45	20.90
5.82	4.37	10.19	17.70	2.36	20.06	0.48
5.91	10.01	15.92	6.69	2.57	9.26	15.57
6.17	7.58	13.76	7.70	1.18	8.88	21.74
5.86	18.98	24.84	9.82	1.99	11.81	13.05
5.94	31.40	37.33	4.38	0.94	5.32	20.14
5.94	3.07	9.01	35.07	0.90	35.98	2.89
4.94	5.77	10.71	2.28	0.73	3.00	38.57
5.79	6.87	12.66	11.21	1.61	12.82	21.90

APÊNDICE – 21

VALORES MÉDIOS DE PERDAS EM FORMA DE APARAS E PARTÍCULAS DA
ESPECIE *jatobá* (piso).

Plaina Maravalhas (%)	Destopadeira			Moldureira Maravalhas (%)
	Serragem (%)	Aparas (%)	Total de Resíduos (%)	
7.24	31.41	2.12	33.52	10.30
8.48	18.52	2.00	20.52	12.35
8.53	23.07	2.18	25.25	11.52
5.24	24.01	1.81	25.82	11.99
15.61	20.07	1.86	21.94	10.86
5.90	17.03	1.73	18.75	13.10
4.06	32.88	2.13	35.01	10.60
13.00	22.27	2.19	24.47	10.87
9.82	31.29	2.06	33.35	9.88
8.26	26.22	2.26	28.48	11.00
9.17	23.75	1.94	25.69	11.33
10.66	4.85	2.94	7.79	10.85
2.66	2.30	1.21	3.51	16.32
7.26	21.08	2.45	23.53	12.04
7.79	21.96	2.37	24.33	11.80
6.61	17.53	2.76	20.29	12.71
6.69	27.52	1.16	28.68	11.24
8.71	27.99	1.12	29.11	10.81
8.65	27.03	1.56	28.59	10.91
14.10	26.94	1.71	28.64	9.96
6.69	25.34	1.46	26.79	11.57
5.80	15.18	1.21	16.39	13.53
0.71	2.68	1.51	4.19	11.55
2.88	25.98	1.52	27.50	12.11
4.16	51.51	0.76	52.26	7.58
7.05	18.48	1.73	20.21	12.65
7.56	27.83	2.25	30.07	10.85
4.62	22.55	1.78	24.33	12.36
5.55	27.85	1.74	29.58	11.28
7.36	27.73	1.66	29.39	11.00
7.36	23.09	1.84	24.93	11.50

APÊNDICE – 22

VALORES MÉDIOS DE PERDAS EM FORMA DE APARAS E PARTÍCULAS DA
ESPECIE *muiracatiara* (piso).

Plaina	Destopadeira			Moldureira
Maravalhas (%)	Serragem (%)	Aparas (%)	Total de Resíduos (%)	Maravalhas (%)
7.36	31.40	2.54	33.94	10.21
6.26	28.43	1.10	29.53	11.17
7.51	33.39	2.50	35.89	9.84
10.08	35.32	2.06	37.38	9.14
5.05	21.82	1.62	23.44	12.44
5.05	17.18	2.06	19.25	13.17
6.18	30.91	1.87	32.78	10.61
6.20	22.50	1.92	24.42	12.07
8.66	20.62	2.25	22.87	11.91
8.66	25.08	2.14	27.22	11.15
8.66	23.31	1.66	24.97	11.54
7.79	28.53	1.16	29.70	10.70
8.41	25.80	1.88	27.68	11.12
8.79	22.69	1.81	24.50	11.60
10.02	28.35	1.95	30.30	10.38
4.71	65.59	1.70	67.29	4.87
7.91	23.04	2.43	25.48	11.58
9.74	27.10	1.27	28.36	10.76
8.98	28.84	1.45	30.29	10.56
5.48	46.95	2.11	49.05	7.91
9.00	24.16	2.29	26.45	11.23
5.48	28.24	2.28	30.52	11.13
8.21	21.79	2.34	24.13	11.77
9.00	19.75	2.52	22.27	11.10
7.62	19.28	1.87	21.15	12.39
11.02	30.97	1.03	32.00	9.91
10.89	25.29	2.37	27.66	10.69
10.31	14.70	1.99	16.69	12.70
3.70	26.24	1.91	28.15	11.85
4.75	3.22	2.45	5.67	15.58
7.72	26.68	1.95	28.63	11.04

APÊNDICE – 23

VALORES MÉDIOS DE PERDAS EM FORMA DE APARAS E PARTÍCULAS DA
ESPECIE *cumarú* (piso).

Multilâmina			Destopadeira			Moldureira
Serragem (%)	Aparas (%)	Total de Resíduos (%)	Serragem (%)	Aparas (%)	Total de Resíduos (%)	Maravalhas (%)
19.91	2.91	22.82	1.35	2.15	3.50	28.2
6.95	3.01	9.96	2.60	2.74	5.35	22.1
7.22	2.94	10.16	1.44	1.55	2.99	29.8
5.69	2.94	8.63	8.20	1.34	9.54	29.4
21.23	3.00	24.23	2.61	2.55	5.17	24.8
28.06	2.91	30.97	11.20	1.22	12.43	14.6
14.67	2.94	17.61	7.64	1.42	9.07	15.5
14.06	2.97	17.03	1.14	1.49	2.63	20.1
9.72	3.03	12.75	7.07	2.14	9.21	13.8
9.94	2.94	12.88	11.45	1.47	12.93	15.4
8.05	2.91	10.96	7.15	2.54	9.69	17.7
6.42	2.97	9.39	14.85	1.86	16.72	17.2
15.27	2.97	18.24	7.79	2.70	10.49	11.6
14.90	2.97	17.87	13.83	1.40	15.23	10.7
11.64	2.91	14.55	10.13	2.68	12.80	15.6
14.76	2.94	17.70	10.12	1.36	11.48	18.8
6.73	2.97	9.70	1.07	1.67	2.74	31.0
14.13	2.91	17.04	3.66	2.20	5.86	13.5
15.16	2.94	18.10	11.79	0.89	12.68	19.1
18.88	2.97	21.85	12.62	1.32	13.93	11.1
26.96	3.01	29.97	2.18	1.52	3.70	15.8
9.94	3.01	12.95	9.38	2.07	11.45	9.9
12.09	2.91	15.00	0.06	1.78	1.85	28.0
14.12	2.91	17.03	8.84	1.54	10.38	14.6
4.04	2.97	7.01	5.90	1.68	7.58	27.7
13.18	2.91	16.10	14.20	1.29	15.49	9.8
2.90	3.00	5.90	14.71	1.78	16.49	21.5
12.94	3.00	15.94	5.90	4.96	10.86	23.6
13.87	2.94	16.81	3.49	1.64	5.14	18.7
11.97	2.96	14.93	1.23	1.54	2.77	25.7
12.85	2.96	15.80	7.12	1.88	9.00	19.17

APÊNDICE – 24

VALORES MÉDIOS DE PERDAS EM FORMA DE APARAS E PARTÍCULAS DA
ESPECIE *cumarú (deck)*.

Destopadeira			Moldureira
Serragem (%)	Aparas (%)	Total de Resíduos (%)	Maravalhas (%)
9.20	0.32	9.52	19.8
28.04	0.29	28.33	15.7
14.71	0.23	14.95	20.0
4.08	0.06	4.14	23.9
5.20	0.20	5.40	24.3
3.67	0.27	3.94	20.9
1.67	0.22	1.88	22.6
5.26	0.26	5.51	21.1
0.34	0.19	0.53	26.7
10.63	0.23	10.86	12.4
4.94	0.09	5.03	23.1
6.10	0.33	6.43	9.6
12.53	0.33	12.86	20.3
2.90	0.32	3.22	22.6
3.99	0.25	4.24	21.7
12.89	0.31	13.20	19.7
8.34	0.26	8.60	19.8
1.67	0.26	1.92	21.3
2.36	0.23	2.58	19.8
5.90	0.29	6.19	19.1
4.31	0.24	4.55	25.0
26.21	0.25	26.47	19.2
10.31	0.31	10.62	20.9
13.50	0.31	13.81	20.1
7.84	0.29	8.13	21.4
4.93	0.27	5.20	22.1
37.27	0.39	37.66	9.9
12.73	0.13	12.86	13.8
10.18	0.23	10.41	16.5
14.20	0.31	14.51	15.7
9.53	0.25	9.78	19.6

APÊNDICE – 25

VALORES MÉDIOS DE PERDAS EM FORMA DE APARAS E PARTÍCULAS DA
ESPECIE *tauari* (pré-cortado)

Multilâmina			Destopadeira			Moldureira
Serragem (%)	Aparas (%)	Total de Resíduos (%)	Serragem (%)	Aparas (%)	Total de Resíduos (%)	Maravalhas (%)
10.28	9.68	19.96	0.24	9.38	9.62	22.54
10.54	4.96	15.49	0.28	11.56	11.85	20.28
9.89	7.89	17.77	0.21	25.68	25.89	17.19
7.21	37.36	44.57	0.18	7.26	7.43	14.60
10.31	5.15	15.46	0.24	10.55	10.79	21.02
9.00	16.53	25.53	0.23	9.84	10.07	17.53
7.78	32.25	40.03	0.11	26.78	26.89	11.53
11.28	8.13	19.42	0.15	37.62	37.77	14.79
8.80	0.92	9.72	0.18	38.24	38.43	16.50
9.30	17.38	26.68	0.18	19.77	19.95	17.93
10.02	9.28	19.29	0.14	37.50	37.64	16.48
10.36	12.98	23.34	0.17	29.45	29.62	13.66
9.70	9.32	19.02	0.14	18.87	19.01	32.73
10.88	9.36	20.24	0.14	13.58	13.72	37.72
9.99	6.79	16.78	0.18	38.35	38.52	12.87
10.29	8.30	18.58	0.21	40.42	40.63	2.70
10.20	7.32	17.52	0.17	24.85	25.02	23.52
8.83	19.42	28.25	0.15	22.81	22.96	18.49
10.25	9.84	20.09	0.11	42.44	42.54	15.97
9.77	12.42	22.19	0.14	31.43	31.57	17.62
10.49	11.30	21.79	0.16	23.43	23.59	21.17
9.54	14.70	24.24	0.16	27.60	27.75	16.98
9.19	17.28	26.47	0.16	24.15	24.31	16.98
10.08	9.28	19.36	0.18	21.70	21.89	22.56
9.07	18.57	27.64	0.21	19.48	19.68	16.17
10.79	3.31	14.10	0.14	36.62	36.76	20.76
10.77	3.16	13.93	0.28	19.44	19.72	18.16
10.19	8.32	18.51	0.28	14.79	15.07	17.29
10.31	7.21	17.52	0.19	33.98	34.18	15.10
9.85	11.41	21.26	0.21	22.62	22.83	17.41
9.83	11.66	21.5	0.18	24.7	24.9	18.3

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ACOSTA, M, S,. Experiência Argentina em la producción de la madeira de Eucalipto, Panorama a 1999. In: WORKSHOP TECNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa-MG. **Anais...**Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal,1999.
- ACOSTA, M, S,. Experiencia Argentina en el uso de La madeira de Eucalipto In: Seminario Internacional de Utilização de Madeira de Eucalitpo. São Paulo, 1999. 74-91p.
- ALBUQUERQUE, C, E, C,. **Processamento mecânico da madeira na evolução humana.** Revista da madeira, Caxias do Sul, v.4, n. 23, 36-37p., jul/ago. 1996.
- BANKS, A, D,. Aproveitamento de resíduos da indústria da madeira, Universidade Federal do Paraná - UFPR, 2003.
- BRAND, M. A,. Caracterização do rendimento e dos resíduos em uma laminadora através do balanço de materiais, Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC e Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2001.
- BRAND, M. A. Muñiz, G. I. B,. Caracterização do rendimento e dos resíduos em uma laminadora através do balanço de materiais, Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC e Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2005.
- BRANDÃO, A. T. O - Possibilité de Classification des Bois tropicaux vis-à-vis du Séchage - La Méthode "*Flying Wood*", Tese de Doutorado, ENGREF, França, 1996, 120p.
- BRASIL/MA/IBDF. Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas. IBDF, 1984, 42 p.
- CARRÉ, J. & SCHENKEL, Y. Résidus de l'industrie de transformation du bois. In: Guide – Biomasse/Energie. Ademe/France, 1994, 320 p.
- CARRÉ, J. & SCHENKEL, Y. Résidus de l'industrie de transformation du bois. In: Guide – Biomasse/Energie. Ademe/France, 1994, 320 p.
- CARVALHO, M. S. P. de,. NUMAZAWA, S,.Determinação do índice de conversão da tora em lâminas faqueadas de algumas madeiras tropicais, Belém, 2002, 22p.
- CARVALHO, M. S. P. de,. NUMAZAWA, S,. Determinação do índice de aproveitamento da tora em madeira serrada de oito espécies florestais processadas na empresa comércio madeiras Dunorte Ltda. Belém, 2003, 22p.
- DEL MENEZZI, C, H, S,. Utilização de um modelo combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *E. cloeziana* F. Mueli.

Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- USP. Piracicaba, 1999. 87p.

FERREIRA, S.; Lima, J, T.; Rosado, S, C, da S.; Trugilho, P, F,. Influencia do desdobro no rendimento e qualidade do Eucalipto. Universidade Federal de Lavras, MG. Departamento de Ciencias Florestais, 2005

FONTES, P. P., “Auto-suficiência energética em serraria de *pinus* e aproveitamento de resíduos”, dissertação de mestrado do curso de pós-graduação em engenharia florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

FREITAS, S, R,. Alternativas tecnológicas para melhor aproveitamento dos recursos florestais brasileiros. **Silvicultura**, São Paulo, v. 11, n.41,p. 176-178, 1986. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5.,1986, Olinda.

IBDF/DPq – LPF. Madeiras da Amazônia, características e utilização. Estação experimental de curuá-Una, 1998 vol. 2. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

INPA/MCT. Essências Madeireiras da Amazônia, Manaus, 1979.

INTERAMNENSE, M, T,. **Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell), *Eucalyptus maculata* (Hook) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para a produção de painéis compensados**. Curitiba, 1998. 81p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Paraná.

JARA, E. R. P.: Miranda, M, J, de A, C, & Huphreys, R, D,. Influência do tratamento térmico na redução das tensões internas de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis*. In: Eucalypts: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts. Salvador, Brasil. 24-29 de agosto, 1997. 276-280p.

JODIN, P. – Lê bois – Materiau d’Ingenierie , Ed. ARBOLOR, 1994, Nancy, França, pp. (44-52)

JUNIOR, J, B, G,: Mendes, R, F,: Sartori, C, J,: Mendes, L, M,. Avaliação do rendimento de laminação da madeira de *Hevea brasiliensis*, XI Encontro Brasileiro em madeira e estruturas de madeira, Londrina. 2008. Universidade Federal de Lavras-Departamento de ciencias florestais.

MURARA, J, I, M,. Rocha, M, P,. Junior, R, T,.Rendimento de madeira serrada de pinus para desdobro, 2003.

MENDES, L, M,: Silva, G, A, da,: Santos, I, F, dso,: Mori, F, A,: Silva, J, R, M, da,. Produção de lâminas decorativas produzidas por faqueamento. Universidade Federal de Lavras, departamento de ciencias florestais, Revista

da madeira, 2006.

MIYAZAKI, M., Foresty products and wast. In: Kitani, O. & Hall, CV. Biomass Handbook. New York: Gordon and Breach Sciencers. USA, 1989, p. 160-170

MURARA JUNIOR, M, I.; Rocha, M, P.; JUNIO, R, T., Rendimento em madeira serrada de *Pinus* para desdobro, Escola Técnica Superior de Tupy e Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia Florestal, Revista da Madeira, 2005.

MURARA JUNIOR, M. I.; Rocha, M. P. da; Timofeiczuk Junior, R., Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. FLORESTA, Curitiba, PR, v 35, n 3, set/dez. 2005.

NÉRI, A, C., Furtado, F, C., Polese, R, C., Avaliação do rendimento de madeira serrada de *Pinus*, Universidade do Planalto – UNIPLAC, 2005.

NUMAZAWA, S., CARVALHO, M. S. P. de., Determinação do índice de conversão da tora em lâminas faqueadas da espécie *swietenia macrophylla, king* (mogno), Belém, 2002, 21p.

NUMAZAWA, S.; CARVALHO, M. S. P. de., Brandão, A, T, O., Determinação do índice de conversão da tora em madeira serrada de oito espécies florestal processada na empresa Comercio Madeira Dunorte Ltda. Congresso Internacional de Compensado e Madeira Tropical. Belém, 22p. 2003,

OLANDOSKI, D, P.; Brand, M. A.; Rocha, M. P., Avaliação do rendimento em madeira serrada, qualidade e quantidade de resíduos no desdobro de *Pinus ssp.* **Revista do setor de ciências agrárias**, Curitiba, v. 17, n 1-2, 1998.

OLANDOSKI, D, P.; Brand, M. A.; Rocha, M. P., Avaliação do rendimento em madeira serrada, qualidade e quantidade de resíduos no desdobro de *Pinus ssp.* **Revista do setor de ciências agrárias**, Curitiba, v. 17, n 1-2, 2001.

PEREIRA, J, C, D., Schaitza, E, G, & Higa, A, R., Avaliações das tensões de crescimento e comparacao de modelos de desdobro em madeira de *Eucalyptus dunnii*. EMBRAPA-pesquisa em andamento, Nº 33, 1999, 2p.

PIMENTEL GOMES, F. – Curso de Estatística Experimental, 13ª ed. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990, 468p.

PIO, N, S., Avaliação das madeiras de *Eucalyptus scabra* (Dum-cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados. Curitiba, 1996. Dissertação (mestrado em ciências florestais)-Universidade Federal do Paraná. 101p. SELLERS, J.R., T. Paywood Adhesive Technology. New York: Marcel Dekker, 1985. 661p.

REMADE, Desdobro da Madeira de Eucalipto na Serraria, Revista da Madeira, 2003.

- RIBAS, C. et al. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento das toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, p. 51-65, 1989.
- ROCHA, M, P, da,: Tomaselli, I,. Efeito do modelo de desdobro no rendimento e na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, Universidade Federal do Paraná. 2000. 12p.
- ROCHA, M, P,. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. Curitiba, 2000. 185f. Tese (doutorado em engenharia florestal)- setor de ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- ROCHA, M, P,. Técnicas de desdobro de madeiras, Universidade Federal do Paraná-UFPR, Revista da Madeira, 2005.
- ROCHA, M. P,. Técnicas e planejamento em serrarias. **Série Didática** funpef, Curitiba, 02|01, 121p., 2002.
- ROCHA, M. P. da,. Aspectos tecnológicos no desdobro de *Pinus*. Universidade Federal do Paraná –UFPR. Revista da Madeira, 2003.
- ROCHA, M. P. da,. Otimização no desdobro de toras de *pinus*. Universidade Federal do Paraná –UFPR. Revista da Madeira, 2000.
- SUDAM – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Centro de Tecnologia madeireira. Rendimento em serraria de 30 espécies de madeiras amazônicas, Belém, 1981
- SUDAM/MI. Essências Florestais da Amazônia. Belém, 1979.
- SZYMANI, R,. Latest advances in sawmilling. In: Seminário Internacional de utilização da madeira de Eucalipto para serraria. São Paulo, 1995. 68-73p.
- VIANNA NETO, J. A,. Considerações básicas sobre desdobro de *Pinus ssp*. **Silvicultura**, São Paulo, v. 9, n. 34, p.15-19, 1984. SEMADER – seminário sobre processamento e utilização de madeira de reflorestamento, 1,. 1984, São Paulo.