

**PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E GERAÇÃO DE
RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE MADEIRA DE
FLORESTAS PLANTADAS NO RIO GRANDE DO SUL**

Hilton Albano Vieira Fagundes

Orientador: Prof. Dr. Hélio Adão Greven

Porto Alegre
agosto de 2003

HILTON ALBANO VIEIRA FAGUNDES

**DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E
GERAÇÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE
MADEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS NO RIO GRANDE
DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre
agosto de 2003

Catálogo-na-Publicação (CIP). UFRGS – Escola de Engenharia. biblioteca

F156d

Fagundes, Hilton Albano Vieira

Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul / Hilton Albano Vieira Fagundes; orientador, Hélio Adão Greven – Porto Alegre, 2003.

Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação

- Madeira serrada 2. Madeira – Resíduos - Aproveitamento 3. Madeira – Processamento I. Greven, Hélio Adão, orient. II. Título.

CDU 674.02(043)

HILTON ALBANO VIEIRA FAGUNDES

**DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E GERAÇÃO DE
RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE MADEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS
NO RIO GRANDE DO SUL**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 25 de agosto de 2003

Prof. Hélio Adão Greven
Dr. Ing. pela Universität Hannover/Alemanha
orientador

Prof. Américo Campos Filho
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Clóvis Roberto Haselein (UFSM)
PhD pela Oregon University – EUA

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva (UFRGS)
PhD pela University of Leeds – Inglaterra

Prof. Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)
PhD pela Sheffield University – Inglaterra

Prof. Luiz Carlos Bonin(UFRGS)
M. Eng. pela UFRGS– Brasil

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Hélio Adão Greven, pela orientação, serenidade e capacidade em buscar o melhor dentro do tema da dissertação.

Agradeço ao Prof. Márcio Rocha/UFPr-Curitiba e Prof. Clóvis Haselein/UFSM-Santa Maria, pela generosidade, apoio e importantes considerações feitas sobre o tema de pesquisa.

Agradeço ao Prof. Setsuo Iwakiri/UFPr-Curitiba, Prof. Francisco Gesualdo/UFU-Uberlândia, Prof. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves/UNESP-Bauru e Prof. Doadi Brena/UFSM-Santa Maria, pelas contribuições.

Agradeço ao Prof. Luis Carlos Bonin e Prof. Miguel Sattler, pelos ensinamentos, acompanhamento e amizade. Agradeço, ainda, aos professores Júlio Cruz, Cesar Dorfman e Sérgio Marques pelo estímulo inicial e aos professores do NORIE, Ângela Masuero, Beatriz Fedrizzi, Carin Schmitt, Carlos Formoso, Denise Dal Molin e João Campagnolo.

Agradeço a Sra. Adelina Zilli/Divisão de Cadastro Florestal da SEMA/RS, Eng. Flor. José Lauro de Quadros/AGEFLOR, Sra. Regina e Eng. Quím. Mauro Moura/FEPAM, Sr. Edemir Zatti e Moacir Bueno/SINDIMADEIRA, Eng. Flor. Paulo de Ataídes/DPA-SEMA, Econ. José Enoir Loss/FEE, Sr. Idorli Zatti e Eugen Stumpp/Madezatti, Sr. Umberto Pergher/Fibraplac, Eng. Quím. Paulo Alves/Duratex, Sr. Brandalise/Decorwood, Eng. Flor. Jorge Farias/AFUBRA, Eng. Flor. Paulo Tarso Ribeiro/Satipel e a todos os proprietários e trabalhadores de serrarias pela paciência, troca de idéias e ensinamentos proporcionados, fundamentais à elaboração deste trabalho.

Agradeço aos colegas (NORIE-UFRGS) Rafael, Adriana, Alexandre, Ana Paula, Conceição, Camilo, Daniel, Daiana, Diana, Dóris, Geilma, Guerreiro, Henrique, Juliana, Leandro, Luciana, Morello, Marco e Constance, pela riqueza no convívio. Ao Luiz Carlos, Marlise e Lucília do NORIE e a Rita, Carmem e Liliane do PPGEC. Aos amigos Vitor e Ana Paula, Eduardo e Krebs.

A Clarice e ao Franz (que brincou muito com as amostras de material), juntamente com meu pai (in memoriam) que me ensinou a plantar Eucalipto, aos quais dedico este trabalho.

Agradeço à UFRGS pela excelência no ensino e ao CNPQ pelo apoio financeiro concedido durante o mestrado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 QUESTÕES DE PESQUISA	19
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	20
1.3.1 Objetivo geral	20
1.3.2 Objetivos específicos	20
1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA	21
1.4.1 Etapas da pesquisa	22
1.4.2 Delimitações da pesquisa	23
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	25
2 A UTILIZAÇÃO DA MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	28
2.1 A MADEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS E SEU USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	30
2.2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA MADEIRA SERRADA	33
2.2.1 Plantio florestal (manejo silvicultural).....	37
2.2.2 Colheita e transporte	41
2.2.3 Desdobro	44
2.2.3.1 Sistema de dedobro em função dos anéis de crescimento e raios lenhosos: corte tangencial e corte radial	46
2.2.3.2 Sistema de desdobro em relação ao eixo longitudinal da tora: paralelo ao eixo longitudinal e paralelo à casca	48
2.2.3.3 Sistema de desdobro segundo à seqüência ou continuidade de cortes	49
2.2.4 Secagem	50
2.2.5 Beneficiamento	56
2.2.6 Tratamento/preservação	57
2.3 A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE PINUS	
2.4 A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO	64
3. GERAÇÃO DE RESÍDUOS E SOBRAS DO PROCESSAMENTO DE MADEIRA EM SERRARIAS	68

3.1	PROBLEMAS E OPORTUNIDADES DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS PELAS SERRARIAS	71
3.2	PRINCIPAIS DEFEITOS DA MADEIRA E SUAS POSSÍVEIS CAUSAS	73
3.3	POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DAS SOBRAS E RESÍDUOS DE SERRARIAS.....	75
3.4	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS E SOBRAS EM FUNÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO EM PRODUTOS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA	78
3.4.1	Chapas ou painéis de madeira reconstituída (painéis derivados de madeira).....	81
3.4.1.1	Identificação dos principais painéis ou chapas de madeira reconstituída produzidos no Brasil	85
3.4.1.2	Painéis e peças de madeira sólida (<i>PMVA</i> – produtos de maior valor agregado).....	95
3.4.1.3	Identificação dos principais painéis ou peças de madeira sólida	96
4	A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA NO RIO GRANDE DO SUL	99
4.1	A ATUAL INDÚSTRIA DE BASE FLORESTAL NO RIO GRANDE DO SUL	102
4.2	O SETOR SERRARIAS NA CADEIA PRODUTIVA DA MADEIRA SERRADA NO RIO GRANDE DO SUL	106
5	ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO RIO GRANDE DO SUL	108
5.1	SERRARIAS E PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO RIO GRANDE DO SUL	118
5.1.1	Serrarias de madeira de Pinus	118
5.1.2	Serrarias de madeira de Eucalipto	120
5.1.3	Principais problemas do setor serrarias do Rio Grande do Sul	122
5.1.4	Geração de resíduos e sobras nas serrarias do Rio Grande do Sul	124
5.1.4.1	Identificação dos resíduos e sobras de madeira em serrarias	130
5.2	INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA NO RIO GRANDE DO SUL.....	136
5.2.1	Resíduos e sobras de serrarias – emprego em produtos de madeira reconstituída.....	127
5.2.2	Geração de resíduos nas serrarias do Rio Grande do Sul: oportunidades para a utilização em produtos de madeira reconstituída.....	145
6	CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSIÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	150
6.1	CONCLUSÕES	150

6.1.1 Conclusões relacionadas à matéria-prima madeireira.....	151
6.1.2 Conclusões relacionadas à caracterização do setor serrarias.....	151
6.1.3 Conclusões relacionadas ao processo de produção.....	152
6.1.4 Conclusões relacionadas ao produto.....	152
6.1.5 Conclusões relacionadas à geração de resíduos.....	153
6.1.6 Conclusões relacionadas ao aproveitamento de resíduos.....	154
6.1.7 Conclusões relacionadas às perspectivas para o setor.....	154
6.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	155
6.3 PROPOSIÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	156
REFERÊNCIAS	157
APÊNDICE A – DADOS INFORMATIVOS DO CADASTRO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL (1997) E DO INVENTÁRIO FLORESTAL ESTADUAL (2002) – FLORESTAS PLANTADAS E PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA.....	164
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS JUNTO ÀS SERRARIAS E INDÚSTRIAS DE CHAPAS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA	167

LISTA DE SIGLAS

ABIMCI.....	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
ABIPA.....	Associação Brasileira da Indústria de Painéis
ABPM.....	Associação Brasileira de Preservadores de Madeira
ABRACAVE.....	Associação Brasileira dos Produtores de Carvão Vegetal
ABRACELPA.....	Associação Brasileira dos Produtores de Celulose e Papel
AGEFLOR.....	Associação Gaúcha de Empresas Florestais
ANTAC.....	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
CCA.....	Arseniato de Cobre Cromatado
CCB.....	Borato de Cobre Cromatado
CREA-RS.....	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Rio Grande do Sul
DCF/SEMA.....	Divisão de Cadastro Florestal da Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
DEFAP/SEMA	Departamento de Florestas e Áreas Protegidas da Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
DGfH.....	<i>Deutsche Gesellschaft fuer Holzforschung e. V.</i>
EGH.....	<i>Entwicklungsgemeinschaft Holzbau</i>
FAO.....	<i>Forest and Agriculture Organization</i>
FEE.....	Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser
FEPAM.....	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
FSC.....	<i>Forest Stewardship Council A. C.</i>
IBAMA.....	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBRAMEM.....	Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas Metálicas
IPT.....	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
LVL.....	Laminated Veneer Lumber
MDF.....	Medium Density Fiberboard
MDL.....	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MLC.....	Madeira Laminada Colada

MOVERGS.....	Associação das Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul
NORIE.....	Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação
OSB.....	Oriented Strand Board
OSL.....	Oriented Strand Lumber
PMVA.....	Produto de Maior Valor Agregado
PSL.....	Parallel Strand Lumber
SAA/RS.....	Secretaria da Agricultura e Abastecimento
SBEF.....	Sociedade Brasileira de Engenharia Florestal
SBS.....	Sociedade Brasileira de Silvicultura
SEMA.....	Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
SINDIMADEIRA.....	Sindicato da Indústria de Serrarias, Carpintarias, Madeiras, Compensados e Laminados, Aglomerados e Chapas de Fibras de Madeira de Caxias do Sul/RS
SRI/FEPAM.....	Serviço de Resíduos Industriais da Fundação Estadual de Proteção Ambiental
UFPr.....	Universidade Federal do Paraná
UFRGS.....	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC.....	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar.....	Universidade Federal de São Carlos
UFSM.....	Universidade Federal de Santa Maria
UFU.....	Universidade Federal de Uberlândia
UNESP/FEB.....	Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Engenharia de Bauru

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: fluxograma das etapas de pesquisa	23
Figura 2: área de florestas plantadas (Eucalipto e Pinus) no Rio Grande do Sul.....	24
Figura 3: distribuição da área florestas plantadas (Eucalipto e Pinus) do Rio Grande do Sul.....	25
Figura 4: plantio florestal de <i>Pinus taeda</i> com manejo silvicultural	38
Figura 5: colheita florestal de madeira de <i>Eucalyptus saligna</i>	41
Figura 6: esquemas das técnicas de anelamento	44
Figura 7: esquema de corte das toras de madeira em pranchas paralelas (tangencial)	47
Figura 8: esquema de corte das toras de madeira em cortes radiais	47
Figura 9: cortes alternados de madeira de Eucalipto	49
Figura 10: secagem natural de madeira de <i>Pinus elliotii</i>	53
Figura 11: distorção de várias regiões do tronco após a secagem de uma tora	56
Figura 12: seqüência de cortes em toras de <i>Pinus spp.</i> realizados com serra fita simples	63
Figura 13: método de desdobro de <i>Eucalyptus spp.</i> com retirada de 4 costaneiras	66
Figura 14: resíduos provenientes do processamento de uma tora para produzir tábuas	69
Figura 15: fluxograma do sistema produtivo típico de uma serraria tradicional.....	69
Figura 16: fluxograma do sistema produtivo ideal para uma serraria	70
Figura 17: deposição inadequada de resíduos de serrarias.....	72
Figura 18: ciclo de produção e consumo da madeira serrada com defeito	74
Figura 19: principais defeitos da madeira e suas possíveis causas	75
Figura 20: produtos de madeira reconstituída – esquema representativo	80
Figura 21: comparação dos custos de produção entre compensado de coníferas, <i>waferboard</i> e <i>OSB</i> .	84
Figura 22: principais painéis/chapas compostos de madeira produzidos no Brasil - aplicações	86
Figura 23: serraria de médio porte de madeira de Pinus com um bom grau de organização	119
Figura 24: costaneiras e refilos de serraria de madeira de Pinus para a queima na indústria cerâmica	132
Figura 25: volume de serragem e pó de serra de serraria de madeira de Pinus	133
Figura 26: barreiras para o aproveitamento dos resíduos e sobras de serrarias	135

Figura 27: armazenagem e transporte de cavacos picados em serraria de madeira de Pinus	138
Figura 28: principais destinos dos resíduos de serrarias	140
Figura 29: possibilidades de utilização de resíduos de serrarias na produção de painéis ou chapas de madeira reconstituída	141
Figura 30: principais exigências (requisitos) para a oferta e utilização dos resíduos das serrarias pelas indústrias de painéis, chapas e <i>PMVA</i> no Rio Grande do Sul	142
Figura 31: localização geográfica das indústrias produtoras de painéis ou chapas de madeira industrializada no Rio Grande do Sul	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: comparativo do consumo energético dos principais materias de construção	29
Tabela 2: maiores consumidores de madeira tropical	31
Tabela 3: demanda de madeira em toras no Brasil.....	34
Tabela 4: capacidade produtiva das principais espécies utilizadas nos plantios florestais.....	36
Tabela 5: resistência/durabilidade natural e permeabilidade de algumas espécies de madeiras de reflorestamento dos gêneros <i>Pinus spp.</i> e <i>Eucalyptus spp.</i>	58
Tabela 6: composição quantitativa dos ingredientes ativos nos preservantes <i>CCA</i> e <i>CCB</i>	60
Tabela 7: consumo de toras de <i>Pinus</i> no Brasil – 2001.....	62
Tabela 8: consumo de energia no processo de produção de painéis ou chapas em comparação com outros materiais de construção.....	79
Tabela 9: cronologia da produção de painéis de madeira.....	83
Tabela 10: áreas de plantios florestais no estado do Rio Grande do Sul.....	101
Tabela 11: industrialização de produtos de base florestal e derivados no Rio Grande do Sul.....	103
Tabela 12: indústria de transformação no estado do Rio Grande do Sul.....	104
Tabela 13: empreendimentos cadastrados relacionados à madeira serrada no Rio Grande do Sul.....	107
Tabela 14: gênero florestal da matéria-prima das serrarias.....	109
Tabela 15: número de serrarias e capacidade instalada.....	109
Tabela 16: volume de toras processadas e número de serrarias.....	110
Tabela 17: origem da matéria-prima.....	111
Tabela 18: espécies de madeira processadas nas serrarias.....	112
Tabela 19: equipamentos para o processamento da madeira e grau de tecnologia nas serrarias.....	113
Tabela 20: principais mercados consumidores para a madeira serrada nas serrarias.....	114
Tabela 21: características, comprimento e diâmetro, e qualidade das toras processadas nas serrarias.....	115
Tabela 22: secagem e tratamento químico contra agentes degradadores da madeira nas serrarias.....	115
Tabela 23: principais produtos serrados das serrarias e número de serrarias com certificações.....	116
Tabela 24: aproveitamento (destino) dado aos resíduos pelas serrarias.....	125
Tabela 25: distribuição da geração de resíduos sólidos industriais Classe II no Rio Grande do Sul...	128

Tabela 26: resíduos e sobras com menor aproveitamento pelas serrarias.....	130
Tabela 27: principais equipamentos para o tratamento e armazenagem dos resíduos nas serrarias.....	134
Tabela 28: indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída.....	136
Tabela 29: resíduos e sobras com menor aproveitamento pelas serrarias.....	137
Tabela 30: principais destinos dos resíduos (sobras, restos, refugos) das serrarias.....	141
Tabela 31: emprego de resíduos e sobras nas indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída.....	143
Tabela 32: problemas para o emprego de resíduos e sobras nas indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída.....	144
Tabela 33: emprego de resíduos e sobras nas indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída.....	146
Tabela 34: influências no emprego de resíduos e sobras nas indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída.....	148

RESUMO

FAGUNDES, H. A. V. Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A perda de material, na forma de sobras ou resíduos, no processamento das toras de madeira, além de ser uma variável muito importante para o gerenciamento da produção é responsável por uma parcela significativa dos impactos ambientais causados pela produção de madeira serrada. A quantificação e a identificação dos resíduos do processamento (desdobro) da madeira são componentes fundamentais para o estudo de suas possibilidades de aproveitamento como insumo de outros produtos.

Tradicionalmente o aproveitamento dos resíduos ou sobras pelas serrarias tem sido utilizados em caldeiras para geração de vapor para a secagem da madeira processada e para produzir energia elétrica. Mas os resíduos e sobras, que são uma fonte de matéria-prima madeireira, também podem ser empregados para a produção de outros produtos, tais como: chapas e painéis.

O presente trabalho consistiu de uma pesquisa realizada em serrarias das três principais regiões produtoras de madeira serrada do Rio Grande do Sul, as quais processam madeira de espécies de *Eucalyptus spp.* e *Pinus spp.* A pesquisa visou obter informações a respeito do processo produtivo de madeira serrada de florestas plantadas por serrarias e sua conseqüente geração de resíduos e sobras.

Os resultados obtidos, além de estabelecerem um diagnóstico da produção de madeira serrada de florestas plantadas e da conseqüente geração de resíduos e sobras pelas serrarias no Rio Grande do Sul, revelam aspectos referentes ao atual destino e o aproveitamento potencial dos resíduos e sobras, neste caso para a produção de painéis ou chapas de madeira reconstituída.

Esta pesquisa e a análise dos dados coletados trazem, ainda, contribuições para o estabelecimento de formas e programas de redução na geração, qualificação e utilização de resíduos e sobras, como mecanismo de redução dos impactos ambientais negativos, através da substituição do processo da queima ou dispensa indevida na natureza, dando ênfase na sustentabilidade ambiental e econômica no uso do insumo madeira. O aproveitamento de sobras e resíduos serve, ainda, para agregar valor à madeira e para o emprego em produtos com base na madeira consumidos por setores industriais importantes, tal como a construção civil.

Palavras-chave: madeira serrada, serrarias, processamento da madeira, resíduos e sobras, aproveitamento ou reciclagem, painéis e chapas

ABSTRACT

FAGUNDES, H. A. V. Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The loss of material, whether as waste or residue, in the wood logs processing, is not only a very important variable for the management impact caused by the production of sawn wood. The quantification process are fundamental components for the study of their possibilities of utilization as basic resources for other products.

Traditionally, the utilization of residue or waste by sawmills has been used in steam generation boilers for the wood drying and for producing electric energy. However, the residues and the waste, which are a source of wood raw material, can also be used in the production of other products, such as plates and boards.

The present study consisted of a research realized in sawmills of the three main sawn wood producing areas in Rio Grande do Sul, which process wood of the *Eucalyptus spp.* and *Pinus spp.* species. The research aimed to obtain information about the productive process of the sawn wood of forests planted by sawmills and its consequent generation of residues and waste.

The results obtained, not only established a diagnostics of the sawn wood of planted forests production and its consequent generation of residues and waste by the sawmills in Rio Grande do Sul, but also reveal aspects referent to the current to the current destination and the potential utilization of the residues and waste, in this case for the production of plates and wood based boards.

This research and collected data analysis also bring contributions for the establishment of reduction ways and programs in generation, qualification and utilization of residues and waste as a mechanism to reduce the negative environmental impacts, through the substitution of the process of burning or improper dumping in nature, emphasizing the environmental and economics sustainable in the use of wood basic resources. The utilization of residues and waste is also good for aggregating value to wood and for the use in products based on wood consumed by important industrial segments, such as civil construction.

Key words: sawn wood, sawmills, wood processing, residues and waste, recycling, plates and wood boards

1 INTRODUÇÃO

As características da madeira permitiram que ela fosse utilizada, ao longo da história humana, por vários povos na construção de seus abrigos e de suas moradias. Todavia, seu emprego passou por processos nem sempre lineares de evolução tecnológica (BENEVENTE, 1995). Decorrente do avanço das técnicas de emprego da madeira, ela tornou-se uma matéria-prima versátil capaz de ser base para um grande número de produtos, tais como: celulose, papel, energia, taninos, resinas, açúcares, madeira serrada, madeira roliça e chapas de madeira reconstituída à base de fibras, partículas e lâminas.

Paralelamente a este processo de evolução, especialmente na construção civil, persistiram ao longo do tempo, por parte de muitos usuários, o desconhecimento das propriedades da madeira e a insistência em métodos de construção antiquados, implicando em um desempenho insatisfatório da madeira frente a outros materiais capazes de substituí-la. No entanto, nenhum destes materiais tem tão baixo impacto ambiental em seu uso na construção civil como a madeira. Ainda que muitos dediquem valor à madeira apenas por ser um material de baixo custo, atribuindo-lhe um caráter de uso temporário, ela é empregada na construção civil desde a instalação do canteiro de obras, na construção de andaimes, escoramento e de fôrmas para receber outros materiais, até usos de forma definitiva, como nas estruturas de cobertura, forros, pisos, esquadrias, paredes divisórias e como revestimento decorativo de ambientes.

Com o grande aumento populacional, o consumo de madeira aumentou de forma vertiginosa, causando um forte impacto nos estoques de madeiras nativas, principalmente das florestas tropicais. Hoje, tais recursos vêm se tornando escassos e indisponíveis para o suprimento da demanda (ROCHA, 2000). Diante desta necessidade reforçou-se aquela que é a característica maior da madeira: a de ser um material renovável. Surgiu então o interesse pela utilização de espécies de rápido crescimento, como fonte de matéria-prima para a obtenção de produtos sólidos da madeira. Os plantios florestais, inicialmente utilizados para suprir determinadas demandas de madeira, cada vez mais se configuram como a principal fonte de abastecimento de madeira para uso múltiplo na atualidade.

1.1 JUSTIFICATIVA

A construção civil, sendo um setor produtivo com um significativo impacto ambiental, tem que se preocupar não somente com o consumo de recursos para as edificações em si, mas também com sua contribuição em termos da emissão de poluentes, consumo de energia e na geração de poluição relacionada com o aquecimento global, chuvas ácidas e gases tóxicos, bem como no consumo de água e na produção de resíduos. Sob todos estes aspectos as florestas, que fornecem a madeira como material de construção, tem um balanço ambiental altamente positivo, além de contribuírem para o *seqüestro* de gás carbônico da atmosfera.

Recentemente, no *Protocolo de Quioto*, foram estabelecidos mecanismos de flexibilidade para atingir as metas de redução de emissão de poluentes, entre eles o chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (*MDL*). Os objetivos de *MDL* atingem tanto países desenvolvidos como os em desenvolvimento. Para os países como o Brasil, o *MDL* visa principalmente a promoção do desenvolvimento sustentável e o uso racional dos recursos naturais. Já para os países desenvolvidos, o foco é sobre a redução da poluição atmosférica e uso de fontes alternativas de energia. Tendo em conta que o CO_2 é um gás de circulação global, e, portanto, sua absorção independe da origem de sua fonte de emissão, as emissões produzidas por determinado país, região ou empresa podem ser teoricamente compensadas por outrem, independentemente da sua localização no globo. Essa compensação pode se dar de diversas formas, dentre as quais destacam-se as mudanças de matriz energética e o estímulo à fixação de carbono pela vegetação, especialmente através de plantações florestais ou reflorestamentos (SANQUETTA, 2002).

O desenvolvimento da tecnologia de produção de madeira de florestas plantadas ainda requer um esforço de vários ramos da pesquisa, com atenção a questões que variam desde a escolha de espécies mais adequadas, passando por técnicas de melhoramento genético, exploração adequada e tecnologia de processamento do desdobro e de secagem apropriados. Desta forma poderá se utilizar todo o potencial de madeiras como o Eucalipto, reduzindo as perdas ou sobras do processo de produção, podendo vir a atender a demanda de mercado por madeiras de qualidade e reduzindo as pressões sobre florestas nativas, principalmente a Amazônica.

O processamento industrial da madeira gera sobras e resíduos que precisam ser adequadamente gerenciados. Ainda que possam ser biologicamente degradados, a concentração destes resíduos em um determinado local, sua deposição ou queima podem causar impactos ambientais negativos. Estes restos do processamento da madeira poderão ser aproveitados como material produtor de energia, biologicamente degradados ou serem novamente incorporados no processo produtivo de outros produtos tais como celulose, painéis e chapas de madeira reconstituída.

Para cada resíduo existem muitas oportunidades de reciclagem tecnicamente viáveis. Considera-se importante desenvolver regras que permitam identificar de maneira simplificada diferentes opções

para reciclagem a partir, não de idéias pré-concebidas, mas do cruzamento das características objetivas dos resíduos com os requisitos das diferentes aplicações. Dentre as alternativas tecnicamente viáveis deverá ser selecionada para pesquisa e desenvolvimento a que, em uma análise prévia, apresentar maior potencial de mercado e minimizar o impacto ambiental. Neste estágio a decisão deverá ser tomada a partir de uma análise mais qualitativa do que quantitativa (JOHN, 2000).

A reciclagem de resíduos oriundos do processamento da madeira pelas serrarias se adequa aos conceitos de desenvolvimento sustentável. Por isto é importante propor seu aproveitamento em outros produtos madeiráveis, que incorporem estes resíduos em sua produção, sejam economicamente viáveis, ambientalmente corretos e mercadologicamente competitivos. A incorporação de resíduos em produtos a base de madeira são uma realidade em indústrias do chamado *Primeiro Mundo*. Ao invés de serem tratados como subprodutos ou descartados, os resíduos tornam-se aptos para aumentar o aproveitamento das toras e prolongar o armazenamento do CO_2 incorporado na madeira, ou seja, manter o *carbono aprisionado* na madeira por mais tempo.

A escolha do tema de estudo, definido como o aproveitamento dos resíduos de serrarias de madeira de florestas plantadas no estado do Rio Grande do Sul, está fundamentada em três razões básicas:

- a madeira é um material de construção de utilização ampla, que permite diminuir os impactos ambientais tanto do setor da construção civil (material leve e que não gera resíduos poluentes perigosos), como de outros setores industriais responsáveis por uma parcela significativa da degradação ambiental;
- a madeira é uma matéria-prima renovável, que tem baixo consumo energético na sua produção e que, através do manejo silvicultural correto da floresta plantada, poderá adquirir todas as qualidades de excelência, que confirmam sua aptidão para utilização na construção civil;
- a madeira, como um material de uso múltiplo, poderá ser aproveitada em sua totalidade, incluindo nisto os resíduos gerados em seu processamento. Estudos apontam que os melhores índices de aproveitamento das toras de florestas plantadas que ingressam nas serrarias situam-se entre 35 e 55%, justificando a investigação a respeito das possibilidades de emprego destes resíduos e sobras em outros produtos ou processos bem como as potencialidades para a otimização do uso do recurso florestal como insumo madeireiro seja tema de pesquisa.

1.2 QUESTÕES DE PESQUISA

As questões da pesquisa, que motivaram o presente trabalho, referem-se fundamentalmente a quatro aspectos, quais sejam:

- a ausência de melhorias nos processos de plantio/manejo/corte, de desdobro (processamento/usinagem) e do processo de secagem, pode incrementar o volume de resíduos e sobras gerados pelas serrarias?
- a precária associação da cadeia produtiva da madeira de florestas plantadas com outras cadeias produtivas, especialmente aquelas que atendem a indústria da construção civil, pode impedir que os resíduos inerentes ao processo de industrialização e sobras de descarte possam ser tratados como produtos e, particularmente, como produtos madeiráveis?
- a redução na geração de sobras e resíduos em serrarias e o melhor aproveitamento destas, pode causar a diminuição do custo do insumo madeira (de florestas plantadas), ou mesmo, a manutenção destes em níveis competitivos, a elevação do padrão de qualidade do produto oferecido e o incremento do valor agregado do produto e dos resíduos?
- o baixo nível de conhecimento na tecnologia a ser empregada, equipamentos defasados ou inaptos para a produção de madeira serrada e o pouco conhecimento de novos produtos com base na madeira (chapas e painéis), podem tornar a madeira de florestas plantadas menos competitiva em relação a outros materiais utilizados na construção civil e, ao mesmo tempo, podem implicar na baixa sustentabilidade deste material, caracterizando-o por causar impactos ambientais negativos?

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 Objetivo geral

Elaborar um diagnóstico da produção de madeira serrada de florestas plantadas e da conseqüente geração de resíduos e sobras pelas serrarias no Rio Grande do Sul, envolvendo os aspectos referentes à matéria-prima, processamento, produtos produzidos, geração e aproveitamento resíduos.

1.3.2 Objetivos específicos

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- identificar a origem da matéria-prima madeireira (insumo florestal) para a produção de madeira serrada, considerando-a desde o plantio florestal;
- estabelecer um diagnóstico do setor de serrarias em função da capacidade instalada/volume processado (porte) e das espécies de madeira processada;
- identificar o emprego da matéria-prima madeireira para a produção de madeira serrada, considerando o processamento e suas técnicas e tecnologias empregadas;
- caracterizar a madeira serrada segundo a quantidade processada, a quantidade efetivamente aproveitada e a diferença entre estas quantidades consideradas como sobras, na forma de resíduos ou rejeitos, decorrentes do processamento das serrarias. Ao mesmo tempo caracterizar tais espécies conforme os critérios e exigências para o seu uso e da eficiência de processos;
- identificar os resíduos sobras gerados pelas serrarias de madeira de florestas plantadas, considerando o caso do estado do Rio Grande do Sul, para que se possam estabelecer formas e programas de qualificação e utilização das mesmas;
- identificar o aproveitamento das sobras do processamento da madeira a partir dos atuais parâmetros estabelecidos e das possibilidades associada à produção de chapas ou painéis, como possibilidade de substituição do processo da queima ou dispensa indevida na natureza, dando ênfase na sustentabilidade ambiental e econômica no uso do insumo madeira;
- identificar as potencialidades no que se refere a produção de madeira serrada e do aproveitamento de resíduos como fator de alavancagem e melhoria do setor.

1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa utilizada no trabalho estrutura-se da seguinte forma:

- revisão bibliográfica (primeira fase): análise de estudos e levantamentos sobre o processamento da madeira, do desdobro de madeira de florestas plantadas, com foco nas espécies plantadas no Rio Grande do Sul e que tenham como finalidade a produção de madeira serrada, especialmente para a construção civil;
- revisão bibliográfica (segunda fase): análise de estudos e referências sobre o uso de resíduos de madeira para produção de produtos compostos, sobre a utilização de biomassa para a produção de energia e compostagem de solos, e sobre o uso de sobras proveniente do descarte de peças com defeitos para o reaproveitamento em produtos de maior valor agregado. Estes

estudos foram baseados em informações sobre os gêneros *Eucalyptus spp.* e *Pinus spp.*, principais espécies florestais plantadas que são processadas nas serrarias do Rio Grande do Sul. Além disso, a revisão ocupou-se ainda dos temas da reciclagem e adequação ambiental;

- levantamento de dados, através de questionário semi-aberto, em serrarias de madeira de florestas plantadas, concomitantemente com os estudos da revisão bibliográfica. A amostra considerada foi proveniente de três pólos produtores de madeira no estado do Rio Grande do Sul. Este levantamento buscou fornecer dados sobre a madeira processada (origem, volume, procedência, espécies e destino final), o nível tecnológico empregado, o sistema de funcionamento das serrarias, a quantificação e destinação dada aos resíduos e sobras geradas pelo processamento da madeira serrada;
- definição das *serrarias-tipo* resultantes da análise dos dados do levantamento amostral das serrarias. A partir da definição das *serrarias-tipo*, consideradas em função de uma estratificação por volume e espécie de madeira processada nos três pólos produtores de madeira serrada de florestas plantadas no Rio Grande do Sul (regiões da serra, litoral e metropolina-sul), foram realizadas entrevistas, através de visitas. Esta segunda coleta de informações visou a confrontação com os dados obtidos anteriormente através dos questionários, preenchimento de eventuais lacunas e trazer uma maior precisão a respeito da identificação dos resíduos gerados pelas serrarias e suas alternativas de aproveitamento;
- análise das possibilidades teóricas de aproveitamento destas sobras em produtos madeiráveis que possam ser empregados na indústria da construção civil, a partir do referencial bibliográfico e após a identificação dos resíduos e sobras gerados pelas serrarias, enfocada nos seus principais problemas e vantagens;
- conclusão das etapas através da consolidação e apresentação dos resultados obtidos na pesquisa, tomando como referencial o contexto das serrarias e da indústria de produtos madeiráveis que fornecem insumos para a construção civil do Rio Grande do Sul.

1.4.1 Etapas da pesquisa

As etapas da pesquisa correspondem aos itens da metodologia empregada, descritas anteriormente, e estão referenciadas no fluxograma da figura 1, o qual estabelece a seqüência lógica da sua realização:



Figura 1 – Fluxograma das etapas de pesquisa

1.4.2 Delimitações da pesquisa

Para este estudo foram consideradas as serrarias registradas na Secretaria Estadual do Meio-ambiente do Rio Grande do Sul, nos três principais pólos de produção de madeira serrada de florestas plantadas do estado do Rio Grande do Sul. Estas serrarias estão relacionadas e alocadas por municípios no Cadastro Florestal do Estado. Os dados sobre a cadeia produtiva da madeira serrada do Rio Grande do Sul estão vinculados àquelas empresas organizadas formalmente no Órgão regulamentador estadual excetuando-se, portanto, o mercado informal existente.

Segundo os dados do Inventário Florestal Estadual a região (considerada a partir de seus municípios) que compõe estes três pólos de produção de madeira de florestas plantadas, representada pelo lado direito do mapa da figura 2, possui 64,16% da superfície total destinada às florestas plantadas no estado do Rio Grande do Sul. Esta região contém cerca de 73% da área total plantada em Pinus e 50,5% da área total plantada com Eucalipto no Estado, conforme apresentado na figura 3 (SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2002). Pode-se afirmar que, nesta área de cerca de 1/3 da superfície territorial do estado do Rio Grande do Sul estão plantados cerca de 2/3 das suas florestas de Pinus e Eucalipto.

Para efeitos de esclarecimento, as três regiões, mostrada na figura 3, são identificadas como: a Região da Serra, que tem a influência de plantações destinadas ao *Pólo Moveleiro* de Bento Gonçalves, Flores da Cunha e Lagoa Vermelha, da *Companhia Cambará* (celulose), da Petropar-agroflorestal,

das indústrias de compensados de Caxias do Sul e Canela; a Região Metropolitana e Sul do estado, com a influência das plantações da *Companhia Riocell* (celulose), da empresa *Satipel* (aglomerados), das reservas florestais das companhias de energia elétrica *CEEE* e *AES-Sul* e, mais recentemente, de plantações das empresas de laminados *Boise-Cascade* e *Pinvest*; e a região do Litoral, que tem as influências de plantações das empresas *Flosul*, *Habitasul*, *Trevo*, *Flopal* e *Madem*. Não foram consideradas neste estudo, as áreas florestais da empresa *Fibraplac* (em implantação) e da empresa *Duratex* (com atividades suspensas no Rio Grande do Sul desde novembro de 2002).

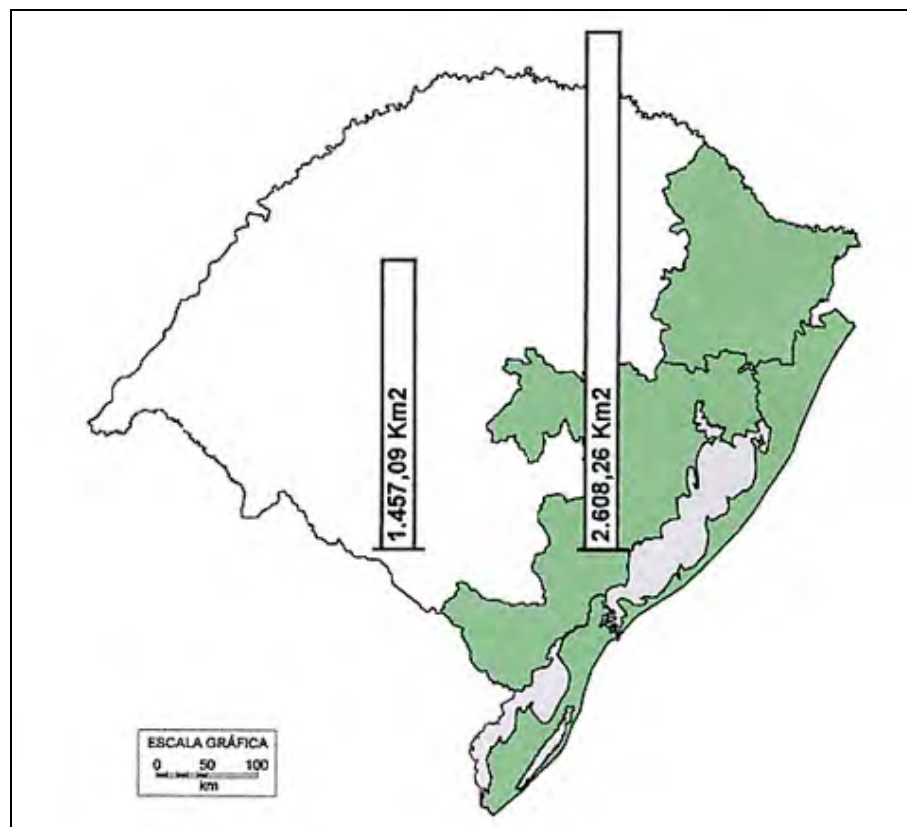


Figura 2 – Área de florestas plantadas (Eucalipto e Pinus) no Rio Grande do Sul (superfície em Km²)

Os gêneros de madeira provenientes de florestas plantadas consideradas neste estudo foram o *Pinus* e o *Eucalyptus*. No gênero *Pinus*, popularmente conhecido como pinheiro americano, são encontradas as seguintes espécies comercialmente plantadas no estado: *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. No gênero *Eucalyptus*, as espécies mais utilizadas são a *grandis*, a *saligna*, a *citriodora*, a *viminialis*, a *botryoides*, a *robusta*, a *paniculata*, a *tereticornis*, a *dunnii*, a *camaldulensis* e a *alba*, as quais se destacam na produção de madeira serrada, e que tem potenciais para uso na indústria da construção civil com possibilidade da substituição de madeira das florestas nativas.

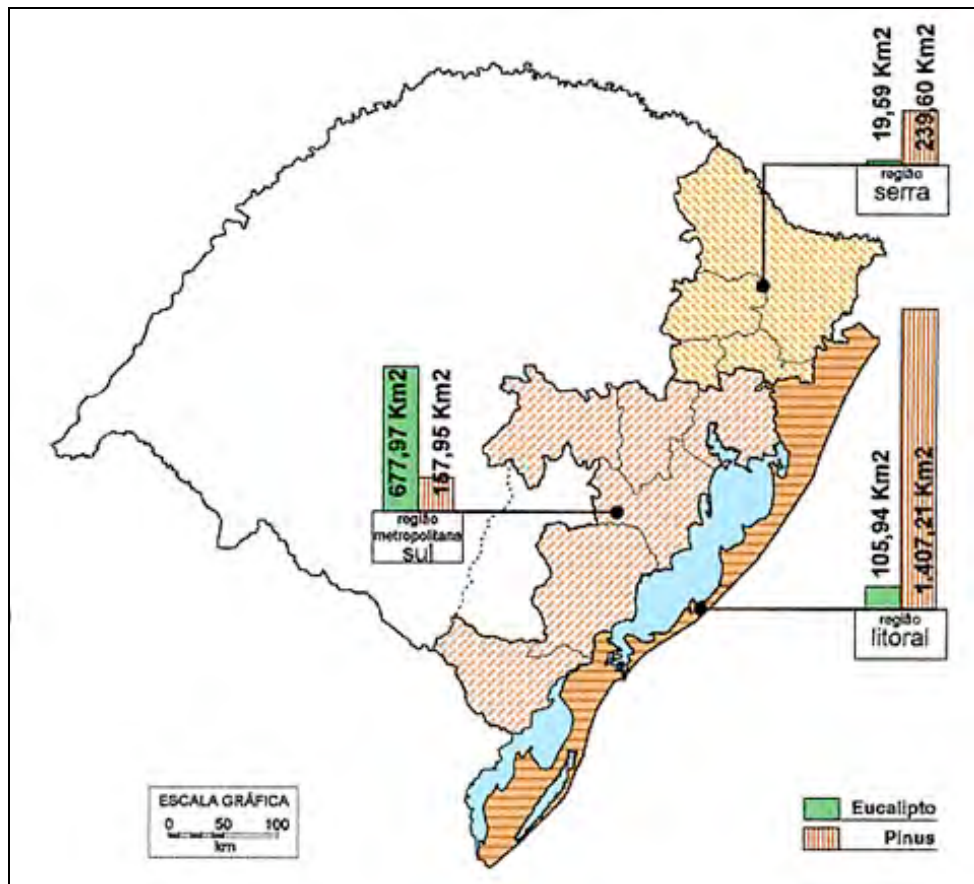


Figura 3 – Distribuição da área florestas plantadas (Eucalipto e Pinus) em três regiões do Rio Grande do Sul (superfície em Km²)

A figura 3 mostra ainda, uma área cujo contorno aparece pontilhado no referido mapa, junto à Região Sul do Estado. Apesar de este ser um novo e importante pólo madeireiro, em franca expansão, não foi considerada neste estudo, pois o estado do Rio Grande do Sul, através da empresa *CGTEE* (Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica), mantém um programa de aproveitamento dos resíduos florestais, agrícolas e de serrarias daquela região para a geração de energia. Os resíduos florestais e madeireiros desta região poderão ainda ser aproveitados também para geração de energia para o pólo cerâmico da região da cidade de Bagé, pólo este em fase de implantação.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A abordagem do tema da pesquisa tem a exposição do conteúdo estruturada em seis capítulos, assim descritos:

O **Capítulo 1** contém as considerações iniciais para o entendimento do tema da pesquisa (introdução, justificativa), as hipóteses, os objetivos e método de pesquisa utilizado para o estudo de caso a respeito da produção da madeira serrada de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. Etapas e delimitações da pesquisa fazem parte do método para diagnosticar a produção de madeira serrada, geração de resíduos e sobras e possibilidades de aproveitamento.

O **Capítulo 2** apresenta a madeira como material de construção e discute o uso mais recente da madeira oriunda de florestas plantadas. Traz ainda os critérios de produção de madeira serrada de espécies de florestas plantadas, principal forma de consumo da madeira pela construção civil, e todas as etapas desta cadeia, que envolve desde o plantio da floresta até o produto final pronto para consumo. Esta abordagem leva em consideração a obtenção de madeira serrada da melhor qualidade através de técnicas, métodos e processos, bem como da possibilidade da redução das sobras, em função do melhor aproveitamento das toras de madeira, e também da redução dos resíduos. Apresenta ainda a produção de madeira serrada dos dois principais gêneros de madeira de florestas plantadas no Brasil, o *Eucalyptus* e o *Pinus*.

O **Capítulo 3** aborda a questão da geração de sobras e resíduos no processamento de madeira de florestas plantadas. Também são descritos os principais produtos madeiráveis, ou melhor, produtos de madeira reconstituída e os chamados produtos *engenheirados* em função das possibilidades do melhor aproveitamento das toras de madeira. Ao mesmo tempo coloca-se como um aspecto paralelo as possibilidades da incorporação de sobras e resíduos, observando-se os diferentes processos de produção tanto de painéis derivados de madeira (madeira reconstituída) como dos chamados produtos de maior valor agregado (também denominados de produtos de madeira *engenheirados*).

O **Capítulo 4** consiste no estudo de caso tratando da produção florestal do Rio Grande do Sul em relação à produção de madeira serrada dos dois principais gêneros de madeira de florestas plantadas para esta finalidade, o *Pinus* e o *Eucalyptus*.

No **Capítulo 5** é apresentado o sistema de funcionamento do setor de serrarias, conforme os dados coletados, e os fatores que afetam tanto a produção de madeira serrada como a geração de resíduos e sobras. A identificação destas sobras e resíduos é feita através de uma associação com o porte da serraria, o qual traz determinadas características que acabam por demarcar uma estratificação relacionando volume processado e tecnologia e competitividade embutidas na produção de madeira serrada dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. São apresentadas, ainda, questões sobre o aumento do rendimento através de mecanismos que visem a redução das perdas e a produção de madeira de melhor qualidade. O enfoque é o de se identificar as potencialidades de aproveitamento das sobras e resíduos em produtos de madeira reconstituída tanto em função do parque industrial existente no estado do Rio Grande do Sul, seus problemas e oportunidades, e do próprio aproveitamento pelas

serrarias objetivando a produção de produto de maior valor agregado, uma madeira que possa vir a se qualificar para usos mais “nobres” dentro da indústria da construção civil, capaz de tornar-se apta a substituir sua dependência por espécies nativas.

No *Capítulo 6* são apresentadas as conclusões, considerações finais e proposições para estudos futuros, suas implicações nos agentes envolvidos com a produção de madeira serrada (geração e o aproveitamento de sobras e resíduos), no contexto do estado do Rio Grande do Sul.

2 A UTILIZAÇÃO DA MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

O Brasil é um país onde prevalecem, na sua grande maioria, as edificações construídas em alvenaria. Isto se deve, entre outros fatores, à colonização portuguesa que trouxe para o país a técnica de edificar com tijolos (CÉSAR et al., 2002). O Rio Grande do Sul, em que pese a colonização portuguesa e espanhola, teve também a contribuição de imigrantes alemães e italianos, que empregaram largamente a madeira como material de construção. É comum ainda se encontrar, nas regiões marcadas pela presença destes imigrantes, edificações em madeira, largamente utilizada à época uma vez que outros materiais como o tijolo e cimento eram de difícil obtenção, tinham um custo elevado ou até mesmo um “desenvolvimento” ainda incipiente.

Todavia, a escolha de materiais de construção adequados, é de fundamental importância para a sustentabilidade de todo o sistema pois, segundo o CIB (1998) apud YUBA et al. (2001), estima-se que a construção consuma cerca de 40% do total de energia, seja responsável por 30% das emissões de CO_2 e gere aproximadamente 40% de todos os resíduos produzidos pelo homem. Sob este aspecto a madeira apresenta, comparativamente, muitas vantagens.

Um outro aspecto que distingue a madeira dos demais materiais é a sua renovabilidade, consubstanciada na possibilidade crescente de viabilização técnico-econômica da produção sustentada de florestas nativas (manejo florestal) e nas modernas técnicas silviculturais empregadas nos plantios florestais, as quais permitem alterar a qualidade da matéria-prima de acordo com o uso final desejado.

Do ponto de vista de consumo de energia, a madeira, conforme a tabela 1, apresenta um balanço positivo em relação a outros materiais de construção (ZENID, 2001). A madeira, como um material renovável e de baixo consumo energético não sofre as limitações de outros materiais, cuja disponibilidade é determinada por sua extração ou produção, que são balizadas por jazidas finitas ou pela existência de recursos energéticos para sua obtenção. Sob o ponto de vista de seu emprego como um material de construção, ela traz a vantagem de ser bastante mais simples de produzir que o concreto ou o aço. Consequentemente, as demandas de investimentos industriais e de controle de poluentes são muito menos onerosas e a qualificação da mão-de-obra a ser empregada é muito menos exigente.

Como um material de construção, sob o ponto de vista de uso estrutural, a madeira pesa apenas 1/3 do concreto e 1/8 do aço. É inevitável portanto, que as madeiras sejam consideradas como a solução natural para certas estruturas de grandes vãos, nas quais a maior parte dos esforços decorrem do peso próprio. De forma análoga, o reduzido peso específico da madeira permite o emprego de estruturas pré-fabricadas em condições inimagináveis para o concreto ou o aço (FUSCO, 1989).

Tabela 1 – Comparativo do consumo energético dos principais materiais de construção (Fonte: LNEC - Lisboa /Portugal - Laboratório Nacional de Engenharia Civil apud STEINER, 2001)

para produzir 1 tonelada	consumo equivalente de carvão
- alumínio	4.200,00 KgEC
- plástico	1.800,00 KgEC
- aço	1.000,00 KgEC
- cimento	260,00 KgEC
- bloco de concreto	26,00 KgEC
- concreto simples	26,00 KgEC
- madeira	0,80 KgEC

A madeira é um material muito usado em construções, apresentando uma série de vantagens em relação a outros materiais tais como: o plástico, o cimento e o metal. Estas vantagens se devem ao fato da madeira possuir, em geral, maior resistência mecânica em relação ao seu peso, facilidade de usinagem, bom isolamento térmico, versatilidade na utilização, podendo ser serrada, laminada, cortada em partículas, desfeita em fibras, além de ser um bem renovável (HUNT & GARRAT, 1967 apud FREITAS et al., 1998).

Usando a madeira para construção economiza-se a quantidade de energia em duas etapas: uma na formação da matéria-prima que se faz através da absorção de energia solar (fotossíntese) e a outra em relação ao consumo de energia, para o processamento e montagem da construção, pela possibilidade de aproveitamento de seus resíduos como energia calorífica (WINTER, 1998 apud BARBOSA & INO, 2001).

As formas de emprego das madeiras na construção civil são variadas. Podem ser classificadas, em um sentido mais amplo, como maciças ou industrializadas. Em uma classificação mais apurada podem ser classificadas em: troncos, roliça aparelhada, serrada, laminada e colada e reconstituída. PFEIL (1994), classifica a madeira empregada na construção civil, como:

- bruta ou roliça, empregada na forma de troncos, servindo para estacas, escoramentos, postes, colunas, etc.;
- falquejada, que tem as faces laterais aparadas a machado, formando seções maciças, quadradas ou retangulares, sendo utilizada em estacas, cortinas cravadas, pontes, etc.;
- serrada, como o produto estrutural de madeira mais comumente conhecido. O tronco é cortado nas serrarias, em dimensões padronizadas para o comércio, passando depois por um período de secagem;

- laminada e colada, que é o produto estrutural de madeira mais importante nos países industrializados. A madeira selecionada é colada por pressão, formando grandes vigas, em geral de seção retangular;
- compensada, formada pela colagem de lâminas finas, com as direções das fibras alternadamente ortogonais, de ampla utilização em painéis de fechamento.

Em relação à viabilidade econômico-fiscal, quanto mais industrializada for a madeira para produção de algum bem de consumo, mais valor agrega ao produto, tanto para a Empresa como também para o Estado. Quanto à viabilidade social, observa-se que a cadeia de beneficiamento da madeira para produção de um determinado produto (floresta – serraria – componentes – móveis) gera 25 empregos para cada 1000 m³, enquanto que na floresta apenas 5 empregos são gerados (BATTISTELLA, 1996 apud CÉSAR et al., 2002).

A construção civil brasileira ainda tem muito que se desenvolver em relação à padronização de componentes para construções mais rápidas, baratas de executar e com menores desperdícios de materiais e de tempo. Esta situação de baixo desempenho construtivo é muito freqüente nos canteiros de obra ainda nos dias atuais, verificando-se inclusive em edificações feitas em madeira. Através da padronização, pode-se inclusive facilitar outras melhorias do uso do material, melhorar a interação com a mão-de-obra e de toda a cadeia produtiva (CÉSAR et al., 2002).

Segundo CANTARELI (2003), o uso da madeira para fins permanentes na construção civil, considerando uma unidade de 50 m² de alvenaria é, em média, 3,8 m³ de madeira, dos quais 3,4 m³ são de madeira serrada e 0,4 m³ em painéis para usos não definitivos. Isso corresponde a cerca de 10 árvores por unidade de 50 m². A construção civil utiliza, ainda, madeira para usos não permanentes, como: escoras, tábuas para andaimes, formas, tapumes, etc. A construção civil tem uma demanda em potencial, possivelmente muito maior que o setor de móveis.

2.1 A MADEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS E SEU USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com a provável escassez das madeiras de lei (madeiras duras, apropriadas à construção civil, que têm os atributos de durabilidade e resistência) provenientes da Mata Atlântica e Floresta Amazônica, pela expansão das fronteiras agrícolas, exploração predatória e inexistência de um plano de manejo sustentado, vem-se abrindo um amplo mercado para utilização de madeiras de reflorestamento, como aquelas de plantios de Pinus e Eucalipto (SILVA et al., 1997 apud MENDES et al., 1998). Corroboram com esta afirmação MENDES & ALBUQUERQUE (2000), dizendo que o cenário atual do setor florestal brasileiro demonstra os reflexos da exploração predatória das florestas naturais,

causada principalmente, pela expansão da fronteira agropecuária, pelas atividades de mineração, e pela produção de carvão vegetal a partir do cerrado, notadamente, em Minas Gerais e estados do Centro-Oeste. A falta de uma política de monitoramento da exploração, via manejo sustentado, também contribuiu para agravar a situação.

O atendimento da demanda do mercado por madeira serrada para ser utilizada na construção civil, nas regiões Sul e Sudeste, dada a exaustão das florestas nativas destas regiões, tem como principal fonte de abastecimento as florestas naturais remanescentes localizadas nas regiões Centro-Oeste e Norte do País. No entanto, a obtenção de matéria-prima oriunda dessas regiões está cada vez mais difícil considerando os elevados custos de transporte e das recomendações de exploração com manejo florestal. Uma importante fonte alternativa disponível são as madeiras advindas de florestas cultivadas, localizadas nas próprias regiões Sul e Sudeste (CALIL JÚNIOR, 2002).

Apenas os estados das regiões Sudeste e Sul consumiam no ano de 1999, conforme mostra a tabela 2, um volume equivalente a 54 % da madeira extraída na Amazônia, o que leva a crer que o Brasil, mesmo sendo um país com pouca tradição de edificações em madeira, consome um significativo volume de madeira. Por outro lado SZÜCS (1995) apud CÉSAR et al. (2002), afirma que são as regiões Sudeste e Sul do Brasil aquelas que mais têm desenvolvido tecnologia a respeito do uso da madeira na construção, em especial a Sudeste, cujo parque industrial madeireiro é bastante significativo, voltado ao uso da madeira de reflorestamento.

Tabela 2 – Maiores consumidores de madeira tropical - em % (Fonte: AMIGOS DA TERRA/IMAFLORA/IMAZON, 1999 apud DURLO et al., 2000)

principais consumidores de madeira tropical extraída no Mundo		principais consumidores de madeira extraída na Amazônia	
Brasil	23,0	São Paulo	20,1
Japão	19,0	Minas Gerais	9,4
União Européia	8,0	Paraná	9,0
China	5,0	Rio de Janeiro	6,5
Taiwan	4,0	Santa Catarina	5,4
		Rio Grande do Sul	4,3
		Países estrangeiros	14,4

A utilização de madeira de florestas plantadas, especialmente as espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, vem tomando uma importância crescente, mesmo que ainda persistam questões relacionadas a aceitação destas espécies pelo mercado consumidor nacional. A falta de conhecimento das propriedades destas espécies, especialmente no que se refere às propriedades físicas e mecânicas ou relacionadas ao comportamento à secagem, são barreiras que ainda precisam ser superadas para que a madeira de florestas plantadas tenha sua utilização promovida tanto no mercado interno quanto para a

exportação. Aspectos que tem sido negligenciados, como aqueles relacionados à usinagem, trazem problemas tanto para a expansão como para o melhor uso desta madeira

Segundo MOTA-SILVA (2001), a utilização de espécies oriundas de florestas plantadas, como por exemplo o Eucalipto, sofre restrições para o uso denominado como mais nobre na construção civil, tais como: estruturas aparentes, forros, pisos, fechamentos e esquadrias ou mesmo na indústria moveleira e de decoração. Esta opinião resulta de experiências realizadas em péssimas condições, fruto da escolha inadequada da espécie, ausência de tratamentos silviculturais especiais, utilização precoce da madeira e condições precárias de corte, secagem e usinagem. Se, ao contrário, alguns cuidados forem tomados, pode-se chegar a uma vasta gama de aplicações, desde as mais exigentes até as mais modestas, com vantagens sobre muitas das madeiras obtidas de matas nativas e que têm sido historicamente consideradas adequadas.

Signatários de programas de qualificação, como o *Qualimadeira* em São Paulo, garantem produtos extraídos, distribuídos e comercializados com rigorosa observância das normas técnicas, assegurando uniformidade no que diz respeito a bitolas, processo de secagem, qualidade do produto, estocagem, etc. Garante-se, desta forma, a satisfação plena de todos os atores do processo de comercialização da madeira, inclusive aquele que é o principal, o consumidor final (SAAB, 2001).

Um fator que contribui para a baixa qualidade da madeira disponível para a grande maioria da população é o fato de que o mercado consumidor ainda é pouco exigente em relação aos produtos disponibilizados pela indústria nacional da construção civil. Mesmo com a existência de muitos produtos novos e concorrentes (como o aço, o alumínio e o *PVC*) a madeira tem conservado seu espaço. Nos países industrializados este uso tem sido ainda mais valorizado em virtude de suas propriedades e características, tais como beleza, grande resistência mecânica em relação ao peso, facilidade de uso, baixa condutibilidade térmica, conforto visual e tátil, dentre outros que a distinguem como material único.

O emprego da madeira serrada de *Pinus* e de Eucalipto na construção de estruturas, uma vez demonstrada sua viabilidade técnico-econômica, deverá se constituir em importante alternativa, considerando a economicidade dos custos de implantação, exploração e a possibilidade de manejo sustentados destas florestas, mantendo equilibrada a capacidade de oferta que, aliada à proximidade dos grandes centros consumidores, conduz a um custo final mais acessível. A plena utilização dos referidos gêneros de madeira contribui adicionalmente para promover uma desejada diminuição da pressão sobre as florestas nativas brasileiras (PINHEIRO & LAHR, 1998).

Uma vantagem adicional da utilização de madeira de reflorestamento em comparação com madeiras nativas reside na contribuição que as florestas plantadas podem trazer para o controle do efeito estufa

causado pela queima de combustíveis fósseis. Levando-se em conta a composição química média da madeira (50% celulose, 25% lignina e 25% hemicelulose), cada tonelada de madeira representa a retirada (por absorção) de 1,8 toneladas de gás carbônico da atmosfera (pelo chamado efeito *carbono aprisionado*) e a reposição de 1,3 toneladas de oxigênio (consumo de gás carbônico e liberação de oxigênio). Considerando-se, por exemplo, que um automóvel de tamanho médio pode rodar cerca de dez quilômetros com um litro de gasolina, produzindo 300 gramas de gás carbônico a cada quilômetro rodado, se percorrer 15.000 quilômetros por ano, irá lançar ao ar 4,5 toneladas desse poluente por ano. Para neutralizar esse efeito poluidor bastariam 0,2 hectares de um plantio de Eucalipto com uma produtividade em torno de 35 metros cúbicos por hectare/ano, para compensar esta produção de *CO2* (FREITAS & NETO, 1993).

Esta vantagem da madeira de florestas plantadas vem ao encontro dos problemas atuais de um crescente consumo de energia, especialmente de fontes não renováveis e de implicações ambientais negativas, e as possibilidades de um colapso de seu abastecimento. Isto implica nas decisões do modo de produção na construção civil que devem considerar a energia embutida e o peso que a mesma representa para o meio ambiente. A este respeito VOLZ (1998) apud BARBOSA & INO (2001), afirma que o *Código Alemão*, que ressalta a importância de arquitetos e engenheiros considerarem diversos fatores que afetam o consumo de energia pelas edificações, classifica a madeira como um dos materiais de construção que atende positivamente o aspecto do uso de energia.

2.2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA MADEIRA SERRADA

O processamento da madeira no Brasil está relacionado diretamente com as espécies florestais utilizadas associados aos produtos produzidos. Para tanto, este processamento pode ser dividido em três grandes grupos de empresas, quais sejam: aquelas que se ocupam com as madeiras nativas da região Norte do Brasil; aquelas que processam a madeira de Pinus, localizadas em sua maioria no Sul do Brasil e aquelas que tem na madeira de Eucalipto a matéria-prima, estas localizadas principalmente no Sudeste do Brasil. Os produtos florestais dos grupos, listados na tabela 3, estão assim relacionados:

- o primeiro grupo está voltado para a extração de madeiras nativas nobres do Norte do Brasil, utilizada para serrados, manufaturados e painéis tipo compensado laminado. Estes produtos são voltados para o mercado externo e para o abastecimento da indústria da construção civil no Sul e Sudeste. Caracteriza-se, ainda por não possuir atividade de reflorestamento e, apesar de sua localização na Região Norte, as serrarias que processam esta madeira são originárias

das regiões sul e sudeste do país ou estão associadas a unidades beneficiadoras localizadas nesta região;

- o segundo grupo se ocupa com a transformação da madeira do gênero *Pinus* em produtos serrados, compensados e painéis de madeira aglomerada. Estes produtos são utilizados principalmente pela indústria de móveis e internamente ou em usos menos nobres pela indústria da construção civil. Soma-se a estes produtos, mas em menor quantidade, a produção de celulose de fibra longa;
- um terceiro grupo cuja matéria prima principal é o Eucalipto. A madeira do gênero *Eucalyptus* é a matéria-prima principal das indústrias de celulose e papel, para a fabricação de painéis tipo chapa dura, de carvão vegetal, de postes para rede de energia elétrica e telefônica e, em menor percentual, de painéis aglomerados, madeira para indústria de embalagens e moveleira. A utilização na construção civil ainda é incipiente, mas de maneira crescente, visando a substituição das chamadas madeiras mais nobres.

O crescimento em importância do setor florestal e a posterior exaustão das florestas de pinheiro-brasileiro acabaram por catalisar o desenvolvimento de técnicas e processos de utilização da madeira. Hoje, no entanto, uma exigência se impõe: a revisão nos rumos do ensino e das pesquisas na área, de modo a atender as novas e crescentes demandas da indústria. Atualmente cerca de 70% da madeira consumida pela indústria brasileira, conforme a tabela 3, é proveniente de reflorestamentos, o que representa uma alteração substancial em relação aos anos 60, quando praticamente toda a matéria-prima era proveniente de florestas nativas. A madeira de florestas nativas utilizada na indústria é praticamente toda originária da região amazônica (TOMASELLI, 2000).

Tabela 3 – Demanda de madeira em toras no Brasil - milhões m³ cc em 2000 (Fonte: Klabin, ABIMCI, ABRACAVE, BRACELPA apud NETO, 2002)

produtos	Pinus	Eucalipto	tropical/ nativas	total
celulose	10,2	30,4	---	40,6
exportação: cavacos e <i>pulplog</i>	0,4	0,4	---	0,8
madeira serrada	16,9	1,4	32,4	50,8
compensado, lâminas	2,4	0,5	2,6	5,6
painéis ou chapas:				
<i>MDF</i>	1,1	---	---	---
chapa dura	---	2,0	---	2,0
aglomerado	2,1	0,5	---	2,6
carvão vegetal (1998)	---	25,2	18,3	43,5
total	33,2	60,5	53,4	147

A utilização de madeiras de rápido crescimento traz um aspecto ecológico positivo, pois reduz a pressão sobre as florestas nativas, uma vez que as madeiras de rápido crescimento proporcionam ciclos de corte em períodos de tempo bem menores, além de produzir madeira com características homogêneas, o que aumenta o rendimento durante o processamento (MENDES & ALBUQUERQUE, 2000).

Para a indústria de madeira sólida, os reflorestamentos de Pinus são a mais importante fonte de matéria-prima. A madeira de Eucalipto, por sua vez, vem ganhando espaço, com volumes substanciais sendo usados em painéis reconstituídos. Na indústria de serrados e laminados, o gênero *Eucalyptus* está apenas iniciando a sua penetração (TOMASELLI, 2000). De acordo com PONCE (1993), a indústria madeireira, por necessitar de investimentos relativamente baixos, por gerar muitos empregos diretos e indiretos, e por requerer tecnologia relativamente simples, tem grande vocação para o desenvolvimento no país.

Segundo a FAO (1987), o consumo anual “*per capita*” de madeira serrada em 1987 era, nos Estados Unidos de 0,54 metros cúbicos, no Canadá 0,69, na Suécia 0,49, no Japão 0,29 e no Brasil 0,14 metros cúbicos. É importante notar que o Japão consome, por habitante, mais que o dobro do Brasil, mesmo que necessite importar cerca de 55% de suas necessidades de toras para serraria. A este respeito, PONCE (1993) afirma que o consumo de madeira serrada no Brasil, conforme os dados comparativos, pode ser considerado baixo. Várias podem ser as causas para tal situação: falta de tradição no uso da madeira, baixo poder aquisitivo de grande parte da população, etc. Verifica-se contudo que, contrariamente a outros países, o consumidor brasileiro tem dificuldade em encontrar certos tipos de peças, adequadas, por exemplo, para construção. Muitas vezes o consumidor é obrigado a beneficiar a própria madeira em virtude de não haver no mercado madeira já beneficiada. Isso torna o uso da madeira muito difícil e oneroso, prejudicando o consumo.

O futuro da indústria de produtos serrados de madeira está no uso crescente das madeiras de florestas plantadas e, nesse caso, a antiga vantagem comparativa representada pelas florestas naturais se torna cada vez mais ineficaz, num mundo extremamente preocupado com as questões ambientais. O Brasil possui um potencial muito grande para elevar a sua competitividade em relação a outros países, por ter uma oferta bastante elástica de madeira de reflorestamento, principalmente Pinus e Eucalipto, levando-se em conta as excepcionais condições de clima e solo que permitem um crescimento muito mais rápido destas espécies do que nos países europeus. Nesse sentido, segundo SILVA & OLIVEIRA (2001), o Brasil desfruta de uma importante fonte de competitividade, representada pelo baixo custo da sua madeira de reflorestamento, mas que não é utilizada em seu potencial pleno, uma vez que, atualmente, a maior parte de suas florestas plantadas é manejada, visando exclusivamente à produção de madeira para celulose, energia ou outras aplicações determinadas. É possível notar que

algumas empresas, no entanto, já estão se adequando a essas novas tendências, procurando viabilizar o uso múltiplo dos reflorestamentos e a fabricação de produtos intermediários destinados à indústria moveleira e à construção civil.

FREITAS & NETO (1993), afirmam que as nossas espécies de florestas plantadas, *Pinus* e especialmente o Eucalipto, podem produzir toras em ciclos bastante curtos (ainda que não destinados para a produção de madeira serrada), o que traz grandes vantagens em relação aos países de clima temperado, acrescido de um custo de mão de obra relativamente baixo permitindo investimentos em manejo silvicultural das árvores destinadas às serrarias. Estes fatos colocam o Brasil, e outros países em desenvolvimento, em uma posição privilegiada para vir a abastecer o mercado externo de madeira serrada de alta qualidade e de alto valor (tabela 4). A este respeito TOMASELLI (2000), diz que a indústria de base florestal encontra-se atualmente entre os setores mais importantes da economia nacional, com uma contribuição entre 3 e 4% do *PIB* e de 8% nas exportações nacionais.

Dado o crescente consumo da matéria prima florestal oriunda dos projetos de reflorestamento incentivados e o baixo volume de novos plantios, uma alternativa, segundo FREITAS & NETO (1993), para atender a crescente demanda de madeira serrada para uso geral incapaz de ser suprida pelos atuais plantios do gênero *Pinus* no Brasil, numa já prevista exaustão destes florestas plantadas, deverá ocorrer pela utilização de espécies do gênero *Eucalyptus* de menor densidade e de rápido crescimento, como por exemplo *E. grandis*, *E. pilulares* e *E. urophylla*, a exemplo da África do Sul. Estas espécies de mais rápido crescimento que o *Pinus* contam com um ponto favorável: uma tecnologia de geração de mudas que tem sido amplamente desenvolvida pelas empresas que já as utilizam, tanto para a produção de celulose como para chapas de fibra.

Tabela 4 – Capacidade produtiva das principais espécies utilizadas nos plantios florestais (Fonte: adaptado de SILVA, 2001)

país	espécie	produtividade m ³ /ha/ano	rotação anos
Brasil	Eucalipto (clones)	60	7(*) / 14 / 21
Brasil	Eucalipto	30	7(*)/ 14 / 21
Brasil	<i>Pinus taeda</i>	25	20
Chile	<i>Pinus radiata</i>	25	20
África do Sul	<i>Pinus patula</i>	19	30
Estados Unidos	<i>Pinus taeda</i>	12	20
Escandinávia	<i>Picea abies</i>	5	60
Suécia	Coníferas	3	60

(*) madeira para a produção de celulose e painéis ou chapas

A tecnologia florestal brasileira tem se desenvolvido significativamente nos últimos anos com ótimos resultados na produtividade e na qualidade, principalmente da celulose e produção de chapas de madeira reconstituída. Segundo PONCE (1993), esse avanço não tem sido utilizado pela indústria madeireira. Quase nada tem sido feito, por exemplo, no melhoramento genético, no desenvolvimento de clones adequados para a produção de madeira serrada. O desenvolvimento da indústria madeireira com base em florestas plantadas tem um grande potencial, contudo esse potencial poderá tornar-se realidade através de um trabalho conjunto do pessoal da área florestal e da área industrial, sem o que os resultados permanecerão limitados. A indústria madeireira ainda tem grandes oportunidades para se desenvolver neste país. Necessita absorver a tecnologia florestal desenvolvida pelos setores de celulose, painéis derivados de madeira e carvão siderúrgico, e adaptá-la para a produção de toras adequadas para madeira serrada. Junto à produção florestal deve-se então planejar as serrarias, utilizando técnicas disponíveis para as toras produzidas. A produtividade florestal alcançada no Brasil, se bem aproveitada, poderá dar uma tranqüila vantagem comparativa para a indústria madeireira.

O processamento da madeira (desdobro) é ainda realizado de maneira empírica em grande parte das serrarias, com resultados inadequados e ineficientes. Isto afeta diretamente a utilização racional deste recurso e limita seu desenvolvimento e competitividade ante outros materiais (GONÇALVES et al., 1998). A produção de madeira serrada de espécies de florestas plantadas envolve uma série de etapas que a definirão como produto final para os diferentes usos. Esta madeira, tanto de Pinus como de Eucalipto, além das características que lhe são inerentes, está relacionada a técnicas, métodos e conhecimentos incorporadas ao longo de seu processo de produção.

2.2.1 Plantio florestal (manejo silvicultural)

Conforme SILVA (2001), de um modo geral, pode-se melhorar, modificar, controlar e minimizar os fatores que afetam a qualidade da madeira por meio de tratamentos silviculturais e, principalmente, do melhoramento genético. Cabe ressaltar, por exemplo, os tratamentos silviculturais mais empregados na cultura de Eucalipto, no Brasil, com o intuito de alterar a qualidade da madeira: espaçamento, fertilização, controle de pragas e plantas invasoras, desbastes e podas ou desramas.

O plantio florestal diz respeito ao local para plantações, qualidade do solo que poderá influenciar os níveis de produtividade das árvores e, portanto, a produção de madeira. Relaciona-se também às sementes (material genético e as mudas utilizadas), ao espaçamento entre as árvores, proteção contra o ataque da formiga e do fogo, regime de desbaste (quanto, quando e quais árvores retirar para se obter as melhores toras), regime de poda ou desrama (retirar galhos da copa da árvore para obtenção

de madeira livre de nós) e a integração com o processo de desbastes. Todas estas etapas relacionadas ao plantio podem ser denominadas de manejo silvicultural. Conforme AHRENS (2002), manejo florestal é o processo de tomar decisões acerca da composição, estrutura e localização de um recurso florestal, enquanto a silvicultura trata da teoria e da prática do estabelecimento, da composição e do crescimento de povoamentos florestais, com a finalidade de atender objetivos preestabelecidos pelo manejo. Esta etapa cumpre o ciclo do processo de produção madeireira com o corte final e seu correto transporte até a serraria (figura 4).

O melhoramento genético já atingiu excelentes resultados quando se trata do aumento da produtividade, fato comprovado pela utilização de madeira de florestas jovens. NAHUZ (2000) afirma que, atualmente, madeiras provenientes de plantações florestais já trazem uma carga significativa de desenvolvimento científico e tecnológico, na forma de melhoramento, classificação, velocidade de crescimento, resistência ao ataque de pragas, comprimento das fibras e teor de celulose, propriedades físico-mecânicas e a reduzida incidência de defeitos, entre outras, mas que ainda requerem aprimoramento continuado. Este aprimoramento deve poder garantir a uniformidade das densidades, cores e propriedades, e a redução e melhor distribuição das tensões de crescimento. Esse tipo de desenvolvimento será muito bem recebido, pois afeta diretamente o desempenho e o resultado das operações, especialmente se considerada a produção de madeira serrada.



Figura 4 – Plantio florestal de *Pinus taeda* com manejo silvicultural
(Fonte: do autor, São Francisco de Paula/RS)

Segundo ORTOLAN (2001), tanto o Pinus como o Eucalipto respondem muito bem ao manejo intensivo. Este manejo excede os quesitos de relação genética (determinantes da forma, teor de casca, densidade, cor, crescimento, etc.) passando a outros fatores que determinam a qualidade do produto florestal. Para o processo de industrialização da madeira caberá previamente definir as características

da árvore e as principais propriedades, tanto físicas como mecânicas, da madeira desta árvore. As principais características da árvore que provocam impacto direto na produtividade da unidade industrial são identificadas como:

- diâmetro;
- retidão;
- circularidade;
- ausência de nós;
- tensões internas de crescimento.

As principais propriedades físicas e mecânicas da madeira que provocam impacto na qualidade do produto final a ser produzido são identificadas como:

- resistência mecânica;
- massa específica aparente;
- estabilidade dimensional.

Uma vez definidas as características e as propriedades desejadas da madeira cabe equacionar os melhores processos tecnológicos a serem utilizados tanto para o corte (derrubada da árvore) como para o seu processamento, secagem e beneficiamento.

A maior parte das florestas está comprometida com a produção de madeira para os denominados “usos tradicionais” (celulose, papel, carvão vegetal, lenha e chapas de fibras). O destino de uma parcela maior destas florestas para outras aplicações madeireiras, especialmente para a indústria da construção civil, podem estimular a formação de plantios florestais para uso múltiplo.

Segundo SILVA (2001), para atender tais demandas, uma primeira etapa envolve uma seleção de espécies com programas de melhoramento para atender características de ordem silvicultural, como crescimento, forma do tronco, regeneração e resistência a pragas e doenças. Numa segunda etapa, tais programas são consolidados e complementados com o desenvolvimento de algumas propriedades da madeira, como densidade, dimensões de fibras, teores de casca e composição química. Ao se pensar na utilização da madeira para fins identificados como mais nobres, é necessária a incorporação dos procedimentos de ordem silvicultural já utilizados na formação de florestas tradicionais a outros programas complementares de manejo e condução da floresta, como desbaste e a poda dos ramos (desrama), além de avaliar outros aspectos da madeira, como os níveis de tensões de crescimento (especialmente o Eucalipto), a estabilidade dimensional, a coloração, a presença de madeira juvenil, a

relação cerne/alburno, a resistência mecânica, a trabalhabilidade e o seu comportamento em todas as fases do processamento primário (desdobro e secagem).

Nos tempos modernos, as florestas adquiriram um valor muito significativo. Desta forma a silvicultura passa a ser entendida como muito mais do que plantar mudas de árvores. É cuidar da floresta, manejando-a para garantir um produto (madeira, água pura, habitat de animais silvestres ou uma paisagem agradável) e interferindo na sua dinâmica natural sem agredir as leis que regem esta biocenose (SEITZ, 2000).

O manejo silvicultural não refere-se somente ao estabelecimento de grandes plantações florestais, em um caráter extensivo e uso intensivo dos recursos naturais, mas também de plantios na pequena propriedade rural, que é uma excelente possibilidade de se utilizar a terra, propiciando diversos benefícios diretos e indiretos. Entre eles estão a produção de madeira para uso na propriedade, criação de uma “*poupança verde*”, melhor aproveitamento da terra, proteção dos solos, mananciais e cursos de água, proteção das culturas agrícolas e do gado contra o vento, para a produção de madeira através do aumento da oferta regional de madeira diminuindo a pressão sobre as florestas naturais, bem como a otimização da mão-de-obra familiar ou contratada.

As decisões técnicas que envolvem o plantio são fundamentais para que o fator produtividade das florestas plantadas possa responder positivamente frente às dificuldades na sua implantação. Conforme MALINOVSKI & CAMARGO (2001), a não disponibilidade de áreas com solos de boas qualidades para o reflorestamento que sejam próximas aos grandes centros de consumo da madeira, a existência de solos marginais com vocação ao florestamento e reflorestamento, os custos de implantação, manejo, manutenção, colheita e transporte da madeira, aliados à necessidade da mecanização das operações, tornam imperativa a maior produção de madeira por unidade de área, através da melhoria de métodos de colheita e transporte, utilização intensiva dos produtos florestais e implantação de florestas mais produtivas, partindo-se de sementes ou propágulos geneticamente melhorados, associada à aração, à adubação e complementada pelo controle de pragas e doenças.

A madeira de melhor qualidade é aquela que apresenta menos defeitos, tanto aqueles considerados intrínsecos à madeira como aqueles resultantes do processo de produção e processamento da madeira. A escolha de material genético adequado, a adoção de técnicas corretas de silvicultura e manejo são fundamentais para a obtenção de uma boa matéria-prima madeireira (SILVA, 2001). Junta-se a isto a adoção de procedimentos corretos de corte, transporte, desdobro, secagem e usinagem da madeira, que podem torná-la uma matéria-prima muito próxima do ideal para a produção de serrados, tanto para a indústria moveleira, marcenaria ou construção civil. Conforme afirma LIESE (1986) apud TOMASELLI (2000), não é suficiente simplesmente plantar árvores da forma mais eficiente e de

crescimento mais rápido. Deve ser lembrado que melhorar a utilização dos recursos tem um impacto mais rápido e dramático no suprimento de madeiras e na sustentabilidade do recurso.

2.2.2 Colheita e transporte

A colheita e o transporte da madeira em florestas plantadas são consideradas como as principais atividades na definição do custo da matéria-prima para as fábricas transformadoras de produtos, e representam em média 60% a 70% dos custos da madeira colocada no pátio das empresas (MALINOVSKI & MALINOVSKI, 2002).

A colheita compreende as fases de corte da árvore, desgalhamento, destopo, toragem ou traçamento e, quando necessário, descascamento. A fase subsequente é a do transporte, que diz respeito à remoção da árvore da área de corte e o carregamento das toras até o caminhão do transporte principal, e deste até a indústria processadora.

Quanto maior o manejo silvicultural melhores serão as condições de colheita da floresta. Desta forma, aquelas árvores que não sofreram a desrama possuem um número excessivo de galhos, assim como a falta de desbaste ocasiona um número maior de árvores com defeitos como tortuosidade, bifurcação de tronco, dentre outros tantos defeitos, resultando não somente em toras de menor qualidade mas também dificultando o corte e a posterior remoção (figura 5).



Figura 5 – Colheita florestal de madeira de *Eucalyptus saligna*
(Fonte: do autor, Capivari do Sul/RS)

De acordo com MALINOVSKI & MALINOVSKI (2002), os sistemas de colheita florestal no Brasil estão em acordo com as condições locais, existindo uma combinação de atividades manuais e mecânicas dentro de cada sistema de colheita da madeira. Estas condições baseiam-se essencialmente no comprimento das toras a serem retiradas da floresta. Desta forma, pode-se dizer que o Brasil possui três sistemas de colheita no que se refere à matéria-prima florestal, quais sejam:

- sistemas de toras curtas – a realização de todos os trabalhos complementares ao corte são realizadas no próprio local onde a árvore foi derrubada. As toras produzidas têm uma variação de 1 a 6 metros, dependendo do índice de mecanização utilizado. Este sistema tem a vantagem de facilitar o deslocamento dentro da floresta e a baixa agressividade em relação ao solo. Como desvantagem o fato de galhos, folhas e tocos ficarem espalhados pelo talhão (área ou clareira de mato selecionada para o corte) dificultando o posterior carregamento;
- sistemas de toras longas ou fustes – o desgalhamento e o destopo da árvore são feitos no local do corte. As operações complementares de toragem (dimensionamento das toras) e o eventual descascamento são realizados a beira das estradas que circundam o talhão. Este sistema traz vantagens para terrenos acidentados mas carregam uma dependência de equipamentos mecânicos para transporte das toras em função do peso e dimensão da madeira. Por outro lado isto leva a uma alta eficiência mecânica dos equipamentos, gerando um menor custo por tonelada de madeira posto no pátio das empresas;
- sistemas de árvores inteiras – a utilização desta alternativa implica na remoção da árvore para fora do talhão, como operação subsequente ao corte. O processamento completo é feito em local previamente escolhido, trazendo a vantagem da concentração dos restos das árvores em um único local, facilitando o recolhimento para um futuro aproveitamento. Este sistema implica num elevado índice de mecanização, o que pode causar problemas de compactação do solo e outros danos ambientais.

A escolha do melhor sistema está na dependência de uma análise da relação custo/benefício, onde as principais fontes de análise, ponderadas de acordo com os objetivos e necessidades da empresa, são:

- condições climáticas;
- produtividade;
- eficiência;
- disponibilidade mecânica,
- custo por unidade volumétrica de madeira em atividades equivalentes;
- assistência técnica;

- disponibilidade de peças e manutenção;
- impacto ambiental;
- danos à floresta remanescente;
- treinamento e segurança, etc.

Por outro lado, à colheita de florestas de Eucalipto é merecido um destaque especial, especialmente aquelas que carecem de um manejo silvicultural mais apurado, no que concerne ao seu melhor aproveitamento como madeira serrada. Apesar de não serem exclusivos do gênero *Eucalyptus*, existem algumas características que a tornam diferente de outras madeiras. Estas características são a elevada retratibilidade, propensão ao colapso durante a secagem e, principalmente, à presença de tensões de crescimento.

SILVA (2001) apresenta algumas alternativas para minimizar os efeitos da liberação repentina, através do corte, das tensões de crescimento que se encontravam equilibradas na árvore em pé. Estas técnicas de atenuação das tensões são variadas, ainda que nenhuma delas seja inteiramente satisfatória. Estas técnicas se dividem em:

a) técnicas para atenuação das tensões utilizadas para a árvore em pé:

- técnica do anelamento da árvore em pé – faz-se um corte de 20 cm acima do corte de derrubada da árvore, ao redor de todo o tronco, a uma profundidade que pode variar de 1/3 até a metade do raio (figura 6a);
 - técnica do anelamento do alburno – retira-se, com facão ou machado, parte da casca e do lenho, ao redor de todo o tronco, numa faixa longitudinal de 20 cm, para impedir a circulação da seiva e provocar a morte da árvore. Esta operação deverá ser feita no inverno e com antecedência de 3 a 4 meses antes da derrubada da árvore (figura 6b);
- 2 uso de fitas metálicas, colocadas ao redor do tronco antes da derrubada.

b) técnicas para atenuação das tensões em toras:

- evitar que as árvores caiam sobre outras árvores ou sobre as toras, no momento da derrubada (a colisão e o forte impacto podem comprometer a integridade da madeira);
- utilizar comprimentos maiores e seccionar as toras apenas na hora do desdobro;
- reduzir ao máximo o tempo de permanência das toras no pátio, procurando compatibilizar a operação de derrubada com a operação de desdobro na serraria. Caso haja necessidade de armazenamento das toras, recomenda-se a imersão ou aspersão;

- utilizar impermeabilizantes nas extremidades da tora (parafina ou mistura de breu e parafina);
- utilizar conectores metálicos anti-rachaduras, tipo “gang-nail”, ou ganchos em forma de “S” ou “C”, aplicados imediatamente após a derrubada da árvore ou depois do seccionamento das toras;
- utilizar o aquecimento das toras. O aquecimento das toras em água a 93 °C pelo período de dois dias, conforme experiências realizadas, provoca um significativo desaparecimento das tensões. O efeito deste calor nas toras relaxa a estrutura da madeira, tornando-a mais plástica.

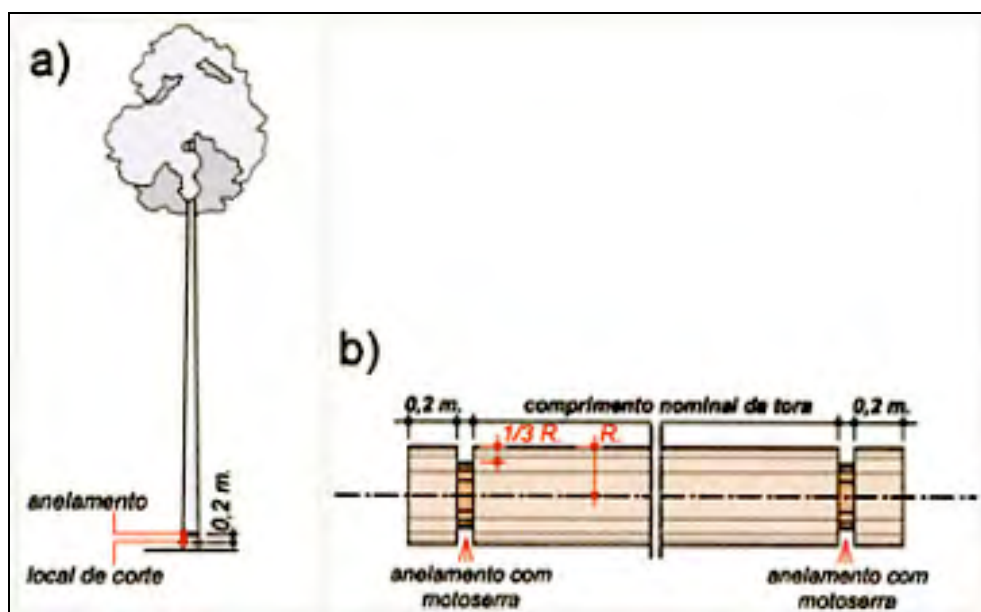


Figura 6 – Esquemas das técnicas de anelamento: a) técnica de anelamento da árvore em pé
b) técnica de anelamento de toras (Fonte: ROCHA, 2000)

Plantios mal planejados influem no custo da colheita e transporte, geram maiores problemas ambientais, perda de matéria-prima e exigem equipamentos mais pesados que, além de compactarem mais o solo, dependem de um maior consumo de combustíveis fósseis. Estes fatores causam um impacto negativo em relação ao custo do fator transporte que, em alguns casos pode ser superior ao preço da própria tora. BONIN et al. (2000) apud YUBA (2001), mostra, em um estudo realizado, que os custos de transporte da madeira podem chegar a 28% dos custos do produto final.

2.2.3 Desdobro

A etapa do desdobro refere-se ao processo de redução das toras inteiras, através do corte longitudinal, em partes menores que podem ser denominadas pranchas, tábuas ou peças de secção retangular ou quadrada (vigas, vigotas, caibros, sarrafos ou ripas). Este processo de redução é feito através de equipamentos de serra, fita ou circular, essas podendo ainda ser classificadas como: serras circulares simples, duplas ou múltiplas.

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, 2000).

Cada equipamento de desdobro apresenta um conjunto de características que o indicam para um certo tipo de madeira e certas características da tora. Cada equipamento possui características próprias de concepção que devem ser conhecidas e interferem na produção, produtividade e rendimento volumétrico (SILVA, 2001).

Uma boa ferramenta deve permitir um corte com velocidade certa, eficiência nos gumes de corte, encaixe da peça, geometria de corte, boa forma, enfim, um ajuste ideal para cada procedimento. (WEISSENSTEIN, 2001). A este respeito GONÇALVES (2001), afirma que, para saber o número de dentes adequados do disco ou lâmina de serra, deve-se considerar o tipo de trabalho, altura dos dentes, espécie de madeira e tipo de cavaco produzido, potência de corte necessária, velocidade de corte combinada com velocidade de avanço da tora.

Fazer a manutenção do equipamento de serra, bem como a afiação sempre que for percebida alteração na qualidade do corte, são também fundamentais para garantir rendimento e qualidade. 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 de uma interferência negativa (SILVA, 2001).

O método de desdobro é uma das variáveis de especial importância no rendimento em madeira serrada. Na prática vários fatores contribuem para a escolha do método de desdobro: tipo de serras, qualidade e as dimensões das toras, demanda do mercado, habilidade do operador/equipamento, capacidade do equipamento e mão-de-obra disponível. Segundo ROCHA (2000), os sistemas de desdobro são inúmeros e podem ser adaptados às mais variadas situações, podendo ser classificados

em função de determinadas características presentes na tora, tais como os anéis de crescimento e raios lenhosos, o eixo longitudinal da tora e segundo a seqüência ou continuidade de cortes.

2.2.3.1 Sistema de dedobro em função dos anéis de crescimento e raios lenhosos: corte tangencial e corte radial

a) corte tangencial:

O método conhecido como quadro cheio ou cortes paralelos (*live sawn*) é o mais utilizado no Brasil, principalmente nas serrarias de menor porte (figura 7). Nesta técnica, os cortes são feitos ao mesmo tempo e não há uma orientação em relação aos anéis de crescimento, proporcionando uma mistura de tábuas radiais e tangenciais. As toras são serradas numa mesma direção, em um conjunto de serras paralelas ou, mais comumente, utilizando-se uma repetição de passagens. Apesar da facilidade e da precisão, quando realizado com serras paralelas, este método pode ocasionar sérias perdas e grande parte da madeira não pode ser aproveitada. O método não oferece resistência às deformações naturais da madeira serrada durante a operação, possibilitando a manifestação imediata dos efeitos das tensões de crescimento (em especial do Eucalipto), que são as maiores causadoras do rachamento das toras e das pranchas, ocasionando perdas de rendimento e da qualidade da madeira (SILVA, 2001).

A técnica de dedobro tangencial apresenta tanto vantagens como desvantagens, quais sejam:

- aplicação em toras de qualquer diâmetro;
- simplicidade maior de realizar que o corte radial;
- rendimento de madeira serrada maior, tanto por hora/máquina como hora/homem;
- em madeiras com anéis de crescimento visíveis, se obtém uma maior porcentagem de peças com as superfícies apresentando desenhos parabólicos, angulares ou elípticos. Enquanto que no corte radial as superfícies apresentam-se com desenhos menos atrativos;
- os nós atravessam a peça obtida em sua espessura. Como consequência, apresentam-se nas superfícies com formas circulares ou ovais diminuindo a resistência mecânica da peça;
- contração menor em espessura para as peças com superfícies tangenciais;
- contração no sentido do comprimento é maior em superfícies tangenciais;
- em madeiras suscetíveis ao colapso, este apresenta-se em menor proporção em superfícies tangenciais;
- maior encaçamento para as peças com cortes tangenciais.

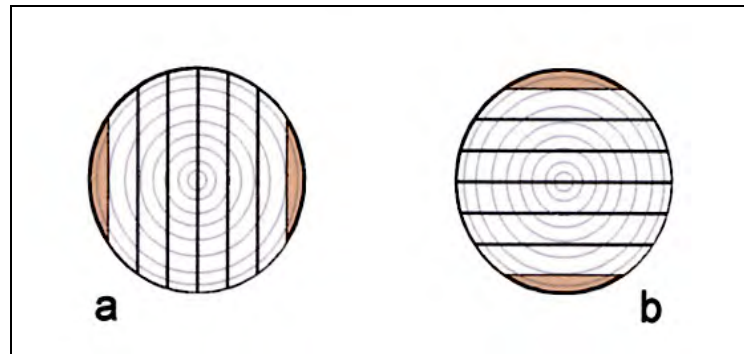


Figura 7 – Esquema de corte das toras de madeira em pranchas paralelas (tangencial): (a) serra de desdobro vertical e (b) serra de desdobro horizontal

b) corte radial:

SILVA (2001), afirma que os cortes radiais, (figura 8), objetivam à obtenção de tábuas com faces paralelas aos raios. Uma peça de madeira é considerada completamente radial quando os anéis de crescimento possuem um ângulo superior a 80° em relação à face da tábua. A técnica de cortes radiais apresenta vantagens e desvantagens, quais sejam:

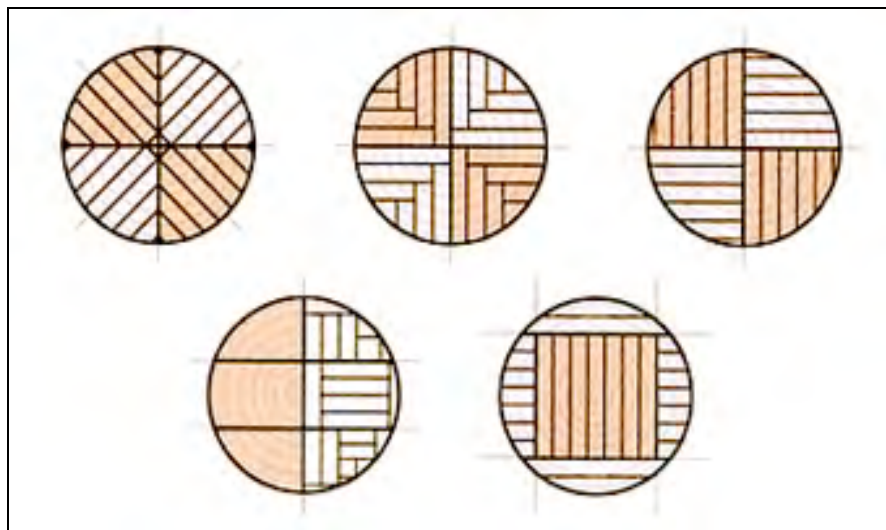


Figura 8 – Esquema de corte das toras de madeira em cortes radiais: diferentes esquemas de desdobro radial

- permite aproveitar as qualidades estéticas de madeiras que possuem raios lenhosos largos ou grã espiralada – melhor aparência da madeira (qualidade da superfície), por meio da disposição dos raios e da grã (posição das fibras em relação ao eixo longitudinal do tronco);

- peças com superfícies radiais sofrem maior contração em espessura e menor na largura;
- em espécies propensas ao colapso, este é mais freqüente e mais marcante em peças radiais – as tábuas radiais suscetíveis ao colapso, durante a secagem, são mais facilmente reconhecidas;
- em geral, peças radiais são mais estáveis durante a secagem – as tábuas radiais são menos suscetíveis ao encanoamento e ao fendilhamento;
- peças radiais não permitem a passagem de líquidos;
- menor contração no sentido da largura da tábua, ocasionando menor movimentação em serviço;
- as bolsas de quino, espécie de resina comumente encontradas em Eucalipto, apresentam-se como linhas finas, sendo aceitáveis quanto à aparência.

No entanto, a técnica de desdobro radial é muito pouco utilizada por ter um custo operacional maior e apresentar uma produção e rendimento em madeira serrada menor, comparando-se com outros métodos, devido à excessiva movimentação da tora. Além disso, esta técnica de cortes radiais que pode ser facilmente empregada em toras de grande diâmetro (toras com oriundas de árvores com maior idade), se torna pouco viável em toras de menores diâmetros, uma vez que a tora é convertida em quatro quadrantes. Devido às subdivisões necessárias para se obter peças com superfícies verdadeiramente radiais, é inviável sua aplicação em toras com diâmetros inferiores a 50 cm.

2.2.3.2 Sistema de desdobro em relação ao eixo longitudinal da tora: paralelo ao eixo longitudinal e paralelo à casca

a) corte paralelo ao eixo longitudinal da tora:

Toda tora apresenta uma certa conicidade. Quando se desdobra uma tora paralelamente ao seu eixo, esta diferença entre os diâmetros (ponta grossa e ponta fina), origina costaneiras em forma de cunha. No final do corte, a peça central apresenta faces paralelas contendo a medula e a madeira adjacente à mesma.

b) corte paralelo a casca:

Este tipo de desdobro é utilizado quando a madeira de melhor qualidade encontra-se logo abaixo da casca. Por esta razão são realizados os cortes paralelos à casca. Tem-se como resultado que após alguns cortes a peça adquire um formato de tronco piramidal, constituída de madeira de segunda qualidade. Ao se realizar cortes paralelos à casca, o serrador deve estar atento às outras faces da tora.

Isto evita que cortes numa face prejudiquem outras faces, que poderão conter madeira igual ou de melhor qualidade. Aplica-se, ainda, este tipo de corte também para toras atacadas por fungos e insetos e quando é importante a retirada do alburno da tora.

2.2.3.3 Sistema de desdobro segundo à seqüência ou continuidade de cortes

a) cortes sucessivos:

Sistema mais comum. Consiste na realização de cortes paralelos entre si. Pode ser denominado também como um corte em formato de sanduíche.

b) cortes simultâneos:

Realização de dois ou mais cortes de uma vez com a utilização de serras múltiplas. Recomendado para evitar ou diminuir manifestações de tensões de crescimento em espécies de rápido crescimento.

c) cortes alternados:

São cortes realizados em relação ao eixo longitudinal da tora. Depois de um ou mais cortes sucessivos ou simultâneos em uma metade da tora, esta é girada e segue-se um número igual de cortes na metade oposta. Pode substituir o sistema de cortes simultâneos, com o objetivo de diminuir a manifestação de tensões de crescimento (figura 9).



Figura 9 – Cortes alternados de madeira de Eucalipto (a) serra fita horizontal (b) serra fita vertical (Fonte: do autor, (a) Caxias do Sul/RS e (b) Viamão/RS)

Ainda hoje é freqüente a utilização de técnicas inadequadas para o desdobro de madeira reflorestada. Esta situação deve-se, principalmente, à baixa concorrência, à boa oferta de matéria-prima, à disponibilidade de mão-de-obra barata e à pouca exigência do mercado, entre outros fatores. Além disso, em função do elevado custo dos equipamentos e das instabilidades econômicas, na maioria das vezes, o serrador 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. Associada 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 da serraria. Tais sistemas podem estar presentes dentro da serraria desde o pátio de toras, passando pelos processos de desdobro e classificação, até o empacotamento e expedição dos produtos (ROCHA, 2000).

2.2.4 Secagem

A umidade é um fator de fundamental importância para o emprego da madeira, pois ela faz variar todas as demais propriedades, inclusive a resistência da madeira. Além disso, a umidade é a causa do desenvolvimento de fungos manchadores e apodrecedores e serve como elemento de atração para organismos que atacam e destroem a madeira. Desta forma, a secagem é uma fase fundamental para a obtenção de madeira de qualidade.

Toda a madeira serrada apresenta índices de umidade irregulares que podem causar danos à peça. Desta forma, a madeira precisa passar pelo processo de secagem, etapa que exige minuciosa atenção para evitar o surgimento de falhas. Entre os defeitos que a má secagem pode causar estão os vários tipos de empenamento (encanoamento, arqueamento, encurvamento e torcimento), o colapso, o endurecimento superficial, as rachaduras, as manchas e os defeitos de grã. Todos estes defeitos podem ser prevenidos e em determinados estágios são tratados, com sucesso. Os defeitos de secagem estão diretamente ligados ao mecanismo adotado para equilibrar a umidade. Por isso é fundamental ter um amplo conhecimento sobre os métodos usados (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2001).

A secagem correta é muito importante nos processos de transformação da madeira em produtos, pois proporciona melhoria nas características de trabalhabilidade e redução da movimentação dimensional e da possibilidade de ataque por fungos e insetos. Além disso, quando o processo é realizado em secadores e conduzido de maneira adequada, obtém-se considerável redução de tempo de secagem e maior controle sobre os defeitos. O processo de secagem artificial nas indústrias brasileiras ainda é

considerado uma fase complexa, pois requer investimento prévio e representa uma boa parte do custo operacional. Além disso, o percentual de perdas de madeira, gerada pela falta de informações sobre as espécies e secagens mal feitas, também é elevado (JANKOWSKY et al., 2002).

Chama-se teor de umidade da madeira à relação expressa em percentagem:

$$H = (P_n - P_o) / P_o \times 100$$

onde: P_n = peso da madeira na umidade que se quer determinar

P_o = peso da madeira seca em estufa

Conforme VERÇOSA (1975), o teor de umidade pode ser classificado da seguinte forma:

- madeira verde: com teor de umidade superior a 30%;
- madeira semi-seca: com teor de umidade entre 30 e 23%;
- madeira comercialmente seca: com teor de umidade entre 23 e 18%;
- madeira seca ao ar: com teor de umidade entre 18 e 13%;
- madeira dessecada: com teor de umidade entre 0 e 13%;
- madeira anidra: com teor de umidade de 0%.

A quantidade de água contida na madeira exerce grande influência nas suas características. A árvore, após ser abatida, tende a perder o elevado teor de umidade que possui. Esta perda ocorre de forma acelerada no início, devido à evaporação da água de capilaridade (água contida no interior dos lúmens das células na forma livre), em seguida evaporando a água de impregnação (contida nas paredes dos vasos, fibras e traqueídeos) (GONÇALVES, 2000). Toda árvore em crescimento contém grande quantidade de água, formando a solução comumente chamada de seiva, em quantidade que pode variar de 30 até 200%. Na árvore viva, o teor de umidade pode variar, dependendo da espécie e da posição da árvore, desde 35 até mais de 200%, alcançando em alguns casos 400%, como é o caso do Pau-de-balsa. O alborno, comumente aquela parte mais clara da madeira e localizada próxima à casca, apresenta um teor de umidade mais alto que o cerne, porém mais baixo do que o da medula; existe também, uma tendência da madeira localizada no topo e na base apresentarem um teor de umidade superior à parte mediana da árvore; em geral, o teor de umidade se apresenta inversamente correlacionado com a densidade. Em algumas espécies de Eucalipto, a variação de umidade pode alcançar desde valores muito elevados próximos da medula (80 a 160%) até valores entre 40 a 60% nas partes periféricas de um mesmo tronco (SILVA, 2001).

Segundo SILVA (2001), somente o desconhecimento das características da madeira pode justificar o uso da madeira verde, principalmente nos usos mais nobres, tais como móveis, esquadrias, assoalhos, instrumentos musicais, telhados, carrocerias de caminhão e inúmeros outros produtos nos quais a madeira deve ser usinada, colada, pregada, ou parafusada, receber acabamento superficial e manter estabilidade dimensional.

A secagem da madeira, além de agregar valor ao produto final, proporciona inúmeras vantagens e aumenta as opções de uso da madeira, possibilitando:

- substancial redução de peso, facilitando o manuseio e reduzindo os custos de transporte;
- aumento na resistência natural ao apodrecimento e ao ataque de insetos;
- melhorias de algumas propriedades mecânicas da madeira, como dureza, resistência a compressão e flexão;
- aumento da resistência das ligações pregadas, parafusadas e coladas;
- aumento da resistência elétrica da madeira, melhorando suas propriedades de isolamento térmico e acústico;
- melhoria da usinagem da madeira, principalmente torneamento, molduramento, furação e lixamento;
- reduzindo deformações, empenamentos, rachaduras e fendilhamentos da madeira (maior estabilidade dimensional);
- melhora das condições para acabamentos superficiais, como verniz, pintura e laca;
- adequação ao tratamento preservativo.

Conforme GOMIDE (1974) apud MENDES et al. (1998), a secagem é a fase mais importante, pois se por um lado agrega maior valor ao produto e proporciona vantagens na sua utilização, por outro, se não for conduzida de maneira adequada e controlada, pode causar a perda total do material. Para receber acabamentos superficiais como pintura e envernizamento, a madeira necessita estar seca, pois poucas tintas e vernizes aderem convenientemente à superfície úmida da madeira.

Basicamente existem dois tipos de secagem: a secagem ao ar livre ou secagem natural e a secagem forçada ou secagem artificial. Na secagem natural, deixam-se as peças ao ar livre, depois de desdobradas, em pilhas, com espaço para ventilação entre as peças e entre os montes. Isso deve ser feito em telheiros, ou ao ar livre com cobertura eficiente, conforme mostra a figura 10, para impedir que as chuvas retardem o processo. Deve durar até haver equilíbrio entre a umidade da madeira e a umidade do ambiente. Pode-se dizer que, em geral, e dependendo das condições climáticas, a umidade

do *Pinus* se reduz à metade em até 30 dias, atingindo um ponto ideal em quatro meses, ficando então o teor de umidade em 15% do peso seco da madeira.

O processo de secagem ao ar livre depende de fatores ambientais que não são totalmente controláveis, como temperatura, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos. Existem alguns fatores que podem ser manipulados, tais como dimensões das pilhas, altura da base, espessura dos tabiques, uso de estruturas de pressão para reduzir as deformações e rachaduras de topo, o posicionamento das pilhas, o arranjo físico e a ocupação horizontal (*lay-out*) do pátio de secagem. A secagem ao ar livre, se baseia em reduzir o teor de umidade da madeira a um valor mínimo compatível com as condições climáticas, no menor espaço de tempo tecnologicamente possível evitando-se a desvalorização da madeira devido ao aparecimento dos defeitos de secagem (MENDES et al., 1998).



Figura 10 – Secagem natural de madeira de *Pinus elliotii* (Fonte: do autor, Mostardas/RS)

Um outro processo é a lixiviação (também entendida como desseivação), o qual pode ser associado ao processo de secagem natural, e que se baseia no princípio de que a madeira totalmente seca ou totalmente imersa em água dificilmente sofre processo de degradação. Contrariamente a isto é quando a madeira permanece umedecida, ou permanece em contato com água impura, pois então apresentará condições ideais para a ação de fungos que causam o apodrecimento e também de organismos xilófagos destruidores. Desta forma, a lixiviação, ou desseivação, é um processo especial de tratamento, que se inicia deixando-se a madeira totalmente imersa em água pura e corrente, pelo período aproximado de quatro meses. Com esse tratamento a seiva toda é levada pelas águas deixando de ser o alimento para os insetos. Posteriormente a este processo submete-se a madeira à secagem natural.

O principal problema do processo de secagem natural é que ela pode levar alguns meses, ou até anos, conforme a madeira e o teor de umidade que se queira atingir, o que torna este processo economicamente menos atrativo. Evidentemente, a secagem artificial pode reduzir o período de tempo necessário para a obtenção de madeira seca. Os processos de secagens forçadas, diferentemente da secagem natural, são mais rápidos, resultam em maior redução do teor de umidade e apresentam também a vantagem de, ao mesmo tempo, destruir os microorganismos e insetos que deterioram a madeira úmida. Estes processos comuns de secagem artificial podem ser de diferentes tipos:

- por ventilação forçada ou ar quente condicionado, em estufas onde a madeira é exposta ao ar aquecido;
- por correntes de alta frequência (faz-se passar correntes de alta frequência na madeira, servindo a umidade de condutora (com isso, a temperatura se eleva e a água evapora));
- por raios infravermelhos (alta frequência), que produzem calor;
- a vácuo, com a conseqüente evaporação da água;
- por condensação e desumidificação a baixa ou alta temperatura;
- por fervura de líquidos oleosos;
- a vapor;
- solar;
- químicos, com compostos hidrófilos, ou reações que eliminem a água.

Problemas relacionados aos equipamentos ou relacionados com a operação são responsáveis pelo surgimento de defeitos durante o processo de secagem. A maioria das empresas não exerce nenhum tipo de controle sobre o nível de perdas decorrentes dos defeitos ocasionados durante o processo de secagem. Geralmente os defeitos são identificados somente no produto final, quando já se agregou valor à madeira serrada seca. Isso provoca sensíveis aumentos no custo de produção. Em processos de secagem conduzidos adequadamente o nível de defeitos não supera 1 ou 2% do volume total processado (TUOTO & MATTIOLI, 2002).

A secagem natural muitas vezes é usada como pré-secagem ou secagem parcial, sendo a fase final feita em estufas. Contudo, em alguns casos, dependendo do uso da madeira, é necessário executar a secagem completa em estufa (PONCE & WATAI, 1985 apud MENDES et al., 1998). As rachaduras originárias das tensões de crescimento já presentes em peças serradas se estendem muito pouco durante a secagem. Quanto mais densa e espessa for a peça de madeira serrada, mais lenta e cuidadosa deve ser a secagem. A utilização de pré-secagem ao ar livre ou pré-secadores como um processo inicial lento tem obtido bons resultados para a madeira de Eucalipto, recomendando-se ainda, quando

houver viabilidade econômica do processo, a utilização de desumidificadores. Segundo MENDES et al. (1998), para tornar a secagem menos drástica e amenizar os possíveis defeitos decorrentes da secagem, especialmente da madeira de Eucalipto, deve-se utilizar uma combinação de temperaturas baixas e umidades relativas altas dentro dos secadores, envolvendo um longo tempo de secagem.

A secagem ao ar livre e em estufa convencional são os métodos de secagem mais usados universalmente e, portanto, os mais importantes do ponto de vista da prática industrial. Dentre os atualmente conhecidos, não existe um processo que possa ser indicado para todas as condições, devendo ser considerados aspectos como o tamanho da indústria, o tipo de madeira, a quantidade de madeira a ser seca, o tempo disponível para secagem, a localização da operação, etc. Para que o resultado final deste tratamento seja eficiente, além do processo de secagem propriamente dito, alguns pontos devem ser considerados, como por exemplo tipo de empilhamento, arranjo do pátio de secagem, propriedades intrínsecas do material, distância entre as peças e o solo, características topográficas, entre outras (PINHEIRO & LAHR, 1998).

Os defeitos provocados por um processo equivocado de secagem ocorrem em função da retratibilidade da madeira. A retratibilidade é a propriedade, que apresenta a madeira, de alterar suas dimensões de acordo com o seu teor de umidade. A retratibilidade pode ocorrer nas três seções ou planos de corte: a retração axial na direção das fibras de madeira; a retração radial segundo a direção dos raios medulares da seção transversal do tronco da árvore e a retração tangencial que ocorre segundo a tangente aos anéis de crescimento no plano transversal ao eixo da árvore. A retração volumétrica é uma composição das três anteriores.

Em função das diferenças percentuais entre as direções de retratibilidade, pode-se explicar os defeitos observados após a secagem das várias espécies de madeira, tais como rachaduras ou fendilhamento e os vários tipos de empenamento. Um desenho esquemático das possibilidades de retratibilidade em várias regiões da seção transversal de uma tora de madeira após a secagem está apresentado na figura 11. O estudo da retratibilidade de cada madeira também é necessário, porque quanto menor a retratibilidade, menor trabalho sofrerá a madeira, e, portanto mais útil e fina ela será.

As tensões surgidas durante a secagem são acentuadas nas madeiras decorrentes de ciclos de curta duração, rápido crescimento e pequenas dimensões. Quanto maior a diferença de retratibilidade entre os planos tangencial e radial, ou seja, a relação T/R (ou fator anisotrópico), maiores serão os problemas decorrentes da secagem de uma determinada madeira.

No momento do desdobro, a tora ainda possui umidade natural. À medida que a madeira perde água de adesão, aquela que se encontra nas paredes das células, esta irá sofrer contrações as quais irão alterar as suas dimensões iniciais. Por este motivo, as peças devem ser cortadas com dimensões um

pouco maiores que as desejadas, para compensar contrações que irão ocorrer durante a secagem. Este acréscimo nas dimensões é chamado de sobremedida. A redução do volume que a madeira sofre é denominada de contração volumétrica, ou seja, o somatório das contrações axial, tangencial e radial.

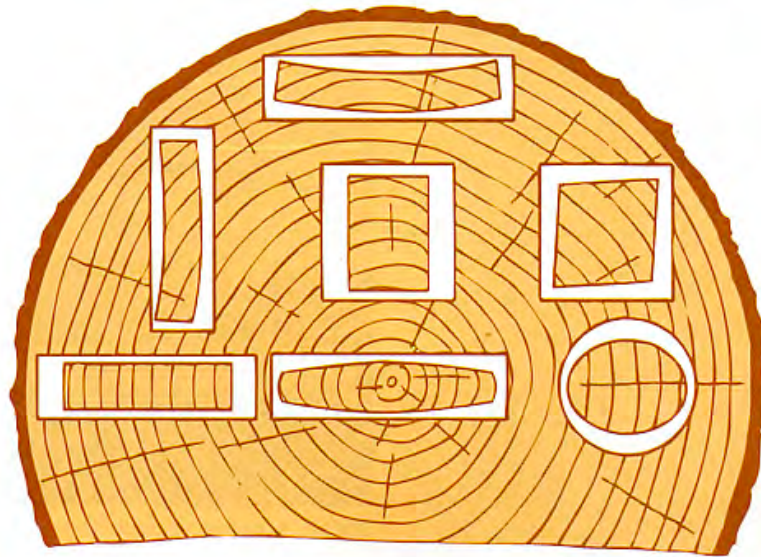


Figura 11 – Distorção de várias regiões do tronco após a secagem de uma tora (Fonte: *U.S. FOREST PRODUCTS LABORATORY*, 1987 apud *WILLEITNER & PEEK*, 1994)

Segundo MENDES et al. (1998), os principais parâmetros de qualidade exigidos para a secagem da madeira dentro dos critérios técnicos são o empenamento e as rachaduras, o que dependerá basicamente do desenvolvimento e acompanhamento rígido das condições de secagem e das técnicas corretas de empilhamento.

A secagem é a etapa intermediária entre o processamento primário (serraria) e o secundário (beneficiamento) da madeira. Trata-se de um processo que pode ser considerado simples e fácil, mas que requer alguns cuidados especiais, especialmente a respeito do comportamento das espécies de madeira a serem submetidas ao processo de secagem.

2.2.5 Beneficiamento

As operações de beneficiamento da madeira, referem-se basicamente aos trabalhos de usinagem da madeira serrada bruta, por seccionamento das peças, aplainamento, lixamento ou fresamento. Essa é a transformação da madeira bruta em madeira aparelhada na seção definida, pronta para aplicação em seu uso final. Inicialmente, pode-se classificar as operações de usinagem em corte ortogonal ou

mesmo corte longitudinal e fresamento periférico, ambos definidos por relações geométricas do par, peça de madeira-ferramenta.

Conforme GONÇALVES (2000), o corte ortogonal, refere-se à usinagem da madeira quando a aresta de corte está perpendicular à direção do movimento relativo entre a ferramenta e a peça, e a superfície gerada é um plano paralelo à superfície de trabalho original. Como exemplo pode-se relacionar as seguintes operações: serramento contínuo de seccionamento ou recorte, serramento alternativo, torneamento, serramento com serra de corrente, etc. O fresamento periférico, refere-se ao processo rotativo de corte no qual a madeira é removida em cavacos na forma de vírgula. Estes cavacos são formados pelo contato intermitente das arestas cortantes do cabeçote giratório (tupia ou fresa) com a peça-obra na periferia da mesma. A superfície gerada consiste de uma série de traços devido aos sucessivos contatos de cada aresta cortante.

Para os fins de uso na construção civil são obtidos na etapa de beneficiamento: batentes de portas, caixilhos, guarnições de esquadrias, tacos de piso, molduras, meia cana, rodapés e filetes, além de vigas, caibros, ripas, tábuas, lambris, sarrafos e degraus.

As empresas encarregadas do beneficiamento da madeira se utilizam de equipamentos como serras circulares refiladeiras, múltiplas, esquadrejadeiras, destopadeira, seccionadeira e de resserra, plainas desengrossadeira, desempenadeira, moldureira ou respigadeira para fresamento de topo, fresas (tupias), brocas e tornos.

Segundo GONÇALVES (2001), o beneficiamento compreende uma série de operações de usinagem as quais podem ser classificadas e agrupadas em função do equipamento ou ferramental a ser utilizado.

O beneficiamento da madeira está correlacionado com a etapa de desdobro e dos procedimentos adotados da redução das toras de madeira, bem como do processo de secagem subsequente a esta etapa. Assim a qualidade da madeira beneficiada não dependerá apenas dos procedimentos técnicos adotados nesta fase, mas também do tratamento dispensado nas etapas anteriores.

2.2.6 Tratamento/preservação

A madeira, como material de origem orgânica, está sujeita à biodeterioração. Agentes biológicos, tais como bactérias e fungos, insetos (coleópteros e termitas) e brocas marinhas (moluscos e crustáceos), atacam a madeira, dependendo das condições ambientais a que esteja submetida. Por outro lado, existem espécies de madeira de alta ou de baixa durabilidade natural.

A fim de proteger a madeira do ataque das bactérias, insetos e moluscos, são preconizados inúmeros processos de tratamentos preservativos, imunizadores ou destruidores. Recomenda-se que todo tratamento seja precedido da remoção da casca (preferida por insetos e fungos por ser mais mole), secagem (para diminuir a seiva, que atrai os organismos daninhos) e, em alguns casos, de incisões ou cortes superficiais (para aumentar a absorção ao preparado imunizante). Esse tratamento prévio ainda se torna mais eficaz se, antes da secagem, é feita uma desseivação, deixando a madeira imersa em água corrente durante algumas semanas. Os tratamentos preservativos podem ser classificados em dois tipos básicos: superficiais e profundos. Os tratamentos superficiais (pintura, pintura por imersão e combustão superficial) são mais econômicos porém de menor efeito, já que, normalmente, não matam os insetos já alojados, mas apenas impedem a entrada de insetos e, além disso, são de menor duração. Por outro lado, os tratamentos profundos (imersão profunda e autoclave) são mais eficazes (VERÇOSA, 1975).

As espécies de baixa resistência, quando impregnadas com líquidos preservativos apropriados, podem ter um desempenho igual ou superior àquelas naturalmente mais resistentes. Das espécies de reflorestamento, conforme a tabela 5, aquelas do gênero *Pinus spp.* têm baixa resistência mas são facilmente impregnáveis, enquanto que as espécies do gênero *Eucalyptus spp.* apresentam uma variabilidade maior desde espécies de alta até baixa resistência, no entanto a característica do gênero é de difícil tratamento.

Tabela 5 – Resistência/durabilidade natural e permeabilidade de algumas espécies de madeiras de reflorestamento dos gêneros *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.* (Fonte: CARLOS, 1995)

espécies de madeira de reflorestamento	resistência/durabilidade natural			
	fungos	termitas	outros insetos	permeabilidade
<i>E. camaldulensis</i>	2 – 3	3	1	3
<i>E. citriodora</i>	2	2	1	3
<i>E. cloeziana</i>	1	1	1	3
<i>E. grandis</i>	4	3	1	3
<i>E. maculata</i>	3	2	1	3
<i>E. paniculata</i>	2	2	1	3
<i>E. saligna</i>	4	3	1	3
<i>E. tereticornis</i>	2 – 3	4	1	3
<i>E. urophylla</i>	4	3	1	3
<i>Pinus caribea</i>	5	3	1	1
<i>Pinus elliottii</i>	5	4	1	1
<i>Pinus oocarpa</i>	5	3	1	1
<i>Pinus taeda</i>	5	4	1	1

Resistência a fungos : 1 – muito durável; 2 – durável a muito durável; 3 – durável; 4 – medianamente durável; 5 – pouco durável

Resistência a termitas (cerne): 1 – muito resistente; 2 – resistentes; 3 – medianamente resistente; 4 – não resistente

Resistência outros insetos (cerne e sob condições favoráveis em coníferas): 0 – atacáveis; 1 – não atacáveis

Permeabilidade: 1 – impregnáveis; 2 – medianamente impregnáveis; 3 – pouco ou não impregnáveis

Devido às suas atividades enzimáticas, os fungos apodrecedores são convenientemente divididos em: capacidade limitada de deterioração (podridão mole) e alta capacidade de deterioração (podridão branca e parda). A deterioração ocorre preferencialmente no alburno, devido à maior presença de nutrientes. Para que os fungos possam se desenvolver, deve haver condições ideais, isto é, teor de umidade de aproximadamente 30 %, temperatura em torno de 25 °C, *pH* entre 2 e 7, oxigênio e ausência de substâncias tóxicas dentre outras (LEPAGE et al., 1998 apud PINHEIRO & LAHR, 1998).

Embora a preservação de madeiras possa ser definida, de forma abrangente, como o conjunto de produtos, métodos, técnicas e pesquisas destinadas a alterar, medir ou estudar a durabilidade da madeira, usualmente o termo é entendido como a aplicação de produtos químicos visando impedir a degradação física, química ou, principalmente, a deterioração biológica do material madeira. Apesar dos possíveis riscos no manuseio e uso de biocidas, a preservação química ainda é a forma mais usual e eficiente na prevenção ao ataque biológico.

Os preservativos são substâncias químicas que, aplicadas à madeira, a tornam resistente ao ataque de fungos, insetos e brocas marinhas. Devem possuir as seguintes características: boa toxidez, alta permanência, não se decompor nem se alterar, não ter ação corrosiva, não alterar as propriedades físicas e mecânicas da madeira e ser indolor e inofensivo ao homem e aos animais. Os preservativos classificam-se em dois tipos: oleosos e hidrossolúveis. Nos oleosos, o veículo usado para impregnação é um óleo com ação preservativa (subprodutos da hulha e algumas frações de petróleo, como por exemplo o *Creosoto*). Os hidrossolúveis são sais preservativos, e o veículo usado para impregnação é a água (tais como o *CCA* e o *CCB*) (CALIL JÚNIOR, 2002).

Os tratamentos profundos são de dois tipos básicos: por imersão e por autoclave. Os processos que utilizam a autoclave, por sua vez, são ainda classificados em dois ramos: processos de células vazias e de células cheias. Este processo de autoclave é feito em usinas de preservação através de equipamento que produz de maneira alternada vácuo e pressão, permitindo que o preservativo químico penetre profundamente e de maneira homogênea nas fibras de madeira.

Os produtos químicos preservativos da madeira contêm diferentes agentes químicos, em grande parte dos casos venenosos e nocivos não somente aos agentes que degradam a madeira (fungos e insetos) como ao próprio homem e à natureza, especialmente quando utilizados de maneira incorreta. Dentre os produtos cujos agentes químicos apresentam mais riscos aos seres humanos e ao meio-ambiente destacam-se: o pentaclorofenol (*PCP*), o tributil-zinco (*TBTO*), o lindan, o creosoto e o arseniato de cobre cromatado (*CCA*). Destes, os tratadores de madeira no Brasil, utilizam o creosoto e o arseniato de cobre cromatado (*CCA*, na sigla em inglês).

Se por um lado a utilização do creosoto tem diminuído muito, em função do aspecto característico escuro e oleoso causado na madeira, por outro a madeira tratada com o produto químico arseniato de cobre cromatado (*CCA*) vem gerando muita controvérsia em vários países do mundo, que ainda o utilizam. A madeira impregnada com esta substância é resistente ao apodrecimento e aos danos causados por insetos. Isso a torna uma escolha popular para produtos que ficam ao ar livre como postes, mourões para cerca, *decks*, mesas, brinquedos e bancos de parques e praças, especialmente em áreas úmidas e quentes. Há mais de 20 anos os tratadores de madeira vêm resistindo à pressão decorrente de que os três elementos (tabela 6) componentes do *CCA* – cobre, cromo e arsênico – podem ser drenados da madeira e causar sérios problemas de saúde ao homem. Na verdade, estudos demonstram que a doença causada pela exposição ao *CCA* tem aparecido em revistas de medicina desde a década de 80. Mesmo não negando que o *CCA* possa ser drenado da madeira, os tratadores de madeira sustentam que não há perigos reais quando a madeira é usada corretamente.

Tabela 6 – Composição quantitativa dos ingredientes ativos nos preservantes *CCA* e *CCB* – conforme *ABNT, NBR 8456* (Fonte: JANKOWSKY et. al., 2002)

produto	proporção dos ingredientes ativos (%)		
<i>CCA</i> tipo A	66,5 CrO ₃	18,1 CuO	16,4 As ₂ O ₅
<i>CCA</i> tipo B	35,3 CrO ₃	19,6 CuO	45,1 As ₂ O ₅
<i>CCA</i> tipo C	45,5 CrO ₃	18,5 CuO	34,0 As ₂ O ₅
<i>CCB</i>	63,5 CrO ₃	26,0 CuO	10,5 B

Mesmo que alguns fabricantes de produtos químicos já ofereçam alternativas, como por exemplo o *CCB* (borato de cobre cromatado) e o composto chamado *ACA* (cobre alcalino/arseniato de cobre amoniacal), os produtos existentes e as normas técnicas que regulamentam sua utilização no Brasil ainda consideram o *CCA* como produto seguro e que fornece grande durabilidade. No entanto, o mercado para este produto vem se limitando, como ocorre nos Estados Unidos, onde existe um acordo para suspender a comercialização do *CCA* para produtos domésticos, de uso residencial, a partir do final do ano de 2003. O produto já foi banido há algum tempo na maioria dos países da Comunidade Européia.

As denominadas proteções ecológicas, introdução de inimigos e de produtos naturais nocivos aos agentes degradadores da madeira, tanto como medidas de proteção ou na forma de preparados que não prejudicam o homem, têm sido pesquisados e já podem ser comercialmente encontradas. Destes destacam-se os sais de Boro, ceras e resinas naturais, óleos vegetais, vinagres, óleos, e alcatrões da madeira, além dos extratos naturais de espécies de madeira resistentes. Suas limitações de uso estão na falta de normatização técnica que contemple o uso destes produtos no tratamento da madeira, a suficiente eficácia dos produtos com base no Boro ante ao processo de lixiviação, além do longo

tempo de secagem para os produtos oleosos e a necessidade da repetição do tratamento devido ao curto período de eficácia de alguns destes produtos (NATTERER et al., 1994).

Os tipos de preservativo e de processo para o tratamento da madeira devem ser escolhidos em função da situação de uso a que ela estará exposta. Um exemplo desta situação ocorre quando a madeira está em contato com o solo, em uma situação bem mais crítica do que, por exemplo, aquela que esteja em ambiente abrigado, sem a presença importante da umidade.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), nos textos que se referem a normatização do tratamento preservativo de madeiras contra fungos e insetos para a construção civil, exige que alguns gêneros de madeiras utilizadas para fins estruturais tenham tratamento preservativo dentro de determinados parâmetros e requisitos recomendáveis. No entanto, segundo GERALDO (2002), o Brasil ainda possui um número insuficiente de normas e especificações para outros produtos de madeira tratada ou de marca de conformidade, fazendo com que a maior parte da produção de madeira preservada seja destinada ao segmento rural, seguido pelo elétrico, ferroviário e de madeira serrada, enquanto que o volume de madeira serrada preservada resume-se de 3 a 5% do volume total produzido.

Em suma, a preservação de madeira não pode ser considerada como um custo adicional, mas como um investimento indispensável que traz benefícios, proporcionando à madeira condições de durabilidade para competir no mercado consumidor com os demais materiais (PINHEIRO & LAHR, 1998). No entanto, os problemas da adequação ambiental devem ser cada vez mais considerados tanto pelos riscos que os produtos preservativos apresentam como pelos cuidados que exige a deposição final da madeira tratada. A busca de soluções construtivas, barreiras físicas, controles biológicos e inseticidas menos tóxicos (piretróides) e de novos sistemas como o da madeira termotratada, vêm de acordo aos princípios da sustentabilidade ambiental da madeira serrada para a construção civil.

2.3 A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE PINUS

A partir da década de 70, a indústria de transformação mecânica encarregada do processamento da madeira no sul do país iniciou um processo de utilização do Pinus, para produção de madeira serrada e lâminas. Este processo de utilização nesta indústria foi incrementado à medida que as reservas naturais da Região Sul se esgotaram, ou eram incluídas como áreas de preservação permanente. Foi também através da lei de incentivo fiscal para reflorestamentos que favoreceu a implantação de grandes áreas florestais, especialmente voltadas para a indústria de chapas de madeira reconstituída e

de celulose. No Sul do Brasil o plantio do gênero *Pinus spp.* resumiu-se a duas espécies, *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, em função das condições climáticas e adaptação.

Para utilizar espécies de *Pinus* na produção de madeira serrada, as indústrias sofreram um intenso processo de adaptação, onde foram forçadas a reavaliar principalmente seus produtos e processos de conversão. No processamento de toras de pequenos diâmetros e pouca variabilidade, de uma matéria-prima de rápido crescimento, tem-se um rendimento menor e um produto final de menor valor agregado. Desta maneira, para que um empreendimento com estas características obtenha sucesso, é necessário que o processo de conversão das toras seja o mais rápido possível, reduzindo assim os custos de produção (ROCHA, 2002). O principal segmento consumidor de toras de *Pinus* no Brasil é o setor de madeira serrada que, conforme a tabela 7, consome quase 50% da demanda total.

A qualidade desejada para a madeira de *Pinus* está na dependência do uso a ser dado ao produto madeireiro. Desta forma, mesmo que o objetivo principal seja sempre o de produzir maior volume de madeira para todos os usos em menor tempo possível pode-se visar também a obtenção de madeira para fins específicos, como, por exemplo, produzir madeira mais densa quando o uso está voltado à produção de celulose e de madeira serrada, madeira livre de nós quando se trata de laminação e madeira serrada e de fibras mais longas e com maior espessura de parede quando o objetivo é a produção de papel.

Tabela 7 – Consumo de Toras de *Pinus* no Brasil – 2001 (Fonte: Banco de Dados STCP apud TOMASELLI & TUOTO, 2002)

segmento	consumo (1.000 m ³)	percentual
madeira serrada	20.000	48 %
celulose e papel	12.000	29 %
painéis reconstituídos	4.000	9 %
compensado	4.000	9 %
outros	2.000	5 %
total	42.000	100 %

O *Pinus spp.* hoje é utilizado em larga escala na indústria do papel e celulose, aglomerados, móveis e construção civil. Apesar desta grande potencialidade, poucas pesquisas sobre as características e qualidade da madeira destas espécies têm sido conduzidas. Os poucos estudos existentes são em geral orientados para o setor de celulose e papel, e são de baixa aplicabilidade na indústria de transformação mecânica de madeira, principalmente por falta de informação básica sobre as propriedades, qualidade e fatores que afetam estes processos (MUÑIZ & PALMA, 1998).

As técnicas de desdobro das toras de *Pinus* utilizadas pela maioria das serrarias, conforme ROCHA (2002), ainda são aquelas convencionais. Ao entrar na serraria, a tora passa imediatamente pelas operações de desdobro principal, as quais visam a sua transformação em peças de menores dimensões. Nas operações seguintes as peças obtidas são reduzidas às dimensões finais planejadas, conforme mostra a figura 12.

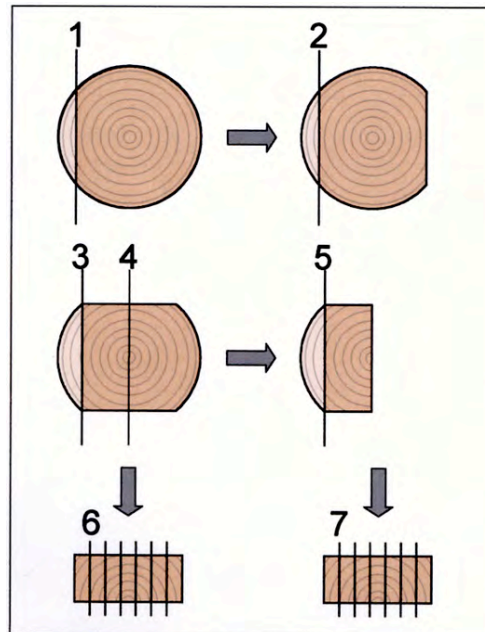


Figura 12 – Sequência de cortes em toras de *Pinus spp.* realizados com serra fita simples (Fonte: ROCHA, 2002)

Estas técnicas convencionais utilizam-se da serra fita pela sua versatilidade para trabalhar toras grossas e finas num mesmo equipamento sem desperdício de energia e também pela vantagem de proporcionar pequenas espessuras de corte, gerando uma menor quantidade de serragem, aumentando o rendimento em madeira serrada. No entanto, nas técnicas modernas de desdobro, já utilizadas pelas grandes serrarias, o desdobro principal consiste basicamente em uma operação que realiza exclusivamente o corte externo da tora. A maior geração de serragem passa a ser uma questão secundária e, assim, é possível a utilização de serras circulares e serras múltiplas podendo-se serrar todas as peças oriundas de operações anteriores de uma única vez, trazendo ganhos de rendimento e produtividade.

A partir de um determinado volume de toras a serem processadas pela serraria torna-se de fundamental importância a separação das toras por diâmetro. Esta separação facilitará o processamento, otimizando decisões que afetarão diretamente o rendimento de madeira serrada.

Mesmo com a utilização de técnicas e equipamentos modernos, o rendimento na produção de madeira serrada de *Pinus*, em termos de qualidade, ainda é considerado muito baixo em função da falta de um manejo adequado desta espécie para a produção de serrados. Deficiências no manejo, especialmente no que se refere ao espaçamento, desbastes e desrama (poda), fizeram com que os plantios florestais, agora em idade de abate, tivessem um elevado grau de defeitos pela presença elevada de nós soltos, toras de pequeno diâmetro ou de forma inadequada.

Um ponto importante que deve ser considerado, a respeito do uso das madeiras de *Pinus* de ciclo de rotações curtas, é a utilização de toras jovens (com densidade menor) para a produção de madeira serrada. Devido ao rápido crescimento, as espécies do gênero *Pinus* atingem dimensões de comercialização ainda muito jovens. No entanto, a madeira de árvores jovens difere daquela de árvores em idade adulta, devido à maior porcentagem de lenho juvenil das primeiras. A este respeito BENDTSEN (1978) apud MUÑIZ & PALMA (1998), diz que dentre os parâmetros empregados na avaliação da qualidade da madeira, a massa específica tem merecido atenção especial como decorrência de sua íntima relação com algumas importantes características tecnológicas. Citam-se, por exemplo, alteração dimensional e resistência mecânica. Diversas pesquisas têm demonstrado modificações nas propriedades da madeira em função do rápido crescimento e da maior proporção de lenho juvenil, justificando um questionamento a respeito da aplicabilidade das tensões admissíveis até agora utilizadas para madeiras provenientes de florestas manejadas de rápido crescimento.

2.4 A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO

A maior parte das florestas plantadas do gênero *Eucalyptus* foi projetada para a utilização na produção de celulose, carvão vegetal e chapas, ao mesmo tempo que o seu uso ainda está comprometido com a produção de madeira para estes denominados “*usos tradicionais*”. Desta forma, não se tem ainda uma madeira de Eucalipto ideal para a utilização como produtos serrados, tanto para a indústria da construção civil como para a indústria moveleira. Em consequência desta falta de matéria-prima mais apurada e de seus parâmetros dependentes do processamento, as experiências na área de serraria têm-se mostrado muito restritas, quanto à possibilidade de suas extrapolações. Este quadro tem grandes possibilidades de reversão, não somente pela escassez de outra matéria-prima florestal, mas pelo rompimento de alguns preconceitos e do aprofundamento de estudos sobre as inúmeras alternativas de uso múltiplo, principalmente na construção civil, indústria moveleira e de embalagens.

As espécies de Eucalipto requerem técnicas de usinagem diferentes daquelas normalmente utilizadas para espécies de coníferas, as quais, geralmente requerem energias menores para o corte. Segundo

GONÇALVES et al. (1998), as madeiras de Eucalipto, muitas vezes, são extremamente densas e portanto, duras, pesadas, fortes e resistentes; características estas que aumentam a energia requerida e aceleram o desgaste das ferramentas de corte, das máquinas e do sistema de alimentação e transporte da madeira dentro da serraria ou fábrica. Algumas destas espécies possuem fibras retorcidas que dificultam um aplainamento perfeito. Outras possuem tensões internas que distorcem a tora depois de ser serrada ou aparada. Estas tensões internas também provocam rachaduras de topo nas toras quando amolecidas para o processamento de corte para a produção de chapas através de imersão em água quente. Deformações e empenamentos produzidos durante a secagem também dificultam a usinagem de peças planas e retas de madeira seca. O conhecimento destas características é, portanto, extremamente importante para a utilização racional das diferentes espécies de Eucalipto.

Ao se abater a árvore, o corte transversal do tronco libera tensões que provocam fendas radiais e diametraais no topo das toras. Dependendo do grau de severidade dessas tensões e do tempo em que as toras permanecem no campo (talhão) ou no pátio da serraria, essas rachaduras podem progredir ao ponto de inutilizá-las para a produção de madeira serrada, causando algumas vezes a separação da tora em duas ou três partes. Como existem indicações bastante fortes de que a presença e intensidade das tensões internas, e dos defeitos causados por elas, dependem não só da espécie de Eucalipto considerada, mas também da própria árvore, sendo aparentemente uma característica genética de cada indivíduo, a médio prazo a solução para esse problema seria o melhoramento genético (FREITAS & NETO, 1993).

Contudo, por se tratar de um estado de tensão em que a coroa externa da tora, que está tracionada, se mantém em equilíbrio com o núcleo cilíndrico central comprimido, a operação de desdobro deve ser iniciada por dois cortes duplos simétricos, conforme a figura 13, de maneira a liberar simultaneamente as tensões de um e de outro lado da tora, sem causar desequilíbrio que acarretaria seu arqueamento. O bloco resultante dessa operação pode ser desdobrado por cortes verticais paralelos sem maiores problemas. Conforme FREITAS & NETO (1993), o equipamento de serraria básico para o desdobro de toras de Eucalipto deve portanto, constar de duas serras paralelas (geminadas), circulares ou de fita, para produzir um bloco de duas faces planas, e serras múltiplas para cortar esse bloco em peças com a espessura desejada.

DEL MENEZZI & NAHUZ (1998) concluem que não existe técnica de desdobro que impeça as distorções nas tábuas oriundas da liberação das tensões de crescimento; existem, sim, técnicas que proporcionam às tábuas menores efeitos destas tensões. A escolha de somente uma técnica mais adequada de desdobro não é suficiente para aprimorar a utilização da madeira serrada de Eucalipto; é necessário um rol de ações conjuntas entres as áreas de silvicultura, manejo florestal, melhoramento genético e processamento mecânico.

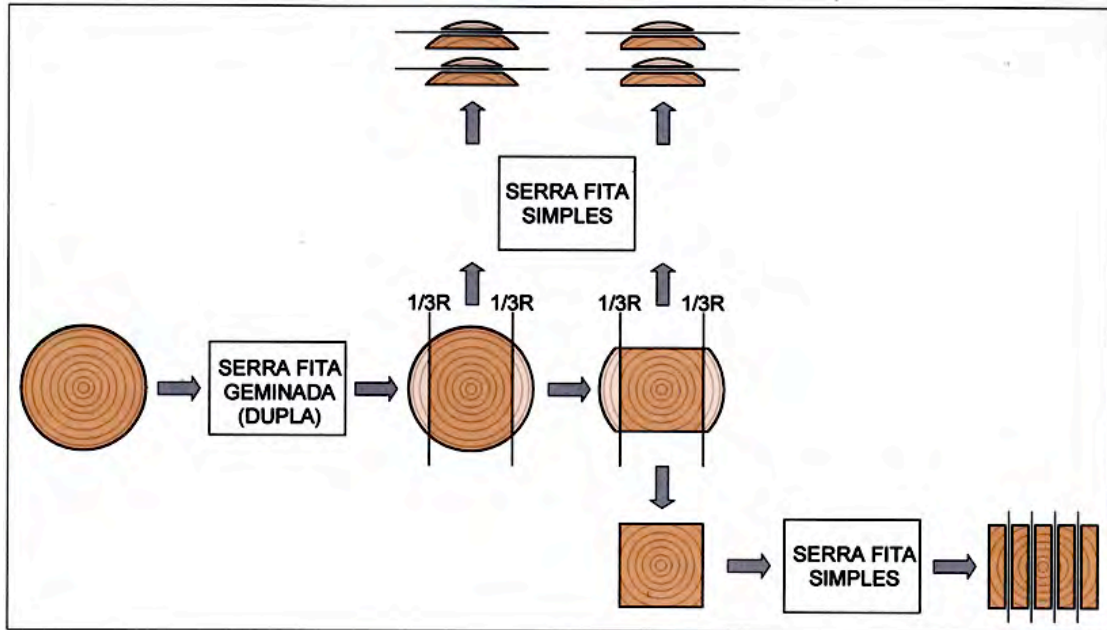


Figura 13 – Método de desdobro de *Eucalyptus spp.* com retirada de 4 costaneiras (Fonte: MONTANA et al., 1991 apud ROCHA, 2000)

Uma análise da literatura mostra que não há dados suficientes disponíveis sobre a grandeza das forças de corte requeridas para o processamento das diferentes espécies de Eucalipto crescidas no Brasil. A força de corte desenvolvida tem grande importância no modelo da ferramenta das máquinas que compõem uma serraria. Estas forças de corte variarão com a espécie de madeira, direção das fibras, direção de corte, afiamento das ferramentas de corte, e outras variáveis relacionadas à matéria prima ou à ferramenta (GONÇALVES et al., 1998).

Outros fatores extra-serraria interferem no rendimento iniciando por práticas anteriores à própria colheita das toras, incluindo o manejo florestal, depois as técnicas de abate, derrubada e transporte das toras; medição das toras, cuidados no pátio e no descascamento. Entre as medidas na serraria tem-se a redução das dimensões alvo para as bitolas, redução da variação na serração e o treinamento e motivação dos operadores das serras como medidas importantes no aumento do rendimento (WILLISTON, 1981 apud PONCE, 1993).

Para se obter madeira serrada de excelente qualidade, segundo FREITAS & NETO (1993), poderiam ser selecionadas as árvores menos afetadas por tensões de crescimento para a formação de florestas destinadas à produção de madeira serrada. Possivelmente essa característica poderia ser aliada a outras características desejáveis, tais como baixa retratibilidade e ausência de colapso durante o processo de secagem. Se isso for possível, o Eucalipto terá se aproximado das essências nativas de baixa e média densidade utilizadas tradicionalmente pelo mercado, como por exemplo cedro, mogno, cerejeira, etc.

A presença do nó é um outro problema nas toras de eucalipto. O nó, é por definição, a parte do galho remanescente na tora; como para as finalidades a que se destinaram até hoje os plantios de Eucalipto (lenha, carvão, celulose, fibra) a presença de nó não causa problemas, o manejo desses plantios foi sempre feito sem nenhuma preocupação de se eliminar os galhos, dando origem a toras com abundância de nós. Considerando que o custo da nossa mão-de-obra é relativamente baixo, e que o Eucalipto pode produzir toras em ciclos bastante curtos, os investimentos realizados nas podas das árvores destinadas à serraria são altamente compensadores (FREITAS & NETO, 1993).

SILVA (2001), diz que a despeito de tamanha potencialidade, o Brasil não está plantando Eucalipto à altura de suas necessidades e tampouco repondo seus estoques. Existe unanimidade entre todos o setores industriais de base florestal que a área plantada anualmente para abastecer as fábricas deveria exceder os 400 mil hectares, mas nem 1/3 desse total tem sido plantado. Já é unanimidade de que haverá um déficit considerável de madeira, principalmente de grande dimensões, para processamento mecânico, nas atividades de serraria e laminação, já a partir do ano de 2003.

3. GERAÇÃO DE RESÍDUOS E SOBRAS DO PROCESSAMENTO DE MADEIRA EM SERRARIAS

Um importante indicador de sustentabilidade que influencia diretamente na classificação dos materiais em relação ao impacto ao meio ambiente é a quantidade de resíduos sólidos produzidos em seu processo de transformação, considerada a capacidade de reutilização e reciclagem do mesmo, no final do processo de produção ou em cada uma das etapas da cadeia produtiva (BARBOSA, 2001). O processo de produção da madeira serrada gera um volume significativo de resíduos e sobras oriundas da transformação das toras pelas serras de desdobro e que, somados aos galhos, troncos e raízes que ficam na floresta, indicam um volume significativamente superior ao produto madeireiro obtido. Do ponto de vista tanto econômico como ambiental se justificariam programas, envolvendo incentivos e facilidades, para a ins-talação de linhas de aproveitamento destas sobras e resíduos desde a geração de energia a partir desta biomassa até aqueles destinados à obtenção de produtos com agregação de valor.

O volume de resíduos gerados no processamento de toras de madeira pode ser expressado como a diferença entre o volume de madeira em toras que entra na serraria e o volume de madeira serrada produzida. A maior quantidade de resíduos são gerados quando do desdobro das toras, estimando-se em 50% do volume total processado (JARA, 1987). O volume de resíduos gerados poderá estar associado a:

- falta de qualidade de matéria-prima florestal a ser processada;
- mudança geométrica do produto;
- ausência de medidas de proteção às toras;
- adoção de técnicas menos apuradas de desdobro;
- liberação de tensões durante o desdobro;
- escolha incorreta das ferramentas de corte;
- adoção de velocidade de corte incorreta;
- espessura do corte das serras;
- decisões equivocadas dos operadores da serra de desdobro;
- secagem de forma inadequada da madeira serrada.

O aproveitamento quantitativo da transformação de uma tora em tábuas, considerando-se uma tora com casca, se dá na ordem de 40%, madeira processada, e os restantes 60% estão assim alocados: 10% aparas de plaina, 26% aparas do corte e 13% pó de serra, conforme apresenta a figura 14 (FERREIRA et al., 1989). Não são considerados neste estudo as perdas por defeitos pois estas, em

geral, não são consideradas resíduos e sim madeira com defeito ou madeira de rejeito comercial, uma vez que a madeira com defeito poderá ter um destino final com uma classificação inferior ou, em situações de defeitos mais graves, esta madeira é objeto de reprocessamento ou resserra para ser utilizada em subprodutos.

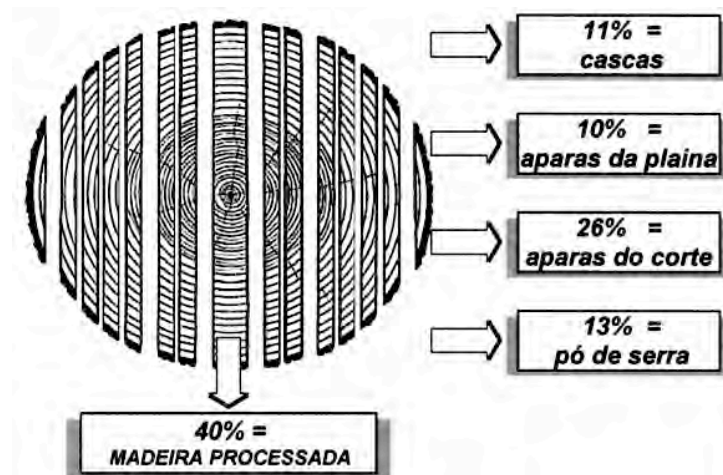


Figura 14 – Resíduos provenientes do processamento de uma tora para produzir tábuas (Fonte: adaptado de FERREIRA et al., 1989).

Os resíduos produzidos na etapa do desdobro são: serragem ou pó de serra, costaneiras, resíduos do refilamento, aparas ou destopo e casca. YUBA (2001) afirma que para aquelas serrarias que não têm consumidores para os resíduos produzidos, algumas das soluções dadas são a queima e a deposição irregular que resultam em poluição do ar, solo e água, pelo desequilíbrio gerado. A figura 15 mostra, através de um fluxograma, a geração de resíduos e as soluções comumente adotadas.



Figura 15 – Fluxograma do sistema produtivo típico de uma serraria tradicional

Fundamentalmente se apresentam duas possibilidades no que diz respeito a sobras e resíduos do processamento de madeira em serrarias. Uma primeira, diz respeito à melhor utilização da matéria-prima madeireira através de medidas de redução das sobras pela utilização de melhores técnicas, equipamentos e processos. A este respeito COCKCROFT & HEMMINGSSON (1993) apud

FREITAS et al. (1998), afirmam ser necessário que a utilização da madeira seja feita de forma mais racional possível, reduzindo desperdícios de um recurso que, apesar de renovável, é dificilmente substituível, cuja reposição implica em custos consideráveis.

A redução no volume de peças descartadas por defeitos decorrentes do processamento não implica necessariamente em redução do volume de resíduos do processamento. Para tanto, cabe associar-se a segunda possibilidade que é aquela do correto gerenciamento dos resíduos gerados que, pelo volume significativo, passam a ser tratados como um outro produto dentro da serraria e, ao invés de serem descartados, passam a ser estudados como material com diferentes opções de uso, conforme apresenta o fluxograma da figura 16.



Figura 16 – Fluxograma do sistema produtivo ideal para uma serraria

A quantidade de resíduos produzida tem como possibilidades de solução o investimento em técnicas de secagem, a aquisição de equipamentos mais eficientes e o planejamento dos procedimentos de corte. Para os impactos no solo, água e ar, causados pela solução inadequada dada aos resíduos não reaproveitados (deposição irregular e queima), tem-se a oportunidade de seu aproveitamento na produção de chapas e mesmo para a produção de celulose. Essas são opções que dependem da iniciativa de novas pesquisas, com o investimento em tecnologias, podendo ser conduzidas pelas empresas ou por parcerias destas com instituições de pesquisa ou universidades. Entretanto, as barreiras para o aproveitamento dos resíduos são os seus custos elevados e a oferta de madeira a preços reduzidos (YUBA, 2001).

Segundo BONDUELLE et al. (2002), estudos apontavam que a cada quatro árvores abatidas nos Estados Unidos, na década de 50, o equivalente a menos de uma chegava ao consumidor sob forma de utilidades: todo o resto se perdia. A justificativa apresentada era que a América não precisava aproveitar todos os pedaços do tronco da árvore, pois ainda havia muita floresta inexplorada. Hoje o panorama é bem diferente. Os norte-americanos chegam a ter um aproveitamento superior a 90% a

partir da tora. Considerando que o aproveitamento de uma tora de Pinus como produto serrado bruto é da ordem de 50% pode-se dizer que pelo menos 40% devem ser utilizados para outros fins economicamente viáveis.

Ao se desdobrar toras com casca o resíduo, após ser convenientemente picado, é um “resíduo sujo”, pois contém grande quantidade de casca e impurezas, sendo destinado, na maioria das vezes, para geração de energia. O resíduo de toras descascadas é matéria-prima para fabricação de produtos com maior valor agregado, como chapas de partículas ou fibras e para a obtenção de celulose, atingindo melhores valores de comercialização. Uma serraria moderna necessita atingir bom nível de competição de seus produtos no mercado. Para isto, é necessário o melhor aproveitamento possível da matéria-prima. Portanto, é importante se obter um resíduo de qualidade (ROCHA, 2002).

Existe a necessidade das empresas possuírem um plano para o gerenciamento dos resíduos gerados que contemple ações de segregação na origem, armazenamento adequado, busca de parceiros com os quais possa comercializar resíduos que possuam valor no mercado para reciclagem, transporte, emprego de alternativas para minimização da geração de resíduos e desenvolvimento de alternativas próprias ou em parceria com o poder público ou com o empreendedor privado, para tratar ou dispor adequadamente os resíduos produzidos, observando procedimentos técnicos de proteção ambiental (SOARES, 2002).

3.1 PROBLEMAS E OPORTUNIDADES DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS PELAS SERRARIAS

Os resíduos do processamento de madeira pelas serrarias estão classificados, segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como resíduos Classe II, ou seja, ainda que não considerados perigosos podem causar problemas.

SOARES (2002) afirma que, conforme a normatização técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10.004, os resíduos sólidos são enquadrados em três classes distintas, a saber:

- **resíduos perigosos (Classe I)**, aqueles que podem apresentar riscos à saúde pública ou apresentar efeitos nocivos ao meio ambiente, em função de suas características quanto a inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- **resíduos não-inertes (Classe II)**, os que podem apresentar propriedades de ou solubilidade em água;

- **resíduos inertes (Classe III)**, aqueles que não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas, não provocando, portanto, alterações significativas a ponto de acarretar riscos à saúde e ao meio ambiente.

Por ser um resíduo natural, e desta forma biodegradável, poderia se afirmar que a serragem não causa maiores problemas, no entanto, devido ao tempo necessário para esta degradação natural e pelo volume deste resíduo concentrado em um determinado local pode trazer sérios problemas. A este respeito RECH (2002) diz que a deposição da serragem “*in natura*”, conforme figura 17, pode provocar problemas nas culturas agrícolas e florestais. A presença de extrativos diversos nesse material pode atingir níveis tóxicos para as plantas. O tempo necessário para que ocorra a decomposição e obtenha-se um “*composto*” em condições de poder ser aplicado diretamente ao solo é longo, sendo uma das principais limitações ao uso de resíduos como composto nos solos.



Figura 17 – Deposição inadequada de resíduos de serrarias (Fonte: do autor, Rolante/RS)

A legislação ambiental é cada vez mais severa, exigindo investimentos altos para o controle eficiente dos resíduos e efluentes gerados. As áreas de descarte de resíduos sólidos estão se tornando escassas, distantes e com custos de implantação e gerenciamento cada vez maiores. Um outro motivo para se preocupar com o destino dos resíduos é a crescente concorrência internacional que impõe barreiras não tarifárias, exigindo em muitos casos a certificação de origem da matéria-prima florestal, e ainda dos processos envolvidos na produção dos diversos bens de base florestal exportados (RECH, 2002).

Como consequência da escassez de matéria-prima, desponta uma valorização do preço da madeira e um melhor aproveitamento dos resíduos gerados durante o processo produtivo. Este remete a modelos

existentes que referenciam a utilização cíclica de resíduos, denominados *Emissões Zero* (MIRA et al., 1998).

O emprego mais comum dos resíduos do desdobro, no Brasil, tem sido na queima direta para a geração de energia e, a partir de um período mais recente no processo de fabricação de painéis aglomerados e *MDF* (chapas de fibras de média densidade). Entretanto, não se utiliza integralmente esses resíduos devido aos grandes volumes gerados, sua localização descentralizada, ou ainda às grandes distâncias dos centros consumidores, demandando altos custos de transporte. Por falta de uma destinação imediata, grandes quantidades desses resíduos foram simplesmente empilhados, permanecendo nessas pilhas por muitos anos, e encontram-se hoje em diversos estágios de decomposição. Muitas vezes os resíduos são simplesmente queimados a céu aberto, ou sofrem combustão espontânea com emissão de particulados finos para a atmosfera, provocando problemas respiratórios e reações adversas na população (RECH, 2002).

Na fase subsequente ao processamento, após a secagem, está o beneficiamento da madeira que também produz um significativo volume de resíduos de madeira. Segundo BITTENCOURT et al. (2002), o beneficiamento de madeira maciça seca produz de 15 a 30% de resíduos, que atualmente são queimados ou simplesmente lançados na natureza causando graves problemas ao meio ambiente, mas que poderiam também ser aproveitados para a fabricação de painéis de madeira reconstituída.

A utilização de resíduos e sobras deverá ser feita a partir de programas e mecanismos que permitam a agregação do valor aos mesmos. Esta agregação de valor é capaz de aumentar a competitividade das empresas processadoras de madeira, elevando os índices competitividade do setor como um todo, além de contribuir para a manutenção e criação de empregos diretos e indiretos. O aproveitamento de resíduos pode, ainda, auxiliar as empresas do segmento florestal a se adequarem dentro de parâmetros mais sustentáveis, considerando o risco de impactos ambientais negativos que representa a indevida destinação final de resíduos, especialmente da serragem no caso da madeira.

3.2 PRINCIPAIS DEFEITOS DA MADEIRA E SUAS POSSÍVEIS CAUSAS

As peças de madeira podem apresentar defeitos e falhas que podem comprometer os seus requisitos de resistência e tempo de duração ou que dizem respeito, simplesmente, aos aspectos que qualificam a sua apresentação. Alguns autores classificam os primeiros como defeitos e os segundos como falhas, ficando sua diferença na extensão e não no tipo de anomalia. A produção de madeira serrada com defeito implica não somente na produção de madeira com baixo valor agregado mas também diminui a sustentabilidade da indústria madeireira (figura 18).

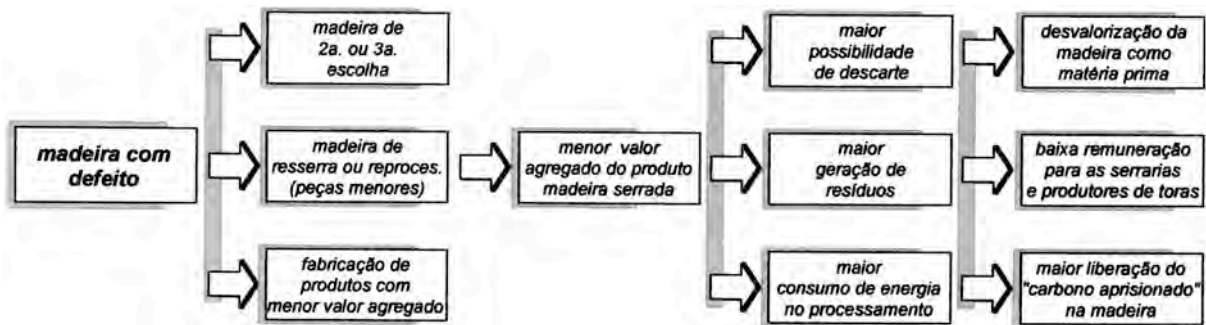


Figura 18 – Ciclo de produção e consumo da madeira serrada com defeito

A indústria madeireira tem um grande papel ambiental e social a cumprir, e a tecnologia deve evoluir para catalisar este processo. TOMASELLI (2000), diz que a indústria é o principal elemento no processo de transformação do potencial florestal em bens e serviços que, se devidamente valorados, irão, em última instância, garantir a sustentabilidade das florestas. Através do desenvolvimento da tecnologia para a indústria da madeira poderão ser melhorados os processos de tratamento de efluentes e minimizadas as emissões, numa indústria que cada vez mais se sofisticada e utiliza, além da madeira, outros insumos. Os desenvolvimentos tecnológicos são, ainda, importantes para reduzir perdas no processo e aumentar a reciclagem de madeiras. Estes e outros aspectos têm forte vinculação com a preocupação ambiental.

Conforme FREITAS et al. (1998), atualmente, além da escassez, grande parte da madeira é proveniente de florestas plantadas, e tem elevado custo de produção. Aquelas madeiras com boas características físicas e mecânicas são difíceis de serem encontradas e, ainda com custo extremamente elevado. Para solucionar este problema não são suficientes medidas conservacionistas ou de reflorestamento e sim um plano de conscientização a respeito do uso da madeira da forma mais racional possível.

A perda de material durante a fabricação de qualquer produto de origem da madeira é uma variável muito importante para o gerenciamento da produção. Ela fornece subsídios para uma otimização dos processos e é uma componente fundamental no cálculo de custos. As razões para esse baixo aproveitamento são bastante discutidas, e envolvem desde a própria madeira até questões culturais, conforme a figura 19. Dentre esses motivos podem ser citados a baixa qualidade das toras procedentes de reflorestamentos originários de incentivos fiscais, a falta de tecnologia adequada para um bom processamento e beneficiamento, a mão-de-obra desqualificada e a abundância de espécies nativas entre outras (BONDUELLE et al., 2002).

O parque industrial madeireiro brasileiro, que se ocupa com a produção de madeira serrada, possui somente algumas unidades de instalação mais recente que acompanham os quesitos de modernidade e

alta produtividade em relação aos seus equipamentos; no restante, a regra geral é a operação com equipamentos antigos, muitas vezes obsoletos e de baixa produtividade, gerando produtos com alta variabilidade de características e dimensões. Nessa condição, entretanto, verifica-se grande variabilidade da matéria-prima produzida, afetando o desempenho do maquinário mais moderno, muitas vezes importado, preparado para absorver variações dimensionais bem mais restritas do que aquelas apresentadas pela madeira serrada disponível. A solução passa pela adequação da qualidade do material produzido pelo setor industrial madeireiro, no que se refere às dimensões da madeira serrada e às variações admissíveis na indústria moveleira (SILVA & OLIVEIRA, 2001).

defeitos	causas dos defeitos			
	intrínsecos à madeira	desdobro	secagem	fatores externos
rachadura de topo	.	.	.	
rachadura de superfície			.	
nós	.			
medula	.			
furo de insetos				.
esmoado (deformação de quinas)		.		
empenamento		.	.	
bolsa de resina/quino	.			
inclinação da grã	.			
desbitolamento		.		
podridão				.
encruamento			.	
colapso			.	
cor	.			
relação cerne/alburno	.			
características físico-mecânicas	.			

Figura 19 – Principais defeitos da madeira e suas possíveis causas (Fonte: KIKUTI et al., 1996 apud SILVA, 2001)

Devido à conscientização ecológica, às necessidades econômicas do próprio mercado e também ao desenvolvimento tecnológico, observa-se que cada vez mais, está havendo um melhor aproveitamento da madeira. Nesse sentido, a continuidade do desenvolvimento das pesquisas é imprescindível, para fazer dos resíduos cada vez mais uma fonte para novos recursos. Dentro de um conceito denominado “mais ecológico” para o destino final da sobra dos processos industriais vem aumentando a busca por novas alternativas para a “*reciclagem*” deste material (BONDUELLE et al., 2002).

3.3 POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DAS SOBRAS E RESÍDUOS DE SERRARIAS

Diversos indicadores mostram o grande potencial para utilização dos resíduos do processamento de toras de madeira pelas serrarias:

- são oriundos da madeira, que é um recurso renovável;
- estão disponíveis em grandes quantidades e a custos baixos;
- tudo indica que poderão ser processados por métodos simples e baratos.

Uma vez caracterizadas as sobras, quer na forma de resíduos do processamento ou do descarte (refugo) decorrentes da inadequação de processos, especialmente aqueles comportados na fase do desdobro, caberá analisar as possibilidades do seu uso. Para o aproveitamento destes resíduos ou descartes existem basicamente quatro possibilidades:

- **geração de energia**

Segundo RECH (2002), a madeira gera mais de 20% da energia primária produzida no Brasil, sendo utilizada para secagem de grãos e em pequenas empresas como padarias, olarias, indústrias cerâmicas, dentre outras. Entretanto tem crescido o número de caldeiras com base na biomassa de madeira, em empresas de grande porte, queimando principalmente resíduos de florestas e resíduos de serrarias. Necessário salientar, que entre as atuais opções práticas de combustíveis para geração de energia, a madeira é a que menos libera dióxido de carbono para a atmosfera. Considerando a região Sul, a necessidade de absorção desses detritos aumentou com o crescimento gradativo do volume gerado pelas empresas madeireiras, principalmente o gênero *Pinus*. Face à necessidade de encontrar um destino para todo esse material, algumas empresas que já utilizavam caldeiras para gerar o vapor destinado à secagem da madeira processada, passaram a produzir energia elétrica, utilizando sistemas de cogeração. As indústrias aproveitam as aparas do processo produtivo para produzir mais vapor e também energia. Outra alternativa, mas ainda pouco difundida no Brasil é a fabricação de briquetes compostos com pequenos pedaços de madeira prensada, com objetivo de queima (BONDUELLE et al., 2002);

- **produção de celulose**

Talvez a utilização de resíduos de serrarias para a produção de celulose seja aquela que encontre uma maior dificuldade de implementação por parte das serrarias. A produção de celulose envolve um elevado grau de limpeza da matéria-prima, pois um mínimo de impureza presente no processo poderá inviabilizar toda uma linha de produção. Assim, para este caso além dos cuidados com seleção, limpeza e armazenamento do resíduo deverá ser adotado o descascamento das toras como operação inicial do processo de desdobro das toras;

- **utilização como composto agrícola condicionador de solo**

A preocupação de desenvolver sistemas de produção florestal sustentáveis é uma imposição prática e política que vem ganhando importância desde o final do século vinte. Esta preocupação, sem dúvida, envolve a utilização eficiente de insumos, particularmente nutrientes, água e energia, e a redução dos resíduos e efluentes, tanto de origem agrícola como industrial. O ideal seria que todo o resíduo orgânico gerado fosse transformado em produtos utilizáveis, através de processos de reciclagem práticos e econômicos, e destinados à reposição de nutrientes e de matéria orgânica no solo. Segundo RECH (2002), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (*EMBRAPA*) vem desenvolvendo pesquisas visando opções de usos em práticas silviculturais e na fruticultura, ou seja, a utilização de resíduos do processamento da madeira como insumo agrícola e florestal. Um resíduo que poderá ser amplamente utilizado na própria floresta como condicionador de solo de excelente qualidade são as cascas provenientes do descascamento de toras nos pátios das fábricas;

- **produção de painéis e vigas de madeira reconstituída ou de madeira sólida**

Até tempos atrás, o primeiro resíduo gerado pela cadeia produtiva da madeira era a tora oriunda de desbaste. Mas já no final do século XIX essas toras passaram a ser utilizadas pela indústria do papel, na Europa. A partir de 1930 essas toras tornaram-se parte integrante do processo de fabricação das chapas de partículas (aglomerado), de *MDF* (chapa de fibras de média densidade) e, mais recentemente, também passaram a ser utilizadas para o *OSB* (chapa de flocos orientados). Durante muito tempo as serrarias e as indústrias de fabricação de compensado laminado também foram grandes geradores de resíduos como serragem, cavacos de picadores, refilos de lâminas, e roletes, os quais eram jogados fora ou, quando aproveitados, apenas utilizados como combustível para caldeira. Gradativamente, tais detritos também foram se integrando ao fabrico de chapas (BONDUELLE et al., 2002).

Enquanto os dois primeiros se situam em uma faixa de decomposição imediata dos resíduos, os dois últimos dizem respeito a reciclagem dos resíduos e descartes em produtos a partir da madeira, possibilitando a manutenção do efeito *carbono aprisionado*.

Este leque de alternativas possibilita ao proprietário da serraria uma maior flexibilidade na escolha daquela que lhe é mais apropriada ou rentável. Segundo JOHN (2000), do ponto de vista da empresa geradora do resíduo a existência de alternativas de aplicações é importante porque permite:

- minimizar riscos de perder o mercado;
- criar alguma competição pelo resíduo, o que maximiza as possibilidades de obtenção de benefícios financeiros.

Em um estudo da avaliação do resíduo para uso na construção civil CINCOTTO (1988) apud JOHN (2000), propôs alguns critérios gerais para viabilizar tal uso. Estes critérios, aqui adaptados para o caso dos resíduos de serrarias, para a produção de chapas ou painéis de madeira reconstituída, deveriam ser:

- quantidade disponível em um local deve ser suficientemente grande para justificar o desenvolvimento de sistemas de manuseio, processamento e transporte;
- distâncias de transporte envolvidas devem ser competitivas com os dos recursos florestais até então utilizados;
- o material não deverá trazer problemas para o uso dos produtos em comparação com os materiais convencionais;
- estabilidade do fornecimento do resíduo (matéria prima) por período suficientemente longo que permita ao investidor amortizar seus custos;
- manutenção das características do resíduo dentro de determinados padrões de qualidade, em acordo com o estabelecido inicialmente.

A questão da utilização dos resíduos tem sido uma questão importante a ser considerada pelo processo de desdobro da madeira. Ainda que grande parte das serrarias escolha a opção de se livrar destes resíduos e descartes da maneira mais rápida e menos onerosa, é preciso desenvolver alternativas viabilizando a reciclagem do resíduo do processamento de madeira agregando-lhe valor através de uma adequação ambiental com potencial econômico que a torne uma opção atrativa. Segundo RECH (2002), a preocupação de desenvolver sistemas de produção sustentáveis é uma imposição prática, social, ambiental e política. Ambientalmente, as florestas plantadas, além de contribuir para a preservação das florestas nativas, são estratégicas na retirada do carbono da atmosfera, imobilizando-o na madeira.

A reciclagem de resíduos vai exigir uma mudança na cultura da empresa geradora. Embora dificilmente o resíduo venha a ser o negócio principal, ele terá que ser tratado de maneira dual: como resíduo, por imposição legal; e como produto, pois ele passará a contar com consumidores interessados em prazos, manutenção da qualidade, etc., assim como, para a maximização dos benefícios da reciclagem do resíduo, poderá requerer mudanças no processo de produção ou gestão dos resíduos, de forma a aumentar a sua capacidade de ser reciclado (JOHN, 2000).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS E SOBRAS EM FUNÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO EM PRODUTOS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA

A fabricação de materiais à base de madeira não é uma prática recente. Há mais de 40 anos (desde o final da II Guerra Mundial) que o desenvolvimento dessa tecnologia tomou força. Isso trouxe para as indústrias de transformação materiais capazes de substituir a madeira sólida em muitas situações. Atualmente, o consumo de madeira serrada está voltado para espécies de florestamento de crescimento vegetativo elevado (principalmente o Eucalipto e o Pinus). O grande mérito dos produtos à base de madeira refere-se ao aproveitamento das propriedades da madeira, com o melhoramento de tais qualidades devido à aplicação de estudos da ciência dos materiais e de tecnologia. A característica de apresentar uma estrutura mais homogênea e livre de defeitos, com melhores propriedades físico-mecânicas, resistência à biodeterioração e estabilidade dimensional maiores, garante um sólido mercado consumidor (MALONEY, 1996 apud GONÇALVES, 2000).

O aproveitamento significativo da tora de madeira para a produção de painéis ou chapas e peças de madeira reconstituída eleva os critérios de sustentabilidade na utilização do recurso florestal, se comparado à produção exclusiva de madeira serrada. Por outro lado, a existência desta tecnologia pode combinar tanto a utilização da madeira serrada como a produção de tais painéis e peças elevando os índices de aproveitamento do produto florestal gerando maior valor agregado tanto para as serrarias como para tais indústrias. A constituição desses produtos permite o aproveitamento, em alguns casos, de resíduos de madeira como matéria-prima, tais como serragem ou pó de serra, refugos de usinagem, lascas, maravalhas (cavacos em forma de lâmina), costaneiras, etc., sendo, portanto, ambientalmente corretos.

A tabela 8 mostra um comparativo do consumo de energia utilizada no processo de produção de painéis ou chapas de madeira reconstituída em relação outros materiais de construção.

Tabela 8 – Consumo de energia no processo de produção de painéis ou chapas em comparação com outros materiais de construção (Fonte: LINK & SING, 1997)

material	consumo de energia para a produção – KWh/m ³
madeira serrada	350
madeira laminada colada	1.200
aglomerado	2.210
compensado	3.240
chapas de fibras	3.400
tijolo de barro	1.360
cimento	1.750
gesso acartonado	1.820
PVC	24.700
aço	46.000
alumínio	141.500

Além da utilização de resíduos de madeira, os avanços da engenharia industrial já permitem um aproveitamento quase que total da tora em certas linhas de produção. GONÇALVES (2000) afirma que segundo a “*Composite Panel Association*” (CPA), cerca de 95% de uma tora pode ser usada na produção de *MDF* (chapas de fibras de média densidade) e de aglomerado (*Particleboard*). Na fabricação de chapas de flocos orientados (*OSB*) esta percentagem é reduzida a um aproveitamento médio de 85%, sendo menor ainda para a produção de compensados (*Plywood*), cujo processo usa, em média, somente 50% da tora (pode chegar até 65%). As serrarias, nas quais o desdobro de madeira sólida gera quantidades excessivas de resíduos, servem de provedoras desta matéria-prima industrial. As indústrias de produtos à base de madeira, conforme a figura 20, são exemplos de utilização racional de um produto natural.

Existe um número significativo de materiais à base de madeira. Alguns, especialmente no caso do Brasil, dependem de plantas industriais maiores envolvendo um grande capital imobilizado, tal como as chapas de madeira reconstituída, particulada e de fibras. Outros, produtores materiais a base de madeira como os produtos de madeira sólida colada (os chamados *PMVA* - produtos de maior valor agregado) que, embora aptos a serem fabricados em pequena escala e exigindo um investimento menor, têm dificuldades maiores de aceitação em um mercado altamente dominado pelos grandes produtores de chapas.

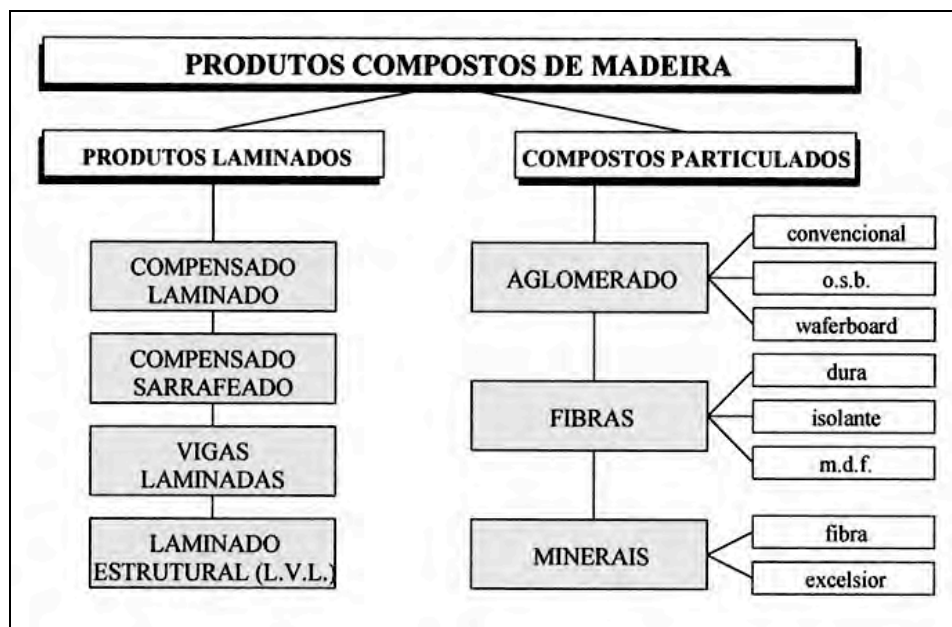


Figura 20 – Produtos de madeira reconstituída – esquema representativo (Fonte: MENDES et al., 2001)

Nos produtos de madeira reconstituída algumas siglas são industrial e comercialmente adotadas, como referência aos nomes originais de tais produtos na língua inglesa. Estes podem ser classificados em três grupos, em função da forma do material lenhoso utilizado na fabricação dos painéis ou chapas e das peças, baseado em GONÇALVES (2000), assim divididos:

a) lâminas:

- chapa de madeira compensada – (*Plywood – PW*)
- chapa de madeira sarrafeada – (*Blockboard – BB*)
- peça de madeira micro-laminada – (*Laminated Veneer Lumber – LVL*)

b) partículas:

- chapa de madeira aglomerada – (*Particleboard - PB*)
- chapa de flocos orientados – (*Oriented Strand Board – OSB*)
- chapa de flocos não-orientados – (*Waferboard – WB*)
- peça de flocos (ripas) paralelas – (*Parallel Strand Lumber – PSL*)
- peça de flocos orientados – (*Oriented Strand Lumber – OSL*)

c) fibras:

- chapa isolante – (*Insulationboard – IB*)
- chapa dura – (*Hardboard – HB*)
- chapa de média densidade – (*Medium Density Fiberboard – MDF*)
- chapas de fibras de madeira-cimento – (*Cement Bonded Wood*)

Os produtos de madeira sólida colada, embora possam ser enquadrados dentro do grupo daqueles produtos elaborados a partir de lâminas de madeira, serão analisados em um grupo especial denominados de produtos de maior valor agregado (*PMVA*). A diferenciação ocorre basicamente em função da existência de encaixes tanto de topo como lateral, denominados *finger joints*, e da inexistência de defeitos tais como nós, ou da possibilidade da adoção de madeiras com defeitos na sua constituição.

3.4.1 Chapas ou painéis de madeira reconstituída (painéis derivados de madeira)

Os painéis ou chapas de madeira compostos são produtos de larga utilização na atualidade. Facilmente encontrados na indústria moveleira brasileira, eles também são utilizados na construção civil desde formas para execução de vigas e colunas de concreto até em produtos acabados como portas, divisórias, forros e pisos industrializados. São ainda utilizados na indústria de embalagens, caixarias e paletes. Esta versatilidade em seu emprego e facilidade de aplicação são vantagens competitivas em muitos casos em relação ao emprego da madeira maciça. Por ser um produto industrializado, os painéis ou chapas tem dimensões definidas e padronizadas, oportunizando ao usuário economias em mão de obra e tempo de execução, se comparada com o uso da madeira na forma natural.

As chapas ou painéis de madeira reconstituída representam um setor industrial importante que gera um produto de larga utilização pela indústria moveleira e da construção civil, e traz outros benefícios, pois na medida que se aproveita melhor as árvores cortadas ou dá-se um melhor destino para os resíduos contribui-se para diminuir a pressão sobre o desmatamento, mantendo o equilíbrio ecológico e reduzindo a poluição (pela deposição indevida de resíduos), prolongando-se o efeito chamado *carbono aprisionado*, através de um produto que utiliza a madeira na sua constituição.

Outra característica das chapas é quanto às suas propriedades mecânicas que variam de acordo com o produto. No caso das chapas de aglomerado, tem-se uma constituição homogênea dos resíduos, permitindo-se afirmar que as tensões são iguais em todos os sentidos, dependendo da espessura da chapa. O mesmo ocorre com as chapas de *MDF* (chapas de fibras de média densidade) e as chapas de fibra. A propriedade que varia, nesses casos, é a densidade. Para o *Plywood* tem-se as chapas de madeira compensada e sarrafeada. A primeira composta por lâminas de madeira dispostas alternadamente em relação à direção das fibras, coladas e prensadas, obtendo-se desta forma uma boa resistência mecânica. Nas chapas sarrafeadas, o miolo é formado por sarrafos, colados e prensados com revestimento de lâmina de madeira, chapas de fibra ou aglomerado, resultando num produto de boa resistência mecânica (TIBÚRCIO & GONÇALVES, 1998).

Dentre os painéis de madeira reconstituída, são produzidos aqueles com características estruturais, tipo *LVL* e *OSB*, já produzidos no Brasil e os tipo *PSL* e *OSL*, ainda não produzidos. Segundo MENDES & IWAKIRI (2002), a utilização de painéis estruturais, à base de madeira, na construção civil, principalmente na América do Norte e Europa, é significativa. Além disto este setor encontra-se em contínua evolução tecnológica, substituindo materiais tradicionalmente empregados neste segmento, como o concreto, o aço e, até mesmo, produtos derivados da própria madeira, como o compensado. As vantagens na utilização de painéis estruturais são de natureza econômica e ecológica, pois apresentam consumo energético relativamente baixo na produção, além de usarem como matéria-prima recurso natural renovável, e um material orgânico biodegradável.

A indústria brasileira produtora de chapas ou painéis de madeira reconstituída é caracterizada por uma defasagem em relação à implantação de seu parque fabril, conforme apresenta a tabela 9. Esta indústria é caracterizada por plantas industriais de grandes proporções e investimentos vultuosos que demandam, para que o produto se mantenha competitivo num mercado cada vez mais exigente, uma constante evolução, visando atingir novas e direcionadas características destes, a fim de conquistar novas e mais específicas utilizações, agregando valor ao produto.

Segundo MENDES & ALBUQUERQUE (2000), o incremento no uso da madeira, para produção de produtos reconstituídos, é uma tendência evolutiva irreversível. O Brasil apresenta excelente condições, à curto prazo, para a produção de painéis estruturais de madeira reconstituída, devido à experiência com os recursos silviculturais de Eucalipto e Pinus, atualmente plantados em larga escala. Outrossim, as condições climáticas propiciam uma curta rotação, reduzindo significativamente os custos, se comparado com os países de Primeiro Mundo. A oferta futura de madeira maciça possui uma tendência declinante, portanto, é de suma importância o desenvolvimento de esforços a fim de evoluir a oferta em variedade e quantidade de produtos reconstituídos, objetivando o aproveitamento máximo da madeira, a exemplo do *fineboard*, que é um produto reconstituído a partir do pó da madeira.

Tabela 9 – Cronologia da produção de painéis de madeira (Fonte: adaptado de IWAKIRI, 2002)

produtos	mundo	Brasil	defasagem(anos)
madeira mineralizada	1880	1956	76
compensados	1913	1940	27
chapas de fibras	1930	1955	25
aglomerados	1950	1966	16
MDF	1970	1998	28
waferboard	1975	---	---
OSB	1975	2001	26
LVL	1970(aprox.)	2001(*)	31(aprox.)

(*) produzido apenas para o mercado externo

O conceito básico das chapas é o uso de madeira de reflorestamento e o aproveitamento de resíduos e rejeitos da indústria madeireira e serrarias, contribuindo assim de forma substancial à preservação do meio ambiente. Poderia se supor que a substituição de toras por resíduos e sobras de serraria traria uma redução significativa no preços dos painéis ou chapas derivadas da madeira. A figura 21, embora refira-se a um estudo não atualizado, traz um comparativo dos custos de produção de algumas chapas ou painéis, mostrando que a madeira é apenas uma parte da composição destes custos. Tais custos, que exercem um importante papel na composição total do custo da chapa, referem-se, principalmente,

à resina e aditivos químicos (empregados para aumentar a resistência das chapas ao fogo, umidade e ataque de fungos e insetos).

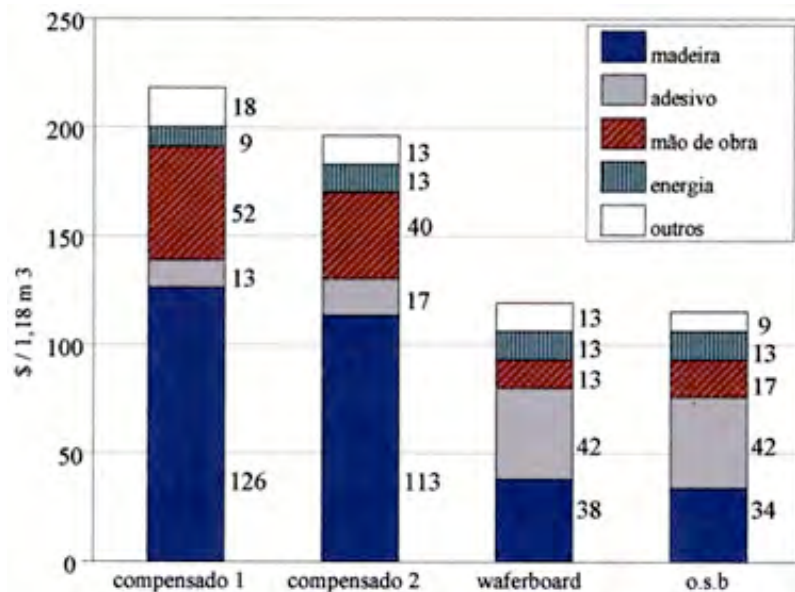


Figura 21 – Comparação dos custos de produção entre compensado de coníferas, *waferboard* e *OSB* (Fonte: MALONEY, 1984 apud MENDES et al., 2001)

O surgimento dos painéis ou chapas de madeira está associado à utilização de colas adesivas. A este respeito FERREIRA et al. (1992) dizem ser esta habilidade dos adesivos em transferir tensões de uma peça ou partícula a outra, através de um filme pouco espesso ou gotículas, o que revolucionou a utilização da madeira como material de construção.

Inicialmente os processos que envolviam a colagem de madeira utilizavam adesivos de origem animal ou vegetal (albumina, caseína, amido, etc.), colas estas sujeitas ao ataque de fungos ou roedores. Posteriormente, com o desenvolvimento de resinas sintéticas e sua utilização como adesivo, tornou-se possível a obtenção de ligações mais leves e de alta resistência. Estes adesivos sintéticos podem ser classificados em função da sua termo-estabilidade (termo-estáveis ou termo-plásticos) ou em função da sua durabilidade quanto expostos a água (à prova d'água, resistentes à água e os não resistentes à água). Os principais e mais difundidos são: fenol-formaldeído (resinas fenólicas, designação genérica de polímeros resultantes de fenóis e aldeídos), resorcinol-fenol-formaldeído, melamina-formaldeído, uréia-formaldeído. Bastante conhecidos, ainda, são o isocianato e o acetato de polivilina (*PVA*).

O processo de enresinamento é um dos mais importantes na fabricação de compósitos particulados de madeira. O custo da resina ainda é uma parcela considerável dos custos na fabricação das chapas, custos estes que se acentuam em particulados (aglomerados) e de fibras de média densidade (*MDF*) e

o compensado. Segundo BITTENCOURT et al. (2002), faz-se necessário que o processo vise a obtenção de determinada eficiência no enresinamento para se ter chapas com propriedades ótimas e com um mínimo de consumo de adesivo. A produção comercial de compósitos utilizando-se os resíduos de madeira como matéria-prima complementar é uma realidade na Europa e Estados Unidos. No Brasil esta realidade ainda é recente, pois o desinteresse comercial possivelmente deve-se à “grande” quantidade de matéria-prima virgem disponível e pela estrutura dos parques fabris aptos a trabalhar somente a partir de toras. Existe, assim, a necessidade de pesquisas dentro desta área, adequadas à realidade local.

A possibilidade da utilização de sobras e resíduos de madeira na fabricação de painéis e chapas de madeira reconstituída serve para aumentar a sustentabilidade na utilização das florestas, especialmente das florestas plantadas, como insumo na produção de produtos madeiráveis. No caso das serrarias o aproveitamento dos resíduos e sobras deve ser acompanhado de decisões que mantenham sua qualidade, tais como classificação por espécie, idade da tora, seleção de tipos, armazenagem e, principalmente, os critérios de limpeza e ausência de contaminação. Isto permite que o resíduo possa ter uma aplicação ampliada a partir do uso para diferentes painéis ou chapas de madeira reconstituída.

3.4.1.1 Identificação dos principais painéis ou chapas de madeira reconstituída produzidos no Brasil

Os diversos painéis ou chapas, apesar de serem considerados substitutos entre si, cada um deles tem o seu potencial ideal para uma determinada utilização, conforme apresenta a figura 22.

As características e propriedades são determinadas, fundamentalmente, pelos diferentes aspectos construtivos, inerentes aos processos de fabricação de cada produto. Os painéis ou chapas de madeira reconstituída apresentam algumas semelhanças entre si, no entanto, muitas vezes para aplicações distintas.

Os produtos apresentados, referem-se a todos aqueles painéis ou chapas de madeira reconstituída produzidos no Brasil, que são: chapas de madeira compensada sarrafeada, chapas de fibras (isolante e chapa dura), *MDF* (chapas de fibras de média densidade), chapas aglomeradas, *OSB* (chapas de flocos orientados) e chapas de madeira mineralizada.

Os painéis ou chapas de madeira reconstituída, em que pese seu largo uso na indústria moveleira, têm na construção civil, conforme a figura 22, uma grande diversificação de usos e, em muitos casos, podem substituir a madeira maciça com vantagens.

tipo de painel/chapa	aplicações na construção civil	outras aplicações
compensado laminado <i>plywood</i>	<ul style="list-style-type: none"> paredes divisórias ou miolo para paredes divisórias, pisos e forros não estruturais, portas e escadas internas, placas estruturais, aplicações decorativas em paredes, formas para concreto 	<ul style="list-style-type: none"> embalagens e carrocerias indústria moveleira em geral material esportivo brinquedos indústria naval instrumentos musicais
compensado sarrafeado <i>blockboard</i>	<ul style="list-style-type: none"> paredes divisórias ou miolo para paredes divisórias tipo <i>dry-wall</i>, portas internas, placas estruturais, aplicações decorativas em paredes, formas para concreto 	<ul style="list-style-type: none"> embalagens indústria moveleira em geral
aglomerado <i>particleboard</i>	<ul style="list-style-type: none"> paredes divisórias, forros e base para pisos finos, base para degraus de escadas internas 	<ul style="list-style-type: none"> indústria moveleira em geral
painel de partículas orientadas <i>OSB</i>	<ul style="list-style-type: none"> forro para telhados, base para paredes e pisos, tapumes e divisórias, placas estruturais isolantes, garagens e barracões, plataformas, formas para concreto, alma para vigas em “I”, placas estruturais de apoio e placas decorativas 	<ul style="list-style-type: none"> embalagens (empacotamento, engradamento e <i>pallets</i>) armações para móveis e aplicações na indústria moveleira em geral uso decorativo
painel de fibras de média densidade <i>MDF</i>	<ul style="list-style-type: none"> rodapés, almofadas para portas, divisórias, portas usinadas, batentes, base para pisos laminados finos, balaústres e peças torneadas 	<ul style="list-style-type: none"> indústria moveleira em geral, especialmente em casos que exigem usinagens especiais brinquedos bricolagem
painéis isolantes (de fibras) <i>Insulationboard</i>	<ul style="list-style-type: none"> paredes isolantes e forros isolantes (isolamento térmico e acústico) 	<ul style="list-style-type: none"> indústria moveleira em aplicações especiais de painéis isolantes para móveis
chapas de fibras duras <i>hardboard</i>	<ul style="list-style-type: none"> paredes divisórias, forros, paredes e forros com efeitos acústicos 	<ul style="list-style-type: none"> componentes para móveis fundos para quadros brinquedos bricolagem
madeira mineralizada <i>ciment bonded wood</i>	<ul style="list-style-type: none"> paredes isolantes termo-acústicas, portas corta fogo, forros, base para pisos, fechamento de paredes de casas pré-fabricadas (fachadas) 	

Figura 22 – Principais painéis/chapas compostos de madeira produzidos no Brasil - aplicações (usos) na construção civil e outros usos

Ainda que algumas indústrias de produtos à base de madeira tenham como carro-chefe o aproveitamento de resíduos e o uso racional de madeira de florestas plantadas, não diferente da maioria das indústrias, seus processos produtivos geram alguns impactos ambientais. Os principais problemas são as emissões de formaldeído e as águas residuais.

a) Chapas de lâminas de madeira

3 Compensado de lâminas de madeira (*Plywood*)

Por definição o compensado é um painel composto por várias lâminas finas de madeira, obtidas através do processo de laminação de toras (principalmente por toras de maior diâmetro), coladas entre si por um adesivo. As lâminas, geralmente em número ímpar, são superpostas tendo suas fibras posicionadas ortogonalmente entre si. Este cruzamento dá ao painel excelente resistência mecânica nas direções paralela e transversal a seu comprimento, tornando-o virtualmente a prova de rachamento e de movimentação (contração e expansão).

A produção das lâminas de madeira pode ocorrer de três formas: por operações de serramento, por plaina fatiadeira ou por tornos desfolhadores (laminador). A primeira e a segunda operação sofrem restrições devido às variações de uma lâmina para outra (limitadas pelo diâmetro da tora), do processo lento onde as lâminas são feitas uma a uma e da perda de material causando um encarecimento do processo. Por isto a utilização de tornos laminadores é o método mais largamente empregado. Após o refilo e a secagem, as lâminas de madeira, são classificadas e reparadas de modo a superar problemas como: a presença de bolsas de resinas, nós ou fendilhamento; tornando-as aptas para a aplicação de adesivo, empilhamento adequado a pré-prensagem e, finalmente, a prensagem plana a quente e o ajuste final por serras esquadrejadeiras, dentro dos padrões definidos.

O compensado laminado é, sem dúvida, aquele de mais larga utilização na construção civil. Seu uso mais comum tem sido para a elaboração de formas, construções provisórias, tapumes de obras e base para pisos e forros. Com o ingresso de outros painéis no mercado e novos materiais substitutos a preços mais atrativos, além da escassez de toras de maior diâmetro para laminação, o consumo do compensado laminado observa uma tendência à diminuição em sua expansão/produção.

Conforme IWAKIRI & SALDANHA (2002) os fatores que determinam o enquadramento de um produto de madeira reconstituída dentro dos requisitos básicos para uma determinada aplicação são: a espécie de madeira, tipo de adesivo e a tecnologia de produção. Assim, os principais tipos e sub-tipos de painéis compensados laminados (*Plywood*) e suas aplicações mais indicados, são assim classificados:

- compensado de uso geral: uso interno e indústria moveleira;
- compensado para forma de concreto: uso exterior/prova d'água - construção civil;
- compensado decorativo: uso intermediário e revestidos com lâminas decorativas naturais e celulósicas - indústria moveleira e marcenaria;
- compensado industrial: uso exterior/prova d'água - embalagens;

- compensado naval: uso exterior/prova d'água - construção civil;
 - compensado resinado: usos específicos/resistente à água na superfície - construção civil;
 - compensado plastificado: usos específicos/revestidos com filme sintético na superfície – construção civil.
- **Compensado sarrafeado (*Blockboard*)**

Os painéis de compensado sarrafeado são compostos tanto por lâminas como por sarrafos de madeira e, conforme GONÇALVES (2000), sua fabricação envolve as operações presentes na produção das chapas de compensado (*Plywood*), somada a algumas operações características de serrarias, onde a tora é desdobrada e se transforma em madeira serrada.

O compensado sarrafeado surgiu como alternativa ao compensado tradicional. Este painel especial de madeira apresenta um miolo formado por sarrafos estreitos colados lateralmente (*edge glued*) ou juntados por um fio de cola (*string glued*), recebendo em suas superfícies (capa e contracapa) uma camada de lâmina ou lâminas de madeira.

O compensado sarrafeado surgiu como alternativa de aproveitamento das florestas renováveis, diminuindo, com isso, os custos e a dependência das madeiras tropicais. O miolo do painel é composto de um material com baixo fator de anisotropia e um rigoroso controle de umidade, para possibilitar uma boa colagem e uma melhor performance de utilização; normalmente, utilizam-se sarrafos de Pinus ou Eucalipto. O sarrafeado tem um mercado garantido em todos os países onde já se tem uma preocupação ambiental, porque representa um produto natural, econômico e, principalmente, renovável. O compensado sarrafeado (*blockboard*) substitui, em muitos casos, o compensado tradicional, com ganhos em custo de manuseio, por apresentar peso específico menor. A sua principal utilização é na indústria moveleira e na construção civil, onde detém vantagens de custo com relação aos produtos alternativos. Outros usos e adaptações podem ser dados ao produto, graças à sua versatilidade e ao crescimento tecnológico do setor (SILVA & OLIVEIRA, 2001).

Esta chapa sarrafeada, que é caracterizada pela união de vários sarrafos traz uma importante vantagem em relação ao compensado convencional, que é a possibilidade de reaproveitar peças de pequenas dimensões para a sua elaboração, e ainda na variedade dos tipos de madeiras que se possa utilizar. Neste caso pode-se incluir o aproveitamento de sobras e resíduos de serrarias, tais como peças descartadas, costaneiras e aparas, desde que acompanhe as dimensões apropriadas bem como os requisitos de qualidade exigidos.

Segundo a ABNT o miolo constituído por sarrafos poderá ter uma largura máxima de 40 mm, devendo ser aplainados para uniformização da espessura e facilidade de colagem. O miolo é revestido por uma

lâmina (contracapa) como camada de transição, com a grã no sentido perpendicular ao miolo e, finalmente, uma outra lâmina (capa) de melhor qualidade, que é colada no sentido paralelo aos sarrafos, que compõe o miolo (SILVA & OLIVEIRA, 2001).

Esta derivação do compensado convencional gerou também vários tipos de chapas do tipo *Plywood* e *Blockboard*. Existe uma terminologia empregada que diz respeito a diferenciação destas chapas pela composição do miolo, assim, as denominações mais usuais são:

- *wood core plywood*: composto de madeira maciça ou lâminas;
- *battenboard*: composto de ripas de madeira maciça maiores de 30mm de largura;
- *blockboard*: composto por ripas de madeira maciça com largura entre 7 mm e 30 mm;
- *laminboard*: composto por ripas/lâminas de madeira maciça de largura menor que 7 mm;
- *composite plywood*: composto por outros materiais que não a madeira maciça (aglomerados, serragem, cavacos, etc.)

b) Chapas de partículas de madeira

- **Chapa de madeira Aglomerada – *Particleboard* ou *Chipboard***

Também conhecida como chapa de partículas de madeira (*Particleboard*), sua produção envolve a aglutinação de pequenas partículas de madeira ou outro material lignocelulósico, os quais são misturados com adesivos sintéticos (fenol-formaldeído, resorcinol-fenol-formaldeído, melamina formaldeído, uréia formaldeído, isocianato e acetato de polivinila) sob a ação de calor e pressão por um determinado período de tempo. Podem ser produzidas por prensagem ou extrusão.

O processo de fabricação da chapa de madeira aglomerada pode ser, esquematicamente, assim representado, quando produzido por prensagem: estocagem da matéria-prima (resíduos, serragem, flocos, cavacos, madeira serrada e madeira roliça), trituradores, secadores, classificadores, misturadores, formadores de colchão, pré-prensa, prensa, refiladores, lixamento e acabamento. Da mesma forma pode-se estabelecer esquematicamente a produção por extrusão, diferenciando-se no momento em que a mistura partícula/adesivo segue para a prensa por extrusão, corte automatizado e empilhador.

Portanto, aglomerado é a chapa de madeira obtida pela prensagem ou extrusão da mistura de partículas de madeira misturada com cola e/ou aditivos, com densidade especificada como segue:

- baixa densidade: até 590 kg/m³;
- média densidade: de 590 a 800 kg/m³;

- alta densidade: acima de 800 kg/m³.

Conforme SILVA & OLIVEIRA (2001), o aglomerado brasileiro é oferecido ao mercado sob quatro formas distintas, assim denominadas:

- aglomerado cru: tipo de aglomerado que não recebe nenhum acabamento superficial na fábrica;
- aglomerado com revestimento laminado de madeira: obtido em faqueadeiras especiais, as folhas de madeira são lâminas de árvores nativas ou de árvores plantadas, normalmente Pinus;
- aglomerado revestido com papéis melamínicos de baixa-pressão (*BP*): tipo de acabamento de fábrica, consistindo de uma aplicação de uma resina melamínica, sob temperatura e pressão. As chapas podem apresentar cores plenas, madeiradas ou fantasia;
- aglomerado revestido com folhas acabadas denominado *finish-foil (FF)*: tipo de acabamento de fábrica, consistindo de uma aplicação que é uma película de papel colada ao aglomerado, com padrões madeirados, em cores ou fantasia.

Os painéis de madeira aglomerada no Brasil tem sido, ao longo de sua história, caracterizados por preços mais elevados do que os painéis encontrados no mercado internacional. Isto é atribuído a alguns fatores, tais como:

- elevada estrutura de custos da indústria nacional, uma vez que o aglomerado nacional é feito quase exclusivamente com madeira de toras, enquanto, na maioria de outros países, são utilizados resíduos (serragem de madeira);
- elevado grau de concentração industrial, tanto na oferta da matéria-prima madeireira como na oferta de outros insumos do processo;
- defasagem tecnológica de algumas empresas;
- oferta limitada e concentrada, onde poucas empresas dominam o setor.

A utilização de resíduos de madeira, especialmente aqueles oriundos de serrarias, vem sendo estudada (em alguns poucos casos já adotada) pelas empresas produtoras de painéis ou chapas no Brasil, em função das previsões que apontam a possibilidade da escassez de madeira. Embora, teoricamente a maior parte dos resíduos possam ser utilizados no processo de produção de aglomerados, existe a exigência da necessidade do resíduo ser limpo, necessitando que as serrarias se adaptem para o desdobro de madeira sem a casca. A presença da casca no resíduo tanto diminui a qualidade da superfície destas chapas como diminui a sua resistência. Por seu lado, os fabricantes terão que adaptar

sua linha de produção para receber também resíduos pois, em sua grande maioria, estão previstas apenas para o recebimento de *toretas* (toras de menor diâmetro) de madeira.

Recentemente surgiram no Brasil outras chapas e painéis tais como o *MDF* (chapas de fibras de média densidade) e o *OSB* (chapas de flocos orientados) que, embora com suas características particulares, podem vir a substituir o aglomerado convencional com preço competitivos. Isto forçou os fabricantes de aglomerados convencionais a fazerem investimentos tanto na expansão da produção como na modernização do parque industrial, para que o aglomerado continue sendo uma matéria-prima importante para a indústria moveleira.

- **Chapa *OSB* ou chapa de flocos orientados**

O *OSB* (*Oriented Strand Board*) ou chapa de flocos orientados é um painel estrutural, de natureza multilaminar, com as partículas da superfície alinhadas no comprimento do painel; as partículas que formam a camada interna são depositadas aleatoriamente ou orientadas perpendicularmente às camadas da face (SILVA & OLIVEIRA, 2001).

O desenvolvimento da tecnologia para fabricação de chapas de madeira aglomerada com flocos orientados (*OSB*) foi a necessidade de melhorar a resistência das chapas de madeira aglomerada comum. Inicialmente essas chapas eram utilizadas no miolo das chapas compensadas substituindo as chapas de lâminas ou sarrafos. Este desenvolvimento realizou-se devido ao aumento constante dos preços das toras e dos altos custos da mão-de-obra na produção de lâminas, além de permitir a utilização de madeiras inferiores como também a madeira roliça de pequeno diâmetro.

Para a produção de chapas *OSB* foram desenvolvidos vários sistemas especiais de espargimento orientado. Estes sistemas são compostos de módulos que podem ser combinados para corresponder ao material trabalhado e a direção a ser dada as partículas. De acordo com as combinações modulares adequadas são possíveis quatro sistemas de espargimento: orientação longitudinal, orientação transversal, orientação longitudinal e transversal e um sistema de espargimento simultâneo das camadas de flocos orientados.

As chapas *OSB* são utilizadas em casos em que devem resistir a cargas elevadas. As áreas principais de utilização das chapas *OSB* são a indústria de construção civil, fábricas de móveis (para peças de cargas elevadas) e para construções internas.

Conforme SILVA & OLIVEIRA (2001), o *OSB* tem substituído o compensado em vários usos, por diversos motivos:

- diminuição substancial da disponibilidade de toras de qualidade para laminação;

- o *OSB* pode ser feito com espécies de baixo valor comercial e toras de pequeno diâmetro, com espécies de rápido crescimento;
- a largura do painel do *OSB* é determinada pela tecnologia do processo industrial e não pelas dimensões das toras, como é o caso do compensado;
- o painel *OSB* não apresenta delaminação, espaços internos vazios ou buraco de nó;
- o painel *OSB* é um produto versátil, de excelente resistência em relação ao peso, fácil manuseio e instalação e recomenda a utilização de ferramentas convencionais;
- é um painel facilmente usinável, produzido numa ampla faixa de espessuras e apresenta a mesma qualidade nas faces em ambos os lados.

Quanto ao uso de resíduos ou sobras de serrarias na produção de chapas *OSB*, embora possível, é ainda limitado. Além da madeira com defeito, os resíduos (todos sem a presença da casca) a serem aproveitados são os refilos e as costaneiras. A limitação ocorre porque os resíduos podem gerar partículas menores e uma geração maior de pó de madeira o que pode diminuir a qualidade estrutural do painel. Este problema poderia ser resolvido com a utilização de peneiras de seleção das partículas e da incorporação destes, de maneira percentual, na camada interna da chapa devido a sua maior variabilidade. No entanto, como se trata de uma utilização parcial pequena, talvez não seja convidativo às empresas investirem na utilização dos resíduos de serrarias.

c) Chapas de fibra de madeira

- **Chapa de fibra isolante ou *Insulationboard***

O princípio básico é a formação da manta sobre uma malha de arame e a posterior retirada do excesso de água por sucção. Uma suave compressão é implementada para reduzir o conteúdo de água e definir a espessura final da chapa. Esta sai do equipamento formador com um teor de umidade entre 50 e 80% (base úmida), sendo em seguida desumidificada rapidamente até um coeficiente entre 1 a 3% (base seca), para evitar empenamentos ou desfolhamentos durante o corte. Finalmente as chapas são esquadrejadas e tratadas com eventuais impregnantes, selantes e preservativos contra fungos e insetos (GONÇALVES, 2000).

As chapas isolantes (*insulationboard*), produtos de baixa densidade e altas propriedades de isolamento termo-acústica, foram desenvolvidas a partir de subprodutos da indústria de papel. Largamente utilizadas pela construção civil, têm seu aproveitamento tanto no uso interno e externo, estrutural e decorativo.

- **Chapa de Fibra de Alta Densidade ou *Hardboard***

As chapas de fibra denominadas de chapas duras de fibras de madeira, popularmente conhecida no mercado brasileiro pelo nome de seus fabricantes, *Eucatex* ou *Duratex*, são produzidas à partir de filamentos de materiais lenho-celulósicos, à partir da polpa das fibras da madeira, com adição de alguns produtos químicos para melhorar suas propriedades, principalmente quanto a resistência, à umidade e a resistência ao fogo. De acordo com suas características, podem ser classificadas em:

- chapas isolantes: densidade inferior a 400 kg/m^3 , formada sob baixa pressão;
- chapas normais: densidade de 400 a 900 kg/m^3 , formada sob média pressão;
- chapas rígidas: densidade de 900 kg/m^3 a 1000 kg/m^3 , formada sob alta pressão.

A chapa dura é, normalmente obtida pelo processo úmido, que utiliza no processo uma considerável quantidade de água. Este método de obtenção, caracterizado por um elevado grau de poluição que causa às águas, fez com que a sua produção encontre-se em declínio em todo mundo e no Brasil, que é exportador, em um volume estacionário. Novos painéis emergentes, de espessuras finas, de 3 a 6 mm, como o *MDF*, apresentam-se como sérios candidatos para uma provável substituição.

- **Chapa de Média Densidade - *MDF* ou *Medium Density Fiberboard***

MDF é uma chapa de fibra de média densidade, constituída à partir da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas que o tornam um produto homogêneo em toda a sua superfície. A superfície do *MDF* é lisa, plana, uniforme, densa, livre de nós e com homogeneidade de grãos. Todas estas características permitem operações de acabamento com qualidade e boa trabalhabilidade além da resistência ao ataque de microrganismos. Por apresentar essas características, é ideal para ser revestido com acabamentos diversos que podem ser: pintura, papel, *PVC*, lâmina de madeira e estampagem a quente. A solidez e uniformidade do *MDF* propiciam maior praticidade no trabalho, tanto nas superfícies como nos bordos. Propicia ainda o uso de técnicas convencionais para encaixar, entalhar, pintar, colar, laquear, cortar, parafusar, perfurar e moldurar. A presença de resinas sintéticas confere características adicionais de resistência mecânica e resistência à umidade e ao fogo.

As chapas de *MDF* são produzidas num processo seco. Estas chapas possuem espessuras de 8 a 40 mm e densidade de $0,60$ a $0,86 \text{ g/cm}^3$. O procedimento para elaboração do *MDF* é semelhante a produção de aglomerado. O diferencial básico é o uso de cavaco de madeira para o aglomerado; no caso do *MDF*, a madeira é transformada em fibra, dentre outros aspectos técnicos difere das chapas de partículas, segundo GONÇALVES (2000), principalmente pela distribuição uniforme da densidade em toda a espessura, o que permite a exposição da camada interna. A maioria dos parâmetros físicos de resistência é superior ao da madeira aglomerada, caracterizando-se, também, por possuir uma boa estabilidade dimensional e uma grande capacidade de usinagem.

O resíduo gerado é significativamente reduzido quando se usina *MDF* comparado a outros substratos. Estabilidade e resistência são importantes benefícios do *MDF*. Esta estabilidade contribui para um melhor controle de tolerâncias e precisão no processamento do produto, e suas características de resistência permitem o emprego de peças de menor dimensão.

A principal matéria-prima utilizada pelas fábricas de *MDF* é a madeira; no Brasil, a madeira utilizada é obtida de reflorestamento, de espécies selecionadas de *Pinus*, em função de melhor rendimento e coloração final da chapa, cuja cor mais clara tem maior aceitação no mercado (SILVA & OLIVEIRA, 2001). A utilização de resíduos ou sobras de madeira ou resíduos florestais vem recebendo incremento no seu emprego, especialmente pelas fábricas de instalação mais recente.

Nos países europeus esta chapa é basicamente produzida a partir de resíduos e sobras de madeira e até móveis usados e restos de outros painéis, pois a qualidade da matéria-prima e a forma do cavaco exerce uma influência menor na qualidade final do produto, uma vez que serão transformados em fibras.

d) Chapas compostas cimento-madeira

- **Chapas de madeira mineralizada - excelsior:**

A madeira mineralizada é formada por tiras de madeira (fragmentos em forma de fitas) impregnadas por substâncias antipútricas e antiparasíticas, ligadas por cimento *portland*, gesso ou o pó de magnésio. São produtos geralmente incombustíveis, de pouco peso, resistentes, e que podem ser revestidos como se fossem alvenaria. São bons isolantes térmicos e acústicos, e se prestam à vedação externa, por serem leves, especialmente quando o fator peso for relevante.

As aparas são obtidas por máquinas com garras que arranham a madeira, reduzindo-a a tiras ou fitas. Após isso, são tratadas através de um processo de mineralização que as torna imputrescíveis e incombustíveis e misturadas com o cimento, e então prensadas na forma de chapa. São empregadas, na sua forma original como chapas para vedação, ou com formatos diversos, para fins específicos, tais como os pisos pré-fabricados, com o interior oco (VERÇOSA, 1975).

- **Painéis cimento-madeira:**

Compósitos biomassa vegetal-cimento podem ser utilizados para as mais diversas finalidades. As principais vantagens no uso destes compósitos são: disponibilidade de matéria-prima em grandes quantidades (podem ser utilizados resíduos de agroindústrias tais como, partículas de madeira e casca de arroz); baixa massa-específica – variando de 400 a 1500 kg/m³, o que permite sua utilização como painel de fechamento, forros, telhas, etc; isolamento termo-acústico; impermeabilidade; resistência

mecânica - sua resistência à compressão é inferior à de outros concretos leves, mas a relação entre tração e compressão passa de 1/10 no concreto convencional para 1/2 a 1/4 nos compósitos biomassa vegetal-cimento (BERALDO, 1997 apud PIMENTEL & BERALDO, 2002).

3.4.1.2 Painéis e peças de madeira sólida (PMVA – produtos de maior valor agregado)

É importante considerar que a madeira, mesmo tendo vantagens ambientais por ser um produto natural e renovável, compete globalmente com outros produtos. Para garantir a competitividade no mercado, os vários produtos, incluindo a madeira, vêm evoluindo ao longo dos anos. Os produtos de madeira maciça, também chamados de engenheirados, são recentes e têm sido um fator importante para garantir mercados e abrir novos nichos. A nova tecnologia da madeira deverá, necessariamente, considerar estes produtos, especialmente no caso do Brasil cujos reflorestamentos têm hoje uma contribuição significativa na indústria de produtos de madeira sólida (TOMASELLI, 2000).

A falta de padrões de qualidade dos plantios florestais existentes, para a obtenção de madeira serrada, pressupõe um baixo índice aproveitamento das toras que são destinadas às serrarias. Um nicho que leva em conta a superação dos problemas da madeira processada poderá ser este dos produtos de maior valor agregado (produtos elaborados) que são os painéis ou peças de madeira sólida.

Os painéis de madeira maciça são produtos tecnologicamente desenvolvidos para serem utilizados na indústria moveleira e na construção civil porque apresentam características mecânicas que possibilitam o seu emprego em diversas funções tais como:

- fabricação de todo o tipo de mobiliário onde é empregado o uso de madeira maciça;
- fabricação de pisos, molduras e esquadrias de madeira para uso interno, entre outros.

Por ser um painel com fabricação a partir de sarrafos, preferencialmente até 75 mm de largura, ele apresenta estabilidade quanto ao empenamento, desde que o seu processo de fabricação tenha sido executado dentro das normas e exigências para este tipo de painel e observadas as características físicas da madeira a ser utilizada (BERNARDI, 2002).

Entre os vários produtos engenheirados que estão no mercado nacional, e cuja tecnologia é dominada pela indústria, podem ser citados os conhecidos como *finger jointed* e os painéis colados lateralmente. Outros produtos já são conhecidos há muito tempo no Brasil, mas a penetração dos mesmos, por uma ou outra razão, tem sido bastante lenta. Este é o caso das vigas laminadas de madeira. Produtos mais avançados, como o *LVL* e o seu uso estrutural em combinação com o *OSB*, ainda são (praticamente)

desconhecidos no país. Mesmo com diferentes graus de conhecimento ou de penetração no mercado, existe a necessidade de desenvolvimentos tecnológicos, o que não tem sido devidamente contemplado pela academia (TOMASELLI, 2000).

Estes produtos, também denominados de produtos de maior valor agregado, podem ter seus elementos pré-cortados por serrarias (sarrafos) e acabados em indústrias onde são emendados, colados e lixados ou então montados em placas, tais como os pisos elaborados a partir de pequenas peças de madeira. Para que as serrarias ingressem neste segmento, exige-se além da introdução de máquinas ou reaproveitamento do maquinário existente, também a necessidade, para linhas de produção de *PMVA*, da separação e organização das sobras e a observação criteriosa de processos de secagem da madeira.

O surgimento desta linha de produtos engenheirados com processos mais modernos e baixos custos tornam a qualidade da madeira menos relevante. Sistemas como as emendas (*finger joint*), de colagem a quente (*edge glue*) e da detecção automática de defeitos servem para superar os problemas existentes na madeira serrada. Esta é, talvez a melhor forma de se aproveitar sobras e descartes de madeira de serrarias pois poderão ser elaborados produtos a partir de pequenas peças. Por outro lado a utilização deste sistema pressupõe basicamente duas questões: a necessidade de investimentos na secagem da madeira e a geração de um volume maior de resíduos (serragem, refilamentos e aparas) a partir da reserra, para se obter as peças de madeira livres de defeitos.

Conforme NAHUZ (2002), a madeira sem defeitos e de pequenas dimensões (*clear blocks & blanks*) tem comercialização recente e surgiu no mercado no início das exportações de Pinus serrado, por volta de 1994/95. Embora não definido em normas técnicas nacionais, mas conhecido no mercado como “*clear blocks*” ou “*clears*”, o produto refere-se às peças de madeira serrada de pequenas dimensões, isentas de defeitos (nós e imperfeições visuais).

A comercialização dos *clear blocks* dá-se principalmente no mercado de exportação. Destinam-se às molduras, esquadrias, revestimentos, partes e peças aparentes de móveis, ou são vendidos diretamente aos consumidores para uso próprio (*do-it-yourself*) ou bricolagem. Os *clears*, quando emendados nos topos por *finger joint*, formam peças mais longas – *blanks*.

3.4.1.3 Identificação dos principais painéis ou peças de madeira sólida

Os chamados produtos de maior valor agregado (*PMVA*), têm a denominação comercial associada à língua inglesa, pois tiveram sua produção voltada para atender as necessidades do mercado norte-americano e europeu. Este produtos são basicamente constituídos de peças e painéis colados,

emendados ou não, ou de pequenas peças maciças sem defeitos que serão utilizadas na composição de produtos como portas, móveis, esquadrias. Assim tem-se:

- peças e painéis colados, com ou sem emendas:

clear blocks e blanks (blocos sem defeitos emendados ou não por *finger joint*), *EGP – edge-glued panels* (painéis colados lateralmente), *long panels* (painéis em grande formato), *mouldings* (molduras) as quais se dividem em *casings* (guarnições de portas), *veneer flat jambs* (batentes de portas), *crowns* (rodapés), *base* (rodapés) e *finger joint beams* (vigas e peças de tábuas emendadas e coladas);

- peças de madeira maciça:

components for furnitures (componentes para móveis), *components for doors* (componentes para portas), *deckings* (sarrafos e componentes para decks), *cut-stocks* (cabos para ferramentas), *squares* (sarrafos), *fencing stock* ou *fences* (material pré-cortado para cercas);

- compósitos:

compósitos (painéis compostos madeira-plástico ou madeira-outras fibras), componentes estruturais de madeira usando painéis reconstituídos *LVL (laminated veneer lumber)*, pisos estruturados compostos usando lâminas de madeira e *MDF (medium density fiberboard)* com poliestireno expandido;

- esquadrias e portas:

compostas a partir da resserra para eliminação de defeitos de pranchas de madeira maciça;

- pisos maciços:

pisos de madeira maciça compostos em placas prontos para aplicação com cola.

O mercado requer homogeneidade das peças e isenção de defeitos. Os *clears* são obtidos por rebeneficiamento da madeira serrada, com ajuste de dimensões e eliminação de defeitos, nós e outras imperfeições. Defeitos proibitivos são nós, medula, variação de cor, empenamentos e rachaduras de qualquer tipo. A secagem em estufa e a equalização da umidade à 12% (base seca) são condições impostas pelo mercado, além de sobremedida (o painel é produzido originalmente em dimensões - espessura/comprimento/largura - um pouco maiores que aquela final) para absorver o ajuste às dimensões finais.

O segmento de portas é um dos *PMVA* mais representativo e competitivo. Os fabricantes estimam que a capacidade de produção instalada no Brasil seja da ordem de 6 milhões de portas/ano, distribuídas

pelas quase 200 empresas operantes no país. Já a produção de pisos de madeira participa com aproximadamente 8% da produção nacional de pisos e revestimentos em geral (pisos de madeira, cerâmicos, têxteis, plásticos e outros). Do total da produção brasileira de pisos de madeira, 70% é formada por pisos laminados e o restante em pisos maciços (RECH, 2002).

O desenvolvimento de algumas chapas ou painéis de madeira reconstituída esteve associada, inicialmente, em outro ambiente que não o da construção civil, como por exemplo o surgimento da indústria aeronáutica e pela indústria de móveis. No entanto, a partir de um período mais recente, a indústria destes produtos na América do Norte e na Europa, tem desenvolvido alguns produtos de madeira reconstituída com requisitos de resistência, qualidade e coeficientes de segurança apropriados à construção civil. Estes novos painéis (*OSB, LVL, PSL, OSL*, etc.) possibilitaram a padronização e a pré-fabricação industrial, representando um novo espaço para materiais oriundos da madeira na indústria da construção civil.

4 A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA NO RIO GRANDE DO SUL

Para se entender a formação da atual indústria de base florestal para os fins madeireiros no Rio Grande do Sul, a qual está baseada em dois gêneros de árvores exóticas introduzidas: *Eucalyptus spp.* e *Pinus spp.*, é necessário referenciar à história da produção da madeira no Brasil e, em especial, na Região Sul.

A importância da indústria madeireira para a Região Sul, que teve o seu desenvolvimento a partir de 1930 com a produção de serrados baseado no Pinho (*Araucaria angustifolia*), pode ser medida pelo número de unidades em produção. Segundo TOMASELLI (2000), no início da década de 40 já existiam em operação na Região Sul, cerca de 5.000 serrarias, as quais produziam mais de 3,5 milhões de metros cúbicos de madeira/ano, sendo cerca de 80% oriunda do Pinho. Estima-se que existia, à época, um estoque de madeira de pinheiro nas florestas do sul do Brasil de aproximadamente 800 milhões de metros cúbicos.

Conforme afirma ANDRAE (2000), o uso exaustivo das florestas até os anos 60 acabou com as reservas, fazendo surgir um modelo de políticas públicas de incentivo à produção de madeira, modelo este centralizado no benefício às grandes empresas florestais. Surgiram plantações homogêneas de curta rotação, sistemas florestais que lembram os moldes da produção agrícola, sobretudo por se enraizarem, principalmente, em zonas de campos e em áreas facilmente mecanizáveis. Estas florestas não nasceram da convicção de sua singular vantagem para o uso múltiplo do solo. O desenvolvimento florestal foi muito mais uma reação aos incentivos financeiros específicos, mas que não deixaram opção para a produção de madeira nos milhões de hectares do Rio Grande do Sul, especialmente naquelas áreas cuja origem tinha sido de cobertura florestal nativa, em posse de centenas de milhares de pequenos proprietários.

A área de plantio de *Pinus* chegou a totalizar 1.862.000 hectares na Região Sul do Brasil, sendo que apenas no ano de 1982 foram plantadas 158.000 hectares deste gênero. Contudo, a partir do ano de 1987 houve uma redução drástica da área plantada anualmente com *Pinus*, observando-se um decréscimo de cerca de 10.000 hectares/ano, o que também aconteceu com os plantios de Eucalipto (FREITAS & NETO, 1993). Durante os vinte anos de incentivos fiscais no Brasil, o Rio Grande do Sul teve aprovados diversos projetos de reflorestamento tanto com *Pinus* como Eucalipto, além daqueles destinados ao plantio de Acácia, neste caso para fins não madeireiros. O plantio florestal dos gêneros *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.* no Rio Grande do Sul, nos dias atuais, é uma atividade que tem o seu desenvolvimento centrado em empresas que atuam na industrialização de produtos com base na madeira, produzindo a matéria prima madeireira a partir de plantios próprios.

Os incentivos que favoreceram a formação de novas florestas no Rio Grande do Sul, como de resto no Brasil, produziram áreas significativas de plantações florestais sem, no entanto, qualquer manejo silvicultural das espécies. Em muitas destas florestas sequer fora planejado o destino a ser dado ao produto madeireiro. Assim, estas espécies que cresceram sem qualquer cuidado silvicultural, são aquelas que atualmente abastecem as serrarias, uma vez que o diâmetro avantajado do fuste é inapropriado para a indústria da celulose e de chapas de madeira reconstituída. Às dificuldades relacionadas com a qualidade da matéria-prima madeireira somam-se outras tais como o corte, a retirada e o transporte das toras, que enfatizam a ausência de planejamento nestes plantios florestais.

Mesmo considerando as distorções do plano de reflorestamento, fomentado no Brasil por incentivos fiscais no período 1967-1986, ele constitui-se como um fator fundamental para a formação de uma indústria de base florestal, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país. Estas florestas, além de cumprirem o importante papel de diminuir a pressão sobre a Floresta Amazônica, geraram um setor industrial forte que não somente contribuiu para a manutenção da competitividade do setor florestal mas também com seu incremento. É inegável o grande avanço no desenvolvimento e aumento da produtividade das espécies destes plantios florestais através de investimentos em melhoramento genético e manejo silvicultural para determinados fins, especialmente no que se refere aos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*.

Esta indústria de base florestal, que teve a preocupação de incorporar gradativamente conhecimentos técnicos na formação de suas florestas, voltou-se à produção de celulose ou à industrialização de chapas ou painéis de madeira reconstituída. A formação destas florestas voltadas a fins industriais específicos diferem daqueles plantios realizados sem planejamento, essencialmente na forma de escolha das espécies e do manejo silvicultural dispensado.

O Rio Grande do Sul, inserido neste contexto histórico da formação de florestas plantadas, cujos dados levantados atualmente, apresenta uma área pouco superior a 410 mil hectares de florestas plantadas, para as espécies de Acácia, Pinus e Eucalipto. Segundo a AGEFLOR (2002), esta área não permite uma evolução significativa na indústria de base florestal e representa muito pouco em relação ao potencial de áreas para reflorestamento no estado do Rio Grande do Sul (tabela 10).

A localização geográfica do Rio Grande do Sul oferece condições de clima e solo altamente favoráveis para a produção florestal, com disponibilidade de área de terras aptas ao plantio e domínio tecnológico para implantar florestas de alta produtividade e com qualidade. Um estudo recente verificou que existem, no estado, cerca de 10 milhões de hectares próprios para o reflorestamento (RECH, 2000).

Tabela 10 – Áreas de plantios florestais no estado do Rio Grande do Sul - estimativa em hectares
(Fonte: IBAMA, 1993 apud Della Noce et al., 1998; AGEFLOR, 2002)

espécies florestais	anos	
	1990	2002
Eucalipto	125.542	110.000
Pinus	136.800	150.000
Acácia	124.504	150.000
total	386.846	410.000

As perspectivas animadoras para o setor florestal do Rio Grande do Sul não observam, na atualidade, um aumento significativo dos plantios florestais, bem como tardaram a surgir novas políticas governamentais de incentivo, capazes de promover ou estimular sua efetivação em função de uma demanda crescente. Segundo RECH (2000), com o aumento no consumo de madeira e poucos investimentos em novos reflorestamentos, a tendência natural é de que ocorra, a curto prazo, escassez de madeira madura. As principais áreas florestais existentes são, em sua maioria, aquelas plantadas na época em que o governo subsidiou com incentivos fiscais sua formação. Segundo os dados da Associação Gaúcha de Empresas Florestais, os produtores colhem uma área três vezes maiores por ano do que aquela que é plantada. Assim, como o ritmo de abate de madeira é significativamente maior do que o de plantio de árvores para fins industriais, isto demonstra a necessidade de ações rápidas de incentivo ao reflorestamento.

A expansão dos atuais plantios florestais não significa, por si só, melhoria no abastecimento de toras de melhor qualidade destinadas à madeira serrada. Será preciso implantar formas em que a produção de madeira de ciclos mais longos (para madeira serrada), tenha o interesse despertado, quer por incentivos ou pela possibilidade de uma melhor remuneração. Talvez uma das alternativas para produzir uma madeira de melhor qualidade seria a partir de pequenas propriedades. A este respeito ANDRAE (2000), afirma que uma possibilidade interessante seria o fomento do cultivo florestal nas pequenas propriedades rurais, onde a formação de pequenos plantios florestais significa uma alternativa para culturas pouco rentáveis, sendo indicado, principalmente, para áreas sub-utilizadas, nas quais as práticas tradicionais aproveitam o solo esporadicamente, alternando curtos períodos de cultivo com longos períodos de descanso, sem nenhum rendimento econômico. Uma perspectiva econômica é a desburocratização legal, podendo tornar-se um estímulo para toda a pequena propriedade rural gaúcha em ativar as terras ociosas que, possivelmente, cobrem 10 ou 20 vezes mais área do que aquelas destinadas às plantações industriais.

Um incremento de plantios florestais em condições de abastecer uma demanda crescente tem sido objeto de discussão entre os agentes da cadeia produtiva de madeira serrada. Concomitante com isto é necessário um programa que vise o melhor aproveitamento da matéria-prima florestal oriunda de

florestas plantadas. A este respeito RECH (2000), AGEFLOR (1999), apud YUBA (2000), apontam algumas oportunidades:

- redução do desperdício de matéria-prima madeireira através da modernização industrial, qualificação do recurso florestal e pela integração com indústrias correlatas;
- aumento do conhecimento das necessidades do cliente final;
- a entrada de indústrias detentoras de tecnologias inovadoras no setor;
- a produção habitacional.

A dependência do setor de madeira serrada por madeiras oriundas das florestas nativas da Amazônia para a construção civil é uma realidade. Aproximadamente 75% de toda a madeira consumida pela construção civil são originários de florestas nativas (LOOS, 1998). Acredita-se que estes números possam ultrapassar os 90% quando se trata dos chamados usos mais nobres (esquadrias, pisos, forros aparentes e estruturas). As dificuldades de extração, o crescente controle na exploração, a escassez de determinadas espécies e os custos do transporte têm influenciado no encarecimento da madeira de florestas nativas como matéria-prima de múltiplo uso para a construção civil. O incentivo ao plantio de florestas assume um papel importante pois além de contribuir para aumentar a oferta de madeira de florestas plantadas, diminui a pressão sobre as florestas nativas e incrementa as possibilidades do uso da madeira como material de construção com ênfase na sustentabilidade ambiental.

4.1 A ATUAL INDÚSTRIA DE BASE FLORESTAL NO RIO GRANDE DO SUL

O Inventário Florestal Estadual, concluído em 2002, sistematizou informações importantes sobre a situação atual dos recursos florestais e a oferta potencial de matéria-prima florestal. Estes foram os propósitos cumpridos em uma primeira etapa, que se prestam a decisões que implicam tanto para o aproveitamento como para novos investimentos. Por outro lado, o levantamento do uso ou destinação da produção florestal estadual ainda não ocorreu.

A não conclusão do Inventário Florestal Estadual, no aspecto da produção florestal, obriga a um convívio com informações e dados estatísticos muitas vezes discordantes, prestados pelos diferentes agentes da cadeia produtiva da madeira. Isto deve-se tanto às metodologias adotadas, como à inexistência de um controle sistemático e do cruzamento das informações existentes entre estes agentes. O Cadastro Florestal do Rio Grande do Sul, publicado em 1997, foi um informativo que trouxe uma sistematização completa dos dados existentes sobre a produção florestal e, particularmente, sobre a produção da madeira serrada e os resíduos produzidos por este setor. Existem

lacunas neste cadastro, decorrentes da falta de continuidade com a sua posterior complementação, como fora prevista, o que não invalida este estudo, que serve como um importante referencial de balizamento. Uma precisão maior deverá ocorrer quando da necessária implantação da segunda etapa do Inventário Florestal Estadual, a qual tratará do consumo e destinação da produção florestal do estado do Rio Grande do Sul.

Os dados publicados pelo Inventário Florestal Estadual evidenciaram um aumento da cobertura florestal no Rio Grande do Sul, na última década. Isto não significou o correspondente incremento na oferta madeireira, especialmente no que se refere à oferta de madeira para o setor de madeira serrada, tanto para a indústria moveleira como para a construção civil. A este respeito ANDRAE (2000), diz que o estado do Rio Grande do Sul atualmente se satisfaz com uma produção de madeira bruta de qualidade comparativamente baixa e níveis modestos de aproveitamento na sua transformação. O Rio Grande do Sul, que era um exportador de madeira de qualidade, passou à condição de importador de enormes quantidades de matéria prima oriunda do norte do país.

Atualmente, a indústria de base florestal do Rio Grande do Sul ainda é uma das mais expressivas em termos de Brasil, atuando em segmentos bastante diversificados, conforme mostra a tabela 11, como nos produtos de madeira sólida (serraria e laminação), painéis reconstituídos, celulose e papel, indústria moveleira, dentre outros. O consumo desta indústria está baseado na matéria-prima oriunda de florestas plantadas, em sintonia com a ordem mundial que enfatiza a preservação de florestas nativas.

Tabela 11 – Industrialização de produtos de base florestal e derivados – Rio Grande do Sul/1999
(Fonte: AGEFLOR, 1999)

produtos e subprodutos	consumo de matéria-prima (metro stéreo)		
	Eucalipto	Pinus	Acácia
celulose:			
fibra curta	1.853.000 st	----	200.000 st
fibra longa	----	366.000 st	----
aglomerado	369.000 st	284.000 st	168.000 st
madeira serrada	378.000 st	2.400.000 st	----
postes tratados	90.000 st	----	----
compensado	----	15.000 st	----
lenha	1.000.000 st	----	1.000.000 st
cavacos	----	----	1.500.000 st
toras	340.000 st	----	----
total geral	4.030.000 st	3.065.000 st	2.868.000 st
consumo área anual - RS	10.000 ha	8.000 ha	14.000 ha
área total existente - RS	100.000 ha	150.000 ha	130.000 ha

MUÑIZ & PALMA (1998), afirmam que um dos principais objetivos da atividade florestal é a produção de madeira para diversos fins. A aptidão para cada tipo de utilização é determinada por uma série de propriedades deste material. No Rio Grande do Sul, não diferentemente do que acontece nas outras regiões do Brasil, a produção de madeira de florestas plantadas com manejo está voltada para três fins: celulose e papel, lenha e chapas de madeira reconstituída. Os plantios manejados para a produção de madeira serrada tem pouca expressão quando relacionados com a área total plantada.

As indústrias de base florestal como um todo, têm um aspecto social muito importante. Isto diz respeito especialmente à geração de empregos nas mais diferentes esferas de produção desta cadeia produtiva. Conforme RECH (2000), a cada sete hectares de floresta plantada, é gerado um emprego direto e cada 150 hectares reflorestados viabilizam a instalação de uma pequena serraria, com a geração de no mínimo seis empregos, além de ser importante fator para fixar o homem ao meio rural.

A tabela 12 apresenta esta contribuição das indústrias de base florestal do Rio Grande do Sul no final dos anos 90, tanto para a arrecadação de tributos como para a geração de empregos em três setores importantes. Destes, aquele setor que se destaca dentro desta cadeia é o da indústria moveleira, seguindo-se pelo setor do papel e papelão/celulose e por fim o da madeira serrada que, embora gere um volume de emprego menores que o setor da celulose, possui um número superior de contribuintes, o que revela uma maior distribuição. Cabe observar que a cadeia produtiva de base florestal é mais ampla pois, segundo a AGEFLOR (2002), esta cadeia tem alta permeabilidade social, uma vez que envolve os setores primário – produção de matéria-prima; indústria – transformação e geração de produtos oriundos de madeira; comércio – comercialização de matéria-prima e produtos; serviços – prestação de serviços nas atividades florestais e industriais.

Tabela 12 - Indústria de transformação no estado do Rio Grande do Sul - indústrias de base florestal (Fonte: Secretaria da Fazenda do RS, Estatísticas Econômico-Fiscais do RS, 2002)

gênero da indústria de transformação	número de contribuintes			número de empregados		
	1996	1998	1999	1996	1998	1999
madeira	1.970	2.108	2.151	7.512	7.790	7.276
mobiliário (*)	3.555	3.865	3.983	25.670	26.066	28.074
papel – papelão	549	604	672	10.446	10.718	12.562
total	6.074	6.577	6.806	43.628	44.574	47.912

(*) inclui móveis em madeira e móveis produzidos a partir de outros materiais

As atividades do setor florestal no Rio Grande do Sul utilizam de um volume de matéria-prima florestal para fins energéticos cerca de duas vezes superior à aquele utilizado para o suprimento industrial (celulose, papel, processamento mecânico e chapas, aglomerados, etc.), gerando aproximadamente 200.000 empregos diretos e indiretos e participando com 5% do ICMS gerado no

Estado (BRENA et al., 2001). Cabe dizer que estes dados, por sua condição inventarial, podem ser considerados de confiabilidade mais aceitável do que aqueles produzidos pela AGEFLOR, anteriormente citados.

No Rio Grande do Sul a captação de novas indústrias e o aumento da capacidade de consumo das indústrias existentes não tem sido acompanhada de incentivos no incremento na formação de plantios florestais em escala comercial compatível com a potencial elevação na demanda. Isto produz um efeito limitador nas disponibilidades da área plantada existente e de todos aqueles que mantêm canais de parceria, o que estimula o uso múltiplo destas florestas, especialmente para produção de madeira serrada, a partir dos excedentes ou de florestas não aptas para um determinado fim industrial.

O aumento recente desta demanda florestal se concentra no setor da celulose e papel, painéis e chapas de madeira, indústria moveleira e de madeira sólida para produtos de maior valor agregado (*PMVA*), estes destinados ao mercado internacional. Tanto a possibilidade escassez da matéria-prima florestal madeireira, como a baixa qualidade daquela disponível nos plantios existentes, tem levado grandes empresas a promover a formação de áreas de plantio próprias. Isto significa uma oferta de madeira, em quantidade compatível com estas demandas individuais somente a médio prazo e não diz respeito, necessariamente, a um aumento da oferta para o setor serrarias como um todo. Esta espécie de “verticalização” na produção de matéria-prima florestal ocorre a partir da capacidade financeira de algumas indústrias em investir no plantio florestal.

Os efeitos negativos desta escassez de matéria-prima florestal para a cadeia produtiva da madeira serrada terão um peso maior àquelas serrarias de porte médio e de porte pequeno que se encontram em processo de alavancagem na sua produção. Serrarias que dependem de diferentes fornecedores serão afetadas, além da escassez prevista de toras, por um possível aumento significativo de preços podendo ser inviabilizadas por custos fixos elevados, especialmente os referentes à mão-de-obra.

Sob as novas oportunidades que surgem a partir deste ponto de estagnação, uma primeira está no desempenho das micro e pequenas serrarias, associadas aos pequenos produtores concentradas no atendimento de uma demanda local. Isto pode significar, no curto prazo, uma descentralização da oferta de madeira serrada, diminuindo a dependência local de serrados de centros tradicionais e, ao mesmo tempo quando bem aproveitado pelas autoridades governamentais locais, poderá haver um incremento das espécies florestais destinadas a produtos serrados com maior valor agregado.

Caberá ao Estado, neste caso, regulamentar novos plantios promovendo incentivos a florestas de múltiplo uso evitando que, desta crise, seja tomado o caminho das imensas áreas de monocultura florestal. A ação governamental não é vista como um obstáculo ao plantio florestal e sim um agente positivo à formação de novas florestas aptas para atender diferentes demandas.

As projeções de crescimento da população mundial, pressupõem um inevitável aumento no uso da madeira para fins industriais, especialmente pelos países mais desenvolvidos. Como consequência da globalização, o perfil das indústrias do setor madeireiro nacional deverá alterar significativamente o seu processo produtivo, no sentido de aumentar a competitividade, num mercado de contínua e crescente concorrência.

Neste mercado cada vez mais globalizado faz-se necessário um volume de constantes investimentos em ampliação, modernização, melhorias tecnológicas e adequação de processos das indústrias de base florestal. O Rio Grande do Sul tem observado a este respeito, ultimamente, algumas mudanças, especialmente no que se refere a indústrias de maior porte.

Se esta globalização pode decretar o fechamento ou incorporação por indústrias com maior dinamismo daqueles agentes menos competitivos, isto significa a necessidade de incrementos em investimentos não somente no plantio florestal mas também nas diferentes etapas da produção industrial madeireira. Neste sentido, a melhoria do aproveitamento da matéria-prima florestal oriunda de florestas plantadas, tem ainda, no setor de serrarias um de seus pontos fracos. A este respeito a AGEFLOR (2002), afirma que maquinários e equipamentos de alta tecnologia para a transformação florestal estão disponíveis para utilização no Brasil. No entanto, ainda não existem financiamentos adequados ou incentivos na forma de subsídios e redução de impostos para a aquisição de equipamentos destinados à modernização de serrarias, além de outros mecanismos que possam permitir uma alavancagem tecnológica.

4.2 O SETOR SERRARIAS NA CADEIA PRODUTIVA DA MADEIRA SERRADA NO RIO GRANDE DO SUL

Os empreendimentos relacionados à madeira serrada no Rio Grande do Sul, cadastrados na Secretaria do Meio Ambiente do Estado, conforme a tabela 13, evidenciam uma evolução positiva em todas as atividades. O aumento do número de empreendimentos que passou de 17.774 empresas para 27.473 em um período de seis anos, 1997 a 2002, atestam esta dinâmica evolutiva, ainda que este cadastro possa ter alguma desatualização no que diz respeito àquelas empresas que foram desativadas.

A elaboração do Cadastro Florestal do Rio Grande do Sul deixou de ser acompanhada de um maior detalhamento, o que implica em um amplo leque de interpretações. Coube, neste estudo, evidenciar os números que referem-se a quantidade de serrarias em atividade no estado do Rio Grande do Sul, cuja variabilidade torna a confiabilidade discutível. Isto deve-se a deficiências em um sistema de cadastro e controle que trabalha com informações diferentes. Evidência disto fica demonstrada quando o

número de serrarias que contribuem com a arrecadação de *ICMS* não coincide com aquele número registrado no órgão expedidor do registro de funcionamento.

Tabela 13 - Empreendimentos cadastrados relacionados à madeira serrada – Rio Grande do Sul – 1997/2002 (Fonte: LOSS, 1998; Secretaria Estadual do Meio-ambiente (SEMA), 2000 e 2002)

atividade	anos		
	1997	2000	2002
administradores de reflorestamento	75	86	93
cooperativas	02	02	02
associação de reposição obrigatória	21	23	23
produtores de sementes, bulbos, ...	07	09	09
produtores de mudas	144	214	312
silvicultores	7.588	11.651	13.299
serrarias /indústria madeira serrada	1.638	2.046	2.394
extratores de toras p/ comércio	243	359	408
usinas de preservação de madeira	08	11	12
indústrias de beneficiamento	960	1.152	1.269
indústrias ou fábricas de móveis	1.174	1.508	1.945
fabricantes de esquadrias	386	556	----
indústria de construção civil	65	74	87
comerciante de sementes/mudas	79	121	167
comerciante de produtos florestais	3.388	4.909	6.404
indústria compensados/contraplacados	----	----	45
indústria de embarcações navais	----	----	07
fabricantes de estruturas de madeira	----	----	807
importador de produtos florestais	----	----	134(*)
exportador de produtos florestais	----	----	56(*)
total de empreendimentos	17.774	24.721	27.473

(*) dados em alteração

Embora observe-se uma tendência ao crescimento no número de serrarias ou indústrias de madeira serrada, não existe um levantamento a respeito do número das que encerraram ou suspenderam suas atividades, foram transferidas ou incorporadas por outras. Estas informações seriam capazes de mostrar tanto as tendências do setor como revelar suas dificuldades.

Segundo os dados da AGEFLOR (1999) existiam em operação no ano de 1999 um total de 1.680 serrarias no Estado do Rio Grande do Sul, produzindo aproximadamente 720.000 metros cúbicos/ano, utilizando em torno de 2.778.000 metros stéreos/ano de toras de madeira oriunda de florestas plantadas. Segundo RECH (2000), esta produção vem aumentando a cada ano, destinando-se principalmente às indústrias moveleiras, construção civil, embalagens e marcenarias. O mercado externo absorve cerca de 15% da produção estadual, que é comercializada principalmente para a Itália e Estados Unidos.

5 ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO RIO GRANDE DO SUL

Para este estudo, o qual aborda os três principais pólos produtores de madeira serrada do estado, levou-se em consideração as informações do Cadastro Florestal do Rio Grande do Sul, publicado pela Fundação de Economia e Estatística no ano de 1997. O número de serrarias cadastradas chega a 705, instaladas nas três regiões em estudo, perfazendo cerca de 43% do número total de serrarias do Rio Grande do Sul, igual a 1638, valor que está mais próximo do número de contribuintes de *ICMS* registrados na Secretaria da Fazenda do Estado para o mesmo período, conforme foi apresentado na tabela 12.

Para a obtenção de dados sobre a produção de madeira serrada e a conseqüente geração de resíduos do processamento de madeira no Rio Grande do Sul, partiu-se da elaboração de um diagnóstico do setor serrarias. Para tanto, tomando-se o universo de 705 serrarias para estes três pólos produtores de madeira da região leste do Rio Grande do Sul definiu-se, inicialmente, uma amostra de 20% deste total perfazendo 141 serrarias. Para que todos os municípios estivessem corretamente representados na amostra, uma vez que os dados cadastrais apontavam para uma concentração de serrarias em determinados municípios atribuiu-se um índice para cada uma das microrregiões dentro destes três pólos, conforme foram registrados no Cadastro Florestal, para que a proporcionalidade de cada uma destas microrregiões fosse respeitada.

A amostra definida inicialmente não pode ser alcançada pois, daquelas 141 serrarias definidas aleatoriamente na amostra, apenas 118 encontravam-se em atividade e destas somente 107 responderam os questionários corretamente, o que determinou uma amostra final que perfaz cerca de 15% do total das serrarias presentes no referido Cadastro Florestal nos três pólos e suas microrregiões.

No entanto, mesmo não possuindo a caracterização do nível de atividade o qual permitiria a realização de uma amostragem proporcional estratificada, após a coleta de dados da seleção amostral, evidenciaram-se algumas características comuns a um determinado número de serrarias, a partir de um determinado nível de atividade (porte). Estas características, embora gerais, mostraram algumas particularidades que caracterizam as serrarias a partir do volume de madeira processada e também da espécie florestal processada. Para que isto fosse melhor evidenciado foi adotado um sistema de tabulação agrupando-se as serrarias a partir do seu porte, conforme apresenta a tabela 14.

Uma peculiaridade interessante é aquela que diz respeito ao processamento, em uma mesma serraria, de madeira de gêneros diferentes (*Pinus* e *Eucalipto*). Isto ocorre em serrarias de porte micro e pequeno (tabela 14) e traz problemas em relação à utilização de um mesmo equipamento de serra para

desdobrar toras de características bastante diferenciadas. Existem outros problemas decorrentes da tecnologia e do método de desdobro empregado, que podem proporcionar uma menor qualidade da madeira serrada, bem como uma geração maior de resíduos e peças com defeitos.

Tabela 14 – Gênero florestal da matéria-prima das serrarias

porte da serraria (capacidade instalada)	matéria-prima: somente Eucalipto	matéria-prima: somente Pinus	matéria-prima: Pinus e Eucalipto
micro <i>até 49 m³/mês</i>	11	3	13
pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>	17	20	11
média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>	4	22	1
grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	1	4	---

Estas características, embora gerais, mostram algumas particularidades quanto à espécie florestal processada. A tabela 15 apresenta número de serrarias por faixa da capacidade instalada, evidenciando uma presença de um número maior de serrarias nas faixas de micro e pequeno porte (cerca de 70% do total das serrarias). Destas, um número maior de serrarias de grande e médio porte processam madeira de Pinus. Já naquelas serrarias de porte menor, o desdobro de Eucalipto é mais freqüente.

Tabela 15 – Número de serrarias e capacidade instalada

porte da serraria	capacidade instalada (toras processadas)	matéria-prima predominante: Eucalipto	matéria-prima predominante: Pinus	total de serrarias (capac. instalada)
micro	até 49 m ³ /mês	21	6	27
pequena	entre 50 m ³ /mês e 499 m ³ /mês	23	25	48
média	entre 500 m ³ /mês e 1999 m ³ /mês	4	23	27
grande	a partir de 2000 m ³ /mês	1	4	5
total	-----	51	56	107

Estes dados estão em acordo com o levantamento do Cadastro Florestal do Rio Grande do Sul, o qual informa que o volume de madeira serrada de Pinus é bastante superior ao volume de madeira serrada de Eucalipto (tabela 16). Isto pode estar relacionado à disponibilidade de florestas para tal fim e à organização do mercado consumidor para estas duas espécies de madeira. As serrarias, sob o aspecto de ser uma indústria de base florestal, apresentam características comuns, especialmente, quando relacionadas em função do volume total de madeira processada e, embora em menor grau, uma identificação em função da espécie processada.

Tabela 16 – Volume de toras processadas (/mês) e número de serrarias

porte da serraria	capacidade instalada (toras processadas)	matéria-prima predominante: Eucalipto (+ média)	matéria-prima predominante: Pinus (+ média)	total (+ média) de serrarias (volume/porte)
micro	até 49 m ³ /mês	617/21 = 29	195/6 = 32.5	812/27 = 30
pequena	entre 50 m ³ /mês e 499 m ³ /mês	4.215/23 = 183	4.515/25 = 181	8.730/48 = 182
média	entre 500 m ³ /mês e 1999 m ³ /mês	2.150/4 = 538	19.800/23 = 861	21.950/27 = 813
grande	a partir de 2000 m ³ /mês	6.000/1 = 6000	25.400/4 = 6.350	31.400/5 = 6.280
total	-----	12.982/51 = 255	49.910/56 = 891	62.892/107 = 588

É possível afirmar, ainda, que enquanto o maior volume de madeira de Pinus é processado por médias e grandes serrarias o volume de madeira de Eucalipto é atendido basicamente por serrarias de porte micro e pequeno. A presença de uma serraria de grande porte que processa madeira de Eucalipto se constitui em uma exceção dentro deste contexto.

A matéria-prima florestal colocada nas serrarias tem sua origem basicamente em três fontes: mata própria, mata de fornecedor associado, matas de diferentes fornecedores. Estes fatores determinam a disponibilidade de madeira, o nível de atividade da serraria, o grau de variabilidade ou de qualidade das toras, a regularidade ou sazonalidade na oferta da matéria-prima florestal e os incrementos nos custos do fator matéria-prima para as serrarias em função das variações de oferta e procura no mercado. A tabela 17, mostra que em geral grandes e médias serrarias trabalham com mata própria ou fornecedor associado, enquanto que serrarias de tamanho micro e pequeno estão dependentes de diferentes fornecedores, o que implica em uma possibilidade maior na variação dos diferentes fatores que compõe a matéria-prima florestal. Um aspecto positivo constatado na forma de obtenção de matéria-prima florestal de diferentes fornecedores diz respeito àquelas serrarias de tamanho micro que adquirem toras de pequenos produtores e que, pelo nível de atividade da serraria, podem se concentrar em toras de melhor qualidade.

Tabela 17 – Origem da matéria-prima

porte da serraria (capacidade instalada)	principal fonte da matéria-prima florestal	matéria-prima predominante: Eucalipto	matéria-prima predominante: Pinus
micro até 49 m ³ /mês	diferentes fornecedores(*)	17	5
	fornecedores associados	4	1
	mata própria	---	---
pequena entre 50 m ³ /mês e 499 m ³ /mês	diferentes fornecedores	17	18
	fornecedores associados	4	6
	mata própria	2	1
média entre 500 m ³ /mês e 1999 m ³ /mês	diferentes fornecedores	---	6
	fornecedores associados	2	11
	mata própria	2	6
grande a partir de 2000 m ³ /mês	diferentes fornecedores	---	---
	fornecedores associados	---	1
	mata própria	1	3

(*)pequenos produtores

As serrarias de porte micro e pequeno levantadas neste estudo processam tanto madeira de somente um dos gêneros (*Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.*) como de ambos. Serrarias de porte médio e grande se concentram em apenas um dos gêneros. No caso da madeira de Pinus a identificação das espécies que estão sendo processadas é mais fácil, pois se concentram em duas apenas (*Pinus Elliottii* e *Taeda*) que, embora de aparência e características semelhantes se diferenciam pela teor de resina das toras. Por outro lado, no caso da madeira de Eucalipto, foram identificadas 10 espécies sendo processadas pelas diferentes serrarias. Em alguns casos até mais de 3 espécies dentro da mesma serraria com as mais variadas características. As serrarias que combinam gêneros diferentes ou espécies de características diferenciadas têm um incremento de peças com defeitos uma vez que as técnicas e equipamentos de serra apresentam dificuldades em serem corretamente ajustados (tabela 18).

O baixo grau tecnológico empregado pelas unidades industriais (serrarias), aliado a uma mão-de-obra que apresenta deficiências de conhecimento técnico, são fatores que contribuem para a baixa competitividade do produto serrado. A utilização de novos equipamentos (serras) para o processamento da madeira tem servido muito mais para facilitar o desdobro da madeira e melhorar sua produtividade do que para influenciar nas qualidades do produto serrado. Melhorar a qualidade vai depender ainda da própria matéria-prima florestal, dos métodos e técnicas de desdobro e da correta adequação destas serras e equipamentos em função destes métodos e técnicas (PONCE, 1993).

As serrarias apresentam uma variabilidade bastante grande em relação aos equipamentos (tabela 19) e tecnologias empregadas no processamento da madeira serrada. Serrarias de tamanho micro e pequenas possuem um número menor de equipamentos, além destes não dispõem de mecanismos para otimizar o desdobro, não são qualificados para utilizarem tecnologias mais avançadas no

processamento. O enfoque das serrarias deste porte está na quantidade de peças serradas e não na eficiência do processo de desdobro. Inicialmente, através da amostragem, não foi possível identificar exatamente o grau de tecnologia empregado no processo em função única e exclusivamente dos equipamentos. No entanto, através de visita às serrarias “tipo” de cada uma das faixas de atividades, foi possível levantar os diferentes fatores que determinam o grau de tecnologia empregado no processo, tornando possível fazer uma generalização que o identifique para cada um das faixas.

Tabela 18 – Espécies de madeira processadas nas serrarias

espécies de madeira processadas: gêneros <i>Pinus spp.</i> e <i>Eucalyptus spp.</i>	porte da serraria			
	micro <i>até 49 m³/mês</i>	pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>	média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>	grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>
madeira de <i>Pinus</i> :				
<i>Pinus Elliottii</i>	5	19	16	3
<i>Pinus Taeda</i>	2	10	14	1
madeira de <i>Eucalipto</i> :				
<i>Eucalyptus saligna</i>	14	19	4	1
<i>Eucalyptus grandis</i>	6	4	2	1
<i>Eucalyptus viminalis</i>	4	13	---	---
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	4	1	---
<i>Eucalyptus robusta</i>	6	7	---	---
<i>Eucalyptus paniculata</i>	---	---	1	---
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	3	6	1	---
<i>Eucalyptus dunnii</i>	---	1	---	---
<i>Eucalyptus botryoides</i>	---	1	---	---
<i>Eucalyptus alba</i>	---	1	1	---
esp. não identificada	4	2	---	---

Este diagnóstico levou em conta a sistematização de dados que trouxesse informações sobre a matéria-prima florestal, o processo produtivo (métodos, tecnologias e processos), equipamentos disponíveis, produto serrado. A partir destes dados, foi possível estabelecer uma relação com as informações sobre o volume e os diferentes tipos de resíduos e sobras decorrentes do processo de desdobro destas serrarias, considerando seu destino atual, associando-os às possibilidades do seu aproveitamento.

PONCE (1993) afirma que o volume e as características da matéria-prima disponível determinam e justificam a indústria, o tamanho e o tipo de serraria, além da linha de produtos. Em princípio, o número e as características das toras e como elas se ajustam à serraria determinam a viabilidade econômica da serraria. Para se obter sucesso é necessário que se garantam três pontos:

- garantir o suprimento de matéria-prima;

- absorver a tecnologia florestal desenvolvida para os setores tradicionais e adaptá-la para a produção de toras adequadas para madeira serrada;
- planejar as serrarias, utilizando técnicas disponíveis para as toras produzidas.

Tabela 19 – Equipamentos para o processamento da madeira e grau de tecnologia nas serrarias

principais equipamentos empregados no processamento da madeira e grau de tecnologia	micro <i>até 49 m³/mês</i>		pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>		média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>		grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	
	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus
serra fita simples	21	6	23	24	4	22	---	4
serra fita dupla/gemin.	---	---	---	1	---	3	1	1
serra fita múltipla	---	---	---	---	---	1	---	3
serra circular simples	18	4	10	11	4	11	---	2
serra circular dupla	2	2	5	7	1	8	1	3
serra circular múltipla	---	1	3	6	1	10	1	3
plaina simples	3	---	9	6	2	6	---	---
plaina múltipla face	1	1	3	1	---	7	---	2
serra refiladeira	5	2	10	16	3	20	1	3
desempenadeira	1	1	2	---	1	2	---	---
serra destopadeira	11	4	16	17	4	22	1	4
outros	---	---	3	2	4	5	1	3
grau de tecnologia empregado	baixo (precário)		baixo a médio (em evolução)		médio		alto	

A tabela 20 apresenta informações sobre os principais mercados consumidores para a madeira serrada produzida, sendo possível estabelecer algumas relações entre o gênero e o destino da madeira serrada que, em síntese, nos informam que a matéria-prima florestal de um melhor cuidado nos itens diâmetro e comprimento das toras está associada ao processamento voltado ao atendimento de itens que tem um melhor valor agregado.

Em geral a madeira de Pinus processada pelas serrarias do Rio Grande do Sul tem como destino principal a indústria moveleira e, em menor grau, a construção civil, embalagens, painéis e peças de madeira sólida, neste caso principalmente para exportação. Aquelas que trabalham com a madeira de Eucalipto se concentram em madeira para construções rurais, redes de energia, embalagens e à construção civil.

A tabela 21 mostra a existência de matéria-prima de qualidade inferior, no que se refere a diâmetros e comprimento de toras, naquelas serrarias de pequeno e médio porte, e tem como consequência, além de um baixo rendimento, a geração de um volume maior de resíduos e sobras. A baixa qualidade desta matéria-prima florestal pode estar associada à variabilidade na aquisição de toras de diferentes

florestas (tabela 17), de toras oriundas de desbastes ou da crescente escassez da matéria-prima florestal para o nível operacional da serraria. A este respeito, FREITAS & NETO (1993) afirmam que uma consequência do pequeno diâmetro das toras é o elevado volume de resíduos, que deve ser adequadamente manejado na serraria e aproveitado economicamente, para garantir a eficiência e a rentabilidade do empreendimento.

Tabela 20 – Principais mercados consumidores para a madeira serrada nas serrarias

principais mercados consumidores para a madeira serrada (*)	micro <i>até 49 m³/mês</i>		pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>		média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>		grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	
	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus
construção civil	7	4	14	15	2	11	1	2
construções rurais	15	---	14	---	2	---	---	---
indústria moveleira	---	1	3	9	1	12	---	4
embalagens	8	4	9	5	---	4	---	2
chapas de madeira	---	2	---	7	---	4	---	1
exportação	---	---	---	3	---	5	1	4
outras	---	1	2	1	2	1	---	1
principais destinos	embalag. constr. rurais	embalag. constr. civil	embalag. constr. civil constr. rurais	ind. mov. constr. civil chapas	constr. rurais constr. civil	ind. mov. constr. civil	export. constr. civil	export. ind. mov.

(*) um número significativo de serrarias inclui mais de um mercado

Foi possível verificar, ainda, a existência de uma certa identidade entre a matéria-prima florestal processada pelas serrarias de porte micro e aquelas de grande porte, no que se refere ao aspecto qualidade (comprimento e diâmetro das toras). No caso das serrarias de porte micro, esta qualidade decorre da possibilidade da escolha individual de árvores aptas ao desdobro a partir de pequenos produtores rurais e, no caso das grandes serrarias, pelo fato de possuírem mata própria e, em geral, com algum grau de manejo.

A secagem e o tratamento da madeira em período imediatamente ao processamento pela serraria determinam o surgimento ou não de alguns defeitos que influenciam os padrões de qualidade da madeira serrada. A secagem e o tratamento da madeira de Pinus tem sido observadas pela maioria das serrarias, independente do seu porte (tabela 22). As serrarias de maior porte necessitam incluir processos artificiais de secagem, o que abrevia o tempo e o espaço necessário do pátio da serraria; em relação às serrarias que trabalham com o processo natural. Ao contrário disto, as serrarias de madeira de Eucalipto, caracterizam-se por não realizarem nem a secagem e tampouco o tratamento preservativo.

Tabela 21 – Características, comprimento e diâmetro, e qualidade das toras processadas nas serrarias

porte da serraria	comprimento mínimo e máximo das toras proc.	diâmetros mais frequentes das toras processadas	qualidade média das toras
micro <i>até 49 m³/mês</i>	mín. = 2,40 máx. = 6,00	entre 20 e 40 cm	média
pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>	mín. = 1,00 máx. = 5,40	entre 12 e 25 cm	baixa
média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>	mín. = 2,00 máx. = 5,40	entre 15 e 30 cm	média
grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	mín. = 2,70 máx. = 5,40	entre 20 e 40 cm	alta

A tabela 22 apresenta informações a respeito dos processos de tratamento e secagem da madeira empregados ou não pelas serrarias. No aspecto do tratamento, os fatores inerentes à madeira exercem um papel fundamental. Ainda que o tratamento pelo método por autoclave seja aquele de maior eficácia, o método de imersão tem sido mais freqüente para a prevenção do ataque de fungos apodrecedores, especialmente para a madeira de Pinus. No caso da secagem da madeira de florestas plantadas, o grande problema reside na madeira serrada de Eucalipto, onde os processos, tanto o natural como o artificial, além de mais lentos que aqueles da madeira de Pinus, exigem conhecimentos específicos a respeito da espécie processada. O baixo valor agregado da madeira de Eucalipto está relacionado ao surgimento de defeitos e falhas pela secagem incorreta. As serrarias contribuem bastante para a determinação deste valor, pois na maioria das vezes a madeira é entregue sem observar qualquer processo de secagem.

Tabela 22 – Secagem e tratamento químico contra agentes degradadores da madeira nas serrarias

processos de secagem da madeira serrada/ tratamento químico contra degradação	micro <i>até 49 m³/mês</i>		pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>		média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>		grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	
	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus
não inclui secagem	18	2	17	7	1	7	---	---
secagem natural	3	4	5	16	3	13	---	1(*)
secagem artificial	---	---	1(*)	2	---	3	1(*)	4
não inclui trat. quím.	21	3	23	8	3	7	1	---
tratamento químico	---	3	---	17	1(**)	16	---	4

(*) inclui os dois tipos de secagem

(**) somente o exigido pelo cliente

Os principais produtos processados pelas serrarias, apresentados na tabela 23, concentram-se basicamente em tábuas, pranchas e peças de seção quadrada/retangular para aquelas serrarias que trabalham com toras de maior diâmetro e comprimento. Para aquelas serrarias que trabalham com toras de menor diâmetro, tamanho ou de menor qualidade os produtos se concentram em tábuas de 1/2 polegada, sarrafos/guias e pequenas peças de diferentes seções. Os principais produtos estão diretamente associados ao mercado abastecido pela serraria.

No aspecto certificação (tanto pelas normas *ISO* como pelo selo *FSC*), foi constatado um número insignificante tanto de serrarias certificadas como em processo de certificação. Estas certificações se concentram em grandes e, em um número proporcionalmente muito menor, nas serrarias de porte médio. Estas certificações ocorrem mais em função das exigências do mercado consumidor externo do que por decisões administrativas das serrarias.

O diagnóstico do setor de serrarias que processam madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul, a partir de uma estratificação por nível de atividade (porte), em seus principais pólos de produção de serrados, possibilita estabelecer relações gerais (com um maior índice de frequência) bem como a observação de certas características que estão presentes independentemente do nível de atividade (estas acontecendo em um número pouco significativo).

Tabela 23 – Principais produtos serrados das serrarias e número de serrarias com certificações

porte da serraria	princ. produto serrado em Pinus	princ. produto serrado em Eucalipto	certificações: serrados em mad. de Eucalipto	certificações: serrados em mad. de Pinus
micro até 49 m ³ /mês	pranchas, tábuas e peças menores	mourões, tramadas e pranchas(2 pol.)	---	---
pequena entre 50 m ³ /mês e 499 m ³ /mês	pranchas, tábuas, sarrafos e peças de reserra	mourões e peças c/ secção quadr. pranchas (2 pol.)	---	---
média entre 500 m ³ /mês e 1999 m ³ /mês	pranchas e tábuas(1/2 pol. e pol.)	mourões pranchas (2 pol.) e tábuas (pol.)	---	5 (2 certificadas 3 em processo)
grande a partir de 2000 m ³ /mês	pranchas (2 pol.) e tábuas (pol.)	tábuas (pol.) e pranchas (2 pol.)	1 (certificada)	3 (1 certificada 2 em processo)

O setor serrarias no Rio Grande do Sul, a partir da amostragem realizada em seus três principais pólos produtores de madeira serrada, pode ser assim descrito:

- grande número de micros e pequenas serrarias, com mão-de-obra reduzida, significativa participação da força de trabalho familiar e baixa remuneração salarial, associada a um nível

precário de tecnologia embutida no processo de desdobro da madeira. Estas serrarias, apesar de situarem-se geograficamente bem distribuídas (dentro da região considerada neste estudo), caracterizam-se por uma função social-comunitária importante mas não chegam a causar um impacto econômico significativo, pois processam um volume muito pequeno de madeira cuja produção tem baixo valor agregado e, na maior parte dos casos, não se preocupam com o processo de secagem;

- um número importante de serrarias de porte médio (cerca de 1/4 do total), as quais se caracterizam pela instabilidade quanto ao nível de atividade e permanência no mercado. Estas serrarias se identificam por misturar alguma tecnologia básica nova com equipamentos defasados ou inadequados em relação ao processo de desdobro e com o volume de madeira processada. Esta modernização, introduzida recentemente, foi uma necessidade gerada pelas oportunidades da destinação de produtos ao mercado externo e pelas exigências do setor moveleiro. Inversamente a este processo, existem fatores que dificultam esta modernização: o peso significativo do custo de pessoal e a dependência de matéria-prima florestal de diferentes fornecedores. A falta de fornecedores associados causa variações no nível de atividade das serrarias, com um abastecimento de toras de grande variabilidade pois, em geral, trata-se de florestas não manejadas para os fins da produção de madeira serrada. O requisitos de secagem, na maior parte exclusivamente a secagem natural, estão presentes para as serrarias que processam madeira de Pinus e ainda ausentes na maioria das serrarias que desdobram madeira de Eucalipto;
- as serrarias de grande porte já incorporaram um bom nível de tecnologia, em um processo crescente e cumulativo, mas representam um número muito pequeno em relação às demais. O processo de desdobro nestas serrarias é caracterizado por: grande produtividade, ênfase na qualidade do produto madeireiro serrado e gestão empresarial moderna. Estas serrarias, em sua maioria, estão associadas à indústria moveleira, a produtos de maior valor agregado ou atuam com produtos voltados ao mercado externo (algumas destinando a totalidade da sua produção para esse mercado). A secagem artificial é uma característica apresentada inclusive, em alguns casos, através do reaproveitamento do próprio resíduo e sobras como energia do processo;
- um número pequeno de serrarias de porte pequeno e médio, a partir de um determinado nicho de mercado, observam um processo de modernização, tanto em suas instalações como de seus equipamentos. Estas serrarias adotam medidas visando preservar a qualidade da madeira processada, bem como a introdução de métodos de secagem. A formação de pequenas áreas florestais, como reserva para diminuir a dependência das flutuações de um mercado

gerenciado por terceiros e buscar uma madeira de melhor qualidade, tem sido também interesse destas serrarias. Sua principal carência ainda é a incorporação de métodos mais eficientes de desdobro e de secagem;

- um número muito pequeno de serrarias de pequeno, médio e grande porte adotam medidas no sentido de agregar valor ao produto final, tendência esta surgida pela oportunidade de negócios proporcionados pelo mercado externo, pela indústria moveleira nacional e, mais recentemente, de produtos voltados à construção civil. Dentre os produtos de maior valor agregado, voltados ao mercado externo, destacam-se: *fences* (cercas), *blocks*, *blanks*, portas e esquadrias. Aqueles produtos voltados para o mercado interno, distribuem-se em indústria moveleira e indústria da construção civil. Para a indústria moveleira destinam-se os *blocks* e *blanks* e, para a construção civil, madeira para a produção de esquadrias, molduras para portas, pisos, forros e cercas. Em uma quantidade muito pequena, aparecem produtos destinados ao mercado tipo *do it yourself*.

5.1 SERRARIAS E PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO RIO GRANDE DO SUL

5.1.1 Serrarias de madeira de Pinus

As serrarias que se ocupam exclusivamente com o desdobro de madeira de Pinus, no Rio Grande do Sul, apresentam como característica comum uma maior concentração no fornecimento de madeira serrada para a indústria moveleira. Em um volume menor está a destinação para a indústria da construção civil quer na forma bruta (tábuas para formas e instalações em obras) e quer para beneficiamento (lambris, tábuas para forros e estruturas). Embalagens e painéis sarrafeados são outros destinos comerciais. É possível observar, ainda, que a madeira de melhor qualidade tem sido consumida pelo setor moveleiro, enquanto que aquela que apresenta algum defeito, a partir da segunda escolha, tem sido destinada aos demais fins.

A indústria da construção civil tem consumido um volume significativo de madeira de Pinus que tem sido recusada dentro dos padrões aceitáveis pelo setor moveleiro. A construção civil ainda é vista como um setor pouco exigente quanto à madeira proveniente de florestas plantadas, reservando a estas madeiras usos menos nobres. A indústria da construção civil, diante de uma matéria-prima de

qualidade discutível, ainda não foi capaz de incorporar novas tecnologias capazes de melhorar o desempenho desta madeira agregando-lhe maior valor.

Diferentemente daquelas serrarias que se ocupam com o desdobro de madeira de Eucalipto, a maioria das serrarias que trabalham com a madeira de Pinus utiliza tratamento preservativo com produtos químicos (imersão) contra o aparecimento de fungos e se ocupam com o processo de secagem, em sua maior parte, ao ar livre.

O processamento da madeira de Pinus é feito em cortes paralelos (ou tangenciais) com cortes principais realizados em serra fita simples, utilizado para produzir tábuas de uma polegada ou pranchas de duas polegadas, as quais são reduzidas por serras circulares de diferentes tipos.

O rendimento médio informado pelas serrarias (relação volume de toras/volume serrado) apresenta o índice de aproximadamente três metros cúbicos de toras com cascas para se produzir pouco mais de um metro cúbico de madeira serrada. Isto serve tanto para as serrarias de micro, pequeno e médio porte (figura 23). Estas serrarias trabalham com uma grande variabilidade no diâmetro das toras havendo ainda, para aquelas serrarias que compram de diferentes fornecedores, períodos em que o desdobro é realizado basicamente com toras de desbaste, ou seja, toras com diâmetros inferiores a 15 cm.



Figura 23 – Serraria de médio porte de madeira de Pinus com um bom grau de organização (do autor, Jaquirana/RS)

Nas serrarias de grande porte que, em sua maioria, trabalham com toras de diâmetro acima de 25 centímetros, a relação tora/madeira serrada tem um rendimento melhor atingindo índices superiores às serrarias de menor porte. A proporção passa a ser de cada 2 metros cúbicos de toras obtém-se

1 metro cúbico de madeira serrada, considerando-se uma matéria-prima oriunda de florestas com manejo silvicultural e serrarias com melhor tecnologia empregada.

5.1.2 Serrarias de madeira de Eucalipto

A produção de madeira serrada de Eucalipto no Rio Grande do Sul não corresponde a área plantada, conforme apresentam as tabelas 10 e 11, diferentemente do que ocorre com o Pinus. Esta dissociação, área plantada versus volume de madeira processada, com o menor índice para o volume de madeira processada é uma consequência de que as principais áreas de Eucalipto destinam-se a produção de celulose/papel, painéis aglomerados, lenha e roliços.

Por outro lado, a pouca utilização da madeira de Eucalipto para obtenção de madeira serrada é atribuída a algumas características que a tornam de difícil processamento. Dentre estas características, as tensões de crescimento são as mais importantes, sendo responsáveis por vários defeitos como rachaduras de topo e empenamentos, que dificultam ou até inviabilizam o seu uso. Desta forma a não utilização de madeira de Eucalipto para a produção de madeira serrada para fins mais nobres ou na fabricação de produtos com maior valor agregado, se deve principalmente à presença destas tensões de crescimento e de certas dificuldades na sua conversão, provocadas por algumas características intrínsecas do gênero, tais como uma elevada retratibilidade e a propensão ao colapso durante a secagem.

A origem da madeira de Eucalipto que vem sendo utilizada pelas serrarias do Rio Grande do Sul não difere do resto do Brasil. A maior parte das florestas de Eucalipto plantadas no Estado, em idade de abate, não foram submetidos a qualquer manejo silvicultural para serrarias e, especialmente, algum manejo que as tornasse aptas para produção de serrados.

A maioria das serrarias trabalha com madeira de pequenos plantios florestais, despojado deste manejo silvicultural, com alta variabilidade de espécies e com toras com uma presença elevada de nós (ausência da poda). As serrarias de tamanho micro, as quais consomem madeira oriundas da pequena propriedade rural, curiosamente observam uma qualidade (diâmetros, comprimentos e árvores de ciclo mais longo) média mais elevada das toras do que aquelas de tamanho pequeno e médio. Pode-se afirmar que o pequeno produtor rural, que em geral planta pequenas áreas de Eucalipto para consumo na propriedade (produção de lenha), destina as melhores árvores para serem processadas como madeira serrada.

O Rio Grande do Sul, por sua posição geográfica, encontra algumas dificuldades no plantio de algumas espécies de Eucalipto menos resistentes às geadas. Em termos de incrementos anual e das propriedades desejáveis para madeira serrada de Eucalipto, existe uma predominância das espécies *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, para as regiões do Litoral e Metropolitana-sul.

A Região da Serra, aquela que possui uma área de plantio de Eucalipto menor em relação às demais, trabalha quase que exclusivamente com a espécie de *Eucalyptus viminalis* (excetuando-se os plantios da espécie *E. Dunnii*). Esta espécie, dado a sua baixa estabilidade, exige bons conhecimentos a respeito das melhores técnicas de desdobro e secagem. As dificuldades na obtenção de madeira serrada de qualidade implica na produção de madeira desta espécie para usos menos nobres, tais como: embalagens e usos em propriedades rurais. No entanto, existem exemplos de bons resultados para a madeira de *Eucalyptus viminalis*, tanto para a produção de móveis (Móveis Franciscatto/Flores da Cunha) como para a construção civil (serraria Cislighi/Caxias do Sul). Isto corrobora com a tese de que é possível se obter madeira de boa qualidade desde que conhecidas as características da madeira e suas melhores técnicas de processamento e secagem.

Outras espécies de Eucalipto, processadas com frequência nas serrarias do Rio Grande do Sul são: *Eucalyptus robusta*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus botryoides*, *Eucalyptus alba*, *Eucalyptus paniculata* e *Eucalyptus dunnii*. As espécies de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urograndis* não foram encontradas sendo processadas nas serrarias pesquisadas, ainda que tenham sido encontrados plantios em um dos três pólos pesquisados.

O desconhecimento das propriedades da madeira de Eucalipto por grande parte das serrarias, especialmente no que se refere a sua alta retratibilidade, causa um volume elevado de defeitos principalmente a variação dimensional/desbitolamento, empenamentos e rachaduras, causas estas que influem negativamente na comercialização desta madeira resultando numa baixa competitividade da indústria madeireira que se utiliza deste gênero. A este respeito, PONCE (1993) diz que a qualidade da madeira pode ser vista de duas maneiras, uma pelas suas características naturais, tais como propriedades físicas, e presença ou ausência de defeitos, tais como nós, rachaduras, fendas, manchas, bolsas de resina/quino, grã reversa, furos de insetos ou podridão; e outra pela precisão de suas dimensões.

Muitas das serrarias de porte pequeno e médio adotam um programa equivocado para trabalhar com as toras adquiridas, ou seja, a serraria compra uma mata ou talhão e procura transformar todas as árvores em madeira serrada a fim de obter uma máxima remuneração a partir da quantidade em detrimento da qualidade. Desconsidera-se as características individuais de cada árvore e sua correspondente aplicação, esquece-se, desta forma, a questão da floresta para usos múltiplos e a aptidão para cada tipo de utilização, que é determinada por uma série de propriedades desse material.

A madeira de Eucalipto oriunda das serrarias do Rio Grande do Sul, em acordo com todas as dificuldades antes apresentadas, tem sido produzida, na sua maior quantidade, para usos menos nobres. A partir deste princípio tem-se uma baixa exigência quanto aos seus requisitos básicos, onde a madeira passa a entrar em uso a partir do seu desdobro desconsiderando-se requisitos importantes como a elevada retratibilidade e a secagem. Para estes usos menos nobres tem-se: construções rurais (mourões, esteios, postes, tramas, escoras, madeira para galpões rústicos, pranchas para portões, etc.) e para embalagens (paletes, caixas para hortifrutigranjeiros, embalagens tipo *bins* para o armazenamento de maçãs e embalagens industriais). Para usos mais nobres, cuja quantidade processada e comercializada é ainda reduzida no Rio Grande do Sul, tem-se: construção civil (portas e esquadrias de madeira, tábuas para pisos, forros e madeira laminada, esteios de seção quadrada e retangular, lambris e caibros, etc.) e indústria moveleira (basicamente em painéis maciços e peças pequenas, *clears, blanks e blocks*).

5.1.3 Principais problemas do setor serrarias do Rio Grande do Sul

Os principais problemas do setor serrarias ocorrem em duas esferas: uma interna, que está ao alcance da capacidade gerencial do empreendedor, e outra externa, que depende de outras cadeias produtivas que, mesmo podendo ser gerenciada pelo empreendedor, não depende exclusivamente das suas ações. A respeito dos problemas internos SOARES (2002), diz que a gestão adequada em qualquer empreendimento passa diretamente pela reavaliação do processo produtivo contemplando ações quanto a possíveis mudanças no processo com alteração ou não de tecnologia, mudanças nas condições operacionais com o rearranjo de equipamentos e tubulações, automatização, alterações de matérias-primas, e por fim, mudanças de práticas operacionais, englobando treinamento de pessoal, prevenção de perdas e programas de manutenção preventiva.

Para o diagnóstico do funcionamento do setor de serrarias no Rio Grande do Sul, no aspecto referente aos principais problemas observados, foram adotados como critérios gerais os seguintes aspectos:

- matéria-prima florestal;
- capacidade técnica instalada das serrarias;
- conhecimento e a atualização dos métodos e técnicas de desdobro;
- exigências do mercado consumidor de madeira de florestas plantadas;
- mão-de-obra empregada no processamento da madeira;
- investimentos em produtos madeireiros de maior valor agregado;

- tratamento dos produtos e subprodutos do processamento de madeiras de florestas plantadas.

Com base nestes aspectos foram detectados os seguintes problemas que, embora incidam de maneira diferente quanto a individualidade de cada serraria, significam um enunciado geral dos problemas do setor no estado do Rio Grande do Sul, quais sejam:

- falta de matéria-prima florestal com manejo específico para produtos serrados;
- alta variabilidade na oferta de matéria-prima disponível para micros, pequenas e parte das serrarias de porte médio;
- verticalização excessiva, na indústria de base florestal, pelas serrarias de grande porte;
- falta de normas e padrões nacionais orientado a um melhor aproveitamento da madeira;
- opção por quantidade em detrimento da qualidade;
- poucos programas de apoio à pesquisa, documentação e informação sobre a tecnologia da madeira de florestas plantadas, seus gêneros e as espécies correspondentes;
- ausência de integração entre os elos da cadeia produtiva;
- ausência de integração com outras cadeias produtivas que consomem o produto florestal;
- falta de tecnologia de última geração (atraso tecnológico do parque industrial das serrarias);
- desconhecimento das melhores técnicas de desdobro para as toras da madeira processada;
- falta de políticas de incentivos para atualização e melhoramentos para o setor serrarias;
- dificuldades para a obtenção de financiamento para a modernização e adequação do parque industrial;
- falta de programas setoriais de qualidade voltados para as micros e pequenas serrarias;
- baixo capital de giro para pequenas, micros e médias serrarias;
- baixa qualificação da mão-de-obra disponível/empregada;
- baixa escolaridade na mão-de-obra, dificultando o treinamento e a assimilação de novas tecnologias e conhecimentos;
- gerenciamento desatualizado ou desqualificado;
- concentração da produção em mercados onde o quesito qualidade tem pouca importância;
- dificuldades na colocação do produto madeireiro no mercado externo;
- alto custo do fator pessoal na composição de custos das pequenas e médias serrarias;
- concentração da produção em itens de baixo valor agregado;

- falta de critérios normativos para a madeira serrada;
- baixa exigência do mercado consumidor quanto a madeira serrada de florestas plantadas;
- relação preço/qualidade da madeira influenciado pela baixa capacidade financeira do mercado consumidor;
- falta de integração da cadeia produtiva da madeira serrada com outras cadeias produtivas que oportunizem o consumo dos resíduos em escala comercial;
- baixa ou nenhuma remuneração pelos resíduos produzidos gerando dispêndios para o serrador.

5.1.4 Geração de resíduos e sobras nas serrarias do Rio Grande do Sul

O volume adicional de resíduos e sobras nas serrarias do Rio Grande do Sul está relacionado, principalmente, a uma matéria-prima que não possui os melhores requisitos de qualidade para produtos serrados. Outro fator importante está relacionado às técnicas, métodos e equipamentos de desdobro inadequados ou ultrapassados.

No Rio Grande do Sul, conforme o levantamento realizado junto às serrarias, o volume de resíduos ultrapassa o volume de madeira serrada obtida no processo de desdobro das toras de madeira e, ao mesmo tempo, a maioria das serrarias ainda não tem um programa de aproveitamento destes resíduos.

Aproveitar, ou melhor, dar um destino a este volume que se acumula no pátio das serrarias se constitui na preocupação de todo o setor. Em um primeiro momento, antes de se pensar em dar um encaminhamento comercial que possa gerar remuneração, existem duas premissas a considerar:

- o volume espacial ocupado pelos resíduos dentro da área da serraria;
- os danos ambientais de práticas incorretas da destinação de resíduos, como a queima e a deposição irregular (cada vez mais penalizados pelo rigor da fiscalização).

A geração de resíduos nas serrarias do estado do Rio Grande do Sul (excetuando-se aqui a madeira com defeitos) situa o aproveitamento das toras de madeira em uma faixa média que vai de 40 a 55% para as serrarias de madeira de Pinus e entre 35 e 45% para as serrarias de madeira de Eucalipto, o que não difere das serrarias de madeira de florestas plantadas nos demais Estados do Brasil. Ainda que seja possível encontrar índices que representem relações negativas extremas, tais como aquelas que apontam para cada 6 metros cúbicos de toras se produza 1 metro cúbico de tábuas, a relação mais freqüente encontrada nas serrarias do Rio Grande do Sul é aquela situada entre 2 e 3,5 metros cúbicos

de toras para cada 1 metro cúbico de tábuas. As diferenças mais significativas encontram-se, neste caso positivamente, quando a floresta tem um manejo silvicultural mais adequado e as toras são abatidas na época correta.

Diante das restrições ambientais no que diz respeito ao tratamento dos resíduos, o destino econômico tem sido a geração de energia, geração de calor para estufas e aproveitamento desta biomassa vegetal para geração de energia em outras indústrias. A experiência do aproveitamento dos resíduos do processamento para a produção de painéis ou chapas de madeira reconstituída resume-se a um único caso a partir de uma serraria de grande porte, a qual adotou o sistema de descascamento das toras (tabela 24).

Tabela 24 – Aproveitamento (destino) dado aos resíduos pelas serrarias

aproveitamento dado aos resíduos	micro <i>até 49 m³/mês</i>		pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>		média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>		grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	
	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus
geração de energia (*)	1	---	1	---	---	4	1	3
geração de energia (**)	9	3	17	23	3	17	1	2
produção de chapas	---	---	---	---	---	---	---	1
compostagem agrícola	4	1	7	6	1	1	---	---
indústria de celulose	---	---	---	---	---	---	---	---
outros	5	---	2	8	1	4	---	---
não dá aproveitamento	6	1	3	3	---	2	---	---

(*) geração de energia para a própria serraria

(**) geração de energia em outras indústrias ou processos

Esta geração de resíduos é influenciada, basicamente, pelos seguintes fatores:

4 falta de qualidade da matéria-prima, ou seja, inerentes à tora de madeira a ser processada

Para transformar a tora de madeira em produto serrado é preciso observar a melhor maneira de aproveitá-la. A tora, um corpo cilíndrico e reto, apresenta variações as quais podem determinar um volume maior ou menor de resíduos. Uma tora pode ser mais ou menos tortuosa, cônica ou circular. Assim sendo, toras que não sejam retas, circulares ou perfeitamente cilíndricas, possuam galhos e tenham um diâmetro reduzido, implicam na geração de volume maior de resíduos.

A seleção criteriosa da tora a ser processada na serraria otimiza o rendimento para um determinado produto evitando, quando possível, o uso das toras apresentem um maior potencial de geração de resíduos ou sobras. No caso do Rio Grande do Sul, a maioria das florestas plantadas de Pinus e

Eucalipto em idade de abate, o manejo adotado não foi aquele cuja finalidade é a produção de madeira serrada, o que resulta na qualidade e variabilidade maior das toras.

A classificação das toras no pátio das serrarias, adotada por um número muito pequeno de serrarias do Rio Grande do Sul, é uma medida que facilita a adoção do melhor plano de cortes e no rendimento do processamento da madeira em função de um determinado produto além de reduzir a geração de resíduos.

- **ausência de medidas que mantenham a qualidade da matéria-prima (proteção das toras)**

A manutenção das propriedades da tora começa a partir do abate da árvore na floresta. A falta de condições adequadas para a colheita e transporte até a serraria são os primeiros causadores de resíduos no pátio da serraria.

Uma decisão equivocada que eleve o período de tempo entre o abate e o desdobro permite que a liberação das tensões se inicie antes do desdobro, permitindo o surgimento de rachaduras, além do ataque de fungos apodrecedores e insetos xilófagos. Em alguns casos, como casos de toras de Eucalipto, este lapso de tempo leva a perda total de lotes de toras, o que significa um acúmulo de matéria-prima desperdiçada no pátio da serraria. Esta perda pode ocorrer ainda na própria floresta quando, pelo volume de chuvas ou outros fatores, impedem que a tora abatida seja transportada até a serraria;

- **adoção de técnicas menos apuradas de desdobro**

Para cada gênero de madeira têm-se técnicas especiais de desdobro, que envolvem tanto equipamentos como métodos de corte. No caso da madeira de Pinus a resposta é menos problemática quanto a este processo. Enquanto que, para o caso da madeira de Eucalipto, a técnica de desdobro é fator fundamental para a obtenção de madeira serrada de boa qualidade. A liberação das tensões de crescimento durante o desdobro faz com que o material serrado apresente rachaduras, empenamento e outros problemas decorrentes da retração da madeira.

A adoção destas técnicas não apresenta uma solução definitiva para todos os problemas da liberação de tensões da madeira processada. Mas seu correto equacionamento pode minorar estes efeitos aumentando os índices de aproveitamento das toras e, per si, implicando em um volume de resíduos e sobras nas serrarias.

Para a madeira de Eucalipto, existem algumas espécies que apresentam uma elevada melhora em função destas técnicas, enquanto que outras a tendência em apresentar tais defeitos mesmo com a

adoção de técnicas apropriadas permanece. Neste caso somente soluções que envolvam a correta seleção genética, plantio e o manejo adequado podem oferecer resultados mais significativos;

- **escolha incorreta das ferramentas de corte**

As serras, quer circulares ou fitas, apresentam determinadas características em relação a diâmetro, largura, espessura, número e formato dos dentes, sendo mais ou menos indicadas em conformidade com a madeira a ser processada, isto sem falar no próprio material da serra. Outros pontos são importantes, que estão relacionados com a própria serra, dizem respeito a sua manutenção, afiação, tensionamento da lâmina e o alinhamento da lâmina de serra com o carro que conduz a tora.

De uma maneira geral pode-se afirmar que as serras circulares geram um volume maior de resíduos ainda que possam ser mais eficientes nos cortes. No Rio Grande do Sul a grande maioria das serrarias utiliza-se das serras fitas para o desdobro das toras, mesmo no caso daquelas toras de menor diâmetro, como medida para aumentar o grau de aproveitamento das toras. Neste caso, um problema freqüente é a falta de tensionamento adequado das lâminas das serras-fita provocando vibrações que ocasionam desvios do eixo de corte, proporcionando uma geração maior de resíduos e perdas;

- **adoção de velocidade de corte incorreta**

Para a tora de madeira ser desdobrada deve ser levada em consideração fatores, tais como: o tipo de madeira, o teor de umidade, o diâmetro (altura de corte) e a potência disponível. A velocidade de avanço relativa entre a ferramenta e a peça de madeira é expressa em metros/minutos.

Máquinas de serras mais simples e aquelas fabricadas há mais tempo, presentes em muitas serrarias no Rio Grande do Sul, não dispõem destes mecanismos automáticos de controle da velocidade de avanço da tora (velocidade de corte). A aplicação de diferentes velocidades de corte serve tanto para as serrarias que processam madeira de Eucalipto como de Pinus. No entanto, a madeira do gênero Eucalipto exige mais deste quesito, especialmente quando processada em um mesmo lote de toras, pois apresenta uma significativa variação de densidades e características entre as espécies. Decisões equivocadas na relação velocidade de corte/tora desdobrada, determinam tanto um volume maior de resíduos (serragem), como madeira com mais defeitos e, por outro lado, provocam um desgaste ainda maior do equipamento de corte;

- **decisões equivocadas dos operadores das serras de desdobro**

Os operadores estão continuamente tomando decisões que dizem respeito a três elementos das máquinas, que por sua vez afetam o desempenho da indústria: produtividade, qualidade do produto

e taxa de recuperação da matéria-prima. Em geral os erros mais comuns observados são: excesso de espessura das costaneiras; incorreta seleção do corte radial, sub-dimensionamento na largura e comprimento das peças (JARA, 1987).

A “leitura” correta da tora para um melhor aproveitamento depende de pessoal treinado e que conheça tanto o equipamento de corte como a caracterização da madeira que está sendo serrada. No caso da madeira serrada de Eucalipto no Rio Grande do Sul é comum que aconteça o processamento de até cinco espécies dentro de um mesmo lote de toras, exigindo que o operador da máquina de serra conheça as características desta madeira (propriedades e desempenho) e disponha de recursos técnicos que possam garantir um melhor resultado.

Estes seis fatores, aqui definidos, determinam o volume de resíduos produzidos, quer positivamente pela sua redução e quer negativamente através do seu incremento. No entanto, esta redução não implica na eliminação total dos resíduos, pois a geração de resíduos é inerente ao processo.

Conforme a tabela 25, no ano de 1997 aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de resíduos gerados pela indústria madeireira foram produzidos no Rio Grande do Sul. Desprezar este volume não investindo em seu aproveitamento é desacreditar critérios tidos como mais sustentáveis para o uso da recurso florestal. Qualquer processo produtivo que envolva os resíduos do processamento da madeira pode ser auto-sustentável, uma vez que a geração destes é considerável.

Tabela 25 – Distribuição da geração de resíduos sólidos industriais Classe II, em setor industrial, no Rio Grande do Sul (t/ano) - 1998

setor industrial	total gerado (t/ano)	percentual
Indústria alimentar	16.361.696	78,09
Indústria madeireira	2.491.432	11.89
Indústria metal-mecânica	1.254.561	5,99
Indústria de bebidas	399.076	1,90
Indústria de papel, papelão e celulose	227.930	1,09
Indústria coureiro-calçadista	98.047	0,47
Indústria química	53.439	0,26
Indústria de beneficiamento de fibras	46.278	0,22
Indústria do fumo	9.455	0,05
Indústria da borracha	8.242	0,04
Indústria do plástico	961	0
total do estado	20.951.227	100

Fonte: FEPAM/GTZ, 1998.

A resserra para aproveitamento ou para obtenção de produtos de menor dimensão a partir de peças com defeitos, sobras ou refugos, gera um volume extra de resíduos que varia diretamente em função

tanto do lote de toras como dos métodos, técnicas e tecnologia empregada. Se, por um lado, a baixa qualidade ou falta de homogeneidade da matéria-prima florestal são determinantes do volume de resíduos e sobras, por outro, o processamento inadequado implica em uma geração maior de resíduos e de peças com defeitos.

No que se refere à geração de resíduos, as serrarias trabalham com dois produtos propriamente ditos: o produto madeira serrada e o produto resíduo. Pode-se afirmar que, conforme é observado nas serrarias do Rio Grande do Sul, na medida que aumentam as exigências de qualidade quanto ao produto madeira serrada também aumenta a geração de resíduos e sobras do processamento no pátio das serrarias. Dado que a matéria-prima florestal ainda não possui os critérios para a produção de madeira serrada de qualidade esta geração de resíduos é considerável. Por outro lado, a baixa exigência de mercados como o da construção civil, quanto às madeiras oriundas de florestas plantadas, diminuem os descartes pelas serrarias de peças com defeitos que são destinadas a usos tradicionalmente menos nobres, tais como formas, escoras, instalações provisórias.

No Brasil as exigências legais e os critérios de regulamentação quanto ao tratamento e deposição de resíduos madeireiros estão dentro dos padrões internacionalmente aceitos. No entanto, simples proibições deixam de ser soluções inteligentes quando não são oferecidas, simultaneamente, alternativas aceitáveis que envolvam o aproveitamento destes resíduos.

A adoção de critérios de classificação determinam o volume de sobras (madeira com defeitos ou recusada comercialmente) de madeira processada para um determinado fim. Na indústria da construção civil é comum adotar-se a classificação da madeira segundo sua qualidade que, em geral, é feita em dois níveis: madeira de primeira e madeira de segunda qualidade ou não selecionada. Aquela madeira destinada à indústria moveleira recebe uma classificação mais apurada cujas normas adotadas separam em cinco níveis: qualidade super, qualidade extra, primeira classe, segunda classe e terceira classe. A madeira considerada dentro do padrão exportação, embora não regulamentado, é aquela que atende aos requisitos e padrões rígidos do mercado externo. Desta forma a primeira classe para a madeira destinada ao mercado externo é muito mais exigente que aquela destinada à construção civil, assim como para a madeira voltada para a indústria moveleira.

Conforme afirma ZENID (2001), as normas disponíveis para a classificação e outras padronizações existentes não podem ser empregadas quase que exclusivamente para o material destinado à exportação. O rompimento deste paradigma depende do envolvimento de produtores, comerciantes e consumidores finais, com o apoio de instituições tecnológicas, na elaboração e revisão periódica de textos normativos; da intensa divulgação das normas de classificação, as características da madeira e os cuidados técnicos necessários para sua boa utilização; e da criação de cursos classificadores de madeira.

Deve-se considerar, ainda, que é possível reduzir o volume de resíduos e sobras do processo de desdobro. Isto pode ser feito através do incremento de novas tecnologias, conhecimentos técnicos e formas de gestão da serraria bem como, por um outro ângulo, transformando o resíduo e as sobras em um produto. Uma alternativa que deve ser considerada é aquela de superar um modelo centrado no volume produzido por um outro, da eficiência produtiva.

5.1.4.1 Identificação dos resíduos e sobras de madeira em serrarias

O processamento de uma tora de madeira pela serraria resulta em um determinado volume de resíduos que são inerentes ao processo de redução da tora nos diferentes formatos das peças definidas pelo serrador. Estas peças, em sua maioria, são pranchas, tábuas e peças de seção quadrada ou retangular que, para sua obtenção utilizam serras para a realização do corte. Deste processamento são gerados resíduos de diferentes formatos e características que, em maior ou menor grau tem sido aproveitados através de outras utilizações deste material madeireiro (tabela 26).

Tabela 26 – Resíduos e sobras com menor aproveitamento pelas serrarias

resíduos e sobras com menor aproveitamento dado pela serraria	micro <i>até 49 m³/mês</i>		pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>		média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>		grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	
	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus
serragem (pó de serra)	17	4	18	20	4	16	---	---
cascas	11	2	12	16	2	7	---	---
costaneiras	1	2	1	4	---	1	---	---
aparas e refilos(cavacos)	5	1	4	5	---	1	---	---
madeira com defeito	---	---	---	---	---	---	---	---
aproveitamento integral	---	---	---	5	---	9	1	4

Decisões como o método de desdobro da tora, equipamentos de serra (tipo de serra, espessura da serra, afiação, número e altura dos dentes de serra, velocidade de corte e avanço), formato das peças associado às especificações das toras (diâmetro, presença de nós, espessura da casca, alborno e medula), dentre outros determinarão um volume maior ou menor de resíduos do processo de desdobro. Estes resíduos estão assim identificados;

- **cascas**

As cascas, revestimento externo das toras, deveriam ser deixadas, através do descascamento mecânico ou manual, preferencialmente no talhão de onde foi retirada a tora. Isto, além de reduzir

parte do volume a ser transportado possibilita o emprego das cascas como condicionador do solo da própria floresta. Este resíduo é, individualmente, um resíduo com poucas alternativas de emprego, além da geração de energia, implicando em pouco interesse pelo mercado. Eventualmente, as cascas tem sido utilizadas para o tratamento paisagístico de parques e praças. No Rio Grande do Sul apenas uma serraria de porte grande efetua o descascamento das toras antes do processamento. Esta medida, que agrega valor ao resíduo gerado no processamento, o habilita à produção de chapas ou painéis de madeira reconstituída. Além disto traz outros ganhos econômicos, diminuindo o desgaste dos equipamentos de corte. Neste caso, a retirada da casca trouxe um benefício importante uma vez que a madeira processada era oriunda da região litorânea, onde o acúmulo de areia junto a casca das toras funciona como um abrasivo aos dentes da serra. No entanto a decisão que inclua o descascamento das toras deve levar em conta a redução do tempo de ciclo das toras nos pátios das serrarias, uma vez que a retirada da casca antes do desdobro pode propiciar o surgimento de defeitos;

- **cavacos (aparas, refilos e destopos)**

Os cavacos referem-se àqueles resíduos da padronização do comprimento e da largura das peças (refilo), que são as aparas das pontas e laterais das tábuas (destopo e refilos), pranchas ou outras peças de seções quadradas e retangulares. No Rio Grande do Sul, este resíduo tem uma significativa aceitação para ser utilizado no processo de geração de energia especialmente para a indústria cerâmica e na geração de vapor em caldeiras, neste caso tem sido comum seu acréscimo à serragem;

- **costaneiras**

As costaneiras (figura 24) são as peças externas obtidas quando do processamento primário das toras de madeira. No Rio Grande do Sul as costaneiras têm sido utilizadas como lenha para a produção de energia da mesma forma que os cavacos. No caso do Eucalipto, as costaneiras são empregadas como paredes de revestimento externo, especialmente para quiosques, galpões e construções rústicas. Neste caso, as costaneiras são selecionadas, dimensionadas e refiladas para que possam ter tal uso. Embora exista um mercado para as costaneiras, trata-se de um produto de baixo valor agregado, pois, além de sua forma irregular, as costaneiras apresentam um percentual elevado de alburno, implicando em degradação mais rápida;

- **serragem ou pó de serra**

A serragem é o produto da passagem da lâmina de serra de redução na tora, formada por pequenas partículas de madeira cujo volume é significativo. No caso do Rio Grande do Sul é o resíduo que

desperta menor interesse para o aproveitamento pois, além de ser um resíduo sujo (com elevada impureza) inviabilizando-o para o emprego em outros produtos com base na madeira, apresenta dificuldades para combustão quando não na forma de briquetes ou não esteja associado a outro resíduo de madeira sólida. Outro fator negativo é o tempo longo necessário para a degradação, dificultando sua utilização na compostagem agrícola. Sua maior utilização tem sido como substrato de solo em criadouros de aves e animais.



Figura 24 – Costaneiras e refilos de serraria de madeira de Pinus destinadas à queima na indústria cerâmica (do autor, São Francisco de Paula/RS)

A serragem (figura 25) é individualmente aquele resíduo que tem o maior rigor da fiscalização, por sua fácil disseminação pelo vento. Mesmo assim, pelas dificuldades em encontrar-lhe uma utilidade muitas serrarias, mesmo ilegalmente, ainda realizam sua queima e deposição irregular;

- **maravalha**

Define-se maravalha como sendo aqueles resíduos do aplainamento das peças de madeira após o seu desdobro. É um resíduo mais comum nas indústrias de beneficiamento da madeira, em geral, realizado somente com a madeira seca. No Rio Grande do Sul este resíduo também é encontrado junto àquelas serrarias com produção verticalizada onde, além do desdobro, é realizada a secagem e o beneficiamento. O beneficiamento através da plaina é realizado em uma linha de produção junto à serraria gerando a maravalha, que mistura-se com a serragem do desdobro nos pátios da serraria ou nos silos de armazenamento de resíduos. As aparas de plaina ou maravalha ainda são produzidas naquelas serrarias que realizam o reprocessamento ou resserra de peças com defeitos (peças com rachaduras, empenamentos, colapso, nós, bolsas de resina/quino e defeitos de grã). Esta resserra, para a transformação em novos produtos, é a principal forma empregada pelas

serrarias para o aproveitamento de peças com defeitos não comercializadas como madeira de qualidade inferior.



Figura 25 – Volume de serragem e pó de serra de serraria de madeira de Pinus (do autor, Cambará do Sul/RS)

5.1.4.2 Redução de perdas e barreiras para o aproveitamento de resíduos e sobras de serrarias em outras indústrias

Para a redução do volume de resíduos e sobras é preciso, também, aprimorar as características da madeira, a partir do correto tratamento silvicultural, incorporando junto com outros programas de melhoramento genético e de manejo na condução da floresta, como o desbaste e a desrama. Exige-se ainda, a observação da correta escolha da matéria-prima florestal em conformidade com o produto a ser produzido. Deve-se observar aspectos especiais da madeira como: ausência de nós e outros defeitos superficiais; níveis de tensões de crescimento, de madeira juvenil e de estabilidade dimensional; resistência mecânica; trabalhabilidade; os desenhos e coloração.

Uma vez definida a matéria-prima florestal, devem ser dispensados à madeira tratamentos especiais nas fases de processamento primário (desdobro e secagem), bem como nas fases de usinagem e acabamento. O grande segredo da tamanha versatilidade da madeira de florestas plantadas, como a de Eucalipto, é exatamente o tratamento especial a ela dispensado.

Um programa que vise aproveitar as sobras e resíduos de serrarias deve ser acompanhado de um outro que vise a sua redução. Embora a geração de resíduos seja inerente ao processo de desdobro, o atual nível de geração tem acompanhado índices muito superiores àqueles considerados aceitáveis.

Diminuir ou eliminar as perdas (quantidade gerada) e qualificar os resíduos produzidos são medidas que dão ênfase na sustentabilidade da matéria-prima florestal. Para que as serrarias atendam aos interesses ambientais e também para o aproveitamento dos resíduos exige-se que as serrarias, além de equipamentos e instalações destinados ao processamento da madeira, também tenham que investir em equipamentos e instalações para o tratamento e armazenagem dos resíduos (tabela 27).

O aproveitamento dos resíduos e sobras de serrarias está associado a requisitos que envolvem tanto o responsável pela geração como aquele que demanda este resíduo, em uma estreita relação que contemple os interesses e as possibilidades de ambos. A este respeito, BONDUELLE et al. (2002), afirma que para uma utilização em escala industrial, como por exemplo a serragem, algumas variáveis devem ser observadas, como a garantia de fornecimento, a qualidade, o controle de umidade, a granulometria, a mistura de espécies ou outra contaminação.

Tabela 27 – Principais equipamentos para o tratamento e armazenagem dos resíduos nas serrarias

equipamentos para o tratamento e armazenagem dos resíduos	micro <i>até 49 m³/mês</i>		pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>		média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>		grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	
	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus
picador de cavacos	---	---	---	5	---	15	1	4
peneira classificadora	---	---	---	2	---	5	---	3
aspirador de resíduos	2	3	12	14	3	8	---	---
correia transportadora	---	---	1	5	---	15	1	4
silo p/ armazenagem	6	2	13	19	3	22	1	4
depósito p/ armazenag.	7	1	3	3	1	1	---	---
repicador de lascas	---	---	---	---	---	---	---	---
descascador de toras	---	---	---	---	---	---	---	1
outros	2	---	1	1	---	---	---	1
sem equipamentos	6	3	5	4	1	2	---	---

Considerados os limitadores de caráter legal, regulamentares e culturais/educacionais, as principais barreiras referem-se aos aspectos tecnológicos, econômicos e geográficos. Sob o ponto de vista das possibilidades do emprego de resíduos e sobras do processamento de madeira por serrarias como insumo industrial na produção de outros produtos, como por exemplo produtos de madeira reconstruída, existem algumas barreiras que necessitam ser equacionadas e superadas, cujas principais características são apresentadas na figura 26.

A legislação ambiental, cuja a função é a de evitar ou restringir impactos ambientais negativos da geração de resíduos, pode tornar-se uma barreira para o aproveitamento dos resíduos, uma vez que uma legislação ambiental inadequada ou ineficiente no que se refere ao controle sobre sua geração

pode tornar-se um fator de desestímulo. A adequação da legislação ambiental implica em menores índices, melhor aproveitamento ou reprocessamento de resíduos e sobras.

barreiras	especificação
transporte	<ul style="list-style-type: none"> transporte (movimentação intra-serraria) no que diz respeito ao recolhimento no local onde o resíduo é gerado (máquinas do processamento), até o local da armazenagem para a posterior destinação (investimentos em lay-out e equipamentos);
	<ul style="list-style-type: none"> incremento no preço do fator transporte em função de: grandes distâncias físicas entre geradores/produtores (serrarias) e centros consumidores e do baixo rendimento uma vez que o resíduo tem grande volume e pequeno peso inviabilizando o aproveitamento a partir de determinada distância.
	<ul style="list-style-type: none"> dependência de deslocamento do resíduo por meios de transporte com um balanço ambiental discutível, ou mesmo negativo, dado a utilização de combustíveis fósseis por esses meios;
regularidade	<ul style="list-style-type: none"> falta de regularidade no processamento da madeira em micro e pequenas serrarias, cujo período de operação é sazonal – a utilização dos resíduos em escala industrial depende da regularidade na sua oferta;
	<ul style="list-style-type: none"> falta de regularidade associada a volume de produção inviabilizam tecnicamente o uso de determinados resíduos dado a possibilidade de degradação intermediária que ocorre em períodos de armazenagem longos;
volume	<ul style="list-style-type: none"> volumes de resíduos gerados não compatíveis com a escala de produção de grandes indústrias inviabilizam o seu uso programado;
	<ul style="list-style-type: none"> volumes de resíduos de um determinado produto processado em quantidade excessiva, são ambientalmente indesejáveis pois dependem de grandes consumidores;
armazenagem	<ul style="list-style-type: none"> correta armazenagem, evitando degradação e resguardando-os de impurezas, que são requisitos necessários ao aproveitamento de resíduos;
	<ul style="list-style-type: none"> armazenagem de grandes volumes de resíduos exige empenho em mão-de-obra e espaço físico, além de máquinas especiais, incrementando os custos do produto resíduo;
seleção e classificação	<ul style="list-style-type: none"> classificação dos resíduos conforme as espécies de madeira, densidades, tipos e dimensões, em função de seu destino e processo de aproveitamento;
	<ul style="list-style-type: none"> seleção apropriada dada aos resíduos, envolve informações como: grau de umidade, pureza e limpeza;
preço/custo	<ul style="list-style-type: none"> o preço do produto resíduo, sob o ponto de vista do produtor (gerador), deve ser convidativo de maneira que os custos de seu gerenciamento sejam inferiores a remuneração percebida;
	<ul style="list-style-type: none"> o preço do produto resíduo, sob o ponto de vista do consumidor, deve ser competitivo em relação ao preço de mercado da matéria-prima florestal bruta;
	<ul style="list-style-type: none"> quanto maior o leque de alternativas de uso do resíduo (múltiplo uso) melhores são as possibilidades de remuneração.

Figura 26 – Barreiras para o aproveitamento dos resíduos e sobras de serrarias de madeira de florestas plantadas

A implementação de melhorias nas serrarias visando reduzir as perdas e agregar qualidade ao resíduo gerado deveriam incluir medidas, tais como *lay-out*, instalações, sistemas de armazenagem de toras, de madeira serrada e de resíduos, ampliação e/ou organização dos espaços, investimentos em tecnologia (máquinas e equipamentos modernos capazes de unir eficiência e produtividade),

investimentos em conhecimento técnico do processamento adequado para a madeira de florestas plantadas (métodos e processos) e em processos avançados de gestão administrativa. Decisões governamentais que promovam políticas de incentivos, isenções ou reinvestimentos de impostos dentro do próprio setor podem colaborar para a implementação destes programas.

A este respeito SILVA (2001) diz que, não obstante o substancial avanço tecnológico observado nos últimos anos, quando se pensa na utilização da madeira para fins mais nobres, o setor vem enfrentando dificuldades em todos os segmentos dessa atividade. Para esses fins, carece de uma melhor adaptação da tecnologia de produção (melhoramento genético e práticas silviculturais adequadas), passando pela tecnologia de processamento (técnicas de abate, de desdobro e de secagem) até atingir a fase de utilização (acabamento e design) e, além disso, enfrenta problemas de comercialização e aproveitamento de seus subprodutos. As grandes possibilidades de uso estão associados ao rompimento de alguns preconceitos e do aprofundamento de estudos sobre os “gargalos” tecnológicos já mencionados.

5.2 INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA NO RIO GRANDE DO SUL

O objetivo deste estudo não abordava, inicialmente, um levantamento de dados de algumas das principais indústrias produtoras de chapas ou painéis de madeira reconstituída no Rio Grande do Sul (tabela 28). No entanto, dada a existência de um parque industrial no Estado que abrange diversos tipos de chapas e painéis optou-se por buscar algumas informações quanto às possibilidades de aproveitamento dos resíduos e sobras por estas indústrias.

Tabela 28 – Indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída

tipo de indústria	matéria-prima predominante: Eucalipto	matéria-prima predominante: Pinus
indústria de aglomerados	1	1
indústria de <i>MDF</i>	---	1
indústria de compens. sarrafeado	---	4
indústria de <i>LVL</i>	1(*)	---
indústria de <i>PMVA</i>	1	2

(*) não pode empregar resíduos ou sobras como matéria-prima

Em um primeiro momento foram diagnosticados os resíduos e sobras produzidos pelas serrarias, suas possibilidades de emprego em produtos de madeira reconstituída e, por fim, as oportunidades que se apresentam para a sua utilização.

5.2.1 Resíduos e sobras de serrarias – emprego em produtos de madeira reconstituída

A metodologia adotada para este estudo foi a de um diagnóstico visando entender o processo de produção e gestão do resíduo. Conforme JOHN (2000), ainda que contrariando a tendência dos profissionais da área de materiais de construção civil de se concentrarem nos aspectos tecnológicos, a consolidação das informações sobre a quantidade de resíduo gerada, suas eventuais variações sazonais ou tendências a longo prazo, são fatores importantes para o estabelecimento de uma estratégia de reciclagem. Fatores como os custos de gestão do resíduo são considerados dados fundamentais para motivar a reciclagem, além de determinantes na viabilidade econômica do processo de reciclagem.

Os resíduos e sobras cujo aproveitamento tem despertado menor interesse no mercado, conforme tabela 29, são serragem e a casca. Como pode ser verificado, até mesmo um número significativo de serrarias de porte médio tem nestes resíduos sua maior dificuldade em encontrar alguma forma de aproveitamento e, portanto, estão mais propensas a causar problemas ambientais.

Tabela 29 – Resíduos e sobras com menor aproveitamento pelas serrarias

resíduos e sobras com menor aproveitamento dado pela serraria	micro <i>até 49 m³/mês</i>		pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>		média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>		grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	
	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus
serragem (pó de serra)	17	4	18	20	4	16	---	---
cascas	11	2	12	16	2	7	---	---
costaneiras	1	2	1	4	---	1	---	---
aparas e refilos(cavacos)	5	1	4	5	---	1	---	---
madeira com defeito	---	---	---	---	---	---	---	---
aproveitamento integral	---	---	---	5	---	9	1	4

A respeito do aproveitamento de resíduos madeireiros PINHEIRO & LAHR (1998) dizem, que existe um certo consenso entre os pesquisadores ligados à engenharia florestal e madeireira de que, na produção de celulose, chapas de madeira aglomerada e chapas de fibras, devem ser aproveitados os resíduos das serrarias, das laminadoras e das desramas e desbastes florestais (toras de menor diâmetro). Desta forma, as madeiras com melhores propriedades intrínsecas seriam utilizadas na produção de serrados para a indústria moveleira e construção civil, dentro dela, na construção de

estruturas. Esta posição é perfeitamente compatível com a racionalização da matéria-prima, garantindo maior rentabilidade através da adoção de técnicas silviculturais e de manejo adequado.

Os resíduos das serrarias do estado do Rio Grande do Sul, especialmente, quando destinados para alguma aplicação, têm sido aproveitados para a geração de energia (figura 27). Existe, de um lado, um número reduzido de grandes consumidores que incorporaram resíduos florestais e do processamento de madeira das serrarias em suas linhas de produção industrial, os quais exigem dois critérios: quantidade e regularidade. Isto, sob o ponto de vista de escala, inviabiliza o aproveitamento dos resíduos das micro e pequenas serrarias enquanto ofertantes individuais. Por outro lado, existem os pequenos consumidores individuais, como a das indústrias cerâmicas (um exemplo disto são aquelas localizadas no vale do Rio Caí), que consomem também os resíduos de micro e pequenas serrarias, ainda que, na maioria dos casos, concentrem-se no aproveitamento de determinados tipos de resíduos (costaneiras, cavacos e refilos) em detrimento da aceitação de outros (serragem ou pó de serra).



Figura 27 – Armazenagem e transporte de cavacos picados em serraria de madeira de Pinus (do autor, Riozinho/RS)

Das regiões pesquisadas, a região da Serra (mais industrializada) foi aquela que apresentou um maior índice de aproveitamento para os resíduos, muito superior às regiões Sul e do Litoral. Na região do Litoral, por seu lado, é onde encontram-se os maiores volumes de resíduos depositados ao ar livre. Na região Sul foi possível encontrar um volume maior de queima de resíduos, confundindo-se com a queima da casca de arroz.

Por sua localização geográfica, a região do Litoral-Sul é aquela que apresenta maior dificuldade no estabelecimento de programas de aproveitamento, através da colocação dos resíduos no mercado, em função da grande distância dos centros industriais maiores. No entanto, dado um volume considerável

no processamento, isto pode ser realizado a partir da incorporação de requisitos de qualificação do resíduo produzido conforme vem sendo visto por uma indústria madeireira de grande porte localizada nesta região. O mercado para os resíduos do processo produtivo, cuja qualificação foi obtida através da adoção de sistema de descascamento das toras gerando resíduo limpo, foi utilizado como insumo para a produção de painéis aglomerados (empresa *DURATEX*) e, mais recentemente em painéis *MDF* (empresa *FIBRAPLAC*).

Na figura 28 estão descritos os principais destinos dados aos resíduos, conforme discriminação individual de cada um, dado por todas as serrarias pesquisadas, independentemente do seu porte, espécie de matéria-prima florestal processada e localização geográfica.

A este respeito, ROCHA (2002) afirma que para poder 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 serraria. O volume de resíduos que são gerados anualmente nas serrarias é muito grande e não pode ser desprezado. Para uma serraria produzir 100 m³ de madeira serrada, são gerados aproximadamente 120 m³ de resíduos, considerando-se um rendimento de 45%, em volume.

A destinação dos resíduos para o aproveitamento (tabela 30), de uma maneira geral, tem sido muito mais uma necessidade da serraria a qual precisa desocupar espaços dentro do pátio, e também por interesses de determinados consumidores que buscam alternativas de biomassa para geração de energia a um custo menor.

Os resíduos ainda são tratados como um subproduto que gera poucos benefícios e que implica em custos, ainda que simplesmente permaneçam depositados no pátio da serraria. Decisões empresarias que vem se ocupando em buscar alternativas para o aproveitamento do resíduo e da sua melhor remuneração (preço atrativo) ainda são poucas, especialmente pela falta de integração com outras cadeias produtivas e ausência de integração ou programas de intercâmbio de informações entre centros de pesquisas e universidades que se ocupem do estudo destas possibilidades.

Portanto, quanto maior for o aproveitamento do resíduo, maior é o lucro obtido com o mesmo, reduzindo-se os custos de produção. Para que o serrador aumente o leque de opções de aproveitamento faz-se necessário os cuidados em gerar um resíduo limpo, sem casca, com cavacos de dimensões convenientes. Isto permite que o resíduo possa ser utilizado como insumo para outras indústrias que se utilizam de matéria-prima madeireira, tais como as de chapas e celulose.

resíduo	destino/aplicação
cascas	<ul style="list-style-type: none"> • geração de energia (olarias, indústrias cerâmicas, caldeiras de geração de vapor, secadores agrícolas, padarias, etc.) • tratamento paisagístico em parques, praças, etc. • substrato de solo (fator retenção de umidade) • compostagem agroflorestal
serragem (pó de serra)	<ul style="list-style-type: none"> • geração de energia (olarias, indústrias cerâmicas, caldeiras de geração de vapor, secadores agrícolas, padarias, etc.) • produção de painéis aglomerados (resíduo sem casca) • para absorção de produtos químicos (estradas e pátios industriais) • produção de briquetes • substrato de solo em instalações para animais (aviários, estrebarias, criadouros de coelhos, mangueiras para bovinos e ovinos, etc.)
cavacos	<ul style="list-style-type: none"> • geração de energia (olarias, indústrias cerâmicas, caldeiras de geração de vapor, secadores agrícolas, padarias, etc.) • na produção de painéis aglomerados(*) e <i>MDF</i>(**) (resíduo sem casca)
costaneiras	<ul style="list-style-type: none"> • revestimento externo ou fechamento de parede de galpões, quiosques, construções rurais e outras construções rústicas • geração de energia (olarias, indústria cerâmicas, caldeiras de geração de vapor, secadores agrícolas, padarias, etc.) • produção de painéis aglomerados – (costaneira sem a casca)
maravalhas	<ul style="list-style-type: none"> • substrato de solo na criação de animais (aviários, estrebarias, criadouros de coelhos, mangueiras para bovinos e ovinos) • produção de painéis aglomerados(*) – (resíduo sem casca)

(*) indústria *DURATEX*

(**) indústria *FIBRAPLAC* (fase experimental)

Figura 28 – Principais destinos dos resíduos de serrarias

Existem, basicamente, quatro alternativas de aproveitamento dos resíduos do processamento de madeira por serrarias: geração de energia, compostagem agrícola, celulose e a produção de chapas ou painéis compostos de madeira; esta última alternativa, amplia o percentual de utilização da tora de madeira e traz um impacto ambiental positivo. A vantagem da produção de chapas ou painéis não se deve somente à geração de poucos resíduos e do alto índice de aproveitamento das toras no processo, mas também porque a utilização de resíduos de madeira como matéria-prima das fábricas de painéis ou chapas podem gerar benefícios ecológicos importantes como a fixação de CO_2 , por parte da madeira e dos produtos de madeira. Conforme RECH (2002), cada metro cúbico de painel aglomerado pode fixar até 650 kg deste gás. A utilização de resíduos e sobras unicamente como combustível, ainda que seja uma alternativa mais correta que a deposição inadequada ou a simples

queima, incrementa a emissão de CO_2 e pode contribuir para o agravamento da escassez de matéria-prima ao setor. Considera-se ainda o fato de que a compostagem agrícola também libera CO_2 .

Tabela 30 – Principais destinos dos resíduos (sobras, restos, refugos) das serrarias

principais destinos dos resíduos (sobras, restos, refugos)	micro <i>até 49 m³/mês</i>		pequena <i>entre 50 m³/mês e 499 m³/mês</i>		média <i>entre 500 m³/mês e 1999 m³/mês</i>		grande <i>a partir de 2000 m³/mês</i>	
	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus	Eucalipto	Pinus
venda para terceiros	6	1	18	20	3	17	1	4
doação para terceiros	12	2	12	8	2	4	---	---
depósito na serraria	1	2	5	3	1	1	---	---
queima na serraria	2	2	1	2	---	---	---	---
depósito noutro local	1	---	1	2	---	2	---	---
usados na serraria(*)	---	---	---	---	---	4	1	1

(*) tal como: queima para geração de energia

Manter o carbono aprisionado em produtos de madeira reconstituída, através da utilização dos resíduos de serraria na produção de painéis ou chapas, tem viabilidade técnica em uma relação: tipo de resíduo e produto a ser industrializado, conforme foi resumido no figura 29. Esta viabilidade técnica depende de algumas medidas que tornem os resíduos tecnicamente aceitáveis (espécie de madeira, limpeza, umidade, seleção e classificação). Os requisitos técnicos são possíveis de alcance, mas este aproveitamento dos resíduos do processamento da madeira por serrarias depende ainda de outros fatores econômicos, administrativos, ambientais e comerciais.

aplicações		tipos de resíduos					
		serragem (pó de serra)	refilo	aparas (destopo)	aparas da plaina	costaneira (sem casca)	casca
chapas de fibras	<i>HB (***)</i>	(*)	
	<i>MDF</i>	.	.	.	.	.
	isolante (***)	(*)	.	.	.	.
chapas aglomeradas	convencional	(**)	.	.	.	.	(*)
	<i>OSB (***)</i>		(*)	(*)		.	
chapas minerais	fibras (***)		(*)	(*)		.	
	excelsior (***)	.	.	.	.	(*)
compensados	sarrafeado		(**)	(**)		.	

(*) em determinado percentual, como adição ao composto principal de madeira

(**) em termos

(***) não existe parque industrial para estas chapas ou painéis, instalado no Rio Grande do Sul

Figura 29 – Possibilidades de utilização de resíduos de serrarias na produção de painéis ou chapas de madeira reconstituída

A respeito do aproveitamento integral dos resíduos nestas fábricas de chapas ou painéis RECH (2002), afirma que da limpeza e classificação dos resíduos sobram materiais suficientes para abastecer energeticamente as próprias fábricas de painéis ou chapas. Através de plantas de cogeração de energia, instaladas junto às fábricas, é gerada eletricidade suficiente para o consumo elétrico da planta. Geram calor utilizado nos secadores para secar madeira. Assim, o setor de painéis realiza um aproveitamento integral dos resíduos de madeira, destinando a combustíveis unicamente os resíduos dos subprodutos florestais.

A figura 30 apresenta as principais exigências que possibilitam a utilização dos resíduos e sobras de serrarias no processo de produção de painéis ou chapas de madeira reconstituída.

tipo de exigência/requisito	exigência/requisito a partir das serrarias	exigência/requisito a partir das indústrias de painéis, chapas e <i>PMVA</i>
técnica	<ul style="list-style-type: none"> • qualidade do resíduo produzido: umidade, espécies, resina da madeira, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • o produto possa ser produzido a partir do resíduo disponível
	<ul style="list-style-type: none"> • grau de pureza e limpeza do resíduo: casca, terra, areia, pedra, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • adequação das espécies de madeira para o produto industrializado
econômica	<ul style="list-style-type: none"> • dispêndio de tempo e mão-de-obra na seleção dos resíduos 	<ul style="list-style-type: none"> • custo compatível do fator transporte dos resíduos (distância serraria-indústria)
	<ul style="list-style-type: none"> • dispêndio na armazenagem dos resíduos 	<ul style="list-style-type: none"> • vantagem comparativa na adoção de um processo industrial a partir de resíduos (como substitutos das toras)
		<ul style="list-style-type: none"> • preço dos resíduos competitivo com o preço das toras e toretas
administrativa	<ul style="list-style-type: none"> • integração das serrarias com outras indústrias 	<ul style="list-style-type: none"> • integração das indústrias com o setor serrarias
	<ul style="list-style-type: none"> • regularidade na produção e/ou entrega (sazonalidade) 	
	<ul style="list-style-type: none"> • volume do resíduo em quantidade comercialmente suficiente 	
comercial	<ul style="list-style-type: none"> • valor agregado do produto resíduo 	<ul style="list-style-type: none"> • interesse de potenciais consumidores
		<ul style="list-style-type: none"> • aceitação comercial do produto industrializado a partir de resíduos
ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • observação de legislação ambiental quanto ao seu tratamento (destino) 	<ul style="list-style-type: none"> • observação de legislação ambiental quanto ao seu tratamento (destino)
		<ul style="list-style-type: none"> • políticas de incentivo ao uso de resíduos em processos industriais

Figura 30 – Principais exigências (requisitos) para a oferta e utilização dos resíduos das serrarias pelas indústrias de painéis, chapas e *PMVA* no Rio Grande do Sul

A industrialização de painéis ou chapas de madeira reconstituída está associada ao atendimento de requisitos que tornam os resíduos em um recurso madeireiro adequado. Os requisitos dependem tanto das serrarias, das indústrias, da integração entre ambas, além das exigências mercadológicas. Dentre os requisitos, assinala-se a integração com outras cadeias produtivas dentro do setor florestal-madeireiro, como uma importante medida capaz de fomentar e impulsionar programas que visem promover a utilização dos resíduos do recurso florestal em escala compatível com a sua geração.

A utilização dos resíduos e sobras para a produção de chapas e painéis não tem sido viável em função de que a maioria destes requisitos está longe de ser atingida, ainda que as dificuldades no atendimento dos requisitos não sejam grandes e ocorra interesse de serrarias e indústrias.

Nas principais indústrias de chapas e painéis instaladas no Rio Grande do Sul, em conformidade com o levantamento realizado, a utilização de resíduos e sobras como matéria-prima madeireira é ainda uma alternativa pouco explorada, conforme apresenta a tabela 31.

YUBA (2000) afirma que, em relação à oportunidade de se produzirem chapas de madeira a partir de resíduos, deve-se considerar que, apesar dos possíveis ganhos ambientais que a implantação de novas empresas representa para a questão da produção de resíduos de madeira, outras questões também devem ser avaliadas, como a utilização de produtos químicos na produção de chapas e a geração de reduzido número de empregos por um tipo de indústria altamente oligopolizado.

Tabela 31– Emprego de resíduos e sobras nas indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída

emprego de resíduos e sobras como matéria-prima:	aglomerados	MDF	compens. sarrafeado	LVL	PMVA
utiliza resíduos e sobras	1	1	---	---	1
não utiliza	1	---	3	1(*)	1
utilizou mas não utiliza mais	---	---	1	---	---
tentou utilizar mas não encontrou interessados	---	---	---	---	1
o material gerado pelas serrarias não se adequa	---	---	1	---	---
está se preparando para vir a utilizar resíduos	1	---	---	---	---

(*) não pode empregar resíduos ou sobras como matéria-prima

No que se refere à elaboração de produtos de maior valor agregado (PMVA) a partir de resíduos, depende de uma organização interna maior e de alguns investimentos técnico-operacionais das

serrarias, tornando-as aptas à produção de madeira com maior valor agregado (eficiência ao invés de quantidade). A qualidade da madeira disponível para as serrarias (espécies, seleção genética, manejo silvicultural e corte) não é colocada em questão pois, conforme ORTOLAN (2001), processos mais modernos a baixos custos tornam a qualidade menos relevante (*finger joint, edge glue*, detecção automática de defeitos).

O melhor aproveitamento das sobras decorrentes de peças com defeitos (refugos) ocorre através da adoção de critérios mais rígidos de classificação da madeira pelas serrarias adaptando-as perfeitamente para a produção dos chamados produtos de maior valor agregado (*PMVA*). A redução das peças com defeitos em peças menores (resserra) visando ao aproveitamento nestes produtos traria um valor agregado maior ao invés da comercialização como madeira de classificação inferior ou da produção de embalagens de pouco valor, como ocorre hoje no Rio Grande do Sul.

Os problemas identificados pelas principais indústrias de chapas e painéis instaladas no Rio Grande do Sul, os quais inviabilizam ou dificultam sua maior utilização como matéria-prima madeireira, estão relacionados na tabela 32.

Tabela 32 – Problemas para o emprego de resíduos e sobras nas indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída

problemas para o emprego de resíduos e sobras:	aglomerados	<i>MDF</i>	compens. sarrafeado	<i>LVL</i>	<i>PMVA</i>
elevado grau de umidade	---	---	3	---	1
elevado grau de impureza	1	1	---	---	---
presença ou contaminação de agentes deteriorantes	1	1	---	---	---
falta de regularidade no fornecimento	1	---	---	---	1
problemas decorrentes da armazenagem indevida	---	1	1	---	1
inadequação das espécies processadas	1	---	1	---	1
formato (bitola) inadequado do material gerado	---	---	2	---	1
proc.não emprega resíduos	---	---	---	1(*)	---

(*) não pode empregar resíduos ou sobras como matéria-prima

Novos produtos podem ser pensados a partir da matéria-prima existente, uma vez que existe tecnologia disponível para tal. Existem propostas que podem ser consideradas pela indústria da construção civil. Uma destas, conforme CÉSAR et al. (2002), diz respeito à industrialização de

painéis de vedação para a construção civil (sem função estrutural). Estes painéis são feitos com peças de pequena largura que, coladas lateralmente, formam estes painéis. Hoje, em função do diâmetro dos troncos das árvores de florestas plantadas disponíveis para o desdobro, não se dispõem mais de tábuas de grandes dimensões, o que leva a estudar o aproveitamento de tábuas de pequenas dimensões, através do aproveitamento de tábuas de pequenas seções transversais para produção de novos componentes de construção.

5.2.2 Geração de resíduos nas serrarias do Rio Grande do Sul: oportunidades para a utilização em produtos de madeira reconstituída

As oportunidades, em seu sentido mais amplo, para o setor de serrarias passam por um conceito de modernização empresarial. Este conceito não refere-se exclusivamente ao aumento da produtividade e da eficiência na produção de madeira serrada. Deve ser entendido como um mecanismo mais amplo sob o qual permeia a questão da utilização do recurso florestal que, apesar de renovável, tem uma oferta limitada. Saber utilizá-lo corretamente, como um recurso de múltiplo uso, implica positivamente na redução ou até eliminação de perdas. Os processos industriais caracterizam-se pela geração de algum tipo de resíduo. Tornar estes resíduos como um produto apto a outros processos produtivos é tarefa dentro de parâmetros considerados econômica e ambientalmente corretos.

Em termos gerais, entende-se como uso múltiplo, conforme SILVA (2001), a possibilidade de se poder destinar à madeira mais de uma aplicação ou dela se poder obter mais de um produto. A multiplicidade ou versatilidade de uso pode ser determinada através do conhecimento das características da floresta e da madeira propriamente dita, suas relações entre si, suas influências sobre as condições do processo e as correlações com as propriedades dos produtos a serem obtidos. É necessário que os conceitos tradicionais sejam revistos, reavaliando-se as espécies selecionadas e as técnicas de implantação, manejo, exploração, processamento e uso.

As barreiras que impedem um melhor aproveitamento dos resíduos e sobras identificados (múltiplas alternativas) pelas principais indústrias de chapas e painéis instaladas no Rio Grande do Sul, estão relacionados na tabela 33.

O peso do fator transporte (grandes distâncias entre a indústria e a serraria), o preço da madeira no mercado e a adequação de processos e equipamentos para o recebimento de resíduos são apontados pelas indústrias produtoras de painéis como fatores que ainda inviabilizam economicamente o uso de resíduos no seu processo industrial. As etapas referentes ao transporte e armazenagem, podem afetar decisivamente (inviabilizando pelos elevados custos de remoção) a possibilidade do aproveitamento do resíduo em um determinado processo produtivo (reciclagem).

No caso dos resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas pelas serrarias do Rio Grande do Sul, o seu aproveitamento em painéis e chapas se mostra bastante viável. Em primeiro lugar existe um parque industrial instalado, conforme mostra a figura 29, cujos produtos (*MDF*, aglomerado e compensados sarrafeados) podem, tecnicamente, incorporar tais resíduos. Em segundo lugar estes prováveis centros consumidores estão geograficamente instalados próximos às principais fontes produtoras de resíduos, viabilizando o custo transporte. E, por último, tais fontes produtores mantêm os critérios de regularidade e volume na produção destes resíduos. O único ponto que atua negativamente para esta alternativa é o da não adequação dentro dos critérios técnicos do resíduo em si (limpeza, impureza, seleção e presença da casca).

Tabela 33 – Emprego de resíduos e sobras nas indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída

barreiras que impedem o melhor aproveitamento dos resíduos e sobras:	aglomerados	<i>MDF</i>	compens. sarrafeado	<i>LVL</i>	<i>PMVA</i>
baixo valor agregado do produto resíduo	1	1	---	---	1
alto custo de armazenagem dos resíduos	---	1	---	---	---
alto dispêndio na seleção do resíduo (tempo de mão-de-obra)	---	---	3	---	1
legislação ambiental flexível para o tratamento do resíduo	1	---	---	---	---
falta de integração com outras indústrias	---	1	1	---	1
alto custo no transporte dos resíduos	2	1	---	---	---
baixo interesse dos potenciais consumidores	---	---	---	---	1
baixa qualidade do resíduo gerado	1	---	---	---	1

Esta adequação é possível de ser implementada por muitas das serrarias do Rio Grande do Sul, ainda que inviáveis para as serrarias de tamanho micro e pequenas que, individualmente, não tem condições de assumir o alto custos do descascamento das toras.

Uma alternativa para as serrarias que operam em regiões mais distantes dos centros consumidores e mesmo daquelas localizadas próximas mas que não cumprem os quesitos de volume e regularidade seria agregar valor a madeira processada, através do processo de secagem artificial da madeira pela utilização dos resíduos como biomassa para geração de energia. Outra alternativa, que se adapta àquelas serrarias localizadas na Região do Litoral-sul do Rio Grande do Sul (distantes dos centros

consumidores e com um grande volume de resíduos) seria o de destinar o resíduo (especialmente a serragem) para a compostagem agroflorestal melhorando as condições do solo, considerado pobre nesta região, para aumentar a produtividade florestal.

Do ponto de vista econômico, as principais indústrias de chapas e painéis instalados no Rio Grande do Sul, embora julguem outros significados, a grande maioria entende como positiva a possibilidade da utilização de resíduos e sobras como matéria-prima madeireira. No entanto, entendem como de pouca influência na composição de custos do produto produzido (tabela 34).

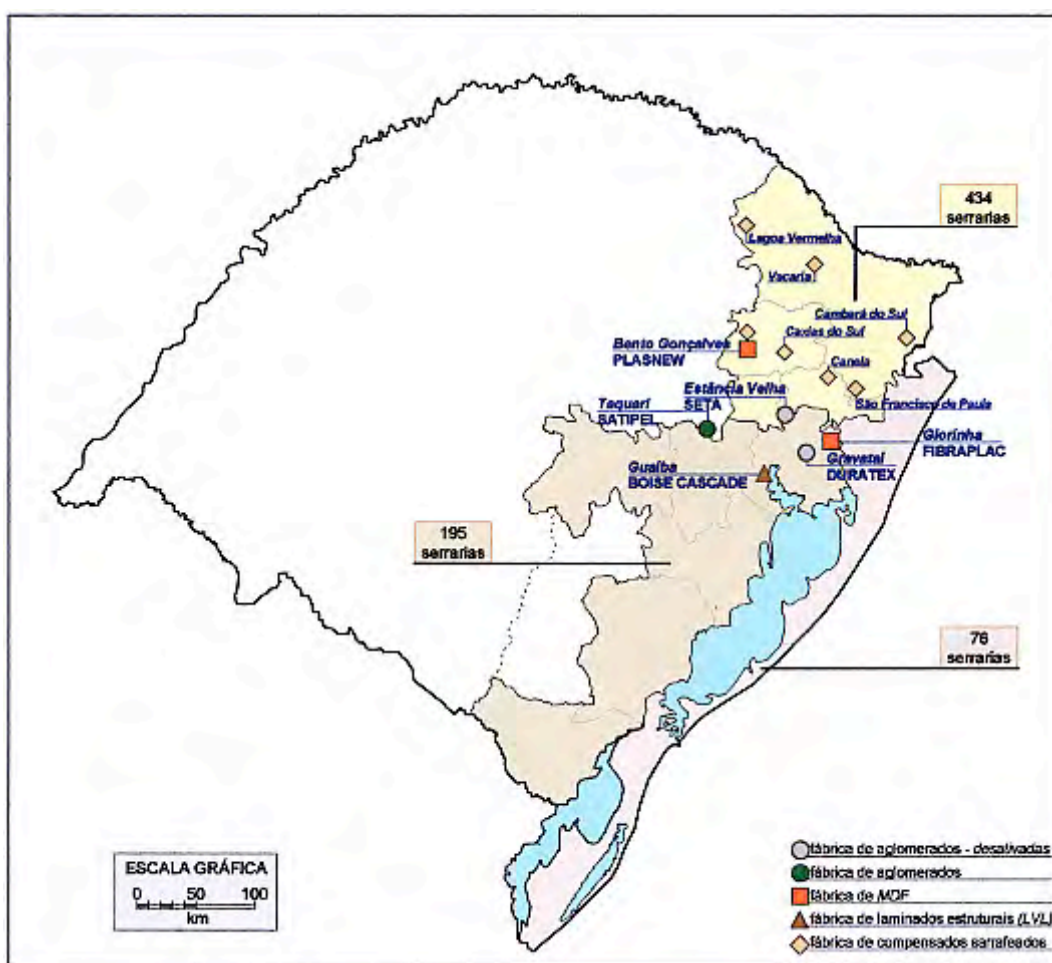


Figura 31 – Localização geográfica das indústrias produtoras de painéis ou chapas de madeira industrializada no Rio Grande do Sul

As oportunidades para o aproveitamento dos resíduos do processamento de madeira pelas serrarias em produtos de madeira reconstituída e produtos de maior valor agregado está dentro de um conceito de uma política hierárquica da gestão de resíduos. Conforme LEACH et al. (1997); GRUBL & RUHL

(1998); EU (1999) apud JOHN (2000) vigora uma hierarquia de objetivos na gestão de resíduos, qual seja:

- reduzir a geração do resíduo na fonte;
- reutilizar o resíduo;
- reciclar;
- incinerar recuperando a energia;
- depositar em aterros sanitários.

Tabela 34 – Influências no emprego de resíduos e sobras nas indústrias de chapas ou painéis de madeira reconstituída

influência a respeito do aproveitamento dos resíduos e sobras:	aglomerados	<i>MDF</i>	compens. sarrafeado	<i>LVL</i>	<i>PMVA</i>
positiva, e significativa na composição de custos	1	---	---	---	---
positiva, mas pouco significativa na comp. de custos	1	1	1	---	1
não tem influência e não traz qualquer significado	---	---	2	1	1
negativa, pois demandaria novos investimentos	---	---	---	---	1
não tem idéia do significado	---	---	1	---	1

Assim, a incorporação dos resíduos na produção de chapas e painéis (além de outros produtos de madeira maciça) é tecnicamente viável, observadas as suas caracterizações, e serve para manter o carbono aprisionado na madeira por mais tempo. As outras soluções, dentro desta hierarquia, seria a queima como biomassa para a geração de energia (o que vem sendo realizado atualmente) e a compostagem agrícola. Ainda que possa ser discutível tal hierarquização em função do critério da melhor escolha, para o caso do aproveitamento dos resíduos do processamento de madeira, ela se apresenta como a possibilidade de menor impacto ambiental imediato, adequando-se como uma alternativa viável conforme os critérios hierárquicos propostos.

A multiplicidade de alternativas indicam que as serrarias devem se ocupar também com o gerenciamento dos resíduos, tanto sob o aspecto da obtenção de renda e redução de custos no seu gerenciamento, como também em função da sustentabilidade ambiental do insumo madeireiro. Conforme JOHN (2000), do ponto de vista da empresa geradora do resíduo a existência de um maior número de aplicações é importante porque permite:

- minimizar riscos de perder o mercado;
- criar alguma competição pelo resíduo, o que maximiza as possibilidades de obtenção de benefícios financeiros.

A produção de chapas e painéis através da reciclagem (aproveitamento dos resíduos) depende de uma decisão dos agentes envolvidos no processo de produção destes produtos. As alternativas para o aproveitamento, a melhor remuneração dos resíduos, o menor custo do produto produzido e a integração com outras cadeias produtivas ajudarão a tornar viável uma decisão a este respeito. Conforme ressaltado pelo BCSD-GM (1999) apud JOHN (2000), se não houver uma firme disposição da direção da empresa, seguida da definição dos objetivos que a empresa tem com relação ao resíduo e o envolvimento da equipe da empresa, a reciclagem do resíduo dificilmente será concretizada.

6 CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSIÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

6.1 CONCLUSÕES

O presente trabalho foi proposto e desenvolvido levando em consideração, de um lado, a melhoria no processamento da madeira serrada de florestas plantadas com a conseqüente redução dos resíduos e sobras e, de outro, a destinação da madeira serrada para produtos de melhor valor agregado e o aproveitamento dos resíduos e sobras como matéria-prima para a produção de painéis ou chapas de madeira reconstituída.

Neste sentido foi realizado um levantamento através de uma amostragem das serrarias de madeira de florestas plantadas de Pinus e Eucalipto nos três principais pólos produtores de madeira serrada no Rio Grande do Sul considerando o nível de atividade das mesmas. Foi analisada a produção destas serrarias, desde a origem da tora processada até os fins nos quais ela será empregada.

As 107 serrarias pesquisadas revelaram a heterogeneidade do setor quanto ao porte das serrarias e aos gêneros de madeira processada. O diagnóstico obtido permitiu identificar os produtos oferecidos e os resíduos gerados, sua caracterização quantitativa e as possibilidades de aproveitamento em produtos de maior valor agregado e como produtos de madeira reconstituída.

Inicialmente este trabalho procurava, também, estabelecer a caracterização qualitativa dos diferentes resíduos e sobras do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. Dificuldades, mais do que a amplitude do tema, decorrentes da baixa qualificação dos resíduos produzidos (presença de impurezas como: cascas, terra, areia, pedras, óleos e resinas) e um mercado que dispõe de uma elevada demanda por madeira de baixa qualidade, fizeram com que este trabalho se concentrasse nos aspectos da redução da produção de resíduos, da melhoria da qualidade da madeira serrada, da identificação do volume produzido e dos requisitos para o aproveitamento em produtos de madeira reconstituída e produtos de maior valor agregado.

A precariedade dos dados estatísticos, nos aspectos de atualização e confiabilidade, sobre a produção e o consumo de produtos florestais e sobre a geração de resíduos e sobras não permitiram que este trabalho avançasse e pudesse fazer outras inferências estabelecendo níveis paramétricos. Por outro lado, este estudo permitiu estabelecer algumas relações sobre o papel exercido pelas serrarias dentro da cadeia produtiva da madeira serrada de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. A qualidade da madeira destas florestas é fundamental para que seja reduzida a dependência e a pressão pelo consumo de espécies de florestas nativas para a obtenção de produtos serrados, especialmente pela indústria da construção civil.

A partir os dados obtidos no levantamento e considerando a revisão bibliográfica relacionada ao tema, evidenciam-se as seguintes conclusões:

6.1.1 Conclusões relacionadas à matéria-prima madeireira

O aumento do consumo de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul não foi acompanhado por um concomitante aumento na oferta (através da formação de novos plantios) e nem pela melhoria nos processos de produção da madeira serrada (manejo silvicultural, desdobro, secagem e beneficiamento). A ausência de uma política de incentivos para o setor, a baixa remuneração para os produtores florestais (produtores de toras) e para o setor de serrarias (desdobro/processamento), podem ser a causa do desestímulo para investimentos em novos plantios e para o emprego de novas técnicas e equipamentos no processamento da madeira.

Dos gêneros florestais que se destinam ao processamento para madeira serrada, o Rio Grande do Sul apresenta áreas de florestas plantadas em quantidades bastante aproximadas. Ao mesmo tempo, as estatísticas mostram um leve incremento nos plantios de florestas de Acácia (para fins não madeireiros) e Pinus, contrariamente ao que vem acontecendo com o plantio de Eucalipto.

A madeira serrada no Rio Grande do Sul, tanto de Pinus como de Eucalipto, ainda é obtida a partir de matéria-prima florestal (toras) de baixa qualidade, oriunda de florestas desprovidas de manejo que as habilitem para a produção de madeira serrada. O processamento desta matéria-prima resulta em um volume elevado de madeira serrada com defeitos, descartes, sobras e resíduos.

6.1.2 Conclusões relacionadas à caracterização do setor serrarias

As serrarias do Rio Grande do Sul caracterizam-se, sob um aspecto geral, por uma forte concorrência entre si diante de um mercado restrito de matéria-prima florestal de qualidade, diferentemente de outras indústrias dentro da cadeia produtiva florestal, como a indústria do papel/celulose e a indústria de painéis e chapas de madeira reconstituída, que são fortemente oligopolizadas e beneficiadas pelo alto valor agregado no produto produzido e por sua capacidade em estabelecer preços.

Sob o aspecto do volume de madeira serrada, a madeira de Eucalipto está concentrada em serrarias de micro e pequeno porte enquanto que a madeira de Pinus situa-se em serrarias de porte médio e grande. Isto pode ser visto ainda sob outro aspecto que é o de que o volume de madeira processada de Pinus é bastante superior àquele de madeira de Eucalipto.

O setor de serrarias é caracterizado ainda por um grande número de serrarias com suas mais diferentes particularidades e, organizadas dentro de um princípio onde a determinação dos ganhos acontece

numa relação direta com o volume de madeira processada em detrimento da eficiência e da qualidade, são marcadas por grandes dificuldades no estabelecimento de um processo de integração.

6.1.3 Conclusões relacionadas ao processo de produção

As serrarias que processam madeira do gênero *Pinus spp.* trabalham com apenas duas espécies com características semelhantes. Naquelas serrarias que processam madeira do gênero *Eucalyptus spp.* foram encontradas até 10 espécies com características bastante diferenciadas, especialmente no que diz respeito à densidade e trabalhabilidade. Um pequeno número de serrarias de porte micro e pequeno trabalham com espécies dos dois gêneros. Esta multiplicidade de espécies, e até mesmo de gêneros de madeira, dentro de uma mesma serraria influencia negativamente na qualidade do produto serrado, uma vez que a tecnologia e os equipamentos empregados são os mesmos para processamento de madeiras que exigem tratamentos específicos.

As serrarias de porte médio e grande se utilizam de equipamentos e tecnologias mais adequadas ao processamento, marcadamente aquelas que processam madeira de *Pinus*. Aquelas serrarias de porte micro e pequeno se utilizam apenas de equipamentos básicos, e são desprovidas de recursos tecnológicos que possibilitem uma melhor qualidade do processamento da madeira.

O valor agregado da madeira serrada pode ser avaliado ainda pela inclusão dos processos de secagem e tratamento preservativo, especialmente para o *Pinus*. Enquanto um número significativo de serrarias de madeira de *Pinus* inclui processo de secagem e tratamento químico da madeira, as serrarias de madeira de Eucalipto contrariam esta tendência.

Os processos de certificação de serrarias (tanto pelas normas *ISO* como pelo selo *FSC*), que podem ser entendidos como uma elevação dos padrões de qualidade do setor, são uma realidade apenas para as grandes serrarias e um pequeno número serrarias de porte médio que processam madeira destinada à exportação.

6.1.4 Conclusões relacionadas ao produto

A madeira serrada destinada para a construção civil e construções rurais tem uma predominância quando a matéria-prima florestal é o Eucalipto. A madeira de *Pinus* está voltada especialmente ao setor moveleiro e, em volume menor, de tábuas para a indústria da construção civil. A madeira serrada de *Pinus* teve, em um período recente, um incremento de madeira destinada à exportação, um acréscimo que diz respeito especialmente à madeira de melhor qualidade. Madeira serrada destinada a

embalagens e painéis sarrafeados é produzida a partir de matéria-prima de menor qualidade ou de processos que exigem menor investimento em tecnologia.

A indústria da construção civil caracteriza-se por um elevado consumo de madeira serrada de espécies de florestas plantadas em níveis de qualidade abaixo daqueles tecnicamente recomendados. O emprego desta madeira está voltado, especialmente, para usos de menor exigência quanto aos requisitos técnicos, usos de caráter provisório tais como andaimes, tapumes, formas, escoras, abrigos e estruturas não aparentes. A madeira de florestas plantadas para aplicações na construção civil ainda é marcada por um conceito que a caracteriza como uma madeira de nível inferior àquela oriunda de espécies nativas e, desta forma, dispensa maiores exigências quanto a padrões de processamento, secagem e beneficiamento.

A qualificação da madeira de florestas plantadas é uma alternativa ainda pouco explorada pelas serrarias diante de um mercado potencial viável. Uma possibilidade interessante para as serrarias de porte micro e pequeno, que são aquelas que tem mercados pouco definidos e um nível de atividade que possibilita tal alteração, é a agregação de valor à madeira serrada através da produção de madeira seca, livre de defeitos e dentro de padrões dimensionais.

6.1.5 Conclusões relacionadas à geração de resíduos

O volume de resíduos e sobras nas serrarias é aumentado pela ausência de melhorias nos processos de manejo silvicultural, de desdobro (processamento) e de programas de secagem. O pouco conhecimento sobre melhores métodos e técnicas e o emprego de uma tecnologia deficiente caracterizam a maioria das serrarias do Rio Grande do Sul. Sob estes aspectos apenas serrarias de grande porte (outros níveis de atividade resumem-se em alguns exemplos isolados) estão capacitadas a oferecer madeira serrada dentro de padrões qualitativos satisfatórios.

Sob o ponto de vista dos equipamentos utilizados para o tratamento e armazenagem dos resíduos as serrarias têm uma relação direta com porte e tecnologia empregada no processamento da madeira.

Nos quesitos volume e regularidade as serrarias classificadas como micro e pequenas, individualmente, não se enquadram dentro de um padrão de escala capaz de estabelecer uma linha de produção (em produtos de maior valor agregado) para o aproveitamento de sobras e resíduos, habilitando estas serrarias a firmarem-se comercialmente sob este aspecto. Do ponto de vista ambiental pode-se dizer que estas serrarias, pelo volume processado de madeira, e sua localização mais dispersa são aquelas que causam menor impacto ambiental. Neste caso os maiores problemas estão naquelas serrarias próximas a cursos de água ou que estão localizadas em áreas urbanas cujo

resíduo gerado, especialmente a serragem ou pó de serra, traz prejuízos à saúde e bem-estar da população próxima.

A inclusão do processo de tratamento químico da madeira, bastante observado nas serrarias de madeira de Pinus, pode trazer conseqüências ambientais negativas quando ele não for acompanhado de medidas que visem ao tratamento adequado dos resíduos e sobras das serrarias.

6.1.6 Conclusões relacionadas ao aproveitamento de resíduos

O principal destino dado aos resíduos tem sido para a geração de energia (queima) em outras indústrias ou processos. Isto pode ser entendido como sendo o resíduo um produto de baixo valor agregado que tem sido empregado como substituição à lenha.

Para o aproveitamento dos resíduos e sobras como um produto, insumo madeirável, para o emprego no processo produtivo de chapas ou painéis, será necessária uma alteração no atual sistema de produção da maioria das serrarias do Rio Grande do Sul. As serrarias deverão incrementar processos de qualificação do resíduo, que envolvem sua seleção, classificação, limpeza, armazenagem e, ao mesmo tempo, atender aos requisitos de volume e regularidade. Dificuldades decorrentes da heterogeneidade do setor de serrarias não significam fatores determinantes da inviabilidade de programas de aproveitamento de resíduos e sobras, uma vez que a capacidade de adequação deste setor ficou evidenciada quando da adaptação, por muitas serrarias, para produzir madeira atendendo às rigorosas exigências do mercado externo.

O resíduo que desperta menor interesse pelo mercado e, conseqüentemente, um maior problema para as serrarias, é a serragem ou pó de serra, seguido pelas cascas. Os resíduos, neste caso, poderiam ser utilizados para a cogeração de energia, biomassa para a geração de calor para estufas de secagem além do abastecimento próprio e de pequenos consumidores locais.

6.1.7 Conclusões relacionadas às perspectivas para o setor

Para que a eficiência produtiva venha a ocorrer naquelas serrarias que ainda não a detêm (a grande maioria no Rio Grande do Sul), deverá haver uma forte correlação na integração com outras cadeias produtivas que tem na madeira um insumo importante. Desta integração, no caso da madeira serrada, ressalta-se a cadeia produtiva da indústria de painéis ou chapas de madeira reconstituída e a cadeia produtiva da indústria da construção civil, esta última apta a consumir madeira serrada em grandes quantidades (lojas de material de construção, empresas de beneficiamento, fábricas de esquadrias, marcenarias e carpintarias, empresas construtoras, arquitetos e engenheiros).

A integração no setor de madeira serrada poderá acontecer, basicamente, de duas maneiras: uma pela ação conjunta de vários agentes da cadeia produtiva da madeira e a outra dentro do próprio sub-setor serrarias. As dificuldades em viabilizar individualmente empreendimentos, quer para a aquisição da escassa matéria-prima florestal e quer pela colocação de seus produtos no mercado, podem ser melhoradas pela integração entre os vários agentes.

6.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cadeia produtiva da madeira serrada de florestas plantadas é um amplo campo de pesquisas que merece uma dedicação maior. Existem centros de pesquisas e universidades, além de entidades privadas, que já realizam ou promovem estudos técnicos no Rio Grande do Sul, mas que carecem ainda de uma melhor integração com este setor, integração esta necessária para alavancar os atuais parâmetros de produção da cadeia produtiva da madeira serrada. Esta integração poderá desenvolver programas que visem à obtenção de madeira serrada de florestas plantadas de melhor qualidade do que aquela atualmente ofertada pelas serrarias e a possibilidade do aproveitamento dos resíduos e sobras em produtos de madeira reconstituída, como é o caso dos painéis ou chapas e de produtos de maior valor agregado (*PMVA*), possíveis de aplicação na indústria da construção civil.

A falta de dados a respeito do consumo e destinação da produção florestal do estado do Rio Grande do Sul, superável através da conclusão do Inventário Florestal Estadual (segunda etapa), além de sistemas de produção e atualização permanente de dados, dificulta a elaboração de programas de investimentos e de ações que visem incrementar melhorias na oferta da madeira serrada bem como no emprego das sobras e resíduos como insumo de outros produtos ou processos.

Por outro lado, o mercado madeireiro internacional tem se utilizado de diversas exigências, até mesmo a questão da sustentabilidade ambiental, tanto como forma de barreira como de estratégia de *marketing* (certificações) para o ingresso ou permanência de indústrias em um determinado setor. Investimentos em tecnologia, métodos de produção adequados e sistemas de gerenciamento que permitam o aproveitamento de resíduos dentro de critérios sustentáveis são requisitos básicos para que o setor madeireiro mantenha-se como uma atividade econômica e ambientalmente viável, e que certamente atenderá aos padrões de sustentabilidade no uso do recurso florestal.

A conscientização ambiental do mercado consumidor não bastará para substituir o consumo da madeira originária de florestas nativas, explorada dentro de critérios predatórios, por madeira de florestas plantadas. A cadeia produtiva da madeira serrada necessita estar apta a oferecer um produto com parâmetros de qualidade aceitáveis e com critérios ambientalmente corretos. E tais critérios

envolvem necessariamente o aproveitamento dos resíduos e sobras do processamento ampliando as possibilidades de aplicação do recurso florestal.

6.3 PROPOSIÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Outros estudos poderão se ocupar da análise de uma série de questões que vão ao encontro daquilo que foi aqui levantado, quais sejam:

- analisando a madeira ofertada pelas serrarias ao mercado, sua qualificação e requisitos, investigada a partir do consumidor do produto;
- diminuindo o espectro de análise em relação aos gêneros e dentro destes em determinadas espécies de madeira de florestas plantadas. A partir disto, mensurar suas qualidades bem como caracterizar tecnicamente os resíduos produzidos no processo de desdobro em função das possibilidades de aproveitamento em produtos de madeira reconstituída;
- definindo um determinado produto de madeira reconstituída, conforme as informações do item anterior, produzido a partir de resíduos de uma espécie de madeira serrada através do estudo da qualificação destes resíduos para tal;
- comparando, sob os aspectos técnicos, econômicos e ambientais, produtos produzidos a partir de resíduos e sobras do processamento da madeira com aqueles produzidos a partir de toras de madeira;
- estabelecendo critérios que dão ênfase à sustentabilidade ambiental no aproveitamento de sobras e resíduos de serrarias de madeira de florestas plantadas, seus ganhos e perdas;
- analisando, especificamente, o resíduo serragem (pó de serra), aquele que apresenta maior volume nos pátios das serrarias e que desperta menor interesse junto ao mercado. Considerando sua incorporação nos produtos existentes ou em experimentos envolvendo novos produtos e técnicas.

A constatação de que a madeira serrada de florestas plantadas ainda tem baixa qualidade e produz um volume elevado de resíduos determina que estudos futuros devam considerar a constante melhoria e qualificação do recurso florestal, da redução das perdas e sobras e do aproveitamento dos resíduos como madeira reconstituída, dentro de um critério que enfatize padrões de sustentabilidade para a madeira de florestas plantadas. Desta forma, setores como a indústria da construção civil, poderão continuar utilizando a madeira como um material dentro de critérios ambiental e economicamente corretos.

REFERÊNCIAS

- AHRENS, S. Silvicultura e manejo de pinus. **Revista da madeira** - especial Pinus, Curitiba, p. 62 – 68, 2002.
- ANDRAE, F. Carta aberta aos interessados nas questões florestais do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria.UFSM. n. 20, p. 115 – 125, 2000.
- ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS (AGEFLOR). **Indústria florestal – Opção para o desenvolvimento sócio-econômico da região sul do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: 2002. 22p.
- ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS (AGEFLOR). **Consolidação dos dados disponíveis sobre a cadeia produtiva de base florestal no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: 1999. 47p.
- BARBOSA, J. C.; INO, A. Madeira, material de baixo impacto ambiental na construção – análise do ciclo da vida. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2001. p. 139 – 146.
- BENEVENTE, V. A. Diretrizes gerais para indicação de madeira preservada nas edificações em madeira ainda na fase de projeto. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 5., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1995. p. 447 – 456.
- BERNARDI, R. Painéis de madeira maciça. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 63, 2002. p. 22 – 24.
- BERNARDI, R. **Uso de painéis de madeira reconstituída**. Bento Gonçalves: Centro Tecnológico do Mobiliário SENAI – CETEMO, 2003.
- BITTENCOURT, E.; ALARCON, O. E.; FARIAS, M. G. Chapas Aglomeradas a partir de resíduos de madeira reforçada com fibras vegetais. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002.
- BITTENCOURT, R. M.; DOMINICANO, L. C. Eucalipto aplicado na construção civil: processo de beneficiamento. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 361 – 372.
- BONDUELLE, A.; YAMAJI, F.; BORGES, C. C. Resíduo de Pinus: Uma fonte para novos produtos. In: **Revista da madeira** - especial Pinus, Curitiba, 2002. p. 156 – 158.
- BRENA, D. A.; MADRUGA, P. R.; LONGHI, S. J.; GIOTTO, E. Inventário Florestal contínuo do Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E USOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 2., Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul: SINDIMADEIRA, 2001. p. 131 – 155.
- DELLA NOCE, L. G.; SOUZA, A. J.; INO, A.; SHIMBO, I.; RODRIGUES, R. A. Estudo da disponibilidade local e regional de madeira e indústrias de produtos derivados na área sul do Paraná e norte de Santa Catarina. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis: **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 351 – 360.

- CALIL JÚNIOR, C. O potencial do uso de madeira de Pinus na construção civil. **Revista Técnica**, São Paulo. n. 60, p. 44 – 48, 2002.
- CAMPOS, C. I.; LAHR, F. A. R. Utilização de resíduos de processamento da madeira na fabricação de MDF (Medium Density Fiberboard). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002.
- CANTARELI, E. B. **Falta de madeira para a construção civil**. Jornal do CREA, Porto Alegre, n. 13, 2003. p. 8.
- CARLOS, V. Resistência a insetos xilófagos. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 19, p. 42– 43, 1995.
- CESAR, S. F.; OLIVEIRA, R.; SZÜCS, C. P. Chapas de vedação industrializadas em madeira de reflorestamento para edificações. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002.
- CORREA, J. **Florestas abrem caminho**. Jornal Zero Hora/Campo & Lavoura, Porto Alegre. n. 928, p. 4 – 9, 2002.
- DEL MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. Técnicas de desdobro utilizadas para madeira de Eucalipto – uma revisão de literatura. **Revista Árvore**, Viçosa. v. 22, n. 3 , p. 415 – 418, 1998.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N.; SPATHELF, P. Perspectivas do Manejo Florestal por árvores singulares. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria.UFSM. n. 20, p. 71 – 82, 2000.
- FEPAM/GTZ. **Resíduos sólidos industriais – geração e destinação no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1998.
- FERRAZ, C.; MOTTA, R. S. Exploração florestal, sustentabilidade e o mecanismo de desenvolvimento limpo. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria.UFSM. n. 20, p. 83 – 98, 2000.
- FERREIRA, C. E. M.; CARRASCO, E. V. M.; HELMEISTER, J. C. Tecnologia de adesivos poliuretanos: propriedades e aplicações em madeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 3., São Carlos. **Anais...** São Carlos: LaMEM/EESC-USP, 1989. p. 39 – 74.
- FREITAS, A. R.; NETO, O. B. Os avanços tecnológicos no processamento e uso de produtos florestais: produção de madeira serrada de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBEF-SBBF, 1993. p. 293 – 295.
- FREITAS, V. P.; SILVA, J. R. M.; MENDES, L. M. Durabilidade de mourões de *Eucalyptus grandis* preservados por substituição de seiva. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 260 – 269.
- FOREST AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Forest Statistics Today for Tomorrow**. ONU, Roma, 1994.
- FUSCO, P. B. Os caminhos da evolução da engenharia de madeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 3., São Carlos. **Anais...** São Carlos: LaMEM/EESC-USP, 1989. p. 7 – 18.
- GERALDO, F. C. Madeira preservada agrega valor à construção. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 67, p. 52 – 57, 2002.

- GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira**. Bauru: USC, 2000.
- GONÇALVES, M. T. T. Características de ferramentas de corte. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 57, p. 34 – 36, 2001.
- GONÇALVES, M. T. T.; SOUZA, A. J. D.; BARBOSA, J. C. Geração de resíduos em serrarias de Pinus. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002.
- GONÇALVES, R.; HERNÁNDEZ, R.; NERI, A. C. Avaliação de forças de corte em madeira de Eucalipto. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 437 – 448.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Código Estadual do Meio Ambiente**. Porto Alegre, 2000.
- LINK, B.; SING, C. Holz und Umwelt.. In: **Bautechnische Entwurfsgrundlagen – Holzwerkstoffe**. HERRMANN, D. et. al IBBTE – Universitaet Stuttgart. Stuttgart. 1997. p. 21 – 41.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Diagnóstico do Setor Florestal da Região Sul**. Curitiba, 1995.
- IWAKIRI, S.; SALDANHA, L. K. O Pinus na indústria de painéis do Brasil. In: Pinus – uma alternativa de mercado. **Revista da madeira** - especial Pinus, Curitiba, p. 136 – 141, 2002.
- JANKOWSKY, I. P. **Melhorando a qualidade e a durabilidade das madeiras através do tratamento preservativo**. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBEF-SBBF, 1993. p. 304 – 306.
- JANKOWSKY, I. P.; BARILLARI, C. T.; FREITAS, V. P. Tratamento preservativo da madeira de Pinus. In: Pinus – uma alternativa de mercado. **Revista da Madeira**, Curitiba. edição especial, p. 110 – 116, 2002.
- JARA, E. R. P. **A geração de resíduos pelas serrarias**. São Paulo, Boletim Técnico ABPM, n. 59, 1987.
- JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese Livre Docência – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- KRONKA, R. Arquitetura, sustentabilidade e meio ambiente. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2001. p. 67 – 72.
- LANGER, M.; MATTOS, P.; FARIAS, M.; KUNTSCHIK, G.; SANT'ANNA, C.; MELLO, A.; BERGER, R.; MUEHLSIEGL, R. Silvicultura na Alemanha. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 62, p. 64 – 68, 2002.
- LATORRACA, J. V. F. Painéis cimento-madeira: composição, processo de produção, características e aplicações. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 49, p. 53 – 59, 2000.
- LOSS, J. E. **Cadastro Florestal do Rio Grande do Sul – 1997**. Porto Alegre, FEE-SAA-DRNR, 1998.

- LIMA, C. R.; LAHR, F. A. R. Cogeração de energia e qualidade de madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 5., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1995. p. 381 – 386.
- MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S. A eucaliptocultura no contexto brasileiro. **Revista da Madeira**, especial eucalipto, Curitiba, p. 76 – 79, 2001.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. Colheita de Pinus no Brasil. In: **Revista da madeira** - especial Pinus, Curitiba, p. 96 – 102, 2002.
- MATOS, J. L. M. Qualidade da madeira de Pinus. In: Pinus – uma alternativa de mercado. **Revista da madeira** - especial Pinus, Curitiba, p. 104 – 108, 2002.
- MELLO, R. L.; MELO, J. E.; FURTADO, L. M. Uso do Eucalipto como elemento construtivo. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 5., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1995. p. 329 – 334.
- MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Aspectos técnicos e econômicos da indústria brasileira de chapas de fibras e de partículas. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 53, p. 14 – 22, 2000.
- MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S. OSB: Uma opção no Mercado de Painéis de Madeira. In: SEMINÁRIO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E USOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 2., Caxias do Sul: **Anais...** 2001. p. 87 – 98.
- MENDES, L. M.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; SALDANHA, L. K. Produção e avaliação de painéis OSB (Oriented Strand Board) em laboratório. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002.
- MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; BOTELHO, J. E. Comportamento da madeira de 25 espécies de Eucalipto durante a secagem ao ar livre In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 147 – 157.
- MOTA-SILVA, S. R. Proposição básica para princípios de sustentabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2001.
- MOURA, J. D. M. Determinantes para elaboração do projeto arquitetônico em madeira de baixa densidade. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 4., São Carlos. **Anais...** São Carlos: LaMEM-EESC-USP, 1992. p. 195 – 204.
- MUÑIZ, G. I. B.; PALMA, H. A. L. Variação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus elliotti*. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 217 – 227.
- MIRA, Z.; MEIRA, A. R.; LIBRELOTTO, L. I.; FERROLI, P. C. M. Aplicação da filosofia JIT/TQC na análise do lay-out em uma madeireira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis: **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998.. p. 298 – 307.
- NAHUZ, M. A. R. Uso racional de produtos florestais: tendências e perspectivas. In: SEMINÁRIO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E USOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 2., Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul: SINDIMADEIRA, 2001. p. 37 – 46.

- NATTERER, J.; HERZOG, T.; VOLZ, M. **Holzbau Atlas Zwei**. Institut fuer internationale Architektur-Dokumentation GmbH. Muenchen, 1994.
- NETO, M. C. Pinus: base de matéria prima madeireira. In: **Revista da madeira** - especial Pinus, Curitiba, p. 10 – 15, 2002.
- NOCE, L. G. D.; SOUZA, A. J. D.; INO, A.; SHIMBO, I.; RODRIGUES, R. A. D. Estudo da disponibilidade local e regional de madeira e indústrias de produtos de derivados da madeira na área do Paraná e norte de Santa Catarina. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 352 – 360.
- OLGIATI, J. P. Otimização no processamento. In: **Revista da madeira** - especial Pinus, Curitiba, p. 16 – 18, 2002.
- ORTOLAN, C. Qualidade de madeira de reflorestamento para usos múltiplos. In: SEMINÁRIO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E USOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 2., Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul: SINDIMADEIRA, 2001. p. 47 – 56.
- PFEIL, W. **Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1994.
- PIMENTEL, L. L.; BERALDO, A. L. Utilização de resíduos de *Pinus Caribaea* na produção de compósito madeira-cimento. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002.
- PINHEIRO, R.; LAHR, F. A. R. Patologias em estruturas de madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 185 – 191.
- PONCE, R. H. **Novas tecnologias de desdobro e beneficiamento de madeira: a busca da competitividade**. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBEF-SBBF, 1993. p. 310 – 314.
- RECH, C. **Guia da indústria da madeira e mobiliário do Rio Grande do Sul**. Curitiba: Lettech, p. 14 – 24, 2000.
- RECH, C. Estudo sugere uso de serragem como insumo. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 66, p. 30 – 34, 2002.
- RECH, C. Compensado aponta evolução. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 65, p. 10 – 15, 2002.
- ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunnii Maiden* como fontes de matéria prima para serrarias**. Curitiba, 2000. 185 p. Tese de doutorado – Univ. Federal do Paraná.
- ROCHA, M. P. Técnicas de desdobro de madeira de reflorestamento. In: SEMINÁRIO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E USOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 2., Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul: SINDIMADEIRA, 2001. p. 187 – 191.
- ROCHA, M. P. Aspectos tecnológicos no desdobro de Pinus. In: **Revista da madeira** - especial Pinus, Curitiba, p. 118 – 124, 2002.
- SAAB, R. H. Situação atual e perspectivas de produtos de madeira para o mercado interno. In: SEMINÁRIO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E USOS DE MADEIRA DE

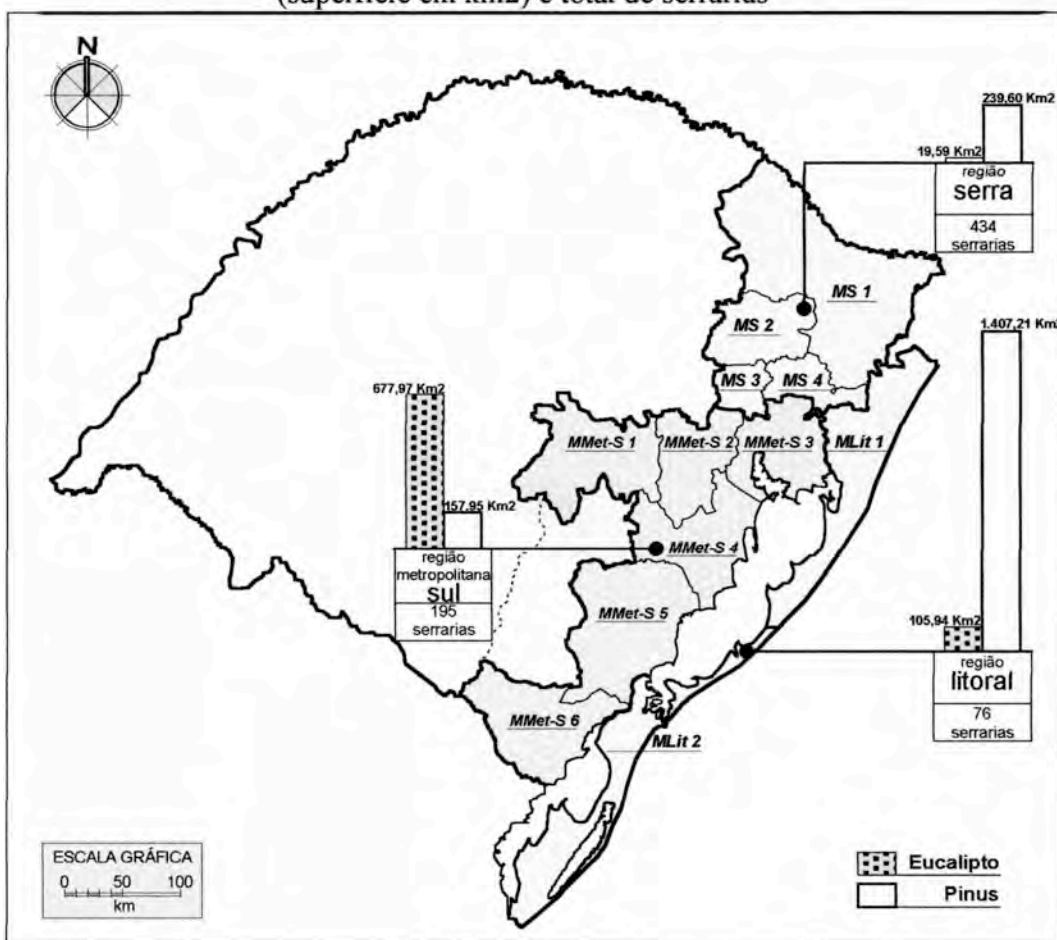
- REFLORESTAMENTO, 2., Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul: SINDIMADEIRA, 2001. p. 11 – 15.
- SANQUETTA, C. R. Fixação de carbono em plantações de Pinus. In: **Revista da madeira** - especial pinus, Curitiba, p. 48 – 52, 2002.
- SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Inventário Florestal do Estado do Rio Grande do Sul**. DEFAP, Porto Alegre: 2002.
- SEITZ, R. A. Silvicultura – Arte e Ciência. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria.UFSM. n. 20, p. 35 – 43, 2000.
- SHIMBO, I.; INO, A. Desenvolvimento de sistemas construtivos em madeira de reflorestamento para habitação de interesse social. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 5., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1995. p. 221 –228.
- SILVA, J. C. Eucalipto a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, especial Eucalipto, Curitiba. 2001.
- SILVA, J. C. ; OLIVEIRA, J. T. S. **Diagnóstico do setor moveleiro no Brasil**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SOARES, M. K. **Gerenciamento dos resíduos sólidos industriais**. Jornal do CREA, Porto Alegre, n. 9, p. 9, 2002.
- SPERB, M. R. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção**. Porto Alegre, Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.
- STEINER, C. Utilização da madeira de Eucalipto na construção civil. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 57, p. 72 – 76, 2001.
- TIBÚRCIO, U. F. O.; GONÇALVES, M. T. T. Descrição dos processos produtivos de chapas de madeira composta e suas tendências tecnológicas. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis: **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 373 – 384.
- TOMASELLI, I. A necessidade da normalização da indústria florestal. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBEF-SBBF, 1993. p. 307 – 309.
- TOMASELLI, I. Tecnologia da Madeira no Brasil – Evolução e Perspectiva. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria.UFSM. n. 20, 2000. p. 101 – 112.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M.; JÚNIOR, A. A. C. Caracterização física, química e anatômica da madeira em clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* aos noventa meses de idade. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Florianópolis: **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 205 – 213
- TUOTO, M.; MATTIOLI, M. Secagem de Pinus e seus problemas. In: Pinus – uma alternativa de mercado. **Revista da madeira** - especial Pinus, Curitiba, p. 126 – 130, 2002.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Processo inadequado prejudica madeira. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 57, p. 24 – 28, 2001.

- VERÇOSA, E. J. **Materiais de construção**. Porto Alegre, PUC-EMMA, 1975.
- WATAI, L. T.; FRANCO, N. **Painéis derivados da madeira**. São Paulo, B. Técnico ABPM, n. 52, 1987.
- WEGENER, G.; ZIMMER, B. **Oekobilanzen Holz – Fakten lesen, verstehen und handeln**. Muenchen: Informationsdienst Holz der EGH, 1997.
- WEISSENSTEIN, C. Usinagem: condições da ferramenta decide bom acabamento. **Revista da Madeira**, Curitiba. n. 57, p. 30 – 32, 2001.
- WILLEITNER, R.; PEEK, R. D. **Holzschutz**. Stuttgart:Wirtschaftsministerium Baden-Wuerttemberg, 1994.
- WINTER, W.; MERL, A. **Oekovergleiche funktional gleichwertiger Bauten**. Wien: Arbeitsbericht des ITI, TU Wien, 1998.
- YUBA, A. N. **Cadeia produtiva da madeira serrada de Eucalipto para produção sustentável de habitações**. Porto Alegre, 2001. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- YUBA, A. N.; SATTLER, M. A.; BONIN, L. C. Uso da madeira de reflorestamento como material de construção e os desafios para o desenvolvimento sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2001. p. 113 – 120.
- ZANETTI, E. **Meio Ambiente: Setor Florestal**. Curitiba: Juruá, 2002.
- ZENID, G. J. Qualificação de produtos de madeira para a construção civil. In: SEMINÁRIO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E USOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 2., Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul: SINDIMADEIRA, 2001. p. 61 – 76.

APÊNDICE A

DADOS INFORMATIVOS DO CADASTRO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL
(1997) E DO INVENTÁRIO FLORESTAL ESTADUAL (2002) – FLORESTAS
PLANTADAS E PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA

Distribuição de florestas plantadas, Eucalipto e Pinus, em três regiões (e microregiões) do Rio Grande do Sul (superfície em km²) e total de serrarias



Fonte: (*) LOSS, 1998, (**)DEFAP/SEMA, 2002.

Número de serrarias relacionadas à produção florestal cadastrada e volume de madeira serrada e de resíduos produzidos no Rio Grande do Sul – 1997

discriminação	serrarias(*) (desdobra de toras)	percentual serrarias	madeira (*) Eucalipto (m ³)	madeira (*) Pinus (m ³)	cobertura de Eucalipto km ³ (**)	cobertura de Pinus km ³ (**)	superfície territorial/km ³ (**)
Região Serra	434	61,56%	520.796,45	3.280.006,39	19,59	239,60	29.760,90
Microrregião Serra/MS 1	181		727,14	64.199,23	6,04	192,02	17.270,40
Microrregião Serra/MS 2	112		471.500,31	2.673.120,65	6,42	30,57	4.906,30
Microrregião Serra/MS 3	44		8.715,06	118.318,69	5,32	2,08	2.092,30
Microrregião Serra/MS 4	97		39.853,94	424.367,82	1,81	14,93	2.491,90
Região Litoral	76	10,78%	580,36	267.567,92	105,94	1.407,21	18.248,70
Microrregião Litoral/ML1	68		314,76	27.337,61	22,46	1.323,16	8.831,90
Microrregião Litoral/ML2	08		265,60	240.230,31	83,48	84,05	9.414,50
Região Metropolitana/Sul	195	27,66%	5.176,04	2.260.519,25	677,97	157,95	41.694,20
Microrregião Met-Sul/MS 1	34		248,12	13.261,94	214,92	47,65	7.732,80
Microrregião Met-Sul/MS 2	13		208,21	1.030,07	164,75	39,27	4.859,80
Microrregião Met-Sul/MS 3	74		4.133,32	2.240.589,91	89,03	12,63	5.495,20
Microrregião Met-Sul/MS 4	35		---	773,60	176,04	9,18	5.936,20
Microrregião Met-Sul/MS 5	36		552,04	4.532,60	31,92	33,82	10.256,20
Microrregião Met-Sul/MS 6	03		34,35	331,13	1,31	15,40	7.414,00
Total das três Regiões	705	43%	526.552,85	5.808.093,56	803,50	1.804,76	101.864,80
Total Geral do RS	1.638	100%	621.962,31	7.434.202,95	1.593,09	2.472,26	282.088,50

Fonte: (*) LOSS, 1998, (**)DEFAP/SEMA, 2002.

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS JUNTO ÀS SERRARIAS E INDÚSTRIAS DE CHAPAS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA

10. Quais os resíduos da madeira resultantes do processo de fabricação do produto pela indústria:

() pó de madeira () serragem
 () maravalha (restos da plaina) () cavacos e cascas
 () costaneira () refileamento
 () madeira com nós, empenamentos ou outros defeitos () aparas
 () não tem condições de caracterizar as sobras

11. Quais os equipamentos utilizados para o tratamento ou armazenagem de resíduos:

() picador a disco () picador a tambor
 () repicador de lascas () descascador de toras
 () peneira classificadora de cavacos
 () aspirador e silo para armazenagem de serragem e pó de madeira
 () outro tipo de equipamento qual: _____
 () nenhum equipamento específico

12. Aqueles produtos que sobram na indústria (resíduos):

() são vendidos para terceiros
 () são doados para terceiros
 () permanecem depositados na área da indústria
 () são queimados para a produção de energia para a serraria ou estufa para secagem
 () são queimados na indústria produtora de painéis
 () estão sendo estudados para futuro aproveitamento

13. Numere em ordem crescente os principais usos às sobras (restos, refugos, resíduos) de madeira da indústria:

() queima na indústria cerâmica/tijolos
 () produção de carvão ou *brikets*
 () produção de painéis de madeira (*aglomerados, sarrafeados, MDF, HDF (chapas duras), OSB*)
 () queima para a produção de energia
 () compostagem agrícola
 () reprocessamento em que forma: _____
 () outro destino qual o destino: _____

14. Quais os produtos produzidos por esta indústria e quais os formatos produzidos:

() painel aglomerado formato: _____ x _____
 () painel aglomerado c/ face melamínica formato: _____ x _____
 () painel aglomerado c/ face madeira laminada formato: _____ x _____
 () painel acústico formato: _____ x _____
 () chapa *mdf* formato: _____ x _____
 () chapa *mdf* c/ face madeira laminada formato: _____ x _____
 () painel sarrafeado formato: _____ x _____
 () chapa compensada c/ face resinada formato: _____ x _____
 () chapa compensada c/ face laminada formato: _____ x _____
 () chapa compensada estrutural formato: _____ x _____
 () chapa *OSB* formato: _____ x _____
 () chapa *OSB* lixada ou com face laminada de madeira formato: _____ x _____
 () blanks, blocks, *edge glue panels*(*EGP*) formato: _____ x _____
 () outro produto: _____ formato: _____ x _____

15. As chapas/painéis após produzidas são depositadas:

() ao ar livre sem proteção () ao ar livre com proteção
 () em telheiro ou galpão/prédio apropriado () entregue imediat. à transportadora ou ao cliente

16. Como é controlada a qualidade do que é produzido (qual o método ou processo):

17. A madeira processada e seus produtos tem algum tipo de certificação:

() não () sim qual: _____

18. Destino principal das chapas processadas:

- construção civil
 indústria de embalagens
 exportação
 outros
- indústria moveleira
 percentual e principal país comprador: _____ %
 quais: _____

19. No caso dos produtos destinados à indústria da construção civil, ordene os seus principais usos:

- chapas para estruturas tipo vigas I
 base para painéis de piso e paredes
 rodapés, abas para portas, chapas para forros, molduras...
 os produtos não se destinam à indústria da construção civil
- chapas estruturais para telhados e paredes
 esquadrias (*portas ou janelas*)
 chapas para formas e/ou tapumes de obra

20. A Empresa trabalha com resíduos de serrarias:

- sim, trabalha
 já trabalhou mas não trabalha mais.
 houve tentativa mas não tiveram interessados
 existem programas mas o material produzido pelas serrarias não se adequam para tal
 não trabalha pois o método/processo produtivo não está adequado para operar a partir de resíduos
 está se preparando para vir a trabalhar com resíduos
- não trabalha
 em qual percentual: _____
 motivo: _____

21. A Empresa tem interesse em trabalhar, ou continuar trabalhando, com resíduos de serrarias:

- sim
 não, pois o produto não pode ser produzido a partir de resíduos
 não, pois a alteração do método/processo produtivo para incorporar resíduos implicaria em custos muito altos
- não, motivo: _____

22. Quais os problemas (identificados) dos resíduos produzidos por serrarias não se adequando a esta Indústria:

- grau de umidade... (elevado baixo irregular outro
 grau de impureza... (elevado baixo com substâncias inadequadas
 contaminação por agentes químicos ou outro tipo de agente deteriorante do resíduo
 falta de regularidade na produção (geração) e/ou entrega
 problemas decorrentes da armazenagem indevida
 espécies de madeira dos resíduos não se adequam ao produto industrializado

23. Com a introdução de resíduos com base da matéria-prima influenciaria no custo do produto industrializado:

- sim de maneira positiva e significativa na composição de custo
 sim de maneira positiva mais de muito pouca influência no custo
 não traria qualquer significado
 sim negativamente pois demandaria outros investimentos não tem idéia disto

24. Na composição de custos do produto produzido em qual percentual se situa o custo madeira, e qual o outro custo mais importante:**25. Qual(is) o(s) principal(is) problema(s) para um melhor aproveitamento dos resíduos das serrarias:**

- baixo valor agregado do produto resíduo
 alto custo de armazenagem dos resíduos
 alto dispêndio de tempo e mão-de-obra na seleção de res. baixo interesse de potenciais consumidores
 alto custo do fator transporte (distância indústria/serraria) baixa qualidade do resíduo gerado
 legislação ambiental flexível quanto ao seu tratamento outro motivo. qual: _____
- falta de integração com outras indústrias
 baixo preço da madeira

26. Que produtos esta empresa gostaria de ver produzidos a partir dos resíduos de serraria:

27. Qual o consumo de energia da serraria (mensal – hora - ano) ? _____ KW/ _____ .

É DO INTERESSE DESTA INDÚSTRIA RECEBER O RELATÓRIO COM OS RESULTADOS E A ANÁLISE DAS RESPOSTAS DE TODAS AS INDÚSTRIAS E SERRARIAS QUE RESPONDEREM AO QUESTIONÁRIO

(no questionário existe individualização do identificação) serventia em dados sobre o produto

- não sim, para o endereço: _____

CARACTERIZAÇÃO DAS SOBRAS, RESÍDUOS E REJEITO COMERCIAL
PROCESSAMENTO DA MADEIRA NAS SERRARIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
QUESTIONÁRIO INFORMATIVO

1. Local da serraria: (município) _____ RS

1. Qual o volume de madeira processada mensalmente por esta serraria? _____ m³

2. A Serraria é:

() própria () própria mas com equipamentos locados
() arrendada ou locada () locada mas com equipamentos próprios

3. Origem da madeira processada:

() mata própria
() fornecedores associados
() compra de diferentes fornecedores
() outra(s) qual(quais): _____

4. Quais as principais espécies de madeira serrada, numere em ordem crescente:
(exemplo: se a madeira serrada em maior volume for o eucalipto, coloque o número 1 no parêntese, se depois do eucalipto for pinus, coloque o número 2, e assim sucessivamente. Para igual quantidade repita o número e para inexistência use o número 0)

() pinus... () elliotti () taeda () caribea () bahamensis () hondurensis () oocarpa () outra
() eucalipto... () citriodora () grandis () saligna () robusta () tereticornis () paniculata () urophylla () outra
() pinus e eucalipto
() outras qual a principal: _____

5. Qual a origem das toras de madeira: (local de procedência)

() estado do Rio Grande do Sul regiões: _____, _____
() outro estado do Brasil regiões: _____, _____
() outro país qual: _____

6. Qual(is) o(s) tipo(s) de serra(s) e equipamento(s) utilizado(s) pela serraria para o corte da madeira:

() serra principal fita () plaina simples
() serra fita dupla () plaina múltipla face
() serra fita múltipla () serra refiladeira
() serra principal circular () desempenadeira
() serra circular dupla () serra destopadeira
() serra circular múltipla () outros quais: _____

7. Existem mecanismos de controle da velocidade de corte nas serras empregadas no desdobro da madeira:

() sim, em todas as serras
() sim, em algumas das serras () não existem tais mecanismos

8. O percentual de umidade da madeira serrada situa-se:

() entre 10 e 20% () entre 20 e 30%
() acima de 30% () não mede o percentual de umidade
() serra somente madeira verde

9. O diâmetro médio das toras processadas na serraria situa-se:

() entre 15 e 25 cm de diâmetro () entre 25 e 35 cm de diâmetro
() acima de 35 cm de diâmetro () todos os diâmetros
() em outro diâmetro qual: _____ cm

10. O comprimento médio das toras que são processadas situa-se em torno de: _____ metros () o comprimento das toras é variável

11. A tora de madeira a ser processada pela serraria:

- () é descascada na mata de origem
 () é descascada na própria serraria
 () somente é descascada quando existe a necessidade () é serrada com a casca

12. A madeira, após seu processamento, recebe algum tipo de tratamento químico:

- () sim, tratamento químico contra fungos
 () sim, tratamento químico contra insetos
 () sim, tratamento químico contra apodrecimento
 () não recebe tratamento químico
 () outro tipo de tratamento qual: _____

13. Qual o percentual de resíduos gerados no processo de desdobro da madeira:

- () menos de 25%
 () entre 25 e 50%
 () entre 50 e 75%
 () não tem idéia do volume de resíduos

14. Numere em ordem crescente aquele produto que mais sobra na serraria:

(exemplo: se o que mais sobrar for serragem, coloque o número 1, se depois de serragem for costaneira, coloque o número 2, e assim sucessivamente. Para igual quantidade repita o número e para inexistência use o número 0)

- () serragem
 () maravalha (restos da plaina)
 () cavacos e cascas
 () costaneira
 () refilamento
 () aparas
 () madeira com nós, empenamentos ou outros defeitos
 () não tem condições de caracterizar as sobras

15. Quais os equipamentos utilizados para o tratamento ou armazenagem de resíduos:

- () picador a disco
 () picador a tambor
 () peneira classificadora de cavacos
 () aspirador e silo para armazenagem de serragem
 () repicador de lascas
 () descascador de toras
 () outro tipo de equipamento qual: _____
 () nenhum outro equipamento

16. Aqueles produtos (restos, refugos, resíduos) que sobram na serraria:

- () são vendidos para terceiros
 () são doados para terceiros
 () permanecem depositados na área da serraria
 () são queimados para a produção de energia para a serraria ou estufa para secagem
 () são queimados na serraria

17. Numere em ordem crescente os principais usos às sobras (restos, refugos, resíduos) de madeira da serraria:

- () queima na indústria cerâmica/tijolos
 () produção de carvão ou *brikets*
 () produção de painéis de madeira (*aglomerados, sarrafeados, MDF, HDF (eucatex/duratex), OSB*)
 () queima para a produção de energia
 () compostagem agrícola
 () reprocessamento em que forma: _____
 () outro destino qual o destino: _____

18. Como é controlada a qualidade do que é produzido (qual o método ou processo):

18. A madeira processada e seus produtos tem algum tipo de certificação:
 não
 sim qual: _____

19. Caracterize as madeiras serradas produzidas e as bitolas mais comuns, correspondentes:

<input type="checkbox"/> tábuas	bitola: _____ x _____	<input type="checkbox"/> tábua p/ assoalho	bitola: _____ x _____
<input type="checkbox"/> pranchas	bitola: _____ x _____	<input type="checkbox"/> barrotes	bitola: _____ x _____
<input type="checkbox"/> caibros	bitola: _____ x _____	<input type="checkbox"/> vigas	bitola: _____ x _____
<input type="checkbox"/> ripas	bitola: _____ x _____	<input type="checkbox"/> lambri	bitola: _____ x _____
<input type="checkbox"/> tabeiras	bitola: _____ x _____	<input type="checkbox"/> batentes	bitola: _____ x _____
<input type="checkbox"/> guarnições	bitola: _____ x _____	<input type="checkbox"/> sarrafos	bitola: _____ x _____
<input type="checkbox"/> decks	bitola: _____ x _____	<input type="checkbox"/> degraus	bitola: _____ x _____
<input type="checkbox"/> tacos p/ parquet	bitola: _____ x _____	<input type="checkbox"/> rodapés	bitola: _____ x _____
<input type="checkbox"/> outros/roliços	bitola: _____ x _____	bitola: _____ x _____	bitola: _____ x _____

20. A madeira após processada é depositada:
 ao ar livre sem proteção
 ao ar livre com proteção
 em telheiro ou galpão apropriado
 entregue imediatamente à transportadora
 entregue imediatamente ao cliente

21. Destino principal da madeira processada:
 construção civil
 indústria moveleira
 indústria de chapas de madeira
 construções rurais ou eletrificação (rede elétrica)
 exportação percentual e principal país comprador: _____ %
 outros qual: _____

22. No caso da madeira destinada à construção civil, ordene os seus principais destinos (usos):
 estruturas de edificações (*casas, galpões, etc.*)
 estruturas de telhados
 tábuas e tábuas para vigas de madeira colada
 esquadrias (*portas, janelas ou portões*)
 tábuas ou tacos para assoalhos, decks de piscinas, forros, degraus para escadas, rodapés
 formas, escoramentos e/ou tapumes de obra

23. A madeira, após processada, fica depositada por quanto tempo na serraria:
 menos de um mês
 entre duas semanas e dois meses
 mais de dois meses
 entregue imediatamente

24. Quando o meio de transporte utilizado for rodoviário, ele é feito através de:
 caminhão próprio
 caminhão locado
 caminhão de transportadora
 meio de transporte da responsabilidade do comprador
 não utiliza o transporte rodoviário qual o meio utilizado: _____

25. Qual o consumo de energia da serraria (mensal - hora - ano) ? _____ KW/ _____

*É DO INTERESSE DESTA SERRARIA RECEBER O RELATÓRIO COM OS RESULTADOS E A ANÁLISE DAS RESPOSTAS DE TODAS AS SERRARIAS QUE RESPONDEREM ESTE QUESTIONÁRIO?
 (as respostas não serão individualizadas ou determinadas) serrarias); as dados serão globais)*

não sim, para o endereço: