

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a bird, possibly a toucan, with its wings spread. The bird is surrounded by a laurel wreath. Above the bird are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written along the top inner edge of the circle, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written along the bottom inner edge. Two small dots separate the top and bottom text on the left and right sides.

**RESÍDUOS DE ESPÉCIES MADEIREIRAS DE MANEJO FLORESTAL PARA
PRODUÇÃO DE MÓVEIS**

Manaus – AM

2018

SUSANE ALMEIDA DE CARVALHO

**RESÍDUOS DE ESPÉCIES MADEIREIRAS DE MANEJO FLORESTAL PARA
PRODUÇÃO DE MÓVEIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas (PPG-CIFA/UFAM) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração: Manejo e Tecnologia de Recursos Florestais.

Orientador: Dr. Joaquim dos Santos.

Coorientadora: Dra. Claudete Catanhede do Nascimento.

Manaus – AM

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

C331r Carvalho, Susane Almeida de
Resíduos de espécies madeireiras de Manejo Florestal para
produção de móveis. / Susane Almeida de Carvalho. 2018
60 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Joaquim dos Santos
Coorientador: Claudete Catenhede do Nascimento.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. madeiras tropicais. 2. rejeitos. 3. rendimento. 4. qualidade. 5.
artefatos. I. Santos, Joaquim dos II. Universidade Federal do
Amazonas III. Título



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



PARECER

Defesa nº 197

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir da mestranda **SUSANE ALMEIDA DE CARVALHO**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulada “RESÍDUOS DE ESPÉCIES MADEIREIRAS DE MANEJO FLORESTAL PARA PRODUÇÃO DE MÓVEIS” é de parecer favorável à aprovação da mestranda habilitando-a ao título de Mestre “*Magister Scientiae*” em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**.

Pesquisador Doutor Joaquim dos Santos
Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ INPA
Presidente

Professor Doutor Nabor da Silveira Pio
Professor da Universidade Federal do Amazonas/ UFAM
Primeiro Examinador

Professor Doutor Anizio de Araújo Cavalcante
Professor da Universidade do Estado do Amazonas/ UEA
Segundo Examinador

Manaus, 17 de julho de 2018.



Prof. Dr. Marciel José Ferreira
Coordenador do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA

DEDICATÓRIA

À Deus pela vida, saúde e todas as oportunidades de crescimento pessoal e profissional que me proporciona.

À minha mãe, Aldenice Carvalho por todo amor e apoio em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus imensamente pela vida e pela saúde que me deste para finalizar esse mestrado.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela oportunidade da realização do mestrado por intermédio do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPG-CIFA) e a todos os professores (as) doutores (as) do programa por todo conhecimento transmitido aos discentes.

À CAPES pela concessão da bolsa no decorrer do mestrado.

Ao meu orientador Dr. Joaquim dos Santos e a minha coorientadora Dra. Claudete Catenhede do Nascimento por toda dedicação, apoio e incentivo ao longo de toda a realização do mestrado.

À indústria Mil Madeiras Preciosas em nome do Sr. João Cruz pela autorização da realização da coleta de dados sobre os resíduos madeireiros, especialmente ao Engenheiro Florestal Marcos por toda colaboração e apoio na logística e à equipe de preparação e limpeza das toras que também me auxiliam na realização da coleta.

Ao Senhor Jair do Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira (LEAM/INPA) pelo apoio, colaboração e auxílio na fabricação dos móveis.

Ao Jorge Freitas do Laboratório de Identificação de Madeira (LIM/INPA) por toda ajuda na realização da identificação científica das espécies e pela dedicação pela anatomia da madeira.

À minha família, especialmente a minha mãe por todo seu amor, dedicação, apoio e por ser a minha motivação para sempre buscar o melhor.

Aos meus amigos Emilly Siqueira, Lennon Simões, Mairla Cruz e Naiara Santos por todo apoio e incentivo, especialmente ao Alexsandro Silveira pela ajuda na coleta dos dados e em algumas fases do projeto.

Aos meus colegas feras da turma de mestrado 1º/2016 por bons momentos compartilhados ao longo de todo o curso.

RESUMO

Os resíduos madeireiros são um problema para a maioria das indústrias madeireiras, pois, devido ao baixo rendimento no processamento produtivo gera, portanto, um grande volume de resíduos. Tal fato é um problema na medida em que, apenas uma parcela desse volume de resíduos gerados tem atualmente algum aproveitamento econômico, social e/ou ambiental. Esta pesquisa teve como objetivo propor o uso de resíduos madeireiros de espécies provenientes de manejo florestal na produção de móveis. Os resíduos madeireiros foram coletados no pátio de preparação das toras da indústria Mil Madeiras Preciosas localizada no município de Itacoatiara – AM. Foi realizado um diagnóstico dos resíduos e coleta aleatoriamente de 4 amostras que foram identificadas, determinadas as propriedades físicas (densidade, estabilidade dimensional e coeficiente de anisotropia), estimados o volume do material lenhoso e o volume da madeira serrada após desdobro para obtenção do rendimento, foram classificados conforme a norma e produzidos dois móveis. O diagnóstico demonstrou que os resíduos gerados no pátio foram de toras com tortuosidade, oco, nó e sapopema, resultando em um volume total de 7,8123 m³ (exceto sapopema). As irregularidades retiradas corresponderam a 48,84 % (21) de toras com presença de tortuosidade, 34,88 % (15) de sapopemas, 9,40 % (4) de tortuosidade e nó e apenas 6,98 % (3) de ocosidade independente das espécies, totalizando 43 madeiras rejeitadas. As 4 amostras identificadas cientificamente foram de 3 espécies *Pithecellobium racemosum* Ducke (Angelim-rajado), *Dipteryx polyphylla* (Huber) Ducke (Cumarurana) e *Aldina heterophylla* Spruce ex Benth (Macucu de paca) que são madeiras amplamente conhecidas e comercializadas. A espécie Cumarurana foi a que apresentou maior densidade (0,78 g/cm³) e a espécie Macucu de paca a menor densidade (0,66 g/cm³) sendo classificadas como madeiras de alta e média densidade respectivamente. Essas madeiras após desdobradas foram classificadas de acordo com a norma por pranchas (54,55 %) e vigas (45,45 %) com peças de excelente qualidade para fabricação de produtos. O volume total das amostras rejeitadas foi de 0,6619 m³ e o volume da madeira serrada correspondeu a 0,4158 %, ou seja, houve um rendimento de 62,82 %. A espécie Angelim rajado foi a espécie que apresentou o maior volume em tora (0,2835 m³) e da madeira serrada (0,1715 m³), porém a espécie Cumarurana foi a que obteve um maior rendimento (65,84 %). Foram produzidos um banco da espécie Cumarurana com dimensões de 125 x 38 x 46 cm correspondendo ao comprimento, largura e altura respectivamente, valorizando as características da própria madeira como a presença do cerne e alburno e uma mesa da espécie Angelim rajado com dimensões de 100 x 80 x 78 cm. A utilização de resíduos madeireiros de espécies proveniente de Manejo Florestal na produção de móveis é uma alternativa para o aproveitamento desses rejeitos, sendo viável o seu uso, pois, foram utilizados os mesmos equipamentos já existentes em serrarias e movelarias, valorizou as madeiras da Amazônia mantendo as características das espécies, conferindo qualidade e valor agregado aos produtos, além de possibilitar o uso sustentável da floresta já que irá aproveitar madeiras certificadas provenientes de manejo florestal.

Palavras chaves: madeiras tropicais, rejeitos, rendimento, qualidade, artefatos.

ABSTRACT

Wood residues are a problem for most timber industries, because, due to the low yield in the productive process, it generates a large volume of waste. This fact is a problem in that only a portion of this volume of waste generated currently has some economic, social and / or environmental use. This research had the objective of proposing the use of wood residues of species from forest management in the production of furniture. It was carried out a diagnosis of the residues and randomly collected 4 samples that were identified, determined the physical properties (density, dimensional stability and coefficient of anisotropy), estimated the volume of the woody material and the volume of the sawn wood after unfolding to obtain the yield, were classified according to the norm and produced two furniture. The diagnosis showed that the residues generated in the yard were of logs with tortuosity, hollow, knot and sapopema, resulting in a total volume of 7.8123 m³ (except sapopema). The irregularities obtained corresponded to 48.84% (21) of logs with presence of tortuosity, 34.88% (15) of sapopemas, 9.40% (4) of tortuosity and node and only 6.98% (3) of independent hollow of the species, totaling 43 rejected wood. The 4 samples identified scientifically were 3 species *Pithecellobium racemosum* Ducke (Angeim-rajado), *Dipteryx polyphylla* (Huber) Ducke (Cumarurana) and *Aldina heterophylla* Spruce ex Benth (Macaca de paca) which are woods widely known and marketed. The species Cumarurana was the one with the highest density (0.78 g / cm³) and the Macacu species of paca with the lowest density (0.66 g / cm³) being classified as high and medium density wood respectively. These de-framed timbers were classified according to the standard by boards (54.55%) and beams (45.45%) with pieces of excellent quality for the manufacture of products. The total volume of the discarded samples was 0.6619 m³ and the volume of the sawn wood corresponded to 0.4158%, that is, there was a yield of 62.82%. The species Angeim rajado was the species with the highest log volume (0.2835 m³) and the lumber (0.1715 m³), but the Cumarurana species had the highest yield (65.84%). A bank of Cumarurana species with dimensions of 125 x 38 x 46 cm corresponding to the length, width and height respectively were produced, valuing the characteristics of the wood itself as the presence of the heartwood and sapwood and a table of the species Angeim cracked with dimensions of 100 x 80 x 78 cm. The use of wood residues of species from Forest Management in the production of furniture is an alternative to the use of these wastes, being feasible its use, since, the same equipment already existing in sawmills and furniture was used, valorized the wood of the Amazon maintaining the characteristics of the species, conferring quality and added value to the products, in addition to enabling the sustainable use of the forest, since it will use certified timber from forest management.

Keywords: tropical woods, tailings, yield, quality, artifacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas dos processos de produção da madeira serrada e descrição dos resíduos gerados.....	17
Figura 2 - Serra de fita vertical.....	18
Figura 3 - Serra circular múltipla.....	19
Figura 4 - Serra circular simples.....	19
Figura 5 - Serra circular destopadeira.....	20
Figura 6 - Distorções de várias regiões do tronco após a secagem.....	21
Figura 7 - Plaina S4S.....	22
Figura 8 - Resíduos provenientes do processamento de uma tora para produção de tábuas....	25
Figura 9 - Uso da madeira nativa da Amazônia pelo setor madeireiro em 2009 (em milhões de m ³).....	26
Figura 10 - Fluxograma do sistema produtivo ideal para uma serraria.....	29
Figura 11 - Pátio de preparação das toras a serem enviadas para o processamento mecânico.	30
Figura 12 - Resíduos madeireiros provenientes da preparação das toras no pátio e do processamento mecânico.....	31
Figura 13 - Mensuração do comprimento (A) e diâmetro (B) dos resíduos.....	32
Figura 14 - Mensuração do comprimento (A), largura (B) e espessura (C) do resíduo.....	32
Figura 15 - Amostras de resíduos madeireiros provenientes do pátio de preparação e limpeza das toras.....	32
Figura 16 - Esquema dos processos para obtenção do volume do material lenhoso, identificação anatômica e propriedades físicas.....	33
Figura 17 - Procedimentos para identificação científica das espécies.....	34
Figura 18 – Obtenção de um corpo de prova.....	35
Figura 19 - Determinação da densidade básica.....	35
Figura 20 - Determinação da estabilidade dimensional dos corpos de prova.....	36
Figura 21 - Equipamentos utilizados no processamento mecânico para produção dos móveis.....	40
Figura 22 - Irregularidades retiradas na preparação das toras para o processamento mecânico.....	41
Figura 23 - Seccionamento da tora em função dos pedidos dos clientes.....	42
Figura 24 - <i>Pithecellobium racemosum</i> Ducke.....	44
Figura 25 - <i>Dipteryx polyphylla</i> (Huber) Ducke.....	44
Figura 26 - <i>Aldina heterophylla</i> Spruce ex Benth.....	45
Figura 27 - Banco produzido a partir de resíduo madeireiro da espécie Cumarurana.....	50
Figura 28 - Mesa produzida a partir de resíduo madeireiro da espécie Angelim rajado.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nomenclatura de peças de madeira serrada.	37
Tabela 2 - Produtos selecionados para a produção de móveis de resíduos madeireiros.	39
Tabela 3 - Espécies comerciais preparadas para o processamento mecânico.	43
Tabela 4 - Valores médios para as propriedades tecnológicas das espécies.	45
Tabela 5 - Dimensões, nomenclatura, volume das peças desdobradas e volume total por espécie.	47
Tabela 6 - Volume e rendimento dos resíduos madeireiros e preço do m ³ por espécie.	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	GERAL	14
2.2	ESPECÍFICOS	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	OS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA	15
3.1.1	Desdobro	16
3.1.2	Secagem	20
3.1.3	Beneficiamento	21
3.2	RESÍDUOS MADEIREIROS	22
3.2.1	Classificação dos resíduos	23
3.2.2	Aproveitamento de resíduos	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
3.2	DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS MADEIREIROS	31
3.3	IDENTIFICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	33
3.3.1	Identificação das espécies	34
3.3.2	Determinação das propriedades físicas	35
3.3.2.1	<i>Densidade básica</i>	35
3.3.2.2	<i>Estabilidade dimensional</i>	36
3.3.2.3	<i>Coefficiente de anisotropia</i>	36
3.4	DESDOBRO DOS RESÍDUOS	37
3.4.1	Secagem das peças	37
3.5	VOLUME DA TORA E DA MADEIRA SERRADA	38
3.5.1	Rendimento	39
3.6	FABRICAÇÃO DO PRODUTO	39
3.6.1	Processamento mecânico	40
3.7	ANÁLISE DOS DADOS	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS MADEIREIROS	41
4.2	IDENTIFICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	43

4.2.1	Identificação científica das espécies	43
4.2.2	Propriedades Tecnológicas	45
4.3	CLASSIFICAÇÃO DAS PEÇAS.....	47
4.4	VOLUME E RENDIMENTO DOS RESÍDUOS MADEIREIROS	48
4.5	PRODUTOS FABRICADOS DE RESÍDUOS MADEIREIROS.....	49
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é dita como a maior remanescente de floresta tropical contínua do mundo, com aproximadamente 16.000 espécies arbóreas compondo sua cobertura vegetal e destas espécies, 227 (1,4 % do total) totalizam 41 % das árvores da floresta Amazônica (STEEGE, 2013), representando uma das maiores fontes de madeira tropical do mundo (TOMASELLI, 2000; LIMA et al. 2010).

Apesar de sua grandeza e exuberância a Amazônia enfrenta um acelerado processo de degradação sendo tratada como fronteira agrícola ou pela a extração predatória de seus produtos (GREENPEACE, 2015). Lamentavelmente 70% das árvores exploradas para obtenção de madeira são cortadas sem plano de manejo, ou seja, sem seguir um planejamento técnico levando em conta os aspectos sociais, econômicos e ambientais, comprometendo a sustentabilidade do sistema. Soma-se a isso, a utilização da madeira que nessa região é praticamente primitivo, seu beneficiamento é mínimo e os tratamentos adicionais quanto a durabilidade quase inexistem (HIGUCHI e HIGUCHI, 2012).

Segundo o Serviço Florestal Brasileiro - SFB (2010), o setor industrial madeireiro é composto por 2.227 empresas que se beneficiam do uso da matéria-prima da Amazônia. Estas, por sua vez, realizam anualmente a exploração de cerca de 12,9 milhões de metros cúbicos de madeira em tora, onde em média 5,9 milhões de metros cúbicos são processadas. De acordo com o Relatório da International Tropical Timber Organization – ITTO (2012), a madeira tropical do Brasil industrializada é distribuída em: 96% de serrados com baixo valor agregado (ripas, tábuas e similares), 2,2% de laminados e 1,8% de compensados.

Nas indústrias madeireiras da região Amazônia, a taxa de conversão de toras para o produto final é baixíssima chegando em torno de 30 %, o que acarreta um alto percentual de resíduos que precisam ser adequadamente gerenciados (CLEMENTE e HIGUCHI, 2006). Sales-Campos e Andrade (2011) mencionam cerca de 60 % de perda da matéria-prima também na região Amazônica.

Um das razões para esse alto percentual de rejeitos é a falta de conhecimento do processamento adequado das espécies florestais (MELO et al. 2012), uso de maquinários e equipamentos obsoletos, layout inadequado e precário das serrarias e de novas tecnologias que permitam um maior aproveitamento da madeira (NASCIMENTO, 2000; CERQUEIRA et al. 2012).

Esses resíduos concentrados em determinado local na serraria para serem biologicamente degradados, além de ocuparem um espaço físico que poderia ser melhor utilizado, são queimados sem nenhum fim energético ou atirados nos rios resultando em impactos ambientais negativos e perdas econômicas significativas.

A necessidade do aproveitamento de resíduos provenientes das indústrias processadoras de madeiras cresce devido às exigências ambientais impostas por leis, assim como pela necessidade de introduzir no mercado produtos mais competitivos (melhor qualidade e custo viável), que passam obrigatoriamente pelo uso racional da matéria-prima, transformando em geral os resíduos em subprodutos, o que agrega maior valor aos mesmos.

A tecnologia da madeira é de suma importância para auxiliar no aproveitamento de resíduos e melhorar a taxa de conversão das toras (MERRY et al. 2009). No entanto é necessário o conhecimento das propriedades físicas das espécies, para definir o uso, desenvolvimento e geração de novos produtos utilizando os resíduos madeireiros.

Uma das alternativas é quantificar, qualificar e beneficiar os resíduos madeireiros e propor a confecção de produtos, agregando valor, aumentando o rendimento da madeira em tora e incrementando as receitas dos estabelecimentos madeireiros (FRANCESCHIN, 2004). Neste contexto, é importante o desenvolvimento de pesquisas que deem uma destinação adequada para os resíduos, mitigando os impactos ambientais e gerando renda para a população e, assim, mudar o paradigma atual dos resíduos madeireiros.

Além disso, o presente estudo torna-se justificado pela necessidade de informações sobre a utilização de resíduos madeireiros na fabricação de móveis; Agregação de valor à madeira oriunda de floresta nativa, com a incorporação de pesquisas tecnológicas qualificando-a para usos diversos e; Transferência de informações para os polos moveleiros e outros setores industriais de base florestal, quanto às características e possibilidades de uso de resíduos madeireiros de espécies provenientes de manejo florestal, como matéria-prima básica e para gestão dos resíduos. Isso, aliado ao conhecimento técnico existente, facilitará o entendimento entre o setor produtivo e o Poder Público no cumprimento das normas e leis vigentes.

Diante do exposto, surge o seguinte questionamento: A utilização de resíduos madeireiros de espécies provenientes de manejo florestal na produção de móveis é uma alternativa para o aproveitamento dos resíduos?

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Propor o uso dos resíduos madeireiros de espécies provenientes de manejo florestal na produção de móveis.

2.2 ESPECÍFICOS

- a) Verificar os resíduos gerados no pátio de preparação das toras da indústria Mil Madeiras Preciosas;
- b) Identificar e qualificar (propriedades físicas) os resíduos madeireiros coletados;
- c) Beneficiar e classificar os resíduos para produção de móveis e;
- d) Produzir os móveis a partir dos resíduos beneficiados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 OS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA

A cadeia produtiva da madeira engloba um conjunto de atividades que vão desde sua exploração (florestas nativas) ou colheita (florestas plantadas) até o seu processamento e transformação (ABIMCI, 2012). Por associação, na etapa de processamento a madeira perde a característica de constituinte essencial do produto.

Polzl et al. (2003) relatam a existência da composição da cadeia produtiva madeireira em função de três segmentos, tais quais: cadeia produtiva da madeira industrial (papel, painéis de alta densidade, aglomerados, Medium Density Fibreboard – MDF e Oriented Strand Board - OSB); cadeia produtiva de madeira para energia (lenha e carvão) e cadeia produtiva para processamento mecânico (serrados, compensados e laminados).

O processo de transformação da madeira em novos produtos abrange diferentes etapas. Este atinge distintos setores industriais, a exemplos temos as serrarias, laminadoras e fabricantes de compensados, aglomerados e chapas de fibras e outros painéis.

No Amazonas, a cadeia produtiva do setor madeireiro é centralizada em empreendimentos de médio a pequeno porte destinado às serrarias. Segundo Latorraca (2004), uma serraria é constituída basicamente por: depósito de matéria-prima, área destinada ao maquinário, local para a classificação da madeira serrada e o depósito da madeira serrada.

O processamento mecânico da madeira em tora está relacionado diretamente com as espécies florestais utilizadas associados ao produto final produzido (REMADE, 2004). Aquelas que se ocupam com as madeiras nativas da região Norte do Brasil está voltado para a extração de madeiras nativas nobres, utilizada para serrados e manufaturados e painéis tipo compensado laminado (FAGUNDES, 2003). Estes produtos são voltados principalmente para o mercado externo e para o abastecimento da indústria da construção civil no Sul e Sudeste.

Há uma padronização dos processos de transformação da madeira em tora nas serrarias, desde o desdobro até o acabamento final do produto beneficiado. Estas etapas definem a forma como um determinado processo é executado, seja ele automático ou manual. Estas incluem, na maioria dos empreendimentos independente do porte da tora, desdobro, retirada de costaneiras, esquadrejamento e destopo das tábuas. O mesmo fato ocorre nas atividades que exijam um beneficiamento da matéria prima, onde há, normalmente, a execução dos processos de plainamento, molduramento e torneamento das peças serradas.

Ainda assim, quando o nível de exigência em relação à qualidade do produto final é um fator de extrema importância às operações de secagem da madeira são imprescindíveis.

Independentemente do tipo de indústria madeireira, a geração de resíduos na cadeia produtiva é consequência direta do processamento primário ou secundário da madeira sólida. Além disso, diversos fatores também contribuem para a geração, como o tipo de processamento, as máquinas utilizadas e as características físicas e anatômicas da madeira (CERQUEIRA et al. 2012).

Neste aspecto, estudos para melhorar a eficiência produtiva nas indústrias do setor madeireiro são importantes, não somente para melhorar a gestão das empresas florestais, mas também reduzir a perda e o volume de resíduos gerados no processamento e beneficiamento, a qual deve se empenhar em implementar uma estratégia para melhorar métodos e processos, no sentido de agregar valor aos produtos e gerar padrão de qualidade e preços competitivos, além de simultaneamente implementar iniciativas de redução de geração de resíduos e obter um controle da qualidade ambiental.

3.1.1 Desdobro

A madeira em tora é processada mecanicamente através das operações de 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). Tem por finalidade formar peças de tamanho e forma desejáveis através do uso de serras. As atividades de desdobro são constituídas por duas etapas: processamento primário (desdobro primário) e processamento secundário (desdobro secundário) (IWAKIRI, 2005).

Cada equipamento de desdobro apresenta um conjunto de características que o indicam para 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. A ferramenta ideal 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 (SILVA e OLIVEIRA, 2001).

Uma consequência natural da transformação da madeira é a geração de resíduos, sendo que sua origem é derivada imediatamente do processamento mecânico da madeira maciça (CASAGRANDE et al. 2004). Durante o corte e descasque, processamentos de

desdobro, desengrosso, serragem e acabamento, há a geração de vários tipos de sobras sólidas peculiares a cada etapa citada.

Nos processos industriais madeireiros os resíduos podem variar em porcentagem e de forma crescente de acordo com o produto e os equipamentos utilizados, como também com a má estocagem das toras e/ou madeira. Ao longo de todo o processo, os resíduos são abandonados em locais inapropriados, geralmente a céu aberto e deixam de se tornar uma fonte produtiva e energética. Esses fatores ocorrem devido ao baixo nível de impactos supostamente dados pela madeira, caracterizando em um total desperdício de madeira sem nenhuma forma de aproveitamento, poluindo dessa forma o ar, solo e o meio ambiente (DOBROVOLSKI, 1999).

De forma a sistematizar estes processamentos da madeira sólida, Gonçalves e Ruffino (1989) estabeleceu etapas produtivas junto com os resíduos gerados por cada etapa respectiva (Figura 1).

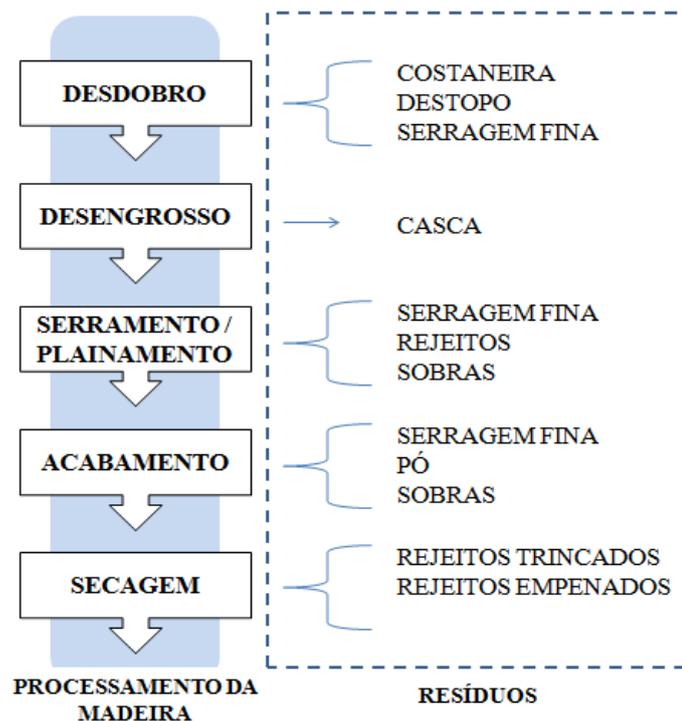


Figura 1 - Etapas dos processos de produção da madeira serrada e descrição dos resíduos gerados.
Fonte: Gonçalves e Ruffino (1989).

É de suma importância conhecer os fatores que contribuem mais intensamente para a eficiência do processo de transformação da madeira em produto semiacabado ou acabado, pois, estes influenciam diretamente na geração de resíduos. Conhecendo melhor estes fatores são possíveis melhorar os processos de produção, otimizar os custos, aumentar a

produtividade e a qualidade do produto, reduzir a geração de resíduos, contribuindo, assim, para uma melhor rentabilidade da atividade e minimização dos impactos ambientais.

3.1.1.1 Máquinas de desdobro primário

As operações desta etapa normalmente envolvem o uso de máquinas de serra vertical e lâminas de serras estreitas e largas, tais como a serra fita vertical, serra circular múltipla e destopadeiras.

○ Serra de fita vertical

Destinada à operação de desdobro, possibilitando mais de um corte em um único avanço da madeira. Possuem um sistema de trilho com carrinho acoplado que permite a alimentação das toras até o corte. Fazem apenas cortes retos e são usadas para desdobro e resserra (redução da espessura das peças) (Figura 2).



Figura 2 - Serra de fita vertical.
Fonte: Catunda, 2016.

○ Serra circular múltipla

Destinada à operação de multirefilamento, a qual trata-se da atividade de desdobrar blocos em múltiplas tábuas, ripas ou régua em uma só passagem (Figura 3).



Figura 3 - Serra circular múltipla.
Fonte: Catunda, 2016.

3.1.1.2 Máquinas de desdobro secundário

O desdobro secundário realiza, logo após o desdobro primário, a redução das dimensões das peças, a fim de dimensionar o produto final, estabelece-se o comprimento, largura e espessura dos produtos desejados.

Utilizam-se equipamentos tais como, as serras circulares e serras fitas de pequeno porte para a realização das etapas subdivididas de Resserra; Refilo ou Canteagem; Destopo e Reaproveitamento, que visa desdobrar novamente peças já consideradas resíduos, como as costaneiras e os refilos (SANTINI, 2000).

- **Serra de fita (pequeno porte)**

Destinada à atividade de refilo ou canteamento, a qual tem por finalidade regulariza as bordas laterais e reduz a largura das peças (Figura 4).



Figura 4 - Serra circular simples.
Fonte: Catunda, 2016.

- **Serra circular destopadeira**

Destinada à atividade de destopo, objetivando eliminar defeitos nas extremidades das tábuas (Figura 5).



Figura 5 - Serra circular destopadeira.

Fonte: Catunda, 2016.

3.1.2 Secagem

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).

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 seja artificial ou natural, é uma fase fundamental para a obtenção de madeira de boa qualidade, pois além de promover a redução do teor de umidade, permite o isolamento térmico, elétrico, melhor tratabilidade e trababilidade no acabamento, colagens etc. (SALES-CAMPOS et al. 2000).

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. A secagem ao ar livre e em estufa convencional são os métodos mais usados universalmente.

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 (Figura 6). Todos estes defeitos fazem com que a madeira seja rejeitada, porém 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 (UFPR, 2001).



Figura 6 - Distorções de várias regiões do tronco após a secagem.
Fonte: U.S Forest products laboratory citado por Fagundes (2003).

A secagem é uma etapa intermediária entre o desdobro (processamento primário) e o beneficiamento (processamento secundário) da madeira. Apesar de ser considerado um processo simples e fácil, a secagem requer cuidados especiais, especialmente a respeito do comportamento das espécies de madeira a serem submetidas ao processo de secagem, a fim de minimizar ou eliminar os defeitos.

3.1.3 Beneficiamento

O beneficiamento é uma atividade que consiste no processamento das peças de madeira serrada e tem por objetivo o acabamento de maior qualidade, e conseqüentemente, lucratividade em função do aumento do seu valor comercial. Este processo é definido por Gonçalves (2000), como sendo composto pelas operações ou trabalhos de usinagem por seccionamento das peças, aplainamento ou lixamento.

O objetivo da operação de beneficiamento é chegar às dimensões definidas de acordo com o produto desejado, permitindo melhor aproveitamento da madeira e agregando valor às peças produzidas. As operações de beneficiamento e seus respectivos equipamentos são classificados em: Serramento (Serra circular simples, dupla, múltipla e seccionadeira); Serramento contínuo (Serra de fita simples ou conjugada); Fresamento (Fresamento cilíndrico tangencial ou fresamento frontal); Torneamento; Furação e Lixamento, também conhecido como aplainamento (Figura 7).

Essas etapas, no entanto, influenciam diretamente no rendimento do processo de beneficiamento de madeira em tora em produto acabado. Este é afetado pela interação de diversos fatores, os quais acabam por gerar quantidades excessivas de resíduos. Desperdiçam matéria prima com potencial de agregação de valor.



Figura 7 - Plaina S4S.
Fonte: Catunda, 2016.

3.2 RESÍDUOS MADEIREIROS

O resíduo madeireiro é considerado como as sobras da madeira após uma ação ou processos produtivos que é descartado nas cadeias de produção e consumo (REFERÊNCIA, 2003), geralmente sem valor de uso ou econômico devido à limitação tecnológica ou de mercado, podendo causar impactos negativos ao ambiente quando manejados de maneira imprópria.

Os resíduos de madeira são ligno-celulósicos, ou seja, contêm lignina e celulose em sua composição. Por ser um resíduo natural e desta forma biodegradável não deveria causar maiores problemas, porém, devido ao volume concentrado inadequado em determinado local e o tempo necessário para sua degradação, os resíduos podem causar sérios problemas.

Os resíduos são gerados principalmente do desdobro das toras, estimando-se 60% do volume total processado. Uma série de fatores interfere nessa geração e podem está associado à falta de qualidade da matéria-prima florestal, adoção de técnicas inadequadas desdobros, escolha incorreta de ferramentas de corte, secagem inadequada da madeira serrada etc. (VITAL, 2008).

3.2.1 Classificação dos resíduos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 10004:2004) classifica os resíduos de madeira como resíduos sólidos não perigosos, uma vez que não apresentam periculosidade, salvo os resíduos de madeira tratada quimicamente.

Segundo Fontes (1994) citado por Cerqueira et al. (2012) e Dutra e Nascimento (2005), os resíduos foram classificados em tipos distintos, ou seja:

- a) Cavacos: Partículas com dimensões máximas de 50 x 20 mm, em geral provenientes de picadores;
- b) Serragem: Partículas de madeiras com dimensões entre 0,5 e 2,5 mm, originado do uso de serras, encontrado em todos os tipos de indústria, à exceção das laminadoras;
- c) Cepilho - Conhecido também por maravalha, são resíduos menores de 2,5 mm, gerado pelas plainas nas instalações de serraria/beneficiamento e beneficiadora (indústrias que adquirem a madeira já transformada e a processam em componentes para móveis, esquadrias, pisos, forros, etc.);
- d) Pó - Resíduos menores que 0,5 mm, originado do beneficiamento da madeira e;
- e) Lenha - Resíduo de maiores dimensões, gerado em todos os tipos de indústria, composto por costaneiras, aparas, refilos, resíduos de topo de tora, restos de lâminas.

Fagundes (2006) e De Paula (2006) afirmam que os resíduos madeireiros gerados apresentam características, formatos e volumes diferentes, sendo identificados como:

- Refilos – proveniente do processo de refilagem da madeira, onde define-se a largura das tábuas retirando-se a casca e os defeitos laterais.
- Costaneiras: peças externas em formatos de meia lua contendo uma parte de madeira e casca não removida, obtidas quando do processamento primário das toras de madeira. É um produto de baixo valor agregado, pela sua degradação rápida em função da taxa

de alburno e pela destinação que não viabiliza os custos com um tratamento preservativo que prolongue sua vida útil.

- Destopos: proveniente do corte das pontas com defeitos em tábuas ou pranchões.
- Serragem: proveniente da ação mecânica de serras e máquinas usadas no desdobro da madeira. Para cada tipo de máquina ou de serra há um resíduo característico, podendo classificar tais sobras como finas ou grossas, conforme abaixo:
 - Serragem grossa: é constituída por lascas, maravalha e cavacos;
 - Serragem fina: formada por pó de serra de diferentes tamanhos de partículas.

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.

A classificação da madeira serrada também é realizada por meio da classificação visual, que considera as imperfeições da madeira, que podem afetar as propriedades físicas e mecânicas, limitando sua utilização como:

- **Defeitos de Origem Anatômica:** São decorrentes da própria espécie a que ela pertence. Esses defeitos apenas seriam evitados no instante da seleção da espécie, desde que se conheça suas características naturais;
- **Defeitos por ataques Biológicos:** Ataques provenientes de fungos ou insetos;
- **Defeitos de Processamento da madeira:** São defeitos originados na manipulação, transporte, armazenamento, desdobro e beneficiamento da madeira e;
- **Defeitos originados durante a secagem da madeira:** São originados pela deficiência de sistemas de secagem e pelo armazenamento das peças por um uso inadequado do programa.

3.2.2 Aproveitamento de resíduos

Atualmente o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução N° 484/2018 alterou a Resolução N° 474, de 6 de abril de 2016, em que fixou provisoriamente em até 45 % o percentual de aproveitamento de toras nas serrarias, medido pelo Coeficiente de Rendimento Volumétrico (CRV).

A Resolução não mostra a realidade da maioria das indústrias madeireiras da Amazônia. Com isso, vale ressaltar que essa medida ainda permite a geração de 55 % de resíduos, que não raro, é utilizado principalmente para obtenção de energia, ou seja, 55 % de

madeira licenciada e certificada é queimada. Porém espera-se obter menores desperdícios, incentivar a inovação tecnológica no setor madeireiro que trabalha legalmente e equilibrar a competitividade.

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

O aproveitamento das toras nas serrarias gira em torno de 45 a 55% para espécies folhosas, o restante, são considerados como rejeitos (ROCHA, 2002).

Segundo Ferreira et al. (1989) citado por Fagundes (2003), o aproveitamento quantitativo da transformação de uma tora em tábuas (considerando-se uma tora com casca) se dá na ordem de 40% de madeira processada e os restantes 60% estão assim alocados como mostra a Figura 8 a seguir:

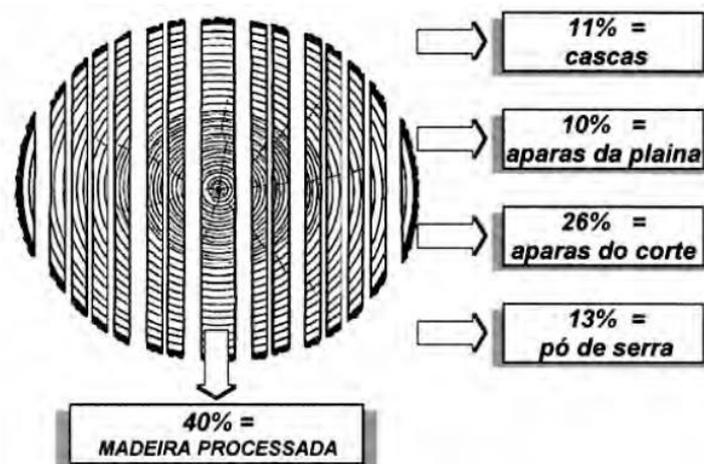
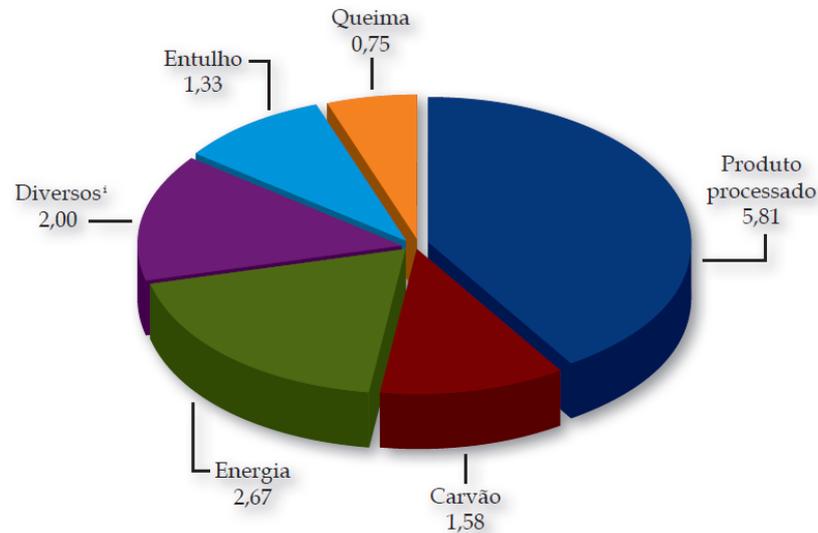


Figura 8 - Resíduos provenientes do processamento de uma tora para produção de tábuas.

Fonte: Ferreira et al. (1989) citado por Fagundes (2003).

Segundo o Serviço Florestal Brasileiro - SFB (2010), em 2009, 14,2 milhões de metros cúbicos (m³) de madeiras em tora foram processadas, destes, foram produzidos 5,8 milhões de m³ de madeira processada. A maioria (72%) transformada em madeira serrada com baixo valor agregado (ripas, caibros, tábuas e similares), 15% transformados em madeira beneficiada com algum grau de agregação de valor (pisos, esquadrias, madeira aparelhada etc.) e o restante (13%) em madeira laminada e compensada, correspondendo a um rendimento médio de 41%.

Os outros 8,3 milhões de madeira em toras foram classificados como resíduos do processamento, sendo aproveitados na produção de energia, carvão, entulho, queimados sem nenhum fim energético e de uso diversos (Figura 9).



[†]Inclui o aproveitamento dos resíduos como adubo, em aterros, lenha, entre outros.

Figura 9 - Uso da madeira nativa da Amazônia pelo setor madeireiro em 2009 (em milhões de m³).
Fonte: SFB (2010).

O grande volume de resíduos gerados pelas indústrias de transformação da madeira é um problema existente em praticamente todas as serrarias brasileiras, mesmo com algumas empresas incluindo em sua atividade o gerenciamento ambiental e o aproveitamento integrado de seus subprodutos, a maioria das serrarias instaladas ainda está despreparada para o descarte e aproveitamento apropriado de seus rejeitos (REMADE, 2005).

Como alternativas de uso, existem diversas aplicações que podem ser dadas aos resíduos madeireiros:

a) Energia – As indústrias aproveitam as aparas do processo produtivo para gerar energia devido a sua capacidade calorífica, sendo utilizadas em padarias, olarias, indústrias cerâmicas entre outras (RECH, 2002). A geração de energia por resíduos é bastante vantajosa, pois economiza outras fontes de energia, no entanto, os resíduos usados para este fim não devem possuir nenhum elemento químico adicional, caso contrário, podem emitir poluentes causando danos ambientais.

b) Chapas de partículas e fibras - Os resíduos como serragem, cavacos, refilos de lâminas podem ser utilizados para confecção de chapas de fibras ou partículas como o aglomerado, chapas duras, Medium Density Fiber Board - MDF. Inclusive a indústria de chapas aglomeradas surgiu para o melhor aproveitamento de madeiras menos nobres e

resíduos. É importante ressaltar que para utilização dos resíduos na indústria de chapas, devem ser observadas questões com relação ao tamanho das partículas utilizadas, que devem ser adequadas para o processo, influenciando diretamente a qualidade do produto.

c) Briquetes - outra forma de se utilizar os resíduos para gerar energia é através de briquetes, possuem grandes vantagens sobre o uso dos resíduos em sua forma primária, pois com a compactação destes para formar os briquetes, existe um controle maior sobre o teor de umidade, o que permite uma queima mais uniforme, além de facilitar o manuseio e o transporte. Além de gerar energia para as indústrias, esse material pode ser utilizado em restaurantes, olarias, lareiras, etc., desde que esteja livre de produtos químicos como tintas e produtos para madeiras tratadas.

Ao se considerar o perfil da floresta e a criatividade humana, as oportunidades de uso dos produtos florestais madeireiros são infinitas (NASCIMENTO e MONTEIRO DE PAULA, 2012) suas características naturais que transformam cada objeto produzido único e inigualável. A variedade de espécies e suas diversas colorações acentuam ainda mais seu charme e exclusividade.

Lima (2012) utilizou resíduos da espécie *Dipteryx polyphylla* (Cumarurana), *Dipteryx odorata* (Cumaru) e *Brosimum parinarioides* (Amapá) na produção de painéis de madeira aglomerada com resina poliuretana à base de óleo da mamona, onde o autor evidenciou que a caracterização de painéis aglomerados produzidos com resíduos principalmente de Cumaru e Amapá associado com a resina do óleo da mamona apresenta potencial destes produtos para as indústrias do ramo de painéis aglomerados, contribuindo para o meio ambiente através do reaproveitamento dos resíduos gerados durante o processamento da madeira.

Em estudo realizado em serrarias do município de Eunápolis – BA, Cerqueira et al. (2012) observaram que os resíduos madeireiros foram vendidos para geração de energia (55%) e para servirem de baia de animal (17%), além de serem doados (16%), descartados nos lixões (8%) e em menor quantidade (2%) aproveitados na confecção de pequenos artefatos.

Yamaji e Bonduelle (2004) utilizaram 20% de resíduos de madeira (pó e serragem) na produção de compósitos plástico-madeira.

Em estudo projetando produtos para o mercado externo a partir de resíduos de uma tora da espécie maçaranduba (*Manilka huberi*), Castro e Nascimento (2004), concluíram que

os produtos confeccionados agregaram valor aos resíduos, alcançando rendimentos de 56,85% e seguiram o princípio de modularidade, praticidade e inovação.

Segundo Zoldan e Lima (2012), os resíduos de maiores dimensões, como no caso das aparas e costaneiras, são resíduos mais significativos e podem ser aproveitados na produção de artefatos de madeira como artesanatos, brinquedos, peças de utilidade ou de valor decorativo. Os mesmos autores afirmam que com a classificação, seleção e utilização correta dos resíduos, os artefatos serão isentos de defeitos, tendo um maior valor agregado e maior qualidade, além de facilmente controlar os estoques de madeira e seus derivados mantendo os processos com menos resíduos.

Os resíduos madeireiros (serragem) foram utilizados por Sales-Campos (2008), como alternativa promissora para o cultivo de cogumelos comestíveis, por ser uma forma eficiente e economicamente viável para o aproveitamento de resíduos madeireiros e agroindustriais. O autor afirma que utilização dos resíduos possibilitou eficiência biológica elevada e promoveu boa produtividade dos cogumelos, demonstrando que a viabilidade na bioconversão de resíduos madeireiros em produtos de valor agregado.

Outro exemplo que confirma a viabilidade da agregação de valor aos resíduos é o estudo realizado por Dias e Nascimento (2003) no qual foram confeccionados biojóias, como anéis, pulseiras, brincos e pingentes, que obtiveram boa aceitação no mercado de Manaus.

As indústrias de modo geral vêm buscando através de pesquisas e desenvolvimentos (P&D) ações para o controle e gestão de geração dos resíduos. Nos processos industriais, muitas vezes a gestão de resíduos não é realizada de forma efetiva, ou seja, não há a utilização total dos seus recursos e diante disso o processo é abandonado automaticamente.

Os resíduos de madeira podem ser classificados e reaproveitados em processos industriais e transformados em produtos de uso similar ou diferente ao da madeira inicialmente serrada (Figura 10). Isso significa que 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 possibilidade 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.



Figura 10 - Fluxograma do sistema produtivo ideal para uma serraria.
Fonte: Fagundes (2003).

Entre as questões de maior importância para manter a qualidade do meio ambiente e lograr o desenvolvimento sustentável, encontra-se, certamente a gestão ambientalmente racional dos resíduos. O manejo de resíduos é função importante da sociedade e essencial para a promoção do bem-estar humano. A falta ou o manejo incorreto dos vários tipos de resíduos leva a prejuízos à saúde humana, perdas econômicas, perda de valores estéticos e danos à biodiversidade e aos ecossistemas, em geral, incluindo as funções que desempenham.

Por esse motivo é importante o desenvolvimento de pesquisas para o aproveitamento adequado dos resíduos madeireiros, mitigando os impactos ambientais, agregando valor aos produtos confeccionados a partir desses resíduos, gerando renda para a população e, assim, mudar o paradigma atual dos resíduos madeireiros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no pátio de preparação das toras da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda - Precious Woods Amazon/PWA (Figura 11), localizada na Rodovia AM 363, zona rural do município de Itacoatiara – Amazonas (PWA, 2016).



Figura 11 - Pátio de preparação das toras a serem enviadas para o processamento mecânico.
Fonte: Autor, 2017.

As áreas da empresa que integram o projeto da PWA somam atualmente 506.736,60 hectares no estado do Amazonas e as fazendas que concentram suas atividades, todas em regime de Manejo Florestal certificado pelo FSC (Forest Stewardship Council) somam uma área de 166.030,91 hectares entre os municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga.

As atividades da Mil Madeiras vão desde a exploração de madeiras tropicais por meio de manejo florestal até o processamento da madeira na serraria da sua própria indústria, onde aproximadamente 70 % da produção é destinada ao mercado internacional. Os produtos incluem: madeira serrada seca em estufa, madeira serrada plainada e pré-processada, toras para poste pré-cortados, peças e componentes para indústria de móveis, assoalhos etc.

Os resíduos madeireiros gerados na preparação das toras no pátio e no processamento mecânico na serraria (Figura 12) são utilizados como combustível para mover as turbinas a vapor da usina termoelétrica BK energia, gerando eletricidade para 50% da população do Município de Itacoatiara - AM.



Figura 12 - Resíduos madeireiros provenientes da preparação das toras no pátio e do processamento mecânico.
Fonte: Autor, 2017.

3.2 DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS MADEIREIROS

O diagnóstico dos resíduos provenientes do processamento mecânico não pôde ser desenvolvido mediante as mudanças da empresa em relação ao layout e para obtenção de um maior rendimento e aproveitamento das peças irregulares em peças menores. Logo, foi tomado a decisão junto com a direção da empresa de verificar os resíduos no pátio de preparação das toras. Nesta etapa foram verificadas as toras com presença de fuste irregular, oco, nó e sapopema independente das espécies que eram preparadas para serem processadas mecanicamente na serraria.

Nas toras que apresentaram irregularidades (tortuosidade, oco e nó) estas foram retiradas, sendo considerado como resíduos (refugo) e foram mensurados o comprimento e o diâmetro estimado em forma de cruz nas duas extremidades com o auxílio de uma trena (Figura 13).



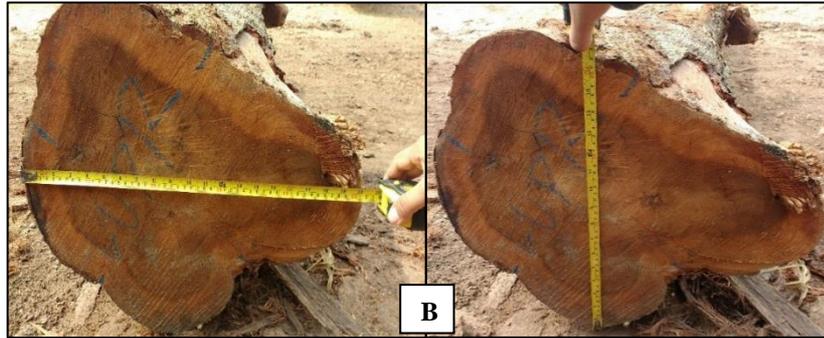


Figura 13 - Mensuração do comprimento (A) e diâmetro (B) dos resíduos.
Fonte: Autor, 2017.

Nas toras com presença de sapopemas, estas foram retiradas e por não apresentarem uma forma regular, foram mensurados somente o comprimento (A), a largura (B) e a espessura (C) da base (Figura 14).

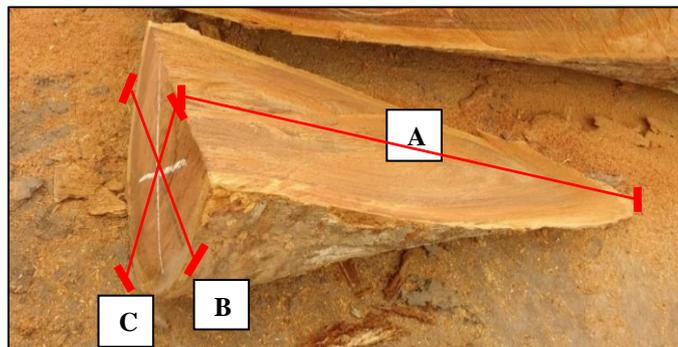


Figura 14 - Mensuração do comprimento (A), largura (B) e espessura (C) do resíduo.
Fonte: Autor, 2017.

No período do diagnóstico foram registradas todas as espécies pelo nome comercial que estavam sendo processadas para comercialização e que apresentavam irregularidades conforme mencionado anteriormente. Durante o diagnóstico dos resíduos foram selecionadas aleatoriamente quatro amostras de diferentes espécies com volume de material lenhoso significativo para serem quantificadas, qualificadas (propriedades físicas) e processadas para a fabricação de móveis (Figura 15).



Figura 15 - Amostras de resíduos madeireiros provenientes do pátio de preparação e limpeza das toras.
Fonte: Autor, 2017.

Devido às questões de transporte e processamento mecânico dos resíduos madeiros não foi possível realizar o desdobro em todas as amostras diagnosticadas anteriormente principalmente porque a finalidade da pesquisa era aproveitar ao máximo as madeiras com material lenhoso significativo servindo de modelo para viabilidade do aproveitamento para fabricação de produtos, como por exemplos em móveis.

3.3 IDENTIFICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

As amostras foram levadas ao Laboratório de Engenharia de Artefatos de madeira (LEAM) do INPA, onde receberam marcação (A), foram mensurados o comprimento (B) e o diâmetro (C) para o cálculo do volume de material lenhoso e foi retirado um disco com 5 cm de espessura (D) para obtenção de uma cunha compreendendo a casca, o cerce e o albarno (E) para determinação do nome científico das espécies e foram confeccionados corpos de prova (F) abrangendo a madeira do albarno e cerne no sentido radial para a determinação da densidade básica, estabilidade dimensional e anisotropia (Figura 16).



Figura 16 - Esquema dos processos para obtenção do volume do material lenhoso, identificação anatômica e propriedades físicas.

Fonte: Autor, 2017.

3.3.1 Identificação das espécies

Os resíduos madeireiros receberam a identificação botânica a partir do reconhecimento em campo pelo nome comum utilizado pela empresa e posteriormente foram retirados corpos de prova para a caracterização e identificação científica da madeira. Foram confeccionados por amostra um corpo de prova (A) no Laboratório de Engenharia de Artefatos de madeira (LEAM) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) que posteriormente foram levados ao Laboratório de Anatomia da Madeira (LAM) do mesmo instituto para caracterização anatômica macroscópica (B) realizada com base em Normas de Procedimentos em Estudos de Anatomia de Madeiras: I. Angiospermae e Gimnospermae II (IBAMA/DIRPED/LPF, 1992) e Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1973) (Figura 17).

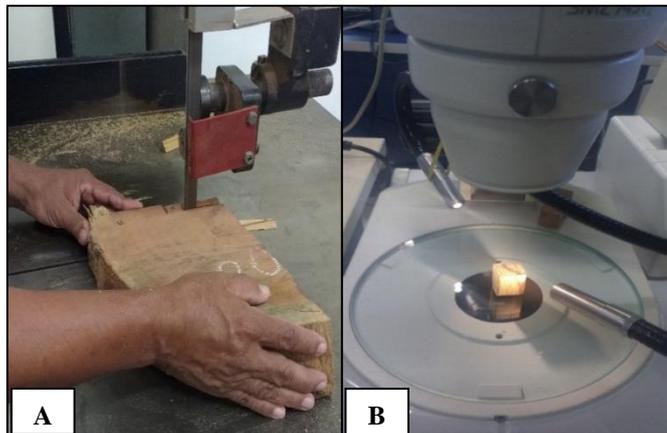


Figura 17 - Procedimentos para identificação científica das espécies.
Fonte: Autor, 2017.

Na identificação macroscópica são observadas características que requerem pouco ou nenhum aumento, tais características são reunidas em dois grupos: características gerais ou sensoriais e as anatômicas.

O estudo dos caracteres gerais deve ser feito utilizando-se madeira seca e os itens a serem analisados são: cor, brilho, odor, grã, textura, densidade, dureza e desenho.

As análises das características anatômicas englobam elementos como camadas de crescimento, tipos de parênquima, visibilidade, tamanho e disposição dos poros (vasos) e raios. Os corpos de prova são observados a simples vista e complementadas pelas observações dos tecidos lenhosos com o auxílio de uma lupa 10 x de aumento, devendo ser a mesma posicionada em contato direto com a superfície a ser observada feita em ambiente com iluminação adequada. Havendo necessidade deve-se umedecer a superfície da amostra.

3.3.2 Determinação das propriedades físicas

No disco de cada amostra de resíduo foram obtidos corpos de prova orientados nas dimensões de 2 cm x 2 cm x 3 cm considerando a distribuição dos raios (R) conforme a Figura 18.



Figura 18 - Obtenção de um corpo de prova.
Fonte: Autor, 2018.

3.3.2.1 Densidade básica

A densidade é a relação entre a massa m (g) e o volume v (cm³) de uma amostra dada em g/cm³:

$$\varphi = \frac{m}{v} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

As amostras foram saturadas em água por um período até a saturação do volume verde, a densidade foi determinada pelo método de deslocamento de líquido com imersão em água com o corpo de prova fixado em um suporte, em seguida foi realizada a secagem em estufa a uma temperatura de $\pm 105^\circ\text{C}$ até atingir o peso constante, para obtenção do peso seco (Figura 19).

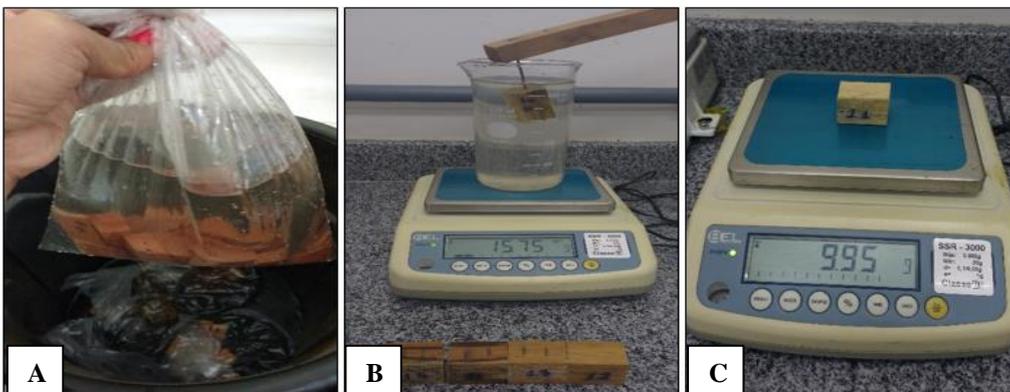


Figura 19 - Determinação da densidade básica.

A: Saturação das amostras; **B:** Medição de volume pelo método da balança hidrostática; **C:** Pesagem do peso seco.

Fonte: Autor, 2018.

3.3.2.2 Estabilidade dimensional

Os corpos de prova receberam marcação (A) e foram medidos com um paquímetro digital duas medições em cada face (tangencial e radial) (B) (Figura 20). Os corpos de prova foram o mesmo obtidos para a determinação da densidade.



Figura 20 - Determinação da estabilidade dimensional dos corpos de prova.
Fonte: Autor, 2018.

As contrações tangencial e radial foram calculadas pelas equações respectivamente:

$$R_t = \frac{D_{t_{sat}} - D_{t_{sec}}}{D_{t_{sat}}} * 100$$

Onde:

R_t = retratibilidade tangencial (%);

$D_{t_{sat}}$ = dimensão na direção tangencial, na condição saturada (mm);

$D_{t_{sec}}$ = dimensão na direção tangencial, na condição seca (mm).

$$R_r = \frac{D_{r_{sat}} - D_{r_{sec}}}{D_{r_{sat}}} * 100$$

Onde:

R_r = retratibilidade radial (%);

$D_{r_{sat}}$ = dimensão na direção radial, na condição saturada (mm);

$D_{r_{sec}}$ = dimensão na direção radial, na condição seca (mm).

3.3.2.3 Coeficiente de anisotropia

O coeficiente de anisotropia foi determinado pela relação das contrações tangencial pela radial de acordo com expresso:

$$CA = \frac{Rt}{Rr}$$

Onde:

CA = coeficiente de anisotropia;

Rt = retratibilidade tangencial;

Rr = retratibilidade radial.

3.4 DESDOBRAMENTO DOS RESÍDUOS

Os resíduos madeireiros foram desdobrados em peças com aproximadamente 5 cm de espessura aproveitando todo o comprimento da tora utilizando uma motosserra. Posteriormente as peças desdobradas foram classificadas de acordo com a nomenclatura de peças de madeira serrada e os padrões de dimensões (espessura e largura) (ABNT NBR 7203, 1982) (Tabela 1).

Tabela 1 - Nomenclatura de peças de madeira serrada.

Nome das peças	Espessura (cm)	Largura (cm)
Pranchões	> 7,0	> 20,0
Prancha	4,0 - 7,0	> 20,0
Viga	> 4,0	11,0 - 20,0
Vigota	4,0 - 8,0	8,0 - 11,0
Caibro	4,0 - 8,0	5,0 - 8,0
Tábua	1,0 - 4,0	> 10,0
Sarrafo	2,0 - 4,0	2,0 - 10,0
Ripa	< 2,0	< 10,0

3.4.1 Secagem das peças

Cada peça de madeira desdobrada por amostra inicialmente seria secada em um micro-ondas do Laboratório de Engenharia de Artefatos de madeira (LEAM) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), porém devido a problemas técnicos esta não pôde ser realizado. As peças ficaram empilhadas em uma área externa, porém coberta antes de serem processadas. A verificação da umidade das peças foi realizada utilizando o medidor de contato.

3.5 VOLUME DA TORA E DA MADEIRA SERRADA

Na amostra 1 e 2 foram mensurados o comprimento e o diâmetro nas duas extremidades para o cálculo do volume do material lenhoso conforme o método de Smalian. O volume foi determinado utilizando a equação a seguir:

$$V = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{D1 + D2}{2} \right)^2 \times L$$

Onde:

V = Volume do tronco (m³);

D1 = Área transversal da seção de maior diâmetro (m);

D2 = Área transversal da seção de menor diâmetro (m);

L = Comprimento do tronco (m).

Para o cálculo da área transversal foi considerado a seguinte equação:

$$A = \pi \times \frac{d^2}{4}$$

Onde:

$\pi = 3,1416$;

d = diâmetro da seção (m).

Para a amostra 3 composta por sapopema, porém que apresentava uma uniformidade, foram mensurados o comprimento, a largura e a espessura de cada base e o volume foi estimado multiplicando a média das respectivas largura, espessura e comprimento.

Na amostra 4 não foi possível realizar o cálculo do volume por esta não apresentar uma forma regular, dificultado a tomada de todas as suas dimensões.

O volume da madeira serrada consistiu na medição do comprimento (C), largura (L) e espessura (E) de cada peça produzida individualmente por tora e posteriormente sendo calculado pela seguinte expressão:

$$V_{peça} = C \times L \times E$$

Onde:

V_{peça} = Volume de cada peça (m³);

L = Largura da peça (m);

E = Espessura da peça (m);

C = Comprimento da peça (m).

3.5.1 Rendimento

O rendimento das toras foi calculado considerando a razão entre o volume da madeira serrada pelo volume de madeira em tora citado por Rocha (2002) como descrita a seguir:

$$R = \frac{V_{ms}}{V_t}$$

Onde:

R (%) = Rendimento dado em percentagem;

V_{ms} = Volume de madeira serrada (m³);

V_t = Volume da tora (m).

3.6 FABRICAÇÃO DO PRODUTO

Para a fabricação dos produtos foram realizadas pesquisas em sites de lojas e fábricas com grande representatividade no mercado para selecionar produtos (protótipos) que valorizassem os resíduos coletados e que utilizassem a menor quantidade de equipamentos e madeira.

Com as pesquisas foram selecionados 2 produtos (Tabela 2) que serviram de modelo para a fabricação dos novos produtos a partir de resíduos madeireiros e aproveitando a forma das peças de madeiras e suas características.

Tabela 2 - Produtos selecionados para a produção de móveis de resíduos madeireiros.

Produto	Identificação	Espécie	Dimensões (cm) para altura, largura e comprimento	Valor em R\$
1	Banco	Muiracatiara	45 x 40 x 118,6	1.540,00
2	Mesa	Muiracatiara	78 x 120 x 120	2.090,00

Os produtos foram selecionados considerando a facilidade de fabricação, quantidade de matéria-prima a ser utilizada e aceitação no mercado interno.

3.6.1 Processamento mecânico

Antes do processamento mecânico cada peça das 4 amostras foi avaliada para verificação de trincamento, empenamento, nó ou rachaduras que inviabilizasse a sua utilização na confecção de produtos. Dependendo das irregularidades da peça foi realizado o processamento mecânico (Figura 21) para ajustar a largura, o comprimento e melhorar a qualidade da peça de acordo com a necessidade do produto a ser produzido.



Figura 21 - Equipamentos utilizados no processamento mecânico para produção dos móveis.
 A: Serra circular; B: Serra fita; C: Desempenadeira; D: Plana desengrossadeira; E: Torno e; F: Tupia.
Fonte: Autor, 2018.

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados de densidade básica e volume médio das peças por amostra foram realizados através da ANOVA a um nível de significância de 5 % de probabilidade ($p < 0,05$) e foram aplicados o teste de Tukey na comparação das médias quando o F for significativo. Os testes foram realizados no Programa estatístico R (R Development Core Team versão 3.4.1). Os dados também foram analisados considerando o volume útil, a matéria-prima utilizada, quantidade de equipamento e valor de mercado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS MADEIREIROS

Ao comparar o diagnóstico realizado há um ano aproximadamente na Empresa Mil Madeiras Preciosas (Precious Woods Amazon), observou-se que a mesma modificou suas instalações, layout e captação de resíduos com o objetivo de aperfeiçoar os processos para obter maiores rendimentos e aproveitamento dos resíduos provenientes do processamento mecânico para a geração de energia. Neste contexto não foi viável realizar o diagnóstico dos resíduos provenientes do processamento mecânico, este sendo realizado somente no pátio de armazenamento e preparação das toras classificadas para o desdobro, verificando que algumas toras possuíam irregularidades como fuste não retilíneo (A), oco (B), nó (C) e sapopemas (D) (Figura 22). As toras com estas características eram processadas para produção de energia de acordo com as informações obtidas com o classificador.

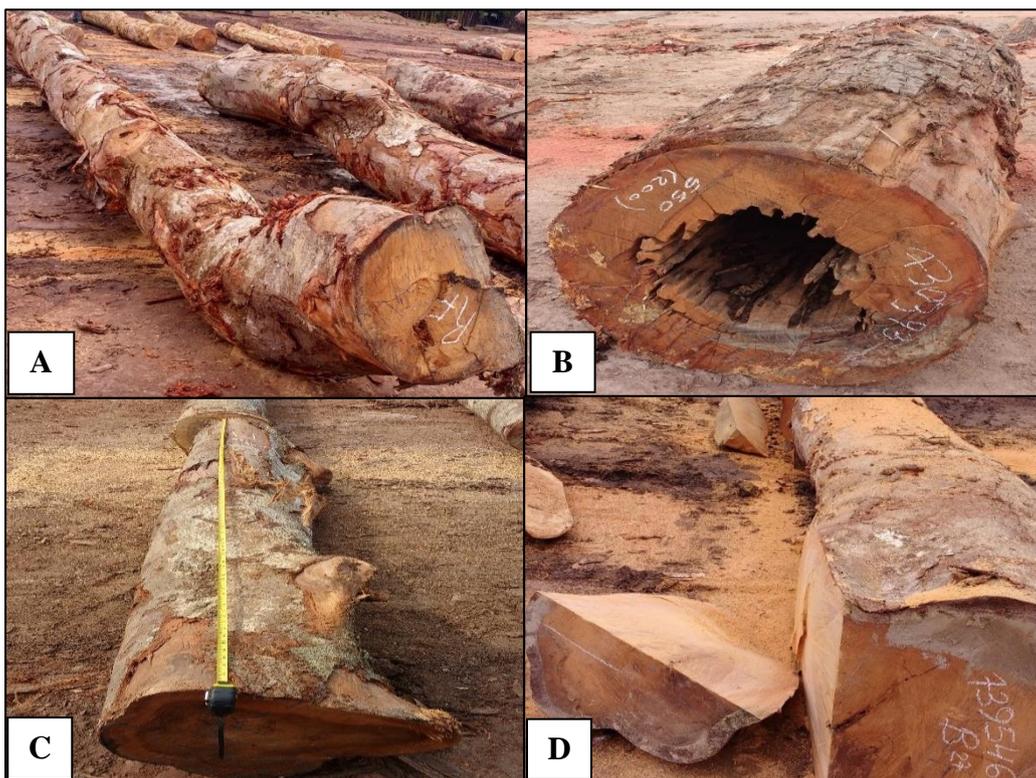


Figura 22 - Irregularidades retiradas na preparação das toras para o processamento mecânico.
Fonte: Autor, 2017.

O diâmetro das toras retiradas e rejeitadas variou de 34 a 83 cm e comprimento de 20 a 658 cm. Na preparação das toras para serem enviadas ao processamento mecânico observou-se que 48,84 % (21) das irregularidades retiradas do fuste foram de tortuosidade,

34,88 % (15) de sapopemas, 9,40 % (4) de tortuosidade e nó e apenas 6,98 % (3) de ocosidade independente das espécies, totalizando 43 madeiras rejeitadas.

Além das irregularidades no fuste, vale ressaltar que as toras eram seccionadas nas medições de acordo com os pedidos dos clientes para compor os lotes, gerando uma maior quantidade de resíduos, como por exemplo: uma tora apresentava 10 metros (m), porém as peças após o processamento mecânico deveriam ter 2,50 m, logo, o classificador seccionava a tora em 3 partes de 2,60 m (total 7,80 m) e o restante, ou seja, 2,20 m era descartado também devido a sua extremidade apresentar alguma irregularidade (Figura 23).



Figura 23 - Seccionamento da tora em função dos pedidos dos clientes.
Fonte: Autor, 2017.

De acordo com o classificador essa prática não era comum, porém devido ao pátio está lotado de madeira isso estava sendo realizado. As irregularidades eram retiradas porque estas não poderiam fazer parte do desdobro devido à viabilidade do processo, pois, teriam que fazer algumas adaptações e dependeria de um maior tempo de processamento.

As irregularidades retiradas do fuste foram consideradas resíduos e eram destinados ao pátio de rejeito para serem posteriormente aproveitados pela própria empresa na geração de energia para o município de Itacoatiara-AM. Porém, vale ressaltar que mesmo a empresa utilizando grande parte na geração de energia, ainda ocorria um acúmulo de resíduos madeireiros que não eram aproveitados.

No período do diagnóstico constatou-se que as espécies selecionadas para atender demandas do mercado interno e externo foram Angelim rajado, Cumaru, Louro preto, Tauari cachimbo, Macucu de paca e Maçaranduba (Tabela 3).

Tabela 3 - Espécies comerciais preparadas para o processamento mecânico.

Nome vulgar	Nome científico	Irregularidade no fuste	Nº de indivíduos	Volume em m ³ por espécie (exceto sapopema)
Angelim Rajado	<i>Pithecelobium racemosum</i> Ducke	Tortuosidade	3	0,4387
Cumaruru	<i>Dipteryx odorata</i>	Tortuosidade, oco, nó e sapopema	7	2,1829
Louro preto	<i>Ocotea sp.</i>	Tortuosidade, oco e nó	5	2,2219
Tauari cachimbo	<i>Couratari sp.</i>	Tortuosidade	3	0,3251
Macucu de paca	<i>Aldina heterophylla</i> Spruce ex Benth	Tortuosidade, nó e sapopema	8	2,4818
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Stand	Oco e sapopema	2	0,1619
Total			28	7,8123

As toras das espécies mencionadas apresentavam irregularidades na base do fuste causando a retirada e descarte do material lenhoso. A espécie Macucu de paca, também popularmente conhecida como Angelim da campina foi a que estava sendo mais preparada para comercialização e gerando uma maior quantidade de resíduos no pátio (2,4818 m³), principalmente por apresentar uma base tortuosa, com presença de nó ou sapopema (Tabela 3). A espécie que menos gerou resíduo foi a Maçaranduba, mas também foi a que menos foi amostrada.

Os resíduos gerados por tortuosidade, nó e oco apresentaram um volume total de 7,8123 m³ no período de diagnóstico correspondendo a 28 indivíduos amostrados. Nos resíduos do tipo sapopema foram 15 indivíduos amostrados, porém, não foi possível a quantificação do volume, pois, este seria subestimado devido os resíduos não apresentarem uma forma regular, dificultando a obtenção de todas as suas dimensões.

4.2 IDENTIFICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

4.2.1 Identificação científica das espécies

De acordo com as características das espécies as amostras de madeiras foram identificadas cientificamente como: **1:** *Pithecellobium racemosum* Ducke (Angelim rajado) (Figura 24); **2 e 4:** *Dipteryx polyphylla* (Huber) Ducke (Cumarurana) (Figura 25); **3:** *Aldina heterophylla* Spruce ex Benth (Macucu de paca) (Figura 26).

1: *Pithecellobium racemosum* Ducke (Angelim rajado):

Esta espécie pertence à família Mimosaceae, apresenta dentre outros o nome vulgar de Angelim-bordado; Angelim-pintado, Angico rajado, Corticeira-do-campo, Ingá, Ingá-caetetu, Ipê-tigre, Sobreiro, Sucupira, Urubuzeiro etc.

Características anatômicos de destaque:

Parênquima axial paratraqueal, predominantemente vasicêntrico, aliforme, com confluências curtas e oblíquas, ocasionalmente em finas linhas terminais. Parênquima radial em disposição irregular. Poros pequenos a médios, predominantemente solitários, múltiplos de 2-3, obstruídos por resina da cor do lenho.

Usos indicados: Objetos de adorno, tacos de assoalhos, construção civil, laminados, faqueados, marcenaria de luxo, carpintaria, cabo de talheres, bengalas, dormentes etc. (INPA/CPPF, 1991).



Figura 24 - *Pithecellobium racemosum* Ducke.

Macrofotografia do plano Transversal (10 X).

2 e 4: *Dipteryx polyphylla* (Huber) Ducke (Cumarurana):

Esta espécie pertence à família Fabaceae, apresenta dentre outros o nome vulgar de cumarú, cumarurana e cumarú-roxo.

Características anatômicos de destaque:

Parênquima paratraqueal, aliforme simples e confluyente, frequentemente agrupados de 2-6 poros, em arranjos oblíquos, poros numerosos, solitários e múltiplos de 2-3, predominando os primeiros, pequenos a médios, vazios. Linhas vasculares nítidas, vazias e em algumas vê-se resina oleosa.

Usos indicados: Construção pesada, dormentes, objetos torneados, postes e pilares, faqueados decorativos, móveis especiais, construção naval, tanoaria, cabos de ferramentas, carroçarias, tacos para assoalhos etc. (INPA/CPPF, 1991).



Figura 25 - *Dipteryx polyphylla* (Huber) Ducke.

Macrofotografia do plano Transversal (10 X).

3: *Aldina heterophylla* Spruce ex Benth (Macucu de paca);

Esta espécie pertence à família Caesalpiniaceae, apresenta dentre outros o nome vulgar de Macucu, Macucu de paca e Angelim da campina.

Características anatômicos de destaque:

Parênquima axial: aliforme de prolongamentos longos, confluyente e formando arranjos oblíquos. Poros: poucos, médios e grandes, solitários e geminados, chegando a formar cadeias, vazios ou obstruídos por resina amarelada. Linhas vasculares: bem demarcadas, altas.

Usos indicados: Construção civil, dormentes, implementos agrícolas, postes, pilares, móveis pesados, carpintaria, marcenaria, acabamento, faqueados decorativos etc. (INPA/CPPF, 1991).

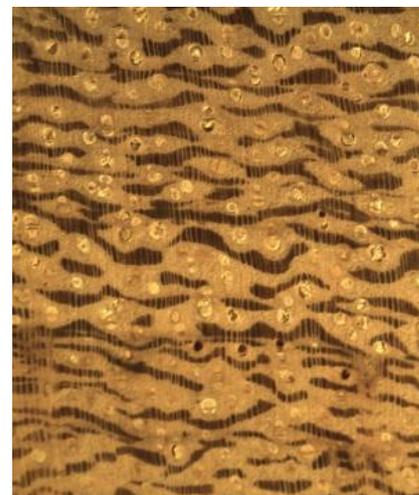


Figura 26 - *Aldina heterophylla* Spruce ex Benth.

Macrofotografia do plano Transversal (10 X).

Por serem espécies comerciais já aceitas no mercado não foi necessário realizar um estudo mais aprofundado das características anatômicas.

4.2.2 Propriedades Tecnológicas

Na Tabela 4 estão as propriedades físicas das espécies coletadas que fazem parte desta pesquisa.

Tabela 4 - Valores médios para as propriedades tecnológicas das espécies.

Amostra	Espécie	Propriedades físicas			Coeficiente de anisotropia
		Densidade básica (g/cm ³)	Contração Tangencial (%)	Contração Radial (%)	
1	<i>Pithecelobium racemosum</i> (Angelim rajado)	0,73 (A) (0,81)	9,08 (12,4)	7,04 (6,54)	1,29
2	<i>Diptery polyphylla</i> (Cumarurana)	0,78 (A) (0,83)	5,52 (6,97)	4,76 (5,99)	1,16
3	<i>Aldina heterophylla</i> (Macucu de paca)	0,66 (A) (0,73)	8,23 (7,17)	5,28 (4,63)	1,56
4	<i>Diptery polyphylla</i> (Cumarurana)	0,72 (A) (0,83)	5,83 (6,97)	5,78 (5,99)	1,01

Médias seguidas na vertical por uma mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (95% de probabilidade). (...) INPA/CPPF, 1991. Catálogo de madeiras da Amazônia: Características tecnológicas, área da hidrelétrica de Balbina. Manaus, 89 p.

A espécie Cumaruana (amostra 2) foi a que apresentou uma maior densidade (0,78 g/cm³), porém não diferiu estatisticamente das demais, sendo a espécie Macucu de paca a que apresentou uma menor densidade.

A densidade básica das madeiras das espécies estudadas encontra-se dentro do esperado para espécies tropicais e apesar da densidade básica em todas as espécies serem menores do que geralmente encontrado na literatura (valores em parênteses), estas ainda são classificadas como madeiras de média e alta densidade. Talvez os valores inferiores obtidos em algumas madeiras de duas espécies (amostras 3 e 4) sejam decorrentes por terem sido retirados de sapopemas.

De acordo com Vale et al. (1999), dentro de uma mesma árvore ou entre indivíduos de uma mesma espécie podem ocorrer variação da densidade da madeira, em função de fatores genéticos (procedência, espécies, gênero etc.) fatores do meio (clima, solo, topografia etc.) e silviculturais (espaçamento, idade de corte etc.). Oliveira et al. (2012), também afirmam que a variação da densidade pode ser explicada pelos fatores edáficos, topográficos, clima sazonal, condições hídricas, forma de dispersão das espécies e inclusive a incidência de fogo.

A densidade básica é uma das propriedades mais importantes, pois serve como referência para o conhecimento sobre a sua qualidade e para a classificação de uma madeira, tendo relação com as demais propriedades físicas e tecnológicas (MORESCHI, 2012). É indiscutivelmente aceita como um dos principais parâmetros quando se visa sua utilização tanto como matéria-prima industrial ou para consumo energético.

As espécies estudadas já possuem suas características tecnológicas bem conhecidas e são amplamente utilizadas nas indústrias madeireiras, porém, ainda ocorre a geração de cerca de 60% de resíduos (LIMA, 2012) que são reaproveitados na geração de energia como ocorre na empresa em estudo. Uma alternativa também seria a utilização dos resíduos destas espécies para agregar valor em novos produtos, além de gerar benefícios ambientais, econômicos e sociais para a população local.

Com relação ao coeficiente ou fator de anisotropia, este variou de 1,01 (Cumaruana amostra 4) a 1,56 (Macucu de paca), isso significa que são madeiras de excelente qualidade, apresentando resistência mecânica e menores defeitos de secagem. Segundo Oliveira e Silva (2003) quanto maior for o coeficiente de anisotropia, maior será a tendência aos defeitos de secagem como o fendilhamento e empenamento da madeira.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS PEÇAS

As amostras selecionadas foram desdobradas em peças com dimensões que atendem a nomenclatura da ABNT NBR 7203/82 (exceto amostra 4), onde 54,55 % foram classificadas como pranchas e 45,45 % foram classificadas como vigas (Tabela 5) podendo serem utilizadas na confecção de diversos produtos.

Tabela 5 - Dimensões, nomenclatura, volume das peças desdobradas e volume total por espécie.

Espécies	Peças	Dimensões			Nomenclatura	Volume por peça (m ³)	Volume total (m ³)
		Comp. (cm)	Larg. (cm)	Esp. (cm)			
1 - Angelim Rajado	1	150	33,0	4,75	Prancha	0,0235	0,1715
	2		39,75	4,75	Prancha	0,0283	
	3		45,25	5,0	Prancha	0,0339	
	4		44,0	5,0	Prancha	0,0330	
	5		39,5	4,75	Prancha	0,0281	
	6		34,5	4,75	Prancha	0,0246	
2 - Cumarurana	1	130	23,75	4,5	Prancha	0,0139	0,1496
	2		33,0	4,25	Prancha	0,0182	
	3		38,5	5,25	Prancha	0,0263	
	4		41,5	4,75	Prancha	0,0256	
	5		11,25	4,0	Viga	0,0059	
	6		14,75	5,0	Viga	0,0096	
	7		19,0	5,0	Viga	0,0124	
	8		20,25	5,0	Prancha	0,0132	
	9		20,0	5,25	Prancha	0,0137	
	10		18,75	4,5	Viga	0,0110	
3 - Macucu de paca	1	193	19,0	4,0	Viga	0,0147	0,0947
	2	204	19,5	4,5	Viga	0,0174	
	3	206	17,0	4,5	Viga	0,0158	
	4	208	18,0	4,0	Viga	0,0150	
	5	200	18,0	4,5	Viga	0,0162	
	6	145	18,0	6,0	Viga	0,0157	

Analisando os resultados citados na Tabela 5 observa-se que no desdobro da espécie Angelim rajado foram obtidas 6 pranchas com dimensões médias de 4,80 cm x 39,30 cm para a espessura e largura respectivamente. Na espécie Cumarurana (amostra 2) foram obtidas 6 pranchas com dimensões médias de 4,83 cm x 29,50 cm e 4 vigas de 4,63 cm x 15,94 cm respectivamente para espessura e largura. Para a espécie Macucu de paca foram obtidas 6 vigas com dimensões médias de 4,92 cm x 18,25 cm para espessura e largura respectivamente.

As peças foram classificadas e atenderam a nomenclatura da ABNT considerando a espessura e a largura e em todas as espécies eram de excelente qualidade para serem utilizadas na fabricação de produto. Vale ressaltar que uma das alternativas também para a destinação desses resíduos é a comercialização dessas peças como madeiras de segunda categoria para pequenas movelarias.

4.4 VOLUME E RENDIMENTO DOS RESÍDUOS MADEIREIROS

As 4 amostras consideradas como resíduos madeireiros selecionados de 3 espécies comerciais conhecidas no mercado, apresentavam potencial tecnológico e boa qualidade para o aproveitamento na confecção de produtos. Porém a amostra 4 da espécie Cumarurana não foi contabilizada no cálculo do volume.

O volume total dos resíduos foi correspondente a 0,6619 m³, enquanto que o volume total de madeira serrada correspondeu a 0,4158 m³. Em termos percentuais, o volume de madeira serrada representa 62,82 % de rendimento, ou seja, resultando em 37,18 % de resíduos (Tabela 6).

Tabela 6 - Volume e rendimento dos resíduos madeireiros e preço do m³ por espécie.

Amostras	Espécies	Volume total (m ³)	Volume total da madeira serrada (m ³)	Volume médio das peças (m ³)	Rendimento (%)
1	Angelim Rajado	0,2835	0,1715	0,0286 (A)	60,49
2	Cumarurana	0,2272	0,1496	0,0149 (B)	65,84
3	Macucu de paca	0,1512	0,0947	0,0168 (B)	62,64
Total para as 3 espécies		0,6619	0,4158		62,82

Médias seguidas na vertical por uma mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (95% de probabilidade).

Observa-se por meio da análise dos danos da Tabela 6 que a espécie Angelim rajado foi a que apresentou o maior volume em tora correspondendo a 0,2835 m³. A espécie Macucu de paca foi a que apresentou o menor volume total.

Com relação ao volume da madeira serrada a espécie Angelim rajado também foi a que apresentou o maior volume entre as demais (0,1715 m³), o menor volume de madeira serrada foi evidenciado pela espécie Macucu de paca com 0,0947 m³ de volume.

A espécie Angelim rajado foi a única que diferiu significativamente das demais em termos de volume médio das peças (m³) apresentando o maior volume de 0,0286 m³. A

espécie Cumarurana foi a que obteve o menor volume médio das peças, não diferindo da espécie Macucu de paca.

Apesar da espécie Angelim rajado ser a que apresentou os melhores resultados para o volume total do resíduo e da madeira serrada, esta não foi a espécie que apresentou o maior rendimento, este foi evidenciado pela espécie Cumarurana com aproximadamente de 66 %, seguido pela espécie Macucu de paca com 62,64 % de rendimento.

Os valores obtidos evidenciam um rendimento satisfatório e superiores ao encontrado na literatura. Catunda (2017) avaliando o benefício custo de produção de madeira beneficiada proveniente de manejo florestal obteve rendimento médio de 27,03 % para a espécie Angelim rajado e 25,95 % para espécie Cumaru. Iwakiri (1990) analisando o rendimento e desdobro de 20 espécies de madeiras da Amazônia obteve rendimento médio para a espécie Macucu de paca de 50,5 % apesar de expressivo, estes resultados são inferiores ao encontrado na presente pesquisa. Vale ressaltar que nesta pesquisa as espécies foram desdobradas por profissional capacitado realizando cortes direcionados, aproveitando o máximo a madeira e gerando um menor percentual de resíduos, fato este, que não ocorre nas indústrias madeireiras que adotam desdobros convencionais.

O baixo rendimento médio de madeira serrada também pode ser evidenciado em pesquisa realizada por Pinto et al. (2016) considerando espécies como Angelim (*Dipteryx sp*), Cumbarú (*Trattinickia sp*), Cedrinho (*Mezilaurus itauba*), Cupiúba (*Erisma uncinatum*) e Itaúba (*Hymenolobium sp*) obtiveram como resultado um valor de 42,13% em média de rendimento. Em serrarias da Amazônia, Oliveira et al. (2003), evidenciou um rendimento médio de 49,28 %; enquanto Lima et al. (2005), no ano de 2000 ao analisar a situação das indústrias madeireiras em quatro municípios do Estado do Amazonas, concluíram que em média o rendimento das serrarias foi de 27 %, ou seja, com a geração de 73 % de resíduos que normalmente eram queimados a céu aberto.

4.5 PRODUTOS FABRICADOS DE RESÍDUOS MADEIREIROS

Por meio das pesquisas realizadas em sites de lojas e fábricas específicas que vendem produtos de madeira de alta qualidade foram selecionados 2 produtos que serviram de modelo na fabricação dos novos produtos a partir de resíduos madeireiros. Os produtos fabricados forma:

- **Produto 1:**

O primeiro produto fabricado foi um banco a partir de três pranchas da espécie Cumarurana (Figura 27).



Figura 27 - Banco produzido a partir de resíduo madeireiro da espécie Cumarurana.
Fonte: Autor, 2017.

Para a base do banco a prancha apresentou dimensões de 130 x 38,5 x 5 cm para o comprimento, largura e espessura respectivamente. Foram mantidas as características da espécie como a presença de cerne e alburno e foram realizadas apenas as etapas de destopo por meio de uma serra circular para retirar as irregularidades das extremidades da prancha e as etapas de aplainamento e desgrosso para conferir um melhor acabamento da peça. Com isso, a base do banco teve dimensões finais de 125 x 38 x 4 cm para o comprimento, largura e espessura respectivamente.

Para a confecção da armação foram utilizados duas peças maiores com dimensões de 100 x 7 x 3 cm e mais duas peças menores (para as laterais) com dimensões de 19 x 7 x 3 cm para o comprimento, largura e espessura respectivamente. Na confecção das 4 pernas foi utilizada uma prancha de 130 x 14,75 x 5 cm para o comprimento, largura e espessura respectivamente. Cada perna foi torneada em um torno e obteve as dimensões finais de 42 cm de altura, 4 de largura e 5 de espessura na base maior e 3 na base menor.

A montagem das pernas na armação foi realizada por encaixe do tipo macho e fêmea e com cola amarela própria para madeira, a montagem da armação no tampo do banco também foi realizada com cola amarela para maior fixação, posteriormente para o acabamento todo o banco foi lixado, aplicado selador, cera e polido.

O banco apresentou dimensões finais de 46 x 125 x 38 cm de altura, comprimento e largura respectivamente. Em geral, o volume das peças utilizadas para a confecção do banco

foi de 0,049 m³ e o volume final do banco foi de 0,027 m³ correspondendo a um rendimento de 55,46 % de aproveitamento das peças.

Sabendo-se que o volume restante das pranchas da amostra 2 da espécie Cumarurana é de 0,1006 m³ poderá ser produzido mais 3 bancos do mesmo modelo e utilizando os mesmos equipamentos.

As peças provenientes da amostra 4 também da espécie Cumarurana, mesmo não sendo possível a obtenção do seu volume devido ser composta de sapopema pode ser utilizada entre outros para base de centro de mesa aproveitando as suas próprias características quanto à forma. Vale ressaltar ainda que as sobras ou peças menores originadas do desdobro podem ser utilizadas na confecção de diversos pequenos artefatos, como porta canetas, porta joias, biojoias, fruteiras, chaveiros etc.

- **Produto 2:**

O segundo produto fabricado foi uma mesa da espécie Angelim rajado (Figura 28).



Figura 28 - Mesa produzida a partir de resíduo madeireiro da espécie Angelim rajado.

Fonte: Autor, 2017.

Na produção do tampo da mesa e da sua armação foram utilizadas seis pranchas de Angelim rajado. Cada prancha foi desdobrada em uma serra circular para retirar as irregularidades presentes na peça aproveitando o máximo a sua largura e o comprimento e também houve a etapa de desempeno e desengrosso para conferir uma melhor superfície e qualidade na peça. As peças utilizadas para o tampo também tiveram um acabamento em sua extremidade por meio de uma tupia.

O tampo da mesa após a montagem teve dimensões de 100 x 80 x 3 correspondendo ao comprimento, largura e espessura. O volume total das pranchas utilizadas na produção do tampo foi de 0,1234 m³ e o volume final do tampo da mesa foi de 0,0242 m³, correspondendo a 19,57 % de rendimento. Na armação o volume total das pranchas foi de 0,0326 m³ e o volume das peças prontas foi de 0,0120, correspondendo a um rendimento de 36,94 %.

Na confecção das pernas da mesa foi utilizado uma peça extra também de resíduos madeireiros de Angelim rajado com dimensões de 350 x 14 x 5 cm de comprimento, largura e espessura respectivamente que foi desdobrada em 4 pernas com dimensões de 75 x 6 x 7 cm cada. A peça inicial utilizada apresentava volume de 0,0245 m³ e as 4 pernas apresentaram volume de 0,0023 m³, ou seja, houve um rendimento de 36,73 %.

A montagem das pernas na armação foi realizada por encaixe do tipo macho e fêmea e colados com cola amarela. Por baixo do tampo foi colocado dois suportes para ser encaixado na armação e não permitir o seu deslocamento. Após a montagem da mesa houve as etapas de lixamento, aplicação de selador e verniz. A mesa apresentou dimensões finais de 100 x 80 x 78 correspondendo ao comprimento a largura e altura respectivamente.

Os baixos rendimentos evidenciados na produção do tampo, armação e nas pernas da mesa foram devido às peças de Angelim rajado serem as que apresentaram uma menor qualidade se comparada com as demais espécies, devido à presença de rachaduras e nó, porém não inviabilizou a fabricação do produto.

Dias (2015) estudando toras ocas da espécie Itaúba obteve rendimento de 85 % pois utilizou os resíduos para produção de móveis, compósitos, artigos decorativos e bijoias de excelentes qualidades.

Dependendo do tipo de resíduos madeireiros, alguns estudos vêm demonstrando as alternativas do aproveitamento destes, porém, a maioria consiste na geração de energia (RECH, 2002; RIBEIRO, 2008 CERQUEIRA et al. 2012). Em estudo realizado em serrarias do município de Eunápolis – BA, Cerqueira et al. (2012) observaram em menor quantidade (2%) que os resíduos eram aproveitados na confecção de pequenos artefatos. Melo et al. (2012), destinou 0,14 m³ (21,03%) de resíduos para a fabricação de artefatos.

Devido a problemas técnicos e operacionais a espécie Macucu de paca não foi utilizada para fabricação de nenhum produto, porém poderia ser utilizada na produção de banco, aparador, mesa de centro entre outros artefatos.

O uso dos resíduos madeireiros para fabricação de móveis mostrou-se satisfatório, pois, estes apresentam características únicas, sendo exclusivos uma vez que a madeira possui

desenhos e formas próprias por sua natureza, implicando na qualidade, complexidade e consequentemente no preço dos produtos.

Os resultados da pesquisa mostram a viabilidade de utilizar peças de madeira obtida de resíduos madeireiros em produtos competitivos no mercado, desde que o desdobro das peças seja direcionado considerando os defeitos da tora para se obter maior rendimento possível.

O baixo grau de rendimento da matéria-prima nas indústrias madeireiras, tem gerado um grande volume de resíduos não aproveitáveis, consequentemente ocorre uma maior pressão e demanda de recursos da floresta. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução N° 484/2018 alterou a Resolução N° 474, de 6 de abril de 2016, em que fixou provisoriamente o em até 45 % o percentual de aproveitamento de toras nas serrarias, ou seja, permitindo a geração de 55 % de resíduos de madeiras certificadas.

Neste contexto, além de mostrar a viabilidade, o uso de resíduos madeireiros em diversos produtos comprova ser possível o uso sustentável da floresta já que irá aproveitar madeiras certificadas provenientes de manejo florestal. Coutinho et al. (1999) afirmam que o aproveitamento da madeira está ligado ao manejo, ao sistema de corte e extração, à tecnologia do processamento primário e a capacitação de mão-de-obra.

5 CONCLUSÃO

Com o diagnóstico realizado na empresa foi possível obter resíduos madeireiros de diferentes espécies que foram gerados e descartados por apresentarem tortuosidade, oco, nó ou sapopema. As madeiras foram identificadas como *Pithecellobium racemosum* Ducke (Angeim rajado), *Dipteryx polyphylla* (Huber) Ducke (Cumarurana) e *Aldina heterophylla* Spruce ex Benth (Macucu de paca), madeiras amplamente conhecidas e comercializadas.

As peças de madeira desdobradas apresentaram um bom potencial tecnológico sendo classificadas principalmente em pranchas podendo serem utilizados para diversos fins. Na fabricação dos móveis foram utilizados equipamentos já existentes nas serrarias e movelarias, onde por meio de desdobro direcionado foi possível obter um bom rendimento nas peças com excelente qualidade, geração de menor percentual de resíduos no processo produtivo, contribuindo para a diversificação dos produtos gerados e demonstrando a viabilidade da utilização de resíduos madeireiros.

Foram fabricados um banco da espécie Cumarurana e uma mesa de Angeim rajado, estes demonstraram ser competitivos no mercado, pois, valorizavam as características das madeiras e por serem de madeiras certificadas de manejo florestal. Ou seja, o uso de resíduos madeireiros provenientes de espécies de manejo florestal na fabricação de móveis, além de aproveitamento máximo das potencialidades da floresta, possibilita aos produtos maior aceitação no mercado por serem certificados com o “selo verde” e valorização das espécies da Amazônia.

Portanto, uma das propostas para fortalecimento da utilização dos resíduos madeireiros, além de mais pesquisas é a criação de uma pequena serraria/movelaria em torno da própria indústria em estudo, gerando emprego e renda, buscando potencializar os aspectos socioeconômicos na região, viabilizar técnica e economicamente a utilização dos resíduos madeireiros e valorização das madeiras da Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Estudo setorial 2010: Indústria de madeira processada mecanicamente**. Curitiba: [s.n.], 2012.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Madeira serrada e beneficiada - padronização**. NBR 7203/1982.

CASAGRANDE, Eloy FJ; SILVA, Maclovia C; CASSILHA, Antônio C; PODLASEK, Celso L; MENGATTO, Suzete NF. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **Revista Educação & Tecnologia**. Curitiba: Editora do CEFET, v 8, p. 209-228, 2004.

CASTRO, P. R. S.; NASCIMENTO, C. C. **Móveis funcionais e decorativos com resíduos de madeiras da Amazônia**. In. XIII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA. Manaus – AM, 2004.

CATUNDA, T. P. **Benefício custo da produção de madeira beneficiada proveniente de manejo florestal sustentável no Amazonas**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, p. 71, 2017.

CERQUEIRA, P. H. A.; VIEIRA, G. C.; BARBERENA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, G. C. Análise dos resíduos madeireiros de Eunápolis – BA. **Floresta e Ambiente**. v. 19 (4), p. 506 – 510, 2012.

CLEMENTE, C, R.; HIGUCHI, N. A floresta amazônica e o futuro do Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 58, n. 3, 2006.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 484** de 22 de março de 2018. Ministério do Meio Ambiente.

COPANT - COMISSÃO PAN-AMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira**. vol. 30, COPANT, Colombia. 19 p. 1973.

DE PAULA, J. C. M. de. **Aproveitamento de resíduos de madeira para confecção de briquetes**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro -Instituto de Florestas. Seropédica - RJ, 2006.

DIAS, R. S.; NASCIMENTO, C. C. **Classificação de resíduos para geração de joias**. In. XIII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA. Manaus – AM. p. 221 – 221, 2003.

DOBROVOLSKI, E. G. **Problemas, destinação e volume dos resíduos de madeira na indústria de serrarias e laminadoras da região de Irati – PR**, 1999.

DUTRA, R. I. J. P; NASCIMENTO, S. M. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. **Revista Científica Florestal**. v. 5(2), 2005.

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.** Dissertação de Mestrado. UFRG. 173 p. 2003.

FAGUNDES, H. A. V.; HASELEIN, C. R.; BONIN, L. C. **Redução de perdas e aproveitamento de resíduos para a produção de madeira serrada de melhor qualidade.** Anais do 10º encontro – EBRAMEM, São Pedro – SP, 2006.

FERREIRA, C. E. M.; CARRASCO, E. V. M.; HELMEISTER, J. C. **Tecnologia de adesivos poliuretanos: propriedades e aplicações em madeiras.** Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras, 3., São Carlos. *Anais.* São Carlos: LaMEM/EESC-USP, 1989. p. 39 – 74. In: 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. Dissertação de Mestrado. UFRG. 173 p. 2003.

FONTES, P. J. P. **Autossuficiência Energética em Serraria de Pinus e Aproveitamento dos Resíduos.** (Dissertação Mestrado). Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1994. In: CERQUEIRA, P. H. A.; VIEIRA, G. C.; BARBERENA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, G. C. Análise dos resíduos madeireiros de Eunápolis – BA. **Floresta e Ambiente.** v. 19 (4), p. 506 – 510, 2012.

FRANCESCHIN GL. **Biomassa de madeira pode gerar 28 MW de energia.** FSP Saneamento & Meio Ambiente, 2004.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOVSKY, I. **Secagem racional da madeira.** São Paulo, Nobel, 112 p. 1985.

GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da Madeira.** Bauru, SP: [S.N]. 255 p. 2000.

GONÇALVES, M. T. T. & RUFFINO, R. T. **Aproveitamento do resíduo Ggrado na Indústria Madeireira.** III EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Anais. USP – EESC. São Carlos, SP. 1989. p. 129 a 140.

GREENPEACE. **O que fazemos? Amazônia - 2015.** Disponível em <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/O-que-fazemos/Amazonia/>> Acesso em: 25 de fevereiro de 2017.

HIGUCHI, N.; HIGUICHI, M. I. G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental.** Manaus- AM. 423 p, 2012.

INPA/CPPF. **Catálogo de madeiras da Amazônia: Características tecnológicas, área da hidrelétrica de Balbina.** Manaus, 89 p. 1991.

ITTO – International Tropical Timber Organization. **ITTO annual report 2012.** Yokohama, Japan, 2012. 82 p. Disponível em: <<http://www.tropicaltimber.info/pt-br> >. Acesso: 10 de abril de 2017.

IWAKIRI, S. **Classificação de madeiras tropicais através do método mecânico não destrutivo.** Dissertação (Mestrado), Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 1982.

IWAKIRI, S. Rendimento e condições de desdobro de 20 espécies de madeiras da Amazônia. **Rev. Acta Amazônica**, Manaus: [s.n.], n. 20, p. 271-281, 2005.

LATORRACA, J. **Processamento mecânico da madeira**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: 116p. 2004.

LIMA et al. **Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do Estado do Amazonas (AM)**. (Tese) Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 183p. 2010.

LIMA, J. R. A. et al. Situação das indústrias madeireiras do estado do Amazonas em 2000. **Rev. Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n.2, p. 125 – 132. 2005.

LIMA, M. F. **Utilização de resíduos da espécie *Dipteryx polyphylla* (Cumarurana), *Dipteryx odorata* (Cumaru) e *Brosimum parinarioides* (Amapá) na produção de painéis de madeira aglomerada com resina poliuretana à base de óleo da mamona**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 148 p. 2012.

MELO, L. E.L.; SILVA, C. J.; LOPES, K. V.; BRITO, P. G. M.; SANTOS, I. S. Resíduos de serraria no Estado do Pará: Caracterização, quantificação e utilização adequada. **Floresta e Ambiente**. v. 19 (1), p. 113 – 116, 2012.

MERRY, F.; Filho, B. S.; Nepstad, D.; Amacher, G.; Rodrigues, H. Balancing Conservation and Economic Sustainability: The Future of the Amazon Timber Industry. **Environmental Management**, n. 44, p. 395-40, 2009.

MORESCHI, J.C. **Propriedades da madeira**. 4^a edição. 2012. Disponível em: http://www.madeira.ufpr.br/ceim/index.php?option=com_content&view=article&catid=53:notas-de-aula&id=397:materialdidatico-prof-joao-carlos-moreschi. Acesso em 11 de março de 2017.

NASCIMENTO, C. C. **Variabilidade e desenvolvimento de modelos para estimar propriedades de madeiras de quatro espécies arbóreas da Amazônia**. Manaus: 154 f. Tese (Doutorado em Tecnologia da Madeira) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA/ FUA, 2000.

NASCIMENTO, C.C; MONTEIRO DE PAULA, E.V.C. A floresta e seus Produtos madeireiros. *In*: Higuchi,N.; Higuchi, M. I. G. (Eds). **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. Manaus- AM. 423 p. 2012.

OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, J.C.R. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO, J. M.; TRUGILHO, P. F.; SCOLFORO, J. R. S.; ALTOÉ, T. F.; SILVA-NETO, A. J.; OLIVEIRA, A. D. Efeito do ambiente sobre a densidade da madeira em diferentes fitofisionomias do estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 18, p. 345-352, 2012.

PINTO, A. A., TAMAGNO, W.A., OLIVEIRA, A.C. **Transformação dos resíduos do processamento primário da madeira em peças curtas.** XV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Curitiba, PR, Brasil, 2016.

PRECIOSUS WOOD AMAZON – PWA. Mil madeiras Preciosas Ltda. **Resumo Público**, Itacoatiara – AM, edição 2016.

POLZL, W. et al. Cadeia produtiva do processamento mecânico da madeira-Segmento da madeira serrada no Estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba: v. 33, n. 2, p. 127-134, 2003.

RECH, C. Estudo sugere uso de serragem como insumo. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 65, p. 30 – 34, 2002.

REFERÊNCIA, Revista do Setor Madeireiro. **Resíduo de Madeira parte 2.** A sobra que vale ouro. Curitiba, Ed. Jota Comunicação, 2003.

REVISTA DA MADEIRA (REMADE). Bioenergia: Energia Limpa e Abundante. **Rev. REMADE** Curitiba, Lettech Editora e Gráfica Ltda, 2005.

REVISTA DA MADEIRA. Processamento: Tecnologia amplia aproveitamento de matéria prima. [s.l]. **Rev. REMADE**. Edição n° 79 – Mar. de 2004. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=513&subject=Processamento&title=Tecnologia. Acesso: 25 de março de 2017.

RIBEIRO, J. **Avaliação ambiental econômica da produção de madeira de espécie nativa em dois municípios na Amazônia brasileira.** Dissertação de Mestrado em Saúde Ambiental. Setor Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo. 42p. 2008.

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

SALES-CAMPOS, C.; ABREU, R. L. S.; VIANEZ, B. F. Condições de uso e processamento da madeira nas indústrias Madeireiras de Manaus, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**. 30 (2); 3019-331. 2000.

SALES-CAMPOS, C. **Aproveitamento de resíduos madeireiros e da agroindústria regional para o cultivo de fungos comestíveis de ocorrência na Região Amazônica.** 183 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Universidade Federal do Amazonas. Manaus – AM, 2008.

SALES-CAMPOS, C.; ANDRADE, M.C.N. Aproveitamento de resíduos madeireiros para o cultivo do cogumelo comestível *Lentinus strigosus* de ocorrência na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v.41, n.1, p.1-8, 2011.

SANTINI, A. **Estudo do processo e dos parâmetros de corte no serramento da madeira por serra fita.** 2000. 110 f. (Dissertação) Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, (SFB). **A atividade madeireira na Amazônia Brasileira: produção, receitas e mercados**. Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON). **Belém, PA**. [s.n.], 20 p. 2010.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S. **Diagnóstico do setor moveleiro no Brasil**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

STEEGE, H.; PITMAN, N.C.A; SABATIER,D.; BARALOTO,D.; SALOMÃO, R. P.; GUEVARA, J. E. et. al. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. **Science**. 342 p. 2012.

TOMASELLI, I. Tecnologia da madeira no Brasil – Evolução e perspectiva. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria. UFSM. n. 20, p. 101 – 112, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Processo inadequado prejudica madeira. **Revista da Madeira**. Curitiba. n. 57, p. 24 – 28, 2001.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; MARTINS, I. S. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 9, n. 2, p. 85-92, 1999.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação de serrarias**. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2008.

ZOLDAN, M. A.; LIMA, C. A. P. A classificação sustentável dos resíduos madeireiros otimizando os processos – estudo de caso. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 2012.

YAMAJI, F. M.; BONDUELLE, A. Utilização da serragem na produção de compósitos plástico-madeira. **Revista Floresta**. v. 34 (1), p. 59 – 66, 2004.