UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES

MARCELO ELIAS DOS SANTOS

Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos em indústrias de extração e transformação de madeiras localizadas na Amazônia mato-grossense

Orientadora: Profª. Drª. Sonia Valle Walter Borges de Oliveira

Ribeirão Preto
2011

Prof. Dr. João Grandino Rodas

Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Sigismundo Bialoskorski Neto

Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Marcos Fava Neves

Chefe do Departamento de Administração

MARCELO ELIAS DOS SANTOS

Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos em indústrias de extração e transformação de madeira localizadas na Amazônia mato-grossense

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Profª. Drª. Sonia Valle Walter Borges de Oliveira

Versão Corrigida

(versão original disponível na FEA-RP)

Ribeirão Preto

2011

UTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Santos, Marcelo Elias dos

Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos em indústrias de extração e transformação de madeira localizadas na Amazônia mato-grossense. Ribeirão Preto, 2011.

148 f.: il.; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP.

Orientadora: Sonia Valle Walter Borges de Oliveira

1. Resíduos Sólidos Industriais. 2. Indústria madeireira. 3. Agroenergia.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Marcelo Elias dos Santos
Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos em indústrias de extração e transformação de madeira localizadas na Amazônia mato-grossense.

Dissertação apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências obtido no Programa de Pós Graduação em Administração de Organizações.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Professor (a). Doutor (a).

_____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Professor (a). Doutor (a).

_____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Professor (a). Doutor (a).

_____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Dedico este trabalho aos meus pais,

Alvaro Elias dos Santos e Maria de Lourdes dos Santos,

exemplos de amor e dedicação à família.

Agradeço

À amiga e orientadora Profª Drª. Sonia Valle Walter Borges de Oliveira, pela confiança irrestrita desde o início do programa. Seu apoio e incentivo foram fundamentais para a construção de um ambiente que permitiu o desenvolvimento desse estudo.

Às diretorias das empresas, por permitirem o acesso ás suas instalações e a realização das entrevistas e pelo fornecimento da documentação necessária á pesquisa.

Ao Prof. Dr. Godoy, pelas inúmeras informações, sugestões e correções que formaram grande parte da análise realizada nesta dissertação.

Aos professores Drs. Ricardo Shirota e André Lurciton Costa pelas sugestões para a melhoria da dissertação que propiciaram novos conhecimentos.

E em especial aos meus tios,

João Carlos da Silva pelos ensinamentos acerca do setor madereiro e disposição em colaborar com elucidação das dúvidas sempre que solicitado.

Severino Ricardo da Silva por me receber em sua casa e tornar possível o ingresso no mestrado ao colaborar prontamente em todos os momentos de dificuldade.

Resíduo é uma matéria-prima mal aproveitada.

Provérbio Chinês

RESUMO

SANTOS, M. E. **Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos em indústrias de extração e transformação de madeira localizadas na Amazônia mato-grossense.** 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

Dentre os resíduos sólidos industriais, os provenientes do processo de extração e transformação de madeira se destacam, primeiro, pelo volume e, segundo, pelo seu potencial energético pouco explorado. A exploração e o processamento industrial de madeira estão entre as principais atividades econômicas da Amazônia, sendo que o aproveitamento da matéria-prima pelas madeireiras é estimado em 45% do volume de uma tora. Vários fatores definem o aproveitamento da madeira como espécie, produto fabricado, maquinário utilizado e defeitos naturais, fazendo com que cada segmento tenha um percentual de aproveitamento. Entretanto, os últimos anos foram de mudanças para o setor, principalmente na destinação dos resíduos, que de problema ambiental e social, passou a ser uma solução rentável e barata para suprir as necessidades energéticas impostas pelo avanço das indústrias no Estado de Mato Grosso. De soluções paliativas que aumentavam as proporções do problema, como a queima do resíduo em fornos ou a céu aberto, passou-se a utilizá-lo para a geração de energia; como queima direta, briquetes, carvão vegetal, maravalha, serragem, cavaco, lenha e *pellets*. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o gerenciamento dos resíduos sólidos nas indústrias de extração e transformação de madeira localizadas na Amazônia Mato-Grossense sob o aspecto da geração de energia a fim de oferecer auxílio aos tomadores de decisão em vários níveis de produção sobre a destinação mais adequada para os resíduos sólidos, levando em conta aspectos ambientais, econômicos e financeiros. Para tanto, foi utilizado o método exploratório, qualitativo, orientado por quatro estudos de caso realizados em indústrias de base florestal. Os resultados indicam que não é possível aproveitar 100% da madeira nos processos de desdobro e beneficiamento sendo a geração de resíduos inerente ao processamento da madeira. Porém, as empresas buscam alternativas para o aproveitamento seja comercializando o resíduo e promovendo o intercâmbio de massa com empresas que fabricam outros produtos ou utilizando-o na própria indústria para gerar energia. Observou-se que os projetos com o objetivo de aproveitar os resíduos nas quatro empresas analisadas são viáveis economicamente e além do benefício financeiro oferecem soluções para problemas ambientais e sociais decorrentes da atividade madeireira. Com esta pesquisa, espera-se contribuir para o aproveitamento mais sustentável dos resíduos desta atividade.

Palavras-chave: Resíduos sólidos industriais. Indústria madeireira. Agroenergia.

ABSTRACT

SANTOS, M. E. **Evaluation of solid waste management in industries of extraction and processing of wood located in Mato Grosso's states Amazon.** 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

Among solid industrial residues, those from the wood extraction and processing stand out for two reasons. First for the volume and second for the energy potential that it has and is not being explored yet. The industrial processing and harvesting of wood are among the most important economical activities in the Amazon region, given that only around 45 % of a log is actually used by the industry. Many factors define how much of a log is used, such as: species of tree, final product, machinery and natural defects, causing all segments to have a percentage of loss. However, during the last years there were changes for the sector regarding the destination of the residues, which went from having environmental and social problems to a profitable and inexpensive solution to the energy needs of the industries in Mato Grosso State. Irrational solutions which increased the problem such as the burning of residues without any use are now changing to use the wood residues to generate energy and; direct burning, briquettes, charcoal, wood shavings, sawdust, wood chips, firewood, and pellets. The aim of this research was to evaluate the management of solid residues which come from the extraction and transformation of wood in the Amazon Forest in the state of Mato Grosso regarding the generation of energy in order to offer support to the decision makers at various levels of production about the best destination for the solid residues, considering environmental, economical and financial aspects. To do this, the exploratory, qualitative method was used, oriented by a case study performed in four logging industries. Our results indicate that it is not possible utilize 100 % of wood in unfolding mechanisms and processing, where residues generation is inherent to wood process. But the companies are searching for alternative ways for the use of their residues. One way is the using of it for commercial purposes promoting an exchange of mass with companies that manufacture others products. The other way would be using it in the own company to generate energy. Thus, it was possible to observe that the projects aiming the use of residues in the four companies analyzed were economical viable and besides of financial benefit they offer solutions to resolve environmental and social problems arising of wood activity. The results of this research will contribute to a more sustainable usage of this industry’s residues.

Keywords: Industrial solid waste. Timber industry. Bioenergy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da cadeia produtiva de madeira 26
Figura 2 - Cadeia produtiva do setor de madeira processada mecanicamente 35
Figura 3 – Bioma Amazônia (esquerda) e Amazônia Legal (direita) 39
Figura 4 - Uso dos resíduos de madeira em indústrias da Amazônia Legal em 2009 41
Figura 5 - Matriz de produção da agroenergia 42
Figura 6. Localização do município de Sinop 50
Figura 7 - Cozimento (esquerda) e dormência (direita) 66
Figura 8 - Estoque (esquerda) e tora selecionada para laminação (direita) 66
Figura 9 - Retirada da ponta (esquerda) e corte central (direita) 67
Figura 10 - Encaixe da tora no torno (esquerda) e laminação (direita) 67
Figura 11- Toretes (esquerda) e guilhotina (direita) 68
Figura 12- Resíduo da laminação (esquerda) e cavaco (direita) 69
Figura 13 - Colagem (esquerda) e esquadrejamento (direita) 69
Figura 14 - Lamina acabada (esquerda) e resíduo (direita) 70
Figura 15 - Esteira para transporte de resíduo (esquerda) e caldeira (direita) 70
Figura 16 - Resíduo da caldeira (esquerda) e água da caldeira (direita) 71
Figura 17 - Processo produtivo forro 75
Figura 18 - Processo produtivo taco, *deck* e assoalho 76
Figura 19 - Processo produtivo portal 77
Figura 20 - Caldeira (esquerda) e estoque (direita) 77
Figura 21 - Plaina (esquerda) e destopadeira (direita) 78
Figura 22 - Destopadeira (esquerda) e serragem (direita) 78
Figura 23 - Processo produtivo Empresa C 83
Figura 24 - Forno desativado (esquerda) e estufas (direita) 83
Figura 25 - Resíduos (esquerda) e silo (direita) 84
Figura 26 - Madeira embalada (esquerda) e selo KOMO (direita) 84
Figura 27 - Emendadeira (esquerda) e emendas (direita) 85
Figura 28 - Embalagem para exportação (esquerda) e identificação (direita) 85
Figura 29 - Processo produtivo Empresa D 91
Figura 30 - Estoque de Cedro amazonense (esquerda) e barracão principal (direita) 92
Figura 31 – Classificação (esquerda) e posicionamento (direita) 92
Figura 32 - Estoque (esquerda) e cascas (direita) 93

Figura 33 – Serra principal (esquerda) e desdobro (direita) 93
Figura 34 - Alinhadeira (esquerda) e resíduos (direita) 94
Figura 35 - Destopadeira (esquerda) e resíduos (direita) 94
Figura 36 – Ripa curta (esquerda) e ripa longa (direita) 95
Figura 37 – Acesso ao estoque de serragem (esquerda) e vista panorâmica (direita) 95
Figura 38 - Fluxograma da simbiose industrial em Sinop 108
Figura 39 - Resíduos beneficiamento (esquerda) e resíduos pica-pau (direita) 110
Figura 40 - Forno tipo colméia (esquerda) e bateria de fornos (direita) 111
Figura 41 - Forno durante o processo (esquerda) e retirada do carvão (direita) 111
Figura 42 - Tubos para coleta (esquerda) e coleta do extrato pirolenhoso (direita) 112
Figura 43 - Estoque de serragem (esquerda) e secador (direita) 115
Figura 44 - Seccionamento (esquerda) e briquetes de palha de arroz (direita) 115
Figura 45 - Briquete embalado (esquerda) e granel (direita) 116
Figura 46 - Cavaco (esquerda) e detalhes (direita) 117
Figura 47 - Estoque (esquerda) e picador (direita) 117
Figura 48 - Lenha (esquerda) e transporte (direita) 118
Figura 49 - Serragem (esquerda) e forno adaptado (direita) 119
Figura 50 - Tijolos (esquerda) e forno em operação (direita) 119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Ranking das principais espécies florestais destinadas à indústria 35
Quadro 2 – Conceito: compensado, madeira serrada e PMVA 37
Quadro 3 - Brasil: novas oportunidades para a indústria de madeira 37
Quadro 4 - Pisos de madeira existentes no mercado 38
Quadro 5- Fronteiras madeireiras da Amazônia Legal em 2009 39
Quadro 6 – Questionário não estruturado para visitas 53
Quadro 7 – Questionário não estruturado para projetos 54
Quadro 8 – Plano de mitigação para os aspectos ambientais prioritários 82
Quadro 9- Dados dos principais respondentes 98
Quadro 10 - Dados gerais das empresas 99
Quadro 11 - Unidades de medidas padrão 100
Quadro 12– Resíduo ou subproduto, valor comercial, origem e aplicações 102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição das florestas por região e sub-região, 2010 29
Tabela 2 – Os dez países com maior perda anual de área florestal, 1990-2010 30
Tabela 3 – Os dez países com maior proporção de florestas primárias, 2010 30
Tabela 4 – Extração de madeira por região e sub-região, 2005 31
Tabela 5 – Produção e consumo de madeira serrada 32
Tabela 6 – Produção e consumo de produtos madeireiros 33
Tabela 7 – Brasil e mundo: áreas territorial e florestal (mil hectares) 34
Tabela 8 – Produção e receita da indústria madeireira na Amazônia Legal em 2009 40
Tabela 9 – Produção de madeira processada da Amazônia Legal em 2009 40
Tabela 10 – Número de indústrias madeireiras, por tipo, na Amazônia Legal em 2009 57
Tabela 11 – Principais polos madeireiros da Amazônia Legal em 2009 58
Tabela 12 – Polos madeireiros do Estado de Mato Grosso em 2009 59
Tabela 13 – Preço de madeira em tora das espécies utilizadas pela Empresa A em 2010 63
Tabela 14 – Consumo e produção de madeira na Empresa A em 2009 71
Tabela 15 – Produtos e perdas do setor de aproveitamento de resíduos em 2009 72
Tabela 16 – Preço de madeira serrada das espécies utilizadas pela Empresa B em 2009 73
Tabela 17 – Aproveitamento da madeira em função dos produtos fabricados 79
Tabela 18 – Preço de madeira serrada das espécies utilizadas pela Empresa C em 2009 81
Tabela 19 – Período, espécies e quantidade (m³) adquirida em 2010 86
Tabela 20 – Entrada e saída de matéria-prima (m³) e perda (%) no processo em 2010 86
Tabela 21 – Período, espécies e perda (m³) durante o processo industrial em 2010 87
Tabela 22 – Classificação de madeira serrada conforme a dimensão 89
Tabela 23 – Preço de madeira em tora das espécies utilizadas pela Empresa D em 2009 90
Tabela 24 – Quantidade de madeira comercializada (m³) em 2010 96
Tabela 25 – Aproveitamento e resíduos de madeira na Empresa D em 2010 96
Tabela 26 - Produção e aproveitamento de resíduos nas empresas em 2010 103
Tabela 27 – Tabela de índices de conversão dos principais produtos da Empresa A 104
Tabela 28 – Tabela de índices de conversão dos principais produtos da Empresa B 104
Tabela 29 – Tabela de índices de conversão dos principais produtos da Empresa C 105
Tabela 30 – Tabela de índices de conversão dos principais produtos da Empresa D 106
Tabela 31 – Intercâmbio de massa em Sinop 108
Tabela 32 – Comparativo entre diversos briquetes com a lenha 114

Tabela 33 – Características dos projetos 121
Tabela 34 – Correspondência entre ano, período e IPCA 121
Tabela 35 – Receitas, custos, investimento, lucro líquido, VPL, TIR e TMA para o projeto da Empresa A em um período de dez anos 124
Tabela 36 – Receitas, custos, investimento, lucro líquido, VPL, TIR e TMA para o projeto da Empresa B em um período de dez anos 126
Tabela 37 – Receitas, custos, investimento, lucro líquido, VPL, TIR e TMA para o projeto da Empresa C em um período de dez anos 129
Tabela 38 – Receitas, custos, investimento, lucro líquido, VPL, TIR e TMA para o projeto da Empresa D em um período de dez anos 132
Tabela 39 – Resumo da avaliação de viabilidade econômica dos projetos 135

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 21
1.1 Objetivos 22
1.2 Justificativa 23
1.3 Estrutura do trabalho 24
2 REVISÃO DA LITERATURA 25
2.1 Cadeia produtiva da madeira 25
2.2 Aspectos do mercado mundial de madeira 28
2.3 Demanda mundial de produtos madeireiros 31
2.4 Produção de madeira na América Latina 32
2.5 Panorama do mercado nacional 33
2.6 Indústria de madeira processada mecanicamente 34
2.7 O setor madeireiro da Amazônia Legal 38
2.8 Manejo Florestal na Amazônia 42
2.9 Eficiência na indústria de base florestal 46
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 49
3.1 Tipo de pesquisa 49
3.2 Plano de trabalho 51
3.3 Delimitações da pesquisa 55
4 ESTUDOS DE CASO 56
4.1 Representatividade dos casos 57
4.2 Características fundamentais: Empresa A 61
4.2.1Principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção 62
4.2.2 Produtos e processos 62
4.2.3 Responsabilidade sócio-ambiental 63
4.2.4 Gestão de processos relativos ao produto 64
4.3 Características fundamentais: Empresa B 72
4.3.1 Principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção 72
4.3.2 Produtos e processos 73
4.3.3 Responsabilidade sócio-ambiental 74
4.3.4 Gestão de processos relativos ao produto 75
4.4 Características fundamentais: Empresa C 79
4.4.1 Principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção 79

4.4.2 Produtos e processos 80
4.4.3 Responsabilidade sócio-ambiental 81
4.4.4 Gestão de processos relativos ao produto 82
4.5 Características fundamentais: Empresa D 87
4.5.1 Principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção 88
4.5.2 Produtos e processos 88
4.5.3 Responsabilidade sócio-ambiental 90
4.5.4 Gestão de processos relativos ao produto 91
5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA 97
5.1 Considerações sobre as visitas 97
5.2 Considerações sobre as empresas e respondentes 98
5.3 Considerações sobre o controle dos resíduos 99
5.4 Considerações sobre o aproveitamento de resíduos em Sinop 106
5.4.1 Características fundamentais: Produção de carvão 109
5.4.2 Características fundamentais: Produção de briquetes 113
5.4.3 Características fundamentais: Produção de cavaco, maravalha e lenha 116
5.4.4 Características fundamentais: Utilização da serragem 118
5.4.5 Características fundamentais: Produção de madeira sintética 119
5.5 Viabilidade econômica dos projetos desenvolvidos nas empresas 120
5.5.1 Empresa A 122
5.5.3 Empresa C 127
5.5.4 Empresa D 130
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 133
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 139
ANEXOS 143
ANEXO A: Estudos para determinação do CRV maior de tora comercial em madeira serrada válido para coeficiente rendimento volumétrico maior que o estabelecido 143
ANEXO B: Estudos para determinação do CRV de tora comercial em madeira laminada válido para coeficiente maior que o estabelecido 145

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos da indústria de transformação de madeira são considerados um dos maiores problemas do setor florestal, não apenas pelo custo do seu armazenamento ou destino, mas também porque são causadores de contaminação ambiental. Assim, a disposição dos resíduos sem uma destinação adequada gera graves problemas ambientais, como assoreamento e a poluição dos rios; poluição do ar, devido à queima para sua eliminação; e o desperdício da matéria-prima que entra na indústria (BRAND et al., 2002; PICOLI, 2006).

Há algumas décadas as indústrias de transformação de madeira possuíam um ciclo de vida curto, e objetivam apenas o aproveitamento econômico das árvores para em seguida serem iniciados grandes projetos agropecuários. Conforme Picoli (2006), as indústrias madeireiras instaladas na região norte do Estado do Mato Grosso oneram o meio ambiente desde a década de 60, do século 20, quando se instalaram na região em virtude da exaustão das reservas naturais de madeira das regiões Sul e Sudeste do país.

Os problemas da atividade madeireira resultam principalmente da quantidade variável de resíduos gerados no processo, que oscilam em função da espécie, técnicas de conversão e qualificação dos colaboradores, defeitos naturais e demanda. De fato, a geração de resíduos nesses empreendimentos são consequência do processo de transformação, no entanto, podem servir como matéria-prima para produção de subprodutos, bem como para geração de energia térmica e elétrica.

Pesquisas, realizadas em todo o mundo, apresentam certo grau de consistência no que se refere ao aproveitamento de resíduos de madeira, como se observa em estudos sobre exportações de produtos sólidos de madeira (MACEDO; ROQUE, LEITE, 2007; LENTINI; VERÍSSIMO; PEREIRA, 2005), indústria madeireira na Amazônia (PICOLI, 2006), caracterização dos resíduos sólidos (FEMA, 2002), biomassa como energia alternativa (FANCHI, 2004; CRUDEN, 2004), potencial dos resíduos de madeira (MACKEEVER, 1996), efeitos das características da matéria-prima na combustão da biomassa (RHÉN et al., 2007), produção de *pellets* e cavaco (EECA, 2007; BUEHLMANN, 2002) e práticas de gestão de resíduos (PICHTEL, 2005).

Apesar de existirem várias pesquisas sobre produtos feitos com resíduos de madeira e sobre o setor de base florestal, pouco se tem pesquisado sobre a gestão e o gerenciamento dos resíduos face à grande variedade de empresas que produzem subprodutos e a consequente mudança de cenário que isso acarreta nas cidades, evitando que os resíduos fiquem amontoados no pátio das indústrias ou, então, sejam queimados a céu aberto ou em fornos.

Uma gestão eficiente pode proporcionar a destinação mais adequada para cada tipo de resíduo gerado pelas empresas ao tempo que o gerenciamento adequado possibilitaria ao tomador de decisão escolher entre as alternativas existentes a melhor destinação para os resíduos de sua empresa, levando em consideração aspectos financeiros, econômicos e ambientais, de forma a beneficiar a sociedade e a própria empresa.

Avaliar o gerenciamento dos resíduos sólidos nas indústrias de transformação e extração de madeira localizadas na Amazônia Mato-Grossense sob o aspecto da geração de bioenergia é importante porque estes resíduos correspondem ao problema ambiental volumetricamente mais significativo do Estado do Mato Grosso, (FEMA, 2002).

Em Sinop/MT, município situado a 500 km da capital Cuiabá, há pouco acúmulo de resíduos nos pátios de indústrias de desdobramento de madeira, pois estes estão sendo encaminhados para diferentes empresas instaladas na cidade que recebem o material, produzem subprodutos como carvão vegetal, cavaco, maravalha, *pellets*, revestimento de solo para aves, briquetes e lenha, constituindo assim uma opção de energia renovável.

A atividade extrativista madeireira teve início praticamente nos anos sessenta. Não havia naquele momento qualquer racionalidade econômica ou ambiental que considerasse a preservação ou conservação de espécies, tendo muitas delas sido extintas pelo uso excessivo (MARTA, 2007).

A importância da atividade madeireira para o estado a partir da década de 60 até 1995 e mesmo atualmente, é grande, justificada pelo contingente de trabalhadores atuando em todos os segmentos que comportam a atividade e suas rendas; o capital investido nas diversas tecnologias empregadas e os resultados dessas inversões; a arrecadação de impostos para o Estado, além dos aspectos históricos envolvidos na implantação de cidades, infra-estrutura e mudanças sociais que a envolvem.

1.1 Objetivos

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar o gerenciamento dos resíduos sólidos nas indústrias de extração e transformação de madeira localizadas na Amazônia Mato-Grossense sob o aspecto da geração de energia a fim de oferecer auxílio aos tomadores de decisão em vários níveis de produção sobre a destinação mais adequada para os resíduos sólidos, levando em conta aspectos ambientais, econômicos e financeiros.

Como objetivos específicos, pretende-se, nas indústrias de extração e transformação de

madeira:

- quantificar os resíduos gerados; e,
- verificar as formas mais utilizadas para reaproveitamento dos resíduos.

1.2 Justificativa

O estudo da cadeia produtiva da madeira possibilita o acompanhamento de cada produto desde “dentro da porteira”, durante seu trânsito por meio da cadeia, até se converter em *commodity* de exportação ou produto de consumo final no mercado interno. Pode-se verificar nesta análise, inclusive, o momento em que é gerado o resíduo sólido de madeira proveniente do processamento e seus destinos.

A literatura apresenta casos de estudo da cadeia produtiva da madeira ou de parte dela, como em ABIMCI (2004); ABIMCI (2008), Brasil (2007) e FEMA (2002). Estas pesquisas abordam setores específicos, realizam inventários dos resíduos e mostram a importância do gerenciamento dos resíduos de madeira dentro das indústrias de base florestal, proporcionando grandes benefícios aos sistemas produtivos.

De fato, este trabalho é relevante pelo próprio contexto em que as indústrias madeireiras encontram-se inseridas atualmente. Um novo ambiente onde se destaca uma legislação ambiental cada vez mais severa que induz a uma nova postura em toda dimensão do setor, incluindo a adequada gestão de resíduos sólidos.

O estudo apresenta diversas alternativas para os que desconhecem conceitos e formas de gerenciamento de resíduos de madeira em indústrias de base florestal, destacando o aproveitamento, seja na geração de energia ou produção de subprodutos. Por outro lado, abre também novas questões para debate de profissionais e acadêmicos, bem como relata experiências de mudanças na gestão de empresas, que procuraram alavancar sua competitividade.

Espera-se que os resultados desse trabalho contribuam para um melhor entendimento do gerenciamento dos resíduos de madeira dentro das indústrias madeireiras, viabilizem melhorias contínuas nos processos internos e que uma reorientação na forma de gestão propicie uma cultura voltada para o aproveitamento dos resíduos e para o questionamento contínuo da forma de se trabalhar.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro, já apresentado, refere-se à introdução e a uma visão geral do estudo, com destaque para a apresentação do problema da pesquisa e justificativa. Descreve ainda os objetivos geral e específicos, bem como a organização do trabalho.

O segundo capítulo apresenta uma pesquisa bibliográfica que serviu como embasamento para o estudo, com o objetivo de abordar os seguintes temas: cadeia produtiva da madeira, aspectos do mercado mundial, demanda mundial de produtos madeireiros, produção de madeira na América Latina, panorama do mercado nacional, indústrias de madeira processada mecanicamente, o setor madeireiro da Amazônia Legal e eficiência na indústria de base florestal.

O terceiro capítulo descreve os procedimentos metodológicos utilizados, com definição do tipo de pesquisa, plano de trabalho, técnicas de coleta e análise de dados, etapas e delimitação da pesquisa.

O quarto capítulo descreve o caso das quatro empresas pesquisadas que participaram do estudo. É destacada a representatividade destes casos e em seguida de forma padronizada são apresentadas as características fundamentais, principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção, produtos e processos, responsabilidade sócio-ambiental e gestão de processos relativos ao produto para cada empresa.

O quinto capítulo apresenta os resultados da pesquisa, são feitas considerações sobre as visitas, características das empresas e seus respondentes e controle dos resíduos. Também são apresentados aspectos importantes sobre o aproveitamento dos resíduos em cada empresa do estudo e discutida a importância do intercâmbio destes produtos entre os vários empreendimentos instalados na cidade.

2 REVISÃO DA LITERATURA

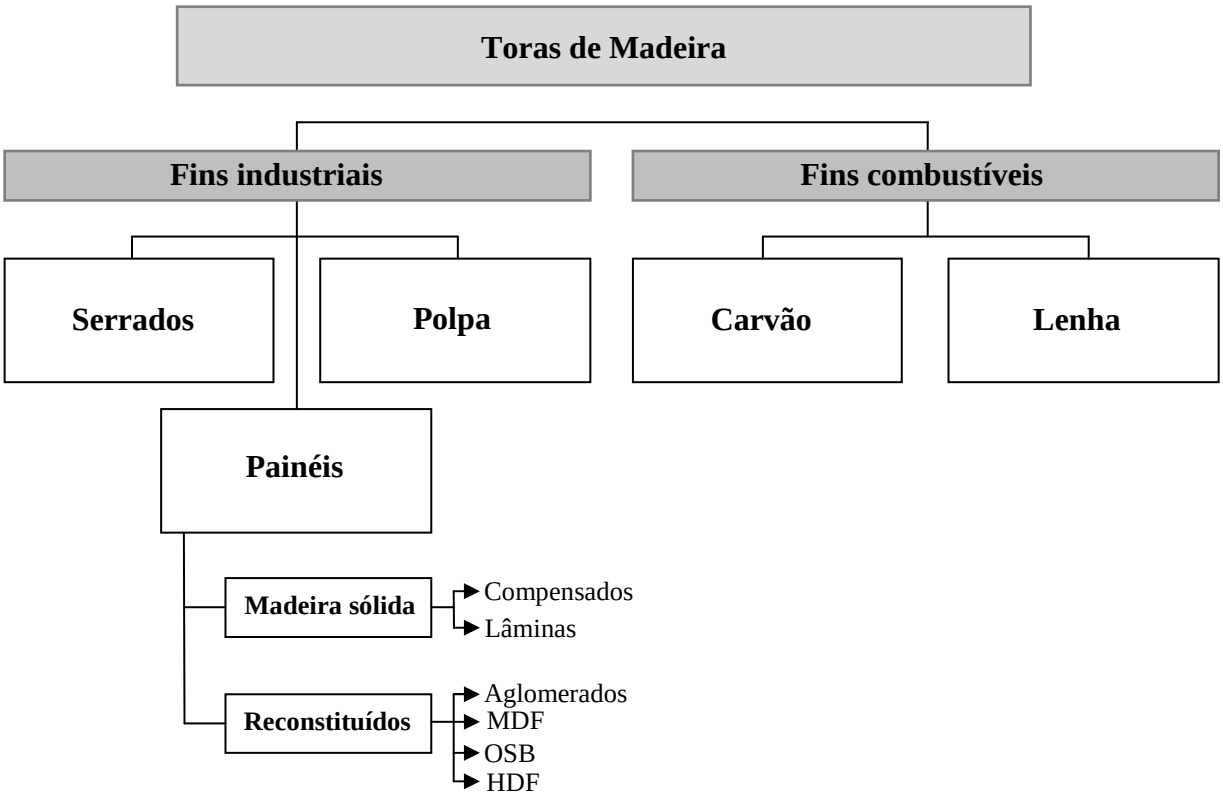
A seguir são apresentadas informações sobre a cadeia produtiva da madeira, aspectos sobre o mercado mundial e nacional, bem como as principais características da indústria de madeira processada mecanicamente no Mato Grosso.

2.1 Cadeia produtiva da madeira

O conceito de cadeia produtiva, de início, com foco na produção agropecuária e florestal, tinha o objetivo de facilitar o entendimento das fases do processo produtivo dessa indústria a partir da visão sistêmica da produção de bens. Esta visão enfatiza que as atividades industriais podem ser representadas por um sistema, onde existem atores conectados por fluxos de materiais, de capital e de informação, com o objetivo de atender às necessidades de um mercado consumidor final.

Segundo Brasil (2007, p. 13) “a cadeia produtiva com base no setor florestal constitui uma atividade econômica complexa e diversificada”. Sendo assim, destaca-se o reconhecimento do setor florestal no mundo pela sua importância como fornecedor de energia ou matéria-prima para a indústria da construção civil e de transformação. O Brasil apresenta características singulares em razão do fato de o país estar entre os principais detentores de recursos florestais, sendo o único que possui extensa área de florestas tropicais.

Todavia, o Brasil desenvolveu uma complexa estrutura produtiva no setor florestal (Figura 1) em decorrência de suas florestas nativas, da importância mundial da indústria papeleira, das relações entre os produtores e equipamentos, insumos, projetos de engenharia e as empresas de produtos florestais.



Fonte: BRASIL (2007).

Figura 1 - Estrutura da cadeia produtiva de madeira

Em razão de seus ativos florestais e da capacidade empreendedora de sua indústria, o país vem ampliando sua participação na produção e no comércio mundial. Essa tendência de crescimento, contudo, é progressivamente posta em xeque pelas crescentes dificuldades que as empresas enfrentam de ampliar seus negócios, especialmente na região amazônica (BRASIL, 2007).

Outro ponto destacado por Brasil (2007, p. 14) é a convivência de dois modelos de organização industrial presentes no caso brasileiro:

> De um lado, em especial nos setores de **celulose**, **papel**, **lâmina de madeira**, **chapa de fibra** e **madeira aglomerada**, o setor é dominado por poucas empresas de grande porte, integradas verticalmente da floresta até produtos acabados, que monopolizam completamente a produção e o comércio. De outro lado, principalmente na produção de **madeira serrada compensados** e **móveis**, ocorre a existência de um grande número de empresas de pequeno e médio porte, de menor capacidade empresarial (grifo nosso).

Ao referir-se a tal assunto, Marta (2007, p. 2) afirma que:

> A realidade vivida na indústria de base florestal em Mato Grosso, genericamente caracterizada como a atividade de comercialização de madeira, beneficiamento e industrialização apresenta elementos de um conjunto nem sempre integrado, cujos elos são chamados “cadeia produtiva” ou “complexo madeireiro-mobiliário”, cujo trato chega a ser simplório.

Ainda nessa mesma linha de considerações, o autor afirma que a inconsistência metodológica de tais conceitos, vis-à-vis a realidade, permitiu a criação de outra categoria genericamente denominada Arranjo Produtivo Local (APL), cujo uso passou a ser generalizado por diversas instituições públicas de fomento. Porém de difícil reconhecimento na realidade regional.

Essa é uma abordagem importante, pois traz à tona uma forma alternativa de pensar o desenvolvimento regional, tornando imperativo mudanças na conduta dos diferentes atores econômicos e atribuindo novos papéis ao governo e novos empreendimentos no sentido de promover maior interação na formulação de políticas para o aumento da competitividade.

As três últimas décadas reforçaram a importância da concentração geográfica da produção e o fortalecimento de sua associação com a competitividade e o desenvolvimento regional (PEREIRA et al. 2010). O reconhecimento dessa associação e das vantagens advindas da concentração geográfica de atividades produtivas, atualmente, é o cerne dos novos modelos de desenvolvimento regional, respaldados na formação e consolidação de *cluster* ou APL.

A diferenciação entre *cluster* e APL é empiricamente difícil, pois, quando comparados os conceitos, observa-se a existência de similaridades nas definições. Assim, para facilitar o desenvolvimento das pesquisas de campo, o termo APL é entendido como um sinônimo para o termo *cluster*, como é encontrado na literatura internacional (AQUINO; BRESCIANI, 2005).

Vale notar a contribuição de Porter (1998, p. 78) ao definir *clusters* como:

> Concentrações geográficas de empresas e instituições interconectadas numa área de atuação particular. Eles incluem um conjunto de empresas e outras entidades ligadas que são importantes para competição. Os clusters abrangem, por exemplo, fornecedores de insumos especializados, tais como componentes, máquinas, serviços e provedores de infra-estruturas especializadas.

Porter (1998) aponta que os *clusters* são críticos para o desenvolvimento da competitividade, pois a produtividade passa a ser objetivo do setor organizado, gerando assim

economia de escala e incrementando os índices de produtividade de todas as empresas inseridas.

Sobre a região da Amazônia Legal o Banco da Amazônia (2002, p. 30) relata:

> A implantação de clusters em muitas áreas da Amazônia Legal surge como uma oportunidade realista para se promoverem sistemas de produção competitivos dinamicamente em escala global, que atuem como mecanismos de atenuação dos desequilíbrios regionais.

A despeito, Porter (1998) afirma que apesar da formação ocorrer naturalmente, cabe ao governo atuar para o fortalecimento dos *clusters* por meio de políticas de incentivo. Tais políticas podem variar desde a criação de infra-estrutura até a formação dos trabalhadores no contexto regional, por meio de incentivos à educação técnica. Assim, o governo deve perceber a formação do grupo local a fim de incentivar as suas atividades. Porém, o autor destaca que serão pequenas as possibilidades de êxito se o governo iniciar o grupo.

2.2 Aspectos do mercado mundial de madeira

Conforme dados da FAO (2010), as florestas correspondem a 31% da superfície total da terra. A área total de florestas no mundo é algo em torno de 4.000 milhões de ha, que corresponde a uma média de 0,6 ha *per capita*. Os cinco países com maior riqueza florestal (Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China) representam, mas da metade do total de florestas. Dez países não possuem florestas e outros 54 possuem em menos de 10% de sua extensão total de terra.

A Europa (incluída a Rússia) soma 25% da área total de floresta, seguida pela América do Sul, com 21%, e América do Norte e Centro América, com 17% em seu conjunto (Tabela 1). Em relação a países, a Rússia soma 20% do total de área de floresta do mundo. Sete países contam com mais de 100 milhões de ha cada um, e os dez países com maior riqueza florestal (Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos, China, República Democrática do Congo, Austrália, Indonésia, Sudão e Índia) somam 67% do total de floresta.

Tabela 1 – Distribuição das florestas por região e sub-região, 2010

Região / Sub-região	**1000 ha**	**% do total de área de floresta**
África oriental e meridional	267.517	7
África do norte	78.814	2
África ocidental e central	328.088	8
Total da África	**674.419**	**17**
Ásia oriental	254.626	6
Ásia meridional	294.373	7
Ásia ocidental e central	43.513	1
Total da Ásia	**592.512**	**15**
Federação da Rússia	809.090	20
Europa (sem a Federação da Rússia)	195.911	5
Total da Europa	**1.005.001**	**25**
Caribe	6.933	0
América Central	19.499	0
América do Norte	678.961	17
Total da América do Norte e Central	**705.393**	**17**
Total da Oceania	**191.384**	**5**
Total da América do Sul	**864.351**	**21**
Mundo	**4.033.060**	**100**

Fonte: FAO (2010).

Outro aspecto importante a ser destacado é que reservas florestais abundantes não significam uma atividade produtiva correspondente. Isso ocorre porque muitas vezes as florestas estão localizadas em áreas de difícil acesso, como no Canadá, Finlândia ou Rússia, ou são florestas protegidas, como nos Estados Unidos e Japão. Observa-se, também, que a grande região desmatada do planeta é a Europa. A densa ocupação urbana e agrícola transformou a região em uma área praticamente sem cobertura florestal. Entretanto, a Europa é, com os Estados Unidos, o principal mercado de consumo para produtos florestais no mundo.

Os dez países com maiores perdas líquidas anuais no período de 1990-2000 somaram uma perda líquida de área de floresta de 7,9 milhões de ha por ano. No período 2000-2010, esta cifra se reduziu a seis milhões de ha anuais graças à redução das perdas de Indonésia, Sudão e Brasil, apesar do aumento das perdas na Austrália (Tabela 2).

Tabela 2 – Os dez países com maior perda anual de área florestal, 1990-2010

País	Troca anual 1990-2000		País	Troca anual 2000-2010	
	1000 ha	%		1000 ha/ano	%
Brasil	(2.890)	(0,51)	Brasil	(2.642)	(0,49)
Indonésia	(1.914)	(1,75)	Austrália	(562)	(0,37)
Sudão	(589)	(0,80)	Indonésia	(498)	(0,51)
Mianmar	(435)	(1,17)	Nigéria	(410)	(3,67)
Nigéria	(410)	(2,68)	República Unida da Tanzânia	(403)	(1,13)
Rep. Unida da Tanzânia	(403)	(1,02)	Zimbábue	(327)	(1,88)
México	(354)	(0,52)	República Democrática do Congo	(311)	(0,20)
Zimbábue	(327)	(1,58)	Mianmar	(310)	(0,93)
Rep. Democrática do Congo	(311)	(0,20)	Bolívia	(290)	(0,49)
Argentina	(293)	(0,88)	Venezuela	(288)	(0,60)
Total	**(7.926)**	**(0,71)**	**Total**	**(6.040)**	**(0,53)**

Fonte: FAO (2010).

Mundialmente, a área de florestas diminuiu em 3,1 milhões de ha anuais na década entre 1990 e 2000 e em 1,9 milhões de ha ao ano na última década (2000-2010). Esta constatação, todavia, deve ser tratada com cautela, pois muitos países utilizam uma única estimação como melhor dado disponível para os quatro anos de referência.

Existe uma grande variação na distribuição das florestas primárias. Nas regiões, a maior extensão se encontra na América do Sul (624 milhões de ha), seguida pela América do Norte e Centro América, e Europa. Os dez países com áreas mais extensas de florestas nativas somam os 88% da área total de tais florestas no mundo. A floresta nativa representa pelo menos 50% da área total de florestas em 19 países, e sete países classificaram mais de 75% de suas florestas como nativas (Tabela 3).

Tabela 3 – Os dez países com maior proporção de florestas primárias, 2010

País/área	Floresta primária como % do total de florestas	Área de floresta (1000 ha)	Área de floresta primária (1000 ha)
Singapura	100	2	2
Guiana Francesa	95	8.082	7.690
Suriname	95	14.758	14.001
Brasil	92	519.522	476.573
Papua Nova Guiné	91	28.726	26.210
Peru	89	67.992	60.178
Micronésia	75	64	48
Tajiquistão	72	410	297
Brunei Darussalam	69	380	263
Gabão	65	22.000	14.334

Fonte: FAO (2010).

As florestas representam uma ampla gama de produtos florestais. A função produção dos recursos florestais é um elemento temático tradicional e um dos principais objetivos da

valorização de recursos florestais. Esta função é indicativa da utilidade econômica e social dos recursos florestais para as economias nacionais e comunidades locais que dependem das florestas, e sinal de que se deseja manter uma oferta ampla de produtos florestais, fazendo com que a coleta e produção sejam sustentáveis.

As extrações mundiais comunicadas em 2005 alcançaram 3.400 milhões de m³, dos quais aproximadamente a metade era de madeira para uso industrial e a outra metade lenha (Tabela 4).

Tabela 4 – Extração de madeira por região e sub-região, 2005

Região / Sub-região	**Toras para uso industrial (milhões de m³)**	**Lenha**		**Total de extrações (milhões de m³)**
		(milhões de m³)	**% do total**	
África oriental e meridional	39	292	88	331
África do norte	4	24	87	27
África ocidental e central	30	301	91	330
Total da África	**72**	**616**	**90**	**688**
Ásia oriental	86	71	45	157
Ásia meridional	99	464	82	562
Ásia ocidental e central	17	13	43	30
Total da Ásia	**201**	**548**	**73**	**749**
Total da Europa	**568**	**167**	**23**	**735**
Caribe	1	5	82	6
América Central	4	17	81	22
América do Norte	701	55	7	756
Total da América do Norte e Central	**706**	**77**	**10**	**783**
Total da Oceania	**55**	**1**	**1**	**56**
Total da América do Sul	**180**	**167**	**48**	**347**
Mundo	**1.783**	**1.576**	**47**	**3.359**

Fonte: FAO (2010).

Na África, Caribe, Centro América e Ásia meridional a extração foi principalmente de lenha, enquanto que na América do Norte, Ásia oriental, Europa e Oceania foram de madeira em tora para uso industrial. Na América do Sul as extrações se dividiram de modo uniforme entre madeira para indústria e lenha.

2.3 Demanda mundial de produtos madeireiros

A FAO (2009) identifica como os principais fatores que afetam a demanda mundial em longo prazo de produtos florestais:

- as mudanças demográficas;
- o crescimento econômico;

- mudanças regionais;
- políticas ambientais;
- políticas energéticas.

Outro aspecto levantado pela FAO (2009) diz respeito aos fatores importantes para o futuro dos produtos madeireiros. São eles: a redução da exploração de áreas naturais e conversão do reflorestamento na principal fonte de matéria-prima, avanços tecnológicos com o aumento da produtividade e das plantações mediante a melhora genética das árvores, redução da madeira requerida devido ao aumento da reciclagem, uso de novos produtos compostos e produção de biocombustível.

Sobre o consumo de madeira serrada, durante o período de 1965-1990, o crescimento anual em longo prazo da produção no mundo foi de 1,1%, porém de 1990 a 1995 diminuiu de modo drástico, principalmente, por causa da redução na Europa Oriental e na antiga União Soviética (Tabela 5).

Tabela 5 – Produção e consumo de madeira serrada

Região	**Quantidade** *(milhões de m³)*					**Variação média anual** *(%)*			
	Real			Prevista		Real		Prevista	
	1995	1990	2005	2020	2030	1965-1990	1990-2005	2005-2020	2020-2030
Produção									
África	3	8	9	11	14	3,7	0,5	1,6	1,9
Ásia e Pacífico	64	105	71	83	97	2,0	-2,6	1,1	1,6
Europa	189	192	136	175	201	0,1	-2,2	1,7	1,4
América Latina e Caribe	12	27	39	50	60	3,3	2,5	1,7	2,0
América do Norte	88	128	156	191	219	1,5	1,3	1,4	1,4
Ásia Ocidental e Central	2	6	7	10	13	4,6	1,5	2,6	2,2
Total mundial	**358**	**465**	**417**	**520**	**603**	**1,1**	**-0,7**	**1,5**	**1,5**
Consumo									
África	4	10	12	19	26	3,6	1,2	2,8	3,5
Ásia e Pacífico	64	112	84	97	113	2,3	-1,9	1,0	1,6
Europa	191	199	121	151	171	0,2	-3,3	1,5	1,2
América Latina e Caribe	11	26	32	42	50	3,3	1,5	1,7	1,8
América do Norte	84	117	158	188	211	1,3	2,0	1,2	1,2
Ásia Ocidental e Central	3	7	13	18	23	4,0	3,7	2,5	2,2
Total mundial	**358**	**471**	**421**	**515**	**594**	**1,1**	**-0,8**	**1,4**	**1,4**

Fonte: FAO (2009).

2.4 Produção de madeira na América Latina

A produção de madeira para indústria não é significativa na América Central e no Caribe, porém está aumentando rapidamente na América do Sul, devido principalmente a inversão de plantações no Cone Sul. A contribuição da região a produção mundial de madeira

em toras foi incrementada em 7% em 1990 e 10% em 2006. A fabricação de produtos chave, especialmente papel e papelão, tem crescido desde 1990 e é provável que esta tendência continue (Tabela 6).

Tabela 6 – Produção e consumo de produtos madeireiros

Ano	**Madeira em tora** *(milhões de m³)*		**Madeira serrada** *(milhões de m³)*		**Painéis** *(milhões de m³)*		**Papel e papelão** *(milhões de m³)*	
	Produção	Consumo	Produção	Consumo	Produção	Consumo	Produção	Consumo
2000	483	473	130	121	61	59	100	90
2005	513	494	136	121	73	70	111	101
2010	578	543	147	131	82	79	128	115
2020	707	647	175	151	104	99	164	147

Fonte: FAO (2009).

Para FAO (2009) o mercado interno da maioria dos produtos madeireiros permanecerá sendo reduzido, com exceção do Brasil. Outro aspecto relevante é que a maior parte da produção se exporta e, em 2005, o montante das exportações superou os 7.000 milhões de USD[1]. As vantagens da região, em especial da América do Sul, compreendem clima estável, baixa densidade populacional, condições favoráveis para o crescimento das árvores e uma notável capacidade técnica. Consequentemente, os custos da madeira da América do Sul se encontram entre os mais reduzidos do mundo.

O uso da lenha está diminuindo na América do Sul principalmente pela urbanização e aumento do consumo de combustíveis fósseis e biocombustíveis, enquanto se mantém estável no Caribe e aumenta na América Central. Em geral, a produção de combustíveis de madeira na região tem aumentado de maneira gradativa nos últimos dez anos. Espera-se que esta tendência continue, devido fundamentalmente ao uso industrial do carvão vegetal no Brasil.

As perspectivas da atividade florestal na América Latina dependem do ritmo da diversificação econômica e das trocas de dependência da terra.

2.5 Panorama do mercado nacional

O território brasileiro encontra-se recoberto pelos mais variados ecossistemas florestais (Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga e outros), o que o posiciona entre os países com maior diversidade do planeta. Além disso, a ABIMCI (2008)

[1] *United States Dollar*.

assinala que o país conta com plantações florestais nativas e exóticas distribuídas em praticamente todo o território nacional.

O Brasil é um dos principais países do mundo em termos de área florestal. Da área total do território nacional, em 2005, estimou-se que 56% são cobertos por florestas naturais, 0,5% por florestas plantadas e o restante por outros usos como agricultura, pecuária, áreas urbanas e infra-estrutura (BRASIL, 2007). Em termos de participação global, de acordo com os dados da FAO (2002), o Brasil possui, respectivamente, 57% da área florestal sul-americana e 12% da área total mundial (Tabela 7).

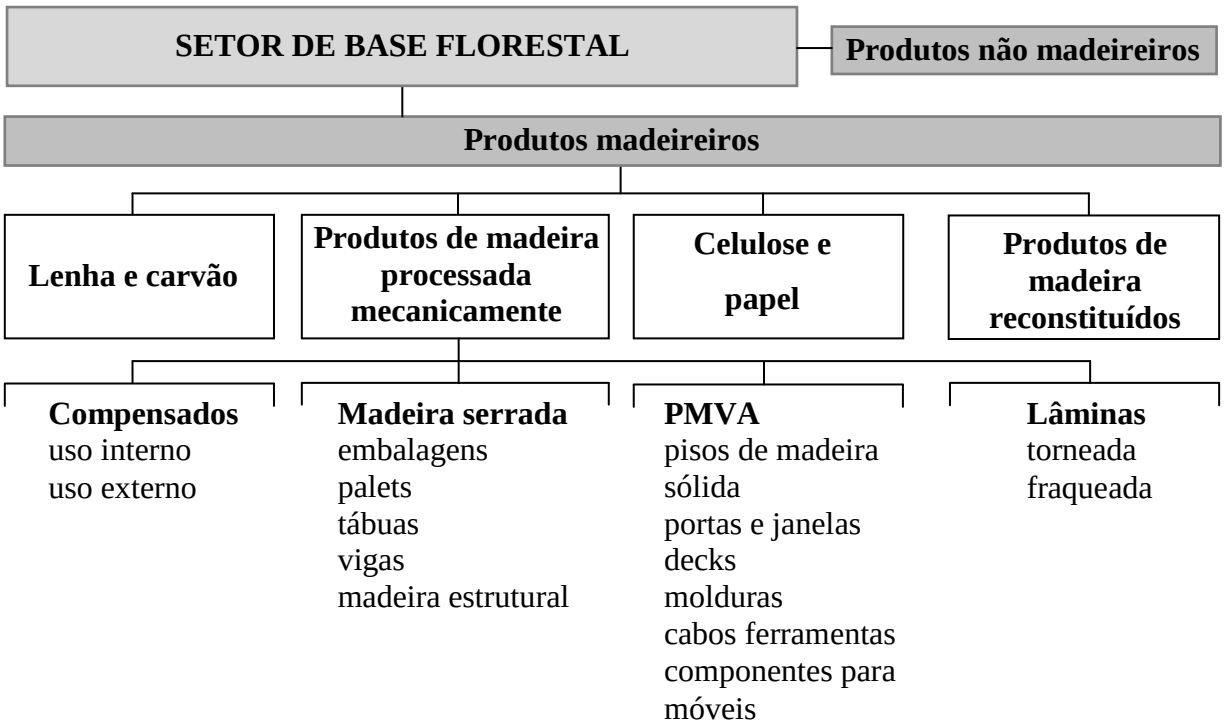
Tabela 7 – Brasil e mundo: áreas territorial e florestal (mil hectares)

Unidade territorial	**Área territorial**	**Área florestal**			**Variação da cobertura florestal (% ao ano)**	
		1990	**2000**	**2005**	**1990 a 2000**	**2000 a 2005**
Brasil	845.651	566.998	543.905	477.698	(0,41)	(2,56)
América do Sul	1.754.741	922.731	885.618	831.540	(0,41)	(1,25)
Mundo	13.063.900	3.963.429	3.869.455	3.952.025	(0,24)	0,42

Fonte: FAO (2002).

2.6 Indústria de madeira processada mecanicamente

O setor de madeira processada mecanicamente está inserido dentro do complexo de base florestal, conforme sugere a (Figura 2). A Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI) é a entidade representante deste setor, para o qual destacam-se os seguintes produtos principais: (i) compensado, (ii) madeira serrada, (iii) lâminas e (iv) PMVA – portas, molduras, janelas, pisos e componentes para móveis.



Fonte: ABIMCI (2008).

Figura 2 - Cadeia produtiva do setor de madeira processada mecanicamente

As principais espécies utilizadas pela indústria de madeira processada mecanicamente são apresentadas no (Quadro 1) assim como os principais produtos fabricados.

Ranking	**Nome da espécie**	**Principais produtos fabricados**
	Espécies florestais nativas da Região Centro-Oeste	
1	Cedrinho	Madeira serrada
2	Champanhe	Madeira serrada, assoalho e PMVA
3	Amescla	Lâminas e compensado
4	Garapeira	Madeira serrada
5	Itaúba	Madeira serrada, vigas, tábuas, caibros e postes
	Espécies florestais nativas da Região Norte	
1	Andiroba	Pisos, assoalhos, portas e móveis
2	Copaíba	Lâminas e compensados
3	Faveira	Lâminas e compensados
4	Louro Vermelho	Lâminas e compensados
5	Jatobá	Pisos, assoalho e móveis
	Espécies florestais plantadas	
1	Pinus	Lâminas, compensado, madeira serrada e PMVA
2	Eucalipto	Madeira serrada, embalagens, lâminas e tábuas
3	Paricá	Lâminas e compensados
4	Teca	Madeira serrada, S4S e sarrafos
5	Populus	Palitos de fósforo

Fonte: ABIMCI (2008).

Quadro 1- Ranking das principais espécies florestais destinadas à indústria

De fato, a matéria-prima (tora) passa por diferentes processos de beneficiamento até chegar ao consumidor final. Conforme a ABIMCI (2008), do ponto de vista do fluxo da cadeia produtiva da madeira, considerando os principais usos de cada produto, existem quatro níveis de processamento: primário, secundário, terciário e final.

A transformação da tora em outros produtos se dá a partir do processamento primário da madeira: madeira serrada, lâminas de madeira ou cavaco, os quais podem sofrer outros níveis de processamento. A ABIMCI (2008) aponta que tais produtos são a base de transformação para os demais produtos florestais secundários e terciários antes de serem direcionados ao consumidor final no mercado.

Nesta seção, cabe destacar os principais produtos do processamento secundário: compensado, madeira serrada e os produtos de maior valor agregado (PMVA). O conceito de tais produtos é apresentado no Quadro 2, com o intuito de uniformizar o entendimento sobre cada um.

a) Compensado

O compensado é um painel constituído de lâminas de madeira sobrepostas e cruzadas entre si, as quais são unidas por adesivos e resinas, através de pressão e calor. Para sua fabricação utiliza-se sempre uma quantidade ímpar de lâminas. A qualidade do compensado depende, entre outros aspectos, da qualidade das lâminas empregadas na sua composição (incidência de defeitos, número de emendas, coloração e outros). Com relação aos principais usos e aplicações, o compensado atende a uma gama diversificada que se mostram fortemente segmentados entre: (i) construção civil, (ii) indústria moveleira, (iii) embalagem, entre outros.

b) Madeira serrada

A madeira serrada é oriunda do desdobro de toras, sendo que o produto resultante é caracterizado como um produto de madeira sólida. O serrado tem amplas aplicações e utilizações tanto no processamento primário, secundário e no consumo final. De acordo com o formato e dimensões das peças, os serrados possuem diversas denominações, tais como: vigas, tábuas, pranchas, pontaletes, sarrafos, ripas e caibros. Além disso, a madeira serrada é a base para a produção dos Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA), que serão abordados na sequência.

c) Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA)

Através do reprocessamento da madeira serrada, o PMVA é obtido, assim ocorre a agregação de valor ao produto primário. Podem-se citar como principais exemplos de PMVA:

i. Portas: basicamente três são os tipos de portas oferecidas pelos fabricantes brasileiros: portas lisas (ocas), portas sólidas e portas engenheiradas. Essas últimas são fabricadas, normalmente, com painéis reconstituídos.

ii. Molduras: abrange diversos itens, os quais incluem desde moldura para quadros até as utilizadas na construção civil tais como moldura de porta (batente/guarnição ou vista – régua de madeira fixada como arremete de portas e janelas); sóculo (ou sócolo, peça utilizada na parte inferior das molduras laterais de portas para o arremate adequado na

junção com o rodapé das paredes); rodapés; roda-tetos, entre outros.
iii. Painel colado lateral, *Edge Glued Panel* (EGP): é composto a partir da madeira serrada, emendada ou não, colados lateralmente. Tal produto é utilizado geralmente na fabricação de móveis, portas, pisos e também na construção civil.
iv. Pisos de madeira: os mais utilizados são os de madeira maciça (geralmente com madeiras nobres sem acabamentos a base de verniz) e os engenheirados (constituídos de diferentes materiais).

Fonte: ABIMCI (2004).

Quadro 2 – Conceito: compensado, madeira serrada e PMVA

A indústria de madeira processada tem sofrido intensa concorrência, a partir de 1990, e tem procurado reorientar sua fabricação para produtos passíveis de serem exportados. O Quadro 3 apresenta os principais segmentos de remanufaturados de madeira.

1. Os *Clear blocks* resultam da madeira serrada de pequenas dimensões com a eliminação de defeitos (nós, medula, variação acentuada de cor, empenamentos e rachaduras de qualquer tipo). Destinam-se à confecção de molduras, esquadrias, revestimentos, partes e peças aparentes de móveis, ou são vendidos diretamente aos consumidores para uso próprio (do-it-yourself) ou bricolagem.
2. O Painel Colado Lateral *Edge Glued Panel* (EGP) é formado a partir da madeira serrada, emendada ou não, colada lateralmente. O produto é empregado no segmento moveleiro para tampos, laterais e outros componentes.
3. As molduras são perfis obtidos a partir do reprocessamento da madeira serrada ou dos *blocks* e *blanks*. O maior consumidor das molduras é o segmento da construção civil.
4. No segmento de PMVA, o de portas é tido como um dos mais representativos e competitivos. São basicamente três os tipos de portas oferecidas pelos fabricantes nacionais: portas lisas (ocas), portas sólidas e portas engenheiradas, feitas com painéis reconstituídos.
5. Os pisos de madeira mais conhecidos e utilizados atualmente são os pisos de madeira maciça e os engenheirados (compostos em camadas). Os pisos de madeira maciça são feitos, via de regra, com madeiras nobres, enquanto os pisos engenheirados são constituídos de diferentes materiais, como os painéis (compensados, MDF, HDF, aglomerado), revestidos com lâminas de madeira ou papéis melamínicos.

Fonte: ABIMCI (2004)

Quadro 3 - Brasil: novas oportunidades para a indústria de madeira

O segmento de pisos será explorado com detalhes mais adiante no estudo de caso da Empresa B, realizado no capítulo quatro. Por ora, destaca-se a rápida modernização que o segmento tem passado, com novos produtos, especialmente os pisos engenheirados. A ABIMCI estimou que, em 2004, a produção de pisos de madeira alcançou 24 milhões de m², sendo 18 milhões de m² de pisos engenheirados (75%) e seis milhões de m² de pisos de madeira maciça. Esses pisos ganharam destaque a partir dos investimentos realizados por grandes empresas no fim dos anos 1990, em particular pisos laminados.

Existem no mercado duas categorias básicas de pisos: os laminados, que se dividem em pisos de alta resistência e os de alta pressão; e os pisos de madeira natural, que incluem os carpetes de madeira, o substrato de compensado, o revestimento com lâmina de madeira natural e também os assoalhos (Quadro 4).

1. O piso laminado de alta pressão é fabricado a partir da impregnação do papel em resinas fenólicas e melamínicas, prensadas em alta pressão e temperatura, obtendo-se um corpo único, como a fórmica. Esse tipo de piso é colado diretamente na base/piso com adesivo de contato. 2. O piso laminado flutuante, de alta resistência, que é um painel de partículas de alta densidade, com contrabalanço na fase inferior, que se adapta a pequenas imperfeições do contrapiso e revestido na superfície com lâmina melamínica impressa nos padrões amadeirados e pétreos. Tem as mesmas propriedades e características dos pisos laminados de alta pressão, porém são aplicados sobre a base como um "tapete", ou seja, como o próprio nome indica, flutuante. As placas são coladas umas nas outras, mas não no chão.

Fonte: ABIMCI (2004)

Quadro 4 - Pisos de madeira existentes no mercado

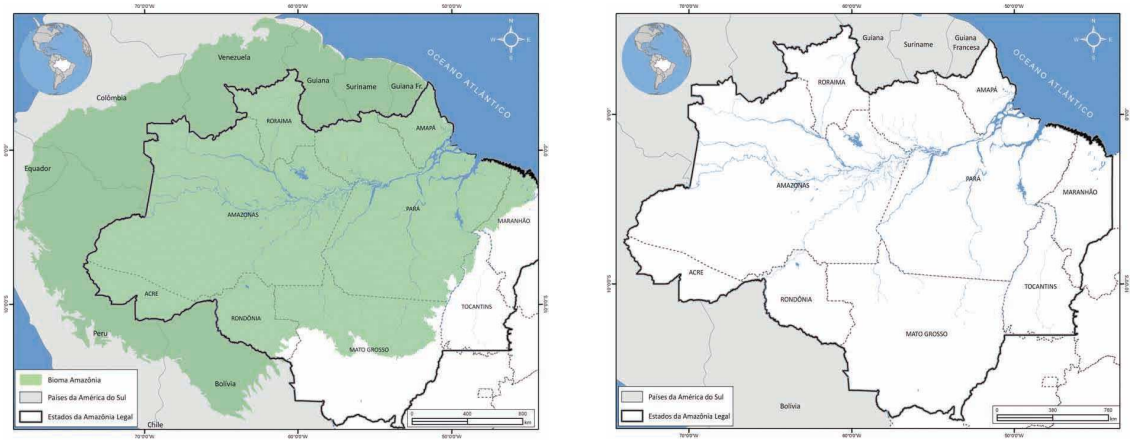
2.7 O setor madeireiro da Amazônia Legal

O Bioma Amazônia[2], conforme Pereira et al. (2010), estende-se ao longo de nove países da América do Sul, por uma área de 6,4 milhões de quilômetros quadrados. Desse total, o Brasil abriga 63%, ou 4 milhões de quilômetros quadrados. O restante distribui-se entre o Peru (10%), Colômbia (7%), Bolívia (6%), Venezuela (6%), Guiana (3%), Suriname (2%), Equador (1,5%) e Guiana Francesa (1,5%).

No Brasil, há dois conceitos de Amazônia: Bioma Amazônia e Amazônia Legal (Figura 3). A despeito disso, Pereira et al. (2010, p. 19) esclarece "o Bioma Amazônia, caracterizado pela cobertura florestal, possui aproximadamente 4 milhões de quilômetros quadrados, o que corresponde a 49% do território brasileiro". Sua área compreende os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e parte dos territórios do Maranhão, Mato Grosso, Rondônia e Tocantis.

A Amazônia Legal, por sua vez, inclui todo o Bioma Amazônia e áreas de cerrado e campos naturais, e se estende por aproximadamente 5 milhões de quilômetros quadrados, o equivalente a 59% do território brasileiro. Abrange todos os Estados do Norte brasileiro, o Mato Grosso e parte do Maranhão (Figura 3) – Bioma Amazônia.

A Câmara dos Deputados (1995) enfatiza que a denominação foi instituída com o objetivo de definir a delimitação geográfica da região política captadora de incentivos fiscais com o propósito de promoção do seu desenvolvimento regional como se observa na Figura 3 – Amazônia Legal (direita).



Fonte: Pereira et al. (2010).

Figura 3 – Bioma Amazônia (esquerda) e Amazônia Legal (direita)

Nesta região, as fronteiras de exploração madeireira são classificadas de acordo com as tipologias florestais, o estágio da ocupação, a idade da fronteira, as condições de acesso e o tipo de transporte. Há quatro fronteiras madeireiras na região, como apresentado no Quadro 5.

Fronteira madeireira	**Idade da fronteira (anos)**	**Tipo de floresta**	**Principais pólos**
Antiga	> 30	Abertura, de transição (sul) e densa (norte)	Sinop e Feliz Natal (Mato Grosso), Paragominas e Tailândia (Pará)
Intermediária	10 – 30	Abertura (sul) e densa (norte)	Cláudia e Marcelândia (Mato Grosso), Cujubim e Machadinho do Oeste (Rondônia), Rio Branco (Acre)
Nova	< 10	Densa	Castelo de Sonho (Pará), Aripuanã e Colniza (Mato Grosso)
Estuarina	> 300	Floresta de várzea	Belém, Breves e Portel (Pará)

Fonte: PEREIRA et al. (2010)

Quadro 5- Fronteiras madeireiras da Amazônia Legal em 2009

[2] Pode ser definido como um "conjunto de ecorregiões, fauna, flora e dinâmicas e processos ecológicos similares".

Em 2009, os 71 polos processadores de madeira[3] da Amazônia Legal extraíram aproximadamente 14,2 milhões de m³ de madeira[4] em tora[5] na região. Pereira et al. (2010) reforça que os Estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia foram os maiores produtores e responderam por 91% do total produzido. A estimativa da receita bruta gerada pela indústria madeireira da Amazônia nesse ano foi cerca de R$ 4,9 bilhões (Tabela 8).

Tabela 8 – Produção e receita da indústria madeireira na Amazônia Legal em 2009

Estado	**Número de polos madeireiros**	**Número de indústrias**	**Consumo anual de toras (milhares m³)**	**Receita bruta (US$ milhões)**
Acre	1	24	422	91,4
Amapá	1	48	94	16,1
Amazonas	3	59	367	57,9
Maranhão	1	54	254	29,7
Mato Grosso	20	592	4.004	803,2
Pará	30	1.067	6.599	1.094,2
Rondônia	14	346	2.220	358,6
Roraima	1	37	188	31,5
Amazônia Legal	**71**	**2.227**	**14.148**	**2.482,6**

Fonte: PEREIRA et al. (2010).

Os 14,2 milhões de m³ de toras extraídos em 2009, segundo Pereira et al. (2010), resultaram em uma produção de 5,8 milhões de m³ de madeira processada (serrada, laminados, compensados e produtos beneficiados). A maioria (72%) dessa produção foi de madeira serrada; 15% foram de madeira beneficiada na forma de portas, janelas, pisos e forros; e apenas 13% foram de painéis laminados e compensados (Tabela 9).

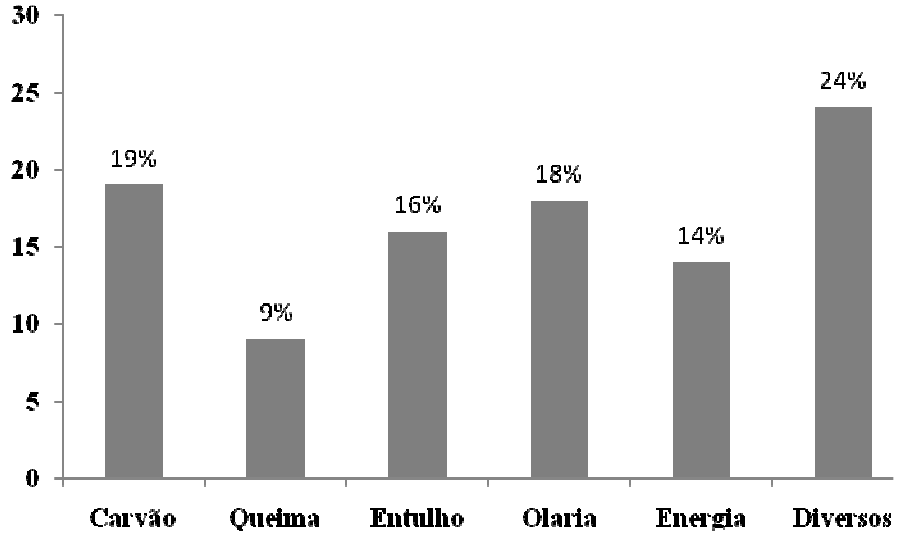
Tabela 9 – Produção de madeira processada da Amazônia Legal em 2009

Estado	**Produção processada total (milhares de m³)**	**Produção processada (%)**			**Rendimento do processamento**
		Madeira serrada	**Produtos beneficiados**	**Laminados e compensados**	
Acre	193	23	22	55	45,7
Amapá	41	88	12	-	43,6
Amazonas	144	86	14	-	39,2
Maranhão	90	85	-	15	35,4
Mato Grosso	1.795	67	21	12	44,8
Pará	2.550	80	8	12	38,6
Rondônia	925	64	23	13	41,7
Roraima	70	68	20	12	37,2
Amazônia Legal	**5.808**	**72**	**15**	**13**	**41,1**

Fonte: PEREIRA et al. (2010).

[3] Polo madeireiro é um município ou microrregião que consome anualmente pelo menos 100 mil m³ de madeira em tora em processos industriais (VERISSÍMO et al., 2002).
[4] Os cálculos de volume deste trabalho referem-se ao volume geométrico, em vez do volume Francon, que é mais usado nas áreas de extração madeireira. O volume Francon equivale a 77% do volume geométrico.
[5] Esse valor equivale a 3,5 milhões de árvores extraídas por ano, considerando 4 m³ por árvore explorada.

Em 2009, o volume de madeira em tora não aproveitado diretamente pela indústria madeireira foi de 8,3 milhões de metros cúbicos (PEREIRA et al., 2010). Desse total, 19% foram convertidos em carvão vegetal, 18% foram para fabricação de tijolos e telhas de barro em olarias e 14% foram para cogeração de energia no processamento de madeira ou para uso em estufas de secagem. Além disso, segundo Pereira et al. (2010), 24% dos resíduos foram aproveitados de formas diversas em aterros, como adubo, lenha, entre outros. Os resíduos não aproveitados (9%) foram queimados ou abandonados como entulho. A proporção do volume de entulhos foi de 16% em 2009 (Figura 4).



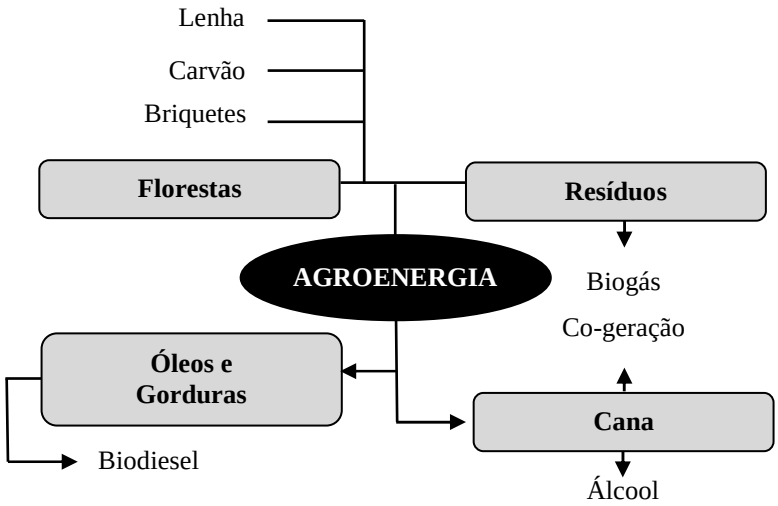
Fonte: Pereira et al. (2010).

Figura 4 - Uso dos resíduos de madeira em indústrias da Amazônia Legal em 2009

Analisando o uso dos resíduos de madeira em indústrias da Amazônia Legal em 2009 observa-se que a produção de carvão vegetal se mantém como uma das atividades que mais consomem resíduos, seguida pelas olarias que passaram a utilizar serragem nos fornos e geração de energia nas indústrias. Os 24% identificados como diversos reúnem atividades dispersas como o artesanato, que produz produtos de alto valor agregado, porém, acessíveis a poucas pessoas.

Neste contexto de geração e destino dos resíduos, observa-se o Plano Nacional de Agroenergia (PNA) que estabelece um rumo para as ações públicas e privadas de geração, conhecimento e tecnologias que contribuam para a produção sustentável e para o uso racional

da energia renovável (MAPA, 2006). O plano considera o potencial referente ao volume de resíduos de madeira não aproveitados na matriz (Figura 5).



Fonte: MAPA (2006).

Figura 5 - Matriz de produção da agroenergia

Sendo assim, a matriz de produção da agroenergia divide-se em quatro grandes grupos: a) etanol e a co-geração de energia proveniente da cana-de-açúcar; b) biodiesel de fontes lipídicas (animais e vegetais); c) biomassa florestal e seus resíduos; e d) dejetos agropecuários e da agroindústria. Sendo que, das florestas energéticas, obtêm-se diferentes formas de energia, como lenha, carvão, briquetes, finos (fragmentos de carvão com diâmetro pequeno) e os resíduos sólidos das madeireiras.

2.8 Manejo Florestal na Amazônia

De início, é pertinente destacar que Manejo Florestal segundo Pereira et al. (2010, p. 76) corresponde “às práticas de planejamento e princípios de conservação que visam garantir a capacidade de uma floresta de suprir continuamente um produto ou serviço”. O mesmo autor reforça que o manejo na exploração de florestas amazônicas é previsto por Lei desde 1965, por meio do Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/1965, artigo 15), contudo, o decreto que o regulamentou somente foi expedido em 1995.

Com o manejo florestal, a gestão de florestas naturais no Brasil ocorre nas diversas esferas do poder público: União, Estados e Municípios. Na Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei 11.284/2006) foi feita a transferência da responsabilidade pelo licenciamento de

Planos de Manejo Florestal para os órgãos estaduais e/ou municipais de meio ambiente (PEREIRA et al., 2010).

Assim, a extração de madeira na Amazônia só é permitida por meio de planos de manejo florestal e autorizações de desmatamento legal. Em 2009, segundo Pereira et al. (2010), dos 14,1 milhões de metros cúbicos de madeira em tora extraídos na Amazônia, aproximadamente 64% foram autorizados legalmente para exploração.

Durante muitos anos alimentou-se a idéia de que os danos ambientais causados pela exploração madeireira eram inevitáveis (AMARAL et al. 1998). Os argumentos variavam: pouco conhecimento da floresta, técnicas inviáveis economicamente, equipamentos inadequados, etc. No entanto, foi possível reduzir os impactos ambientais causados pela exploração madeireira e aumentar o lucro da exploração graças à desmistificação do manejo florestal nos últimos sete anos.

Além do dano ambiental e exigência legal, contribuíram para aplicação da técnica trabalhos como os previstos em Amaral et al. (1998), um manual para a produção de madeira na Amazônia, destinado a todos os atores envolvidos na atividade madeireira, incluindo madeireiros, organizações comunitárias, pequenos produtores, gerentes e trabalhadores da exploração florestal, técnicos florestais e estudantes.

Seguindo as três etapas para elaboração do plano indicado por Amaral et al. (1998) elabora-se o zoneamento ou divisão da propriedade florestal em áreas exploráveis; áreas de preservação permanente e áreas inacessíveis à exploração. A segunda etapa consiste no planejamento das estradas e a terceira, divide a área alocada para exploração em blocos ou talhões de exploração anual.

Consequentemente, os impactos sobre o meio ambiente resultam, principalmente, da ausência destas etapas e do uso de técnicas inapropriadas. Ante o exposto, Amaral et al. (1998, p. 13) explicam a importância do plano de manejo:

> O plano de manejo define como a floresta será explorada, o que inclui o **zoneamento** da propriedade distinguindo as áreas de exploração, as zonas de preservação permanente e os trechos inacessíveis. Em seguida, planeja-se as **rotas das estradas** e divide-se a área total de manejo em talhões de **exploração anual**. Por último, define-se a sequência de exploração do talhão ao longo do tempo. Esta medida visa **reduzir os impactos** da exploração madeireira sobre a fauna e aumentar a proteção da floresta contra fogo (grifo nosso).

O que advogam Amaral et al. (1998) sobre zoneamento, planejamento de rotas, exploração anual e redução dos impactos é que se trata de pontos onde é possível planejar e reduzir significativamente o impacto com a exploração. Sendo assim, a próxima fase compreende o censo florestal, um inventário de todas as árvores de valor comercial existentes em uma área de exploração anual.

As atividades de um censo são realizadas um a dois anos antes da exploração, envolvendo a demarcação dos talhões, abertura das trilhas de orientação, a identificação, localização e avaliação das árvores de valor comercial. Além disso, Amaral et al. (1998, p. 33) explicam que:

> O censo ou inventário florestal 100% é imprescindível para a elaboração do plano operacional de manejo. As informações coletadas no censo, tais como a localização e avaliação das árvores em termos madeireiros, indicação das zonas cipoálicas e de topografia desfavorável á exploração, permitem calcular o volume a ser explorado e produzir o mapa final do censo.

Além das vantagens citadas em favor do censo ele também ajuda na identificação das zonas cipoálicas, pois, uma preocupação recorrente é com os cipós, plantas trepadeiras que se desenvolvem sobre os troncos e copas de outras árvores. Conforme Amaral et al. (1998, p. 37) esclarecem:

> Florestas ricas em cipós, quando sujeitas à exploração madeireira não manejada, podem sofrer danos elevados. Pois, os cipós dificultam as operações de corte e aumentam os riscos de acidentes durante a exploração. O corte de cipós entrelaçados às árvores que serão exploradas ajuda a reduzir danos à floresta remanescente, diminui os riscos de acidentes, e cria melhores condições para a regeneração nos espaços abertos.

Na próxima fase é elaborado o planejamento da exploração, localização dos pátios de estocagem, a posição dos ramais de arraste e a direção de queda das árvores. Essas informações, em conjunto com os dados do censo, são utilizadas para elaborar o mapa preliminar de exploração, que será empregado pela equipe de demarcação e, posteriormente, como guia das equipes de corte e arraste.

Na sequência é realizada a demarcação das estradas, ramais de arraste, pátios de estocagem e a indicação da direção de queda das árvores. A partir das mudanças feitas durante a demarcação, elabora-se o mapa do planejamento. Na floresta, por sua vez, as

marcações com balizas orientarão as equipes de abertura de estrada e pátios, corte das árvores e arraste das toras.

Na fase de corte das árvores, Amaral et al. (1998, p. 65) indicam que:

> As técnicas de corte de árvores aplicadas na exploração madeireira manejada buscam evitar erros, tais como o corte acima da altura ideal e o destopo abaixo do ponto recomendado. Esses erros causam desperdícios excessivos de madeira, danos desnecessários à floresta e uma maior incidência de acidentes de trabalho.

O corte das árvores na exploração manejada também considera o direcionamento de queda das árvores para proteger a regeneração de árvores de valor comercial e facilitar o arraste das toras.

Para transportar as toras do local de queda das árvores até os pátios de estocagem utilizam-se os mais variados veículos de carga, desde tração animal, passando por tratores agrícolas e de esteira até o trator florestal de pneus (*skidder*). Na operação manejada, Amaral et al. (1998, p. 78) esclarecem que:

> A equipe de arraste usa o mapa de planejamento e as demarcações na floresta para localizar as árvores derrubadas e arrastá-las. Esse procedimento, associado ao uso de máquinas adequadas, resulta em um aumento de 60% na produtividade, redução expressiva dos danos ecológicos à floresta e diminuição dos acidentes de trabalho.

Como a Floresta Amazônica tem sofrido grandes transformações devido à ocupação recente da região, uma grande preocupação é com as florestas exploradas sem planejamento, que ao contrário das florestas virgens, são suscetíveis ao fogo. A abertura de clareiras grandes, comuns nesse tipo de exploração segundo Amaral et al. (1998), permite o aumento da incidência solar sobre o chão da floresta, secando o material comburente ali depositado.

As práticas silviculturais também são um dos objetivos do manejo florestal por garantir a continuidade da produção madeireira através do estímulo à regeneração natural nas clareiras e da proteção do estoque de árvores remanescentes. Para isso, deve-se conservar árvores porta-sementes na floresta e utilizar técnicas para reduzir os danos ecológicos da exploração. Em alguns casos, é necessário fazer o plantio de mudas para garantir a regeneração.

Por estes motivos, a adoção do manejo florestal resulta em redução de desperdícios, aumento na produtividade da exploração, diminuição da quantidade de árvores comerciais

danificadas e melhoria expressiva da segurança do trabalho. Segundo Amaral et al. (1998), as perdas de madeira no corte e arraste foram reduzidas de 26% sem manejo para apenas 1% na área manejada. Portanto, para 1 m³ em tora extraído em uma floresta manejada, apenas 0,75 m³ é extraído em uma exploração convencional.

Isso implica dizer que os benefícios econômicos do manejo superam os custos. No curto prazo, tais benefícios decorrem do aumento da produtividade do trabalho e da redução dos desperdícios de madeira. No longo prazo, Amaral et al. (1998) afirmam que o efeito dos benefícios do manejo (redução de desperdício de madeira, maior crescimento das árvores e redução de danos às árvores remanescentes) resultaria em receita líquida maior, assumindo que sem manejo a floresta não seria explorada no curto prazo.

2.9 Eficiência na indústria de base florestal

As indústrias de base florestal podem ser avaliadas quanto à eficiência ao considerar sua capacidade técnica de converter madeira em produtos com o maior aproveitamento possível e capacidade econômica para comercializar ou utilizar os resíduos na própria empresa.

Duas são as formas básicas de avaliar o rendimento na operação de desdobro (BRAND et al. 2002). A primeira é mediante o cálculo da produtividade em cada máquina e no conjunto dos equipamentos. A forma tradicional de expressar a produtividade de uma serra é em m³ de madeira serrada por hora ou m³ de madeira serrada por hora/homem. Também é possível fazer uma estimativa do rendimento de madeira serrada por tora, relacionada ao coeficiente de transformação.

A segunda forma de determinação do rendimento, citada por Rocha (1999), é a determinação do coeficiente de transformação ou fator de rendimento, que é a relação entre o volume de madeira serrada que se obtém e o volume de toras que são usadas para o processamento. Esta unidade pode ser expressa em unidade métrica e em pés e, em ambos os casos, o coeficiente é dado em porcentagem. Assim:

$$\text{Coeficiente de transformação} = \frac{m^3 \text{ de madeira serrada} \times 100}{m^3 \text{ de madeira em toras}}$$

Além da espécie que está sendo desdobrada, outros fatores afetam o rendimento técnico nas indústrias de base florestal. São eles: qualidade dos povoamentos de onde as árvores são provenientes, os equipamentos e técnicas utilizadas no desdobro e a qualidade profissional dos operários (ROCHA, 1999).

A qualidade das árvores é muito importante. Segundo Fanchi (2004), a madeira é o material de construção mais antigo, dada sua disponibilidade na natureza e sua relativa facilidade de manuseio. Porém, está sujeita à degradação biológica e também à ação do fogo, além de ser um material natural que pode apresentar inúmeros defeitos, como nós e fendas (PFEIL, 2003). Isso implica em defeitos naturais que aumentam a quantidade de resíduos provenientes do processamento, acima do que o processo gera normalmente.

No entanto, existem muitos produtos inovadores que podem ser fabricados com os diferentes tipos de resíduos de madeira encontrados. Alguns dos produtos, segundo Buehlmann (2002), são: cavaco, maravalha, briquetes, lenha, carvão e peças menores, que são alternativas interessantes para o aproveitamento dos resíduos.

Os resíduos sólidos são considerados pela ABNT (2004, p. 3), como:

> Os resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Os resíduos sólidos provenientes do processo produtivo das indústrias de transformação de madeira são classificados como resíduos Classe II, não perigosos, identificados com o código A009.

Quanto aos resíduos de madeira, estes podem ser divididos em três categorias. A primeira é composta por resíduo resultante da operação de colheita ou resíduos de biomassa. Consistem principalmente de copa, galhos e ramos produzidos durante o manejo e práticas de transformação da árvore em toras (extração).

A segunda categoria é composta por resíduos provenientes de ações de poda e capina, principalmente copas, galhos e ramos obtidos em rodovias, casas, comércios, indústrias e outras atividades desenvolvidas com a utilização de madeira.

Por fim, a última categoria é composta por resíduos de madeira, definidos como resíduos industriais, que incluem casca, partículas, destopos, serragem e restos gerados como resíduo das indústrias primária e secundária de produtos de madeira e outras indústrias, e comércios.

Considerando que os resíduos de madeira são heterogêneos, em termos de formas e características físicas, são gerados em diferentes locais dentro da indústria e que a quantidade

disponibilizada é um dos fatores que determinam seu potencial de uso, é muito importante a avaliação da capacidade da indústria em termos de geração e utilização dos mesmos.

Pois, apesar do esforço técnico para redesenhar os produtos existentes e reduzir a perda no processamento, as indústrias de base florestal, ainda buscam soluções para tornar a atividade mais eficiente. Por se tratar de uma atividade de alto impacto e com um baixo rendimento, os empreendimentos são alvo de constantes críticas por parte da sociedade.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A seguir, será descrita a metodologia utilizada para realização desta pesquisa, nos seguintes tópicos: tipo de pesquisa, plano de trabalho e, finalmente, as delimitações da pesquisa.

3.1 Tipo de pesquisa

A presente pesquisa é do tipo exploratória, qualitativa, com o objetivo de avaliar o gerenciamento dos resíduos sólidos nas indústrias de extração e transformação de madeiras localizadas na Amazônia Mato-Grossense sob o aspecto da geração de energia a fim de oferecer auxílio aos tomadores de decisão em vários níveis de produção sobre a destinação mais adequada para os resíduos sólidos, levando em conta aspectos ambientais, econômicos e financeiros.

Pesquisas exploratórias, segundo Cooper e Schindler (2003), são úteis quando o pesquisador não tem uma idéia clara dos problemas que vai enfrentar durante os estudos. Assim, o trabalho segue uma orientação qualitativa em virtude da análise.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado o método de estudo de caso definido por Gil (2002) como um estudo profundo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado.

O método de estudo de caso é um método potencial de pesquisa quando se deseja entender um fenômeno social complexo, já que pressupõe um maior nível de detalhamento das relações entre os indivíduos e as organizações, bem como dos intercâmbios que se processam com o meio ambiente nos quais estão inseridos (YIN, 2001).

Nesta pesquisa foram selecionadas intencionalmente quatro empresas localizadas no município de Sinop, no estado do Mato Grosso (Figura 6). Cabe citar Gil (2010, p. 118) ao esclarecer que “os estudos de casos múltiplos são aqueles em que o pesquisador estuda conjuntamente mais de um caso para investigar determinado fenômeno”. Neste caso, o fenômeno é o gerenciamento de resíduos de madeira nas quatro indústrias madeireiras pesquisadas.

Gil (2010, p. 118) considera que “a unidade-caso refere-se a um indivíduo num contexto definido”. A amplitude desse conceito, no entanto, ampliou-se, a ponto de poder

referir-se a uma família ou qualquer grupo social, uma organização, uma comunidade, uma nação ou mesmo toda uma cultura.

Os casos são empresas do setor de madeira processada mecanicamente que está inserido dentro do complexo de base florestal. Os empreendimentos analisados se dedicam à produção de: compensado e lâminas (Empresa A), Produto de Maior Valor Agregado (Empresa B) e madeira serrada beneficiada (Empresa C) e desdobro de toras (Empresa D).

Fonte: Árvores (2007)

Figura 6. Localização do município de Sinop

Outro aspecto importante para a realização do estudo de casos é a necessidade da definição de um protocolo. De acordo com Yin (2001), o protocolo contém o instrumento, mas também contém os procedimentos e as regras gerais que deveriam ser seguidas ao utilizar o instrumento. É desejável possuir um protocolo para o estudo de caso em qualquer circunstância, mas é essencial se for utilizado um projeto de casos múltiplos.

Desta forma, a seguir é apresentado o protocolo de estudo de casos para esta pesquisa:

- Busca por material bibliográfico (livros, artigos acadêmicos, simpósios, dissertações de mestrado e teses de doutorado com temas afins);

- Desenvolvimento do referencial teórico por meio do material encontrado;

- Realização de contatos com as quatro organizações que fizeram parte da pesquisa, atuantes na área de extração e processamento de madeira, verificando se estariam abertas ou dispostas a fornecer as informações necessárias para a pesquisa;

- Coleta dos dados, por meio de entrevistas semi-estruturadas com diretores, gerentes e pessoal de nível operacional das empresas pesquisadas; visitas pré-programadas e pré-

agendadas às instalações das referidas empresas, com o intuito de observar, conhecer e realizar apontamentos quanto à sua infra-estrutura e capacidade de gerenciamento de resíduos;

● Compilação dos dados coletados, análise de conteúdo para os dados qualitativos;

● Análise final e discussão das informações, comparando-se os três casos estudados, com base no referencial teórico;

● Conclusão do trabalho e encerramento da dissertação.

3.2 Plano de trabalho

No intuito de organizar, de forma consistente e precisa, respeitando as regras da pesquisa científica, este trabalho será desenvolvido conforme as etapas descritas a seguir:

a) Revisão bibliográfica: foi realizada uma pesquisa bibliográfica, que trouxe informações atualizadas sobre a geração de resíduos sólidos de madeira pelas indústrias de base florestal. Esta revisão foi complementada e atualizada, de acordo com a necessidade, até a conclusão desta pesquisa;

b) Contatos prévios: foram realizados com as três indústrias que fizeram parte da pesquisa, atuantes na área de extração e processamento de madeira, verificando se estariam abertas ou dispostas a fornecer as informações necessárias para a pesquisa;

c) Coleta dos dados: foi feita por meio de entrevistas semi-estruturadas com diretores, gerentes e pessoal de nível operacional das empresas pesquisadas, visitas pré-programadas e pré-agendadas às instalações das referidas empresas, com o intuito de observar, conhecer e realizar apontamentos quanto à sua infra-estrutura e capacidade de gerenciamento de resíduos;

d) Pesquisa exploratória: compilação dos dados coletados, por meio de análises estatísticas para os dados quantitativos e análise de conteúdo para os dados qualitativos;

e) Análise final e discussão das informações: comparando os três casos estudados, com base no referencial teórico e finalizando com a conclusão da dissertação.

Primeira Fase: a primeira etapa consiste em uma pesquisa bibliográfica que serviu como embasamento para o estudo, com o objetivo de abordar os seguintes temas: cadeia produtiva da madeira, aspectos do mercado mundial, demanda mundial de produtos madeireiros, produção de madeira na América Latina,panorama do mercado nacional, indústrias de madeira processada mecanicamente no setor madeireiro da Amazônia Legal e eficiência na indústria de base florestal.

Segunda Fase: nesta fase foram realizadas duas atividades. A primeira consistiu nas

visitas às quatro indústrias madeireiras com o objetivo de observar, registrar e analisar aspectos envolvidos com a geração e o gerenciamento dos resíduos de madeira.

Com as visitas pretendeu-se acompanhar as atividades de gerenciamento dos resíduos de madeira *in loco*, haja vista as características das empresas que levam os empreendimentos a tratarem os resíduos de forma diferente, motivados pela forma física do material e valor que o mercado impõe para comercialização.

As indústrias madeireiras visitadas estão listas abaixo:

- Empresa A: laminadora e fábrica de compensado
- Empresa B: indústria de Produtos de Maior Valor Agregado
- Empresa C: beneficiamento de madeira serrada
- Empresa D: desdobro de toras

Um questionário não-estruturado direcionou as visitas às empresas (Quadro 6). Assim, foram coletadas informações referentes às características da empresa, estrutura, matéria-prima, produtos e processos.

Dados	Data da coleta de dados
	Nome da empresa
	Endereço
	Quanto tempo atua no setor
	Responsável pelas informações
Características fundamentais	Segmento
	Área de atuação
	Fundação da organização e motivação
	Área construída
	Participação dos sócios
	Eventos importantes na história da empresa
Estrutura	Quais são os equipamentos utilizados pela empresa: serra-fita, serra circular, desengrossadeira, plaina, lixadeira, destopadeira, torno
	Tecnologias de produção (certificações, selos)
	Qual a idade média dos equipamentos?
	Instalações disponíveis (barracões)
Matéria-prima	Produção de matéria-prima: própria, terceiros ou conjugada
	Que tipo de matéria-prima é utilizada e qual volume?
	Qual a origem da matéria-prima?
Produtos	Principais produtos fabricados
	Espécies de origem florestal utilizadas
Processos	Setores que compõem a organização
	Qual o modelo de produção: encomenda ou seriado?
	Controle da matéria-prima no pátio da empresa
	Preparação da madeira para a produção
	Acabamento dos produtos
	Acondicionamento e transporte
Tipos de resíduos	Quais tipos de resíduos são gerados na empresa? Aparas Cascas

	Costaneiras Lascas Maravalha Peças não conformes Refilos Serragem
	Qual corresponde ao maior volume de resíduo?
	Qual equipamento gera mais resíduo?
Quantidade	Qual o volume de resíduo gerado pela empresa?
Aproveitamento	Qual o destino dos resíduos? Doação/finalidade Venda/finalidade Utilização/finalidade Queima sem aproveitamento de energia

Fonte: do autor.

Quadro 6 – Questionário não estruturado para visitas

A segunda atividade desta fase consistiu em coletar dados financeiros sobre os projetos que objetivam aproveitar os resíduos em processos desenvolvidos dentro das empresas. As Empresas A, B e C possuem projetos instalados que consomem todo o resíduo gerado mais a quantidade adquirida de terceiros. Já a Empresa D não possui projeto instalado, porém, realizou recentemente um estudo para implantação de uma indústria de composto plástico de madeira no município de Sinop.

Os projetos desenvolvidos pelas empresas não correspondem à atividade principal das mesmas. Existe uma diferença clara entre a atividade principal e as atividades relacionadas com os resíduos. Ambos compartilham algumas despesas; porém, os objetivos dos projetos são maiores visando ganhos ambientais, econômicos e sociais.

De cada projeto foram coletados (Quadro 7) principalmente valores referentes à receita, investimento, custos operacionais e financiamento, variando conforme as características de cada projeto.

Investimento	Caldeira Máquinas e equipamentos Reformas, móveis e outros
Receitas	Economia de energia Economia com a secagem de madeira Secarem de madeira para terceiros
Custos operacionais	Aluguel Combustível Depreciação Energia elétrica Funcionários terceirizados Impostos Imposto de renda Manutenção Pró-labore

	Resíduo adicional Salários, comissões e encargos
Financiamento	Caldeira Máquinas e equipamentos Reformas, móveis e outros

Fonte: do autor.

Quadro **7** – Questionário não estruturado para projetos

Terceira Fase: nessa fase foram visitados empreendimentos instalados na cidade de Sinop/MT que utilizam os resíduos das indústrias madeireiras para produzir novos produtos ou como fonte de energia. Dentre as empresas visitadas, estavam carvoarias, fábricas de briquetes, fábricas de cavaco e maravalha e empresas que possuem caldeiras, fornos e fornalhas.

Nessa fase, essas empresas foram exploradas no sentido do intercâmbio de subprodutos e aproveitamento de resíduos gerados nas indústrias madeireiras, demonstrando a importância econômica destes empreendimentos, benefícios para o município e principalmente para a sociedade.

Quarta Fase: nessa fase são apresentados os resultados da pesquisa. De início são feitas considerações sobre as visitas, características das empresas e seus respondentes e controle dos resíduos nas empresas.

Também são apresentados aspectos importantes sobre o aproveitamento dos resíduos em cada empresa do estudo e discutida a importância do intercâmbio destes produtos entre os vários empreendimentos instalados na cidade.

A discussão seguinte é referente à viabilidade econômica dos projetos desenvolvidos nas empresas, na qual foi realizada uma análise da rentabilidade dos projetos instalados nas quatro indústrias avaliadas neste estudo. Para análise da viabilidade econômica, foram utilizados dois indicadores, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL).

Ao comparar os resultados dos projetos obtidos em situações adversas, a discussão se torna ampla e contempla mais aspectos relevantes envolvidos, possibilitando, assim, vislumbrar um cenário claro à escolha da melhor alternativa viável.

Nesta etapa, destaca-se a caracterização de cada empresa em separado, e também as análises comparativas, com vistas a identificar aspectos positivos e negativos sobre a sustentabilidade dessas empresas. Em seguida, são feitas sugestões para o gerenciamento dos resíduos sólidos das indústrias madeireiras baseadas nas melhores alternativas identificadas e que considerem fatores financeiros, econômicos e ambientais.

3.3 Delimitações da pesquisa

Esta pesquisa não tem como objetivo explorar processos com vistas à redução da quantidade de resíduo gerado na operação de equipamentos e na rotina de funcionários. O escopo deste trabalho está focado no gerenciamento dos resíduos por parte da empresa e os aspectos que envolvem a destinação deste material.

A pesquisa foi realizada em indústrias de base florestal instaladas na Amazônia Mato-grossense na cidade de Sinop que processam madeira nativa proveniente de projetos de manejo florestal, desta forma os casos apresentados não consideram outras regiões brasileiras.

As limitações dessa pesquisa estão incorporadas à metodologia utilizada. De acordo com Yin (2001), os estudos de caso são generalizáveis a proposições teóricas, e não a populações ou universos. Seu objetivo é expandir e generalizar teorias, generalização analítica e não estatística. Assim, os resultados provenientes desse estudo de múltiplos casos não poderão ser generalizados para demais empresas do mercado.

Outro ponto que necessita de ressalvas é a utilização de entrevista como ferramenta de coleta. O uso desta ferramenta exigiu atenção especial para assegurar a cientificidade da técnica, a qualidade das informações coletadas, seu registro e a redução do volume de dados a elementos passíveis de análise.

4 ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo são apresentados quatro casos de empreendimentos madeireiros instalados na cidade de Sinop/MT que, por suas características representam o setor de madeira processada mecanicamente no Estado de Mato Grosso. Cada empresa se dedica a uma categoria de produtos sendo: compensados e lâminas, Produto de Maior Valor Agregado, madeira serrada e madeira serrada e beneficiada.

4.1 Representatividade dos casos

Segundo dados de Pereira et al. (2010), em 2009, havia 2.227 indústrias madeireiras em funcionamento na Amazônia Legal. A maioria (60%) era de **serrarias** (serras de fita), cujo consumo médio anual de toras foi 6,9 mil m³. Outros 26% eram **microsserrarias**, com consumo médio anual de 975 m³. As **laminadoras** representam 5%, e o seu consumo médio foi de aproximadamente 8,7 mil m³ em tora. Um por cento das indústrias eram **fábricas de compensado**, que consumiram, em média, 21 mil m³. Por fim, as **indústrias beneficiadoras** de madeira (8% das indústrias) consumiram, em média, aproximadamente 22 mil m³ de madeira em tora por ano (Tabela 10) (grifo nosso).

Tabela 10 – Número de indústrias madeireiras, por tipo, na Amazônia Legal em 2009

Estado	**Tipo de indústria madeireira**					
	Micros-serrarias	**Serrarias**	**Laminadoras**	**Fábricas de compensado**	**Beneficiadoras**	**Total**
Acre	-	16	3	-	5	24
Amapá	41	7	-	-	-	48
Amazonas	2	53	-	-	4	59
Maranhão	-	53	-	1	-	54
Mato Grosso	**56**	**414**	**45**	**13**	**64**	**592**
Pará	449	523	37	10	48	1.067
Rondônia	28	226	32	4	56	346
Roraima	5	27	2	-	3	37
Amazônia Legal	**581**	**1.319**	**119**	**28**	**180**	**2.227**

Fonte: Pereira et al. (2010).

Os sete polos madeireiros mais importantes da Amazônia Legal em 2009 responderam por 36% do consumo total de madeira em tora, 35% da receita bruta e 30% dos empregos gerados. Os maiores polos, segundo o Pereira et al. (2010), foram Paragominas (PA), Sinop

(MT), Belém (PA), Aripuanã (MT), Juara (MT), Breves (PA), Rio Branco (AC), Tomé-Açú (PA), Ariquemes (RO) e Porto Velho (RO) (Tabela 11) (grifo nosso).

Tabela 11 – Principais polos madeireiros da Amazônia Legal em 2009

Polo madeireiro	**Consumo anual de toras (milhares m³)**	**Número de indústrias**	**Empregos gerados**	**Receita (US$ milhões)**
Paragominas (PA)	755	42	3.693	115
Sinop (MT)	**701**	**117**	**7.944**	**135**
Belém (PA)	697	35	13.241	141
Aripuanã (MT)	461	30	6.176	99
Juara (MT)	460	39	5.023	76
Breves (PA)	444	159	2.171	42
Rio Branco (AC)	422	24	4.641	91
Tomé-Açu (PA)	396	36	9.147	63
Ariquemes (RO)	372	47	5.943	60
Porto Velho (RO)	330	44	4.519	48

Fonte: Pereira et al. (2010).

Em 2009, as zonas madeireiras existentes no Estado de Mato Grosso abrigavam 20 polos madeireiros. As 592 indústrias existentes no estado consumiram 4 milhões de m³ de madeira em tora e geraram em torno de 57 mil empregos diretos e indiretos naquele ano. O volume processado foi aproximadamente de 1,8 milhão de m³, o que gerou uma receita bruta de US$ 803 milhões. A Tabela 12 informa os principais polos madeireiros do Mato Grosso ao indicar a cidade polo, número de indústrias, volume anual da extração de toras, produção, empregos gerados e receita bruta.

A cidade de Sinop se destaca no Estado por apresentar todos os indicadores de desempenho maiores que as demais cidades. São 117 indústrias na cidade que processam 298 mil/m³ de toras gerando 7.944 empregos e receita bruta de US$ 135,3 milhões.

Em 2010 estavam cadastrados 4.252 empreendimentos madeireiros na Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso. Deste total, 314 (7,4%) estão instalados no município de Sinop/MT e dividem-se em pelo menos três setores: primário, secundário, terciário e final (MATO GROSSO, 2005).

Deste grupo de 4.252 indústrias, muitas apresentam características modernas de produção utilizando a divisão do trabalho, postos de operação, produtos em série, bens de capital, tais como máquinas e equipamentos, em geral são de fabricação nacional e apresentam disponibilidade em estoque para comercialização.

Tabela 12 – Polos madeireiros do Estado de Mato Grosso em 2009

Polo madeireiro	Números de indústrias	Extração anual de toras (milhares m³)	Produção processada (milhares m³)	Empregos gerados	Receita bruta (US$ milhões)
Cláudia	36	217	101	3.938	43,6
Feliz Natal	57	259	147	3.342	67,2
Marcelândia	37	230	105	2.742	45,9
São Jose do Rio Claro	17	95	41	1.661	17,8
Sinop	**117**	**701**	**298**	**7.944**	**135,3**
União do Sul	16	82	30	1.090	13,3
Centro de Mato Grosso	**280**	**1.584**	**722**	**20.717**	**323,1**
Alta Floresta	29	164	71	3.008	28,3
Apiacás	15	109	48	1.329	18,8
Itaúba	17	59	27	1.223	11,6
Matupá	26	81	33	1.737	12,9
Nova Bandeirantes	19	176	70	1.998	26,6
Nova Monte Verde	15	103	46	1.304	17,9
Paranaíta	9	57	20	938	8,3
Norte de Mato Grosso	**130**	**749**	**315**	**11.537**	**124,4**
Aripuanã	30	461	211	6.176	99,3
Colniza	36	260	155	5.099	86,9
Cotriguaçu	15	129	57	2.048	27,7
Juara	39	460	187	5.023	76,2
Juína	32	177	79	2.910	33,8
Juruena	9	64	30	1.346	15,2
Tabaporã	12	101	32	1.631	13,0
Noroeste de Mato Grosso	**173**	**1.652**	**751**	**24.233**	**352,1**
Outras localidades	**9**	**19**	**7**	**445**	**3,6**
Mato Grosso	**592**	**4.004**	**1.795**	**56.932**	**803,2**

Fonte: Pereira et al. (2010).

Nesta categoria estão as fábricas de compensado, laminadoras e serrarias pneumáticas, indústrias que transformam a matéria-prima e agregam novos insumos durante o processo produtivo, de modo que, no final da elaboração, surge um novo produto distinto da matéria-prima original.

Para Marta (2007), as laminadoras recebem uma conceituação mais específica, considerando a manutenção das características externas apresentadas pelas matérias-primas, principalmente pelos processos físico-químicos utilizados, tais como cozimento, extração de resina, segmentação e processo de secagem.

Outro grupo de unidade fabril produz madeira serrada, como produto final, sem que haja transformação da natureza intrínseca da matéria-prima. De certa forma, apenas é retirada a casca e dada nova forma, perfeitamente quantificável, à matéria-prima. O processo físico de serragem não causa uma transformação estrutural na matéria-prima e não ocorre processo químico de monta. Nesse tipo de planta industrial, o planejamento é usado em poucas empresas. O processo se aproxima muito mais do manufatureiro que o industrial, sendo que as serrarias utilizam equipamentos de origem europeia.

Por último, e às vezes muito próximo das serrarias do grupo anterior, estão os engenhos, as chamadas “pica-pau”, que se caracterizam como unidades familiares maquino-manufatureiras com baixa produção e nenhum sentido capitalista de divisão do trabalho, treinamento ou capacitação do trabalho, relações empresariais ou trabalhistas, sendo muitas vezes prestadores de serviço e com pagamento sendo feito em espécie.

Considerando os níveis de processamento descritos em Mato Grosso (2005): primário, secundário, terciário e final sob o aspecto dos grupos indústrias e os principais produtos da indústria de madeira processada mecanicamente, optou-se por estudar neste trabalho quatro empreendimentos madeireiros como segue:

- Empresa A: laminadora e fábrica de compensado;
- Empresa B: indústria de Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA);
- Empresa C: beneficiamento de madeira serrada, e;
- Empresa D: desdobro de toras.

Os quatro casos são apresentados como forma de demonstrar a estrutura das indústrias do setor e gerenciamento dos resíduos de madeira que cada uma desenvolve. Com o objetivo de auxiliar na comparação entre os diferentes casos, o mesmo formato foi empregado em todos eles, apresentando-se da seguinte forma:

As empresas estudadas são identificadas como Empresas A, B, C e D.

- Características fundamentais;
- Principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção;
- Produtos e processos;
- Responsabilidade sócio-ambiental;
- Gestão de processos relativos ao produto.

Primeiramente, são descritas as características fundamentais da empresa, incluindo um breve histórico. Em segundo lugar, são apresentados aspectos da estrutura da empresa como equipamentos e instalações. Em terceiro lugar, destacam-se os produtos e processos de cada empresa, incluindo as principais espécies florestais utilizadas. Em quarto lugar, evidenciam-se aspectos de responsabilidade sócio-ambiental da organização. Finalmente, uma análise da gestão de processos relativos ao produto é apresentada, incluindo o percentual de aproveitamento de matéria-prima para cada produto.

4.2 Características fundamentais: Empresa A

A Empresa A é uma empresa jurídica de direito privado, capital fechado, do segmento de industrialização de madeira nativa, atuando desde a extração da matéria-prima até a entrega do produto ao cliente final. Fundada em 01 de setembro de 1997, com sede própria localizada na cidade de Sinop/MT, é a matriz industrial do Grupo ao qual pertence. O empreendimento é propriedade de quatro sócios, onde um deles atua como gerente, com cotas iguais de 25% cada um.

O grupo econômico ao qual a Empresa A pertence controla as seguintes empresas: extração de madeira nativa, laminadora, fábrica de compensado, beneficiamento e transportadora, serraria e beneficiamento, revendas de material para construção civil e moveleira, serraria e marcenaria, indústria de móveis e loja de fábrica, transportadora e revenda de material para construção civil.

Datas importantes na história da organização:

- 1972 – Fundação da Indústria de Madeira LTDA.;
- 1994 – Fundação de uma filial no município de Cláudia/MT;
- 1997 – Fundação da Matriz no município de Sinop/MT;
- 1998 – Geração de energia a partir de resíduos, matriz;
- 1998 – 1º Manejo Florestal adquirido com equipe de extração própria, matriz;
- 1999 - 1º contrato de exportação realizado, matriz;
- 2000 – Recorde de produção de compensados em 3.000 m³/mês, matriz;
- 2003 - Ampliação da frota para o setor de transporte de matéria-prima, matriz;
- 2004 – Certificação PNQM[6] e CE (Comunidade Européia), matriz;
- 2005 – Implantação do setor de beneficiados, matriz;
- 2007 – Aquisição de novas máquinas, matriz;
- 2009 - Implantação do Programa Quali-MT.

A Empresa A possui 12.400 m² de área construída distribuídos em 10 barracões. O grupo gera 629 postos de trabalho nos mais diversos nichos de mercado ligados à madeira, como revenda de produtos para a construção civil e moveleira com unidades na região sudeste e norte do país, unidades industriais de madeira nativa na região Centro-Oeste e norte do país.

---

[6] Programa Nacional de Qualidade da Madeira.

4.2.1Principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção

Os principais equipamentos , instalações e tecnologias de produção são descritos a seguir.

Equipamentos:

- Uma caldeira;
- Duas empilhadeiras;
- Três torno laminador;
- Quatro pás-carregadeiras;
- Um caminhão tanque;
- Quatro caminhonetas;
- Veículo para transporte de funcionários;
- Caminhões para transporte de matéria-prima;
- Quatro tratores para o setor de extração.

Instalações:

- Quatro barracões para estocagem de madeira;
- Escritório;
- Refeitório;
- Oficina;
- Barracão para caldeira.

4.2.2 Produtos e processos

A Empresa A, projetada para a extração, laminação, fabricação de compensado e beneficiamento de madeira nativa, atua no mercado com produtos de madeira e afins, como toras, lâminas, formas para concreto, compensado moveleiro, compensado usado em carrocerias e fundição, forros, lambris, assoalhos, portas, batentes, guarnições, *deck*, travessas para cama e berço, cachepôs, cabos para escovas e ferramentas e pedidos especiais.

Os processos de apoio, administrativo e financeiro, bem como tecnologia da informação, estão ligados à unidade controladora, sendo independentes nos processos de controle da qualidade, desenvolvimento humano, jurídico e comunicação.

A estrutura organizacional está representada pelo sócio-diretor, seguido pelos encarregados de áreas, tais como:

- Setor administrativo;
- Setor de compensado;
- Setor de laminadora;
- Setor de beneficiamento;
- Setor de extração;
- Setor de manutenção e transporte.

As principais espécies de origem florestal utilizadas pela empresa são apresentadas na Tabela 13, assim como o valor médio pago em três estados por metro cúbico.

Tabela 13 – Preço de madeira em tora das espécies utilizadas pela Empresa A em 2010

Nome vulgar	**Nome científico**	**Preços médios (US$/m³)**[7][8]			
		Mato Grosso	**Pará**	**Rondônia**	**Média**
Amescla	*Protium heptaphyllum*	87	88	71	83
Angelim-pedra	*Hymenolobium petraeum*	131	126	93	117
Cedrinho	*Erisma uncinatum*	130	98	73	115
Cumaru	*Dipteryx odorata*	136	132	103	125
Garapeira	*Apuleia molaris*	125	99	92	106
Itaúba	*Mezilaurus itauba*	184	122	115	165
Jatobá	*Hymenaea courbaril*	120	119	91	113
Peroba	*Aspidosperma sp.*	137	185	97	128

Fonte: Pereira et al. (2010).

Os preços de madeira em tora das espécies de baixo valor econômico variaram entre US$ 62 e US$ 90 por metro cúbico, com média de US$ 81 por metro cúbico em 2009. Para as espécies de médio valor, os preços médios oscilaram entre US$ 87 e US$ 120 por metro cúbico (PEREIRA et al., 2010).

4.2.3 Responsabilidade sócio-ambiental

Os principais impactos negativos causados pelo processo industrial são o descarte de insumos industriais, produtos químicos utilizados no processo de fabricação e emissão de gases na produção de energia.

---

[7] Preços médios obtidos com 714 informantes do setor madeireiro.
[8] Câmbio médio de 2009: US$ 1,00/R$ 1,99 (BCB, 2009).

Em função da natureza da atividade da empresa, ou seja, uma indústria de processamento madeireiro, os impactos sociais e ambientais são consideráveis. Desta forma, a empresa busca o aproveitamento da madeira e redução dos resíduos e consumo de energia fornecida pela distribuidora local.

Atualmente, o consumo demandado é proveniente de termoelétrica[9] instalada nas dependências da empresa, com produção de cavaco para seu abastecimento, visando assim, contribuir com a redução dos impactos sociais e ambientais.

Os quesitos ambientais de acordo com a Política Florestal do Mato Grosso (MATO GROSSO, 2005), e a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981) estão sendo cumpridos. Todos os assuntos ambientais ficam a cargo de um engenheiro florestal que administra todas as questões ambientais frente à SEMA[10] e ao IBAMA.

As principais ações são o plano de aproveitamento dos insumos de produção para confecção de novos produtos, programa de aproveitamento do lixo industrial para geração própria de energia elétrica, aproveitamento dos processos de produção, filtragem da sobra da cola para reutilização na fábrica, aproveitamento da água utilizada na geração de energia e controle da emissão de gases com a queima de resíduos na caldeira.

Também foram desenvolvidos vários cursos e treinamentos pessoais como o Programa de Produção + Limpa, que se estendeu a todos os funcionários, curso de aproveitamento da produção, palestras sobre a importância do uso do Equipamento de Proteção Individual (EPI) e conscientização da equipe de exploração florestal na área de manejo florestal da organização.

A empresa possui uma biblioteca para acesso de todos os funcionários e clientes. Participa dos jogos da indústria promovido pelo Serviço Social da Indústria (SESI), além de eventos como confraternizações, com a presença de todos os funcionários e familiares. Não há distinção entre gênero ou religião, sendo que cada funcionário é alocado de acordo com a sua capacidade.

4.2.4 Gestão de processos relativos ao produto

---

[9] Instalação industrial usada para geração de energia elétrica a partir da energia liberada em forma de calor, normalmente por meio da combustão de algum tipo de combustível renovável ou não renovável.
[10] Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

A Empresa A trabalha com pedidos específicos e pré-estabelecidos de modo que a necessidade do cliente molda a linha de produção. Os processos de medição e controle da produção são feitos pelo Programa de Controle de Produção (PCP) através de reuniões entre os responsáveis pelo setor, produção e vendas.

A programação da produção de compensado segue os seguintes passos:

● Verificar os pedidos pendentes na pasta;

● Verificar os produtos existentes nos pedidos e confrontar com o estoque, programando os produtos que faltam;

● A programação deve ser feita no período de quatro semanas;

● Organizar a produção para que toda a matéria-prima esteja disponível para a produção total do lote de compensado;

● Quantidade: a produção deve ser programada considerando a meta diária estipulada no período da realização da programação;

● Estoque: não deverá ser produzido produto sem pedido;

● Sequência: evitar a troca de matéria-prima e insumos, no mesmo dia, na linha de produção. Exemplo: fazer compensado com cola MR e depois compensado com cola WBP com a mesma passadeira de cola em um período de um dia de produção;

● Prazo de entrega: deve ser observada a data de entrega que se encontra no pedido efetuado pelo setor de vendas, o pedido não deverá ser feito parcialmente para evitar produtos ociosos no estoque;

● Utilizar composições de lâminas para a formação da espessura do compensado dando preferência para lâminas fora de padrão.

Há controles produtivos na empresa que monitoram o desempenho da manutenção, logística interna, contabilidade, financeiro, recursos humanos e vigilância. A matéria-prima adquirida do fornecedor é contada no momento do recebimento. Separam-se, neste momento, os produtos conformes dos produtos não conformes. Sendo assim, o nível de não conformidades pode influenciar muito na produção final, caso exista uma grande quantidade de matéria-prima com defeitos.

As toras recebidas podem ter destinos diferentes dentro da empresa de acordo com as suas características. Algumas são encaminhadas para o cozimento tanto em água como em vapor, pois esse processo amacia a madeira e facilita a laminação. Já outras toras ficam em dormência, cobertas com serragem para que não sofram diretamente a ação do sol e da chuva, perdendo assim suas propriedades (Figura 7).

Fonte: do autor.

Figura 7 - Cozimento (esquerda) e dormência (direita)

A laminação produzida a altas temperaturas é mais firme e com espessura uniforme, sendo que o aquecimento é recomendado para obtenção de lâminas de madeiras duras, a serem usadas na face do compensado. Quando a lisura e firmeza da superfície da lâmina, não são importantes como em compensados para embalagem; muitas vezes o aquecimento pode não ser necessário.

Cada espécie é mais facilmente laminada dentro de uma faixa de temperatura. Muitas espécies macias apresentam melhor laminação quando frias, acontecendo o contrário com espécies duras. Nesse caso, existe também um pátio para toras que não precisam ir para dormência e aquecimento, ou seja, estão com a temperatura ideal para a laminação e serão utilizadas rapidamente (Figura 8).

Fonte: do autor.

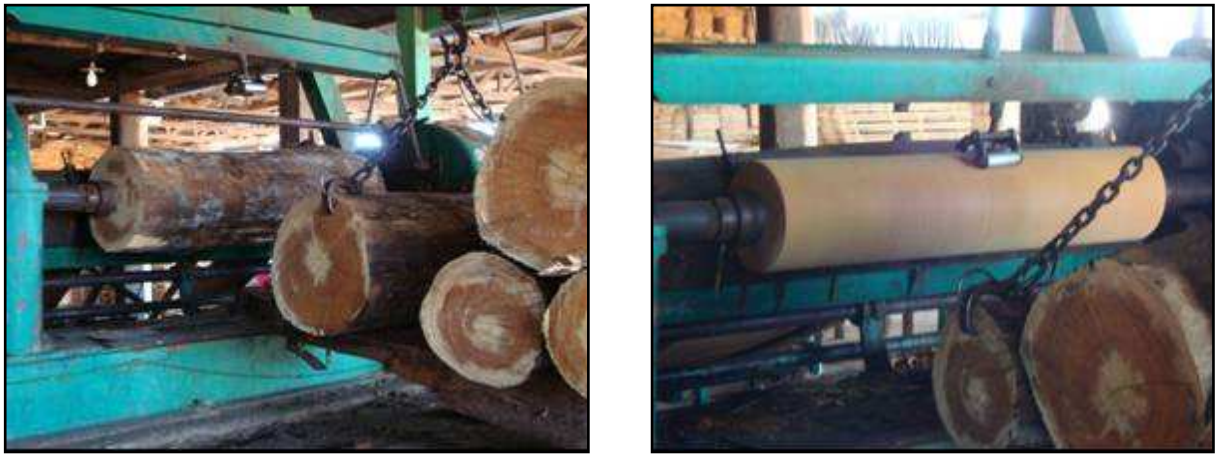
Figura 8 - Estoque (esquerda) e tora selecionada para laminação (direita)

Durante a extração, é observada a medida das toras, uma vez que elas devem ter comprimento de 2,30m para o mercado nacional e 2,58m para exportação. Assim, durante a extração, são deixados 10 cm que serão retirados no momento do corte das duas pontas da tora (Figura 9), que geralmente apresentam defeitos e são retirados antes da laminação.

Fonte: do autor.

Figura 9 - Retirada da ponta (esquerda) e corte central (direita)

Após o corte e ajuste das pontas, as toras entram no torno (Figura 10), que é o equipamento utilizado para obtenção das lâminas. Em seguida, à medida que a faca avança em direção ao centro da tora que está girando, ela remove uma lâmina cilíndrica de madeira durante cada volta completa.



Fonte: do autor.

Figura 10 - Encaixe da tora no torno (esquerda) e laminação (direita)

Durante o processo de laminação, a curvatura natural da lâmina é eliminada. Esse “alisamento” de lâmina, bem como o próprio processo de laminação, ocasiona o aparecimento de pequenas rachaduras na parte inferior (lado aberto) da lâmina, comumente denominadas fendas de laminação.

O operador do torno troca em alguns casos as garras que seguram a tora por menores, para que possa retirar mais lâminas de cada peça. No fim do processo, restam os toretes de laminação (Figura 11), que por serem pouco resistentes, não são comercializados, servindo de combustível para a caldeira.

Fonte: do autor.

Figura 11- Toretes (esquerda) e guilhotina (direita)

Atrás do torno, as lâminas são cortadas em uma guilhotina (Figura 11). Nesta fase, são descartadas partes que não apresentam os requisitos mínimos para compor as lâminas. A classificação consiste em separar as lâminas para a produção e as com resíduos da casca ou quebradas.

Após serem classificadas, as lâminas passam por um processo de secagem até um determinado teor de umidade. O objetivo da secagem de lâminas é oferecer condições adequadas para formação de painéis, pois, a quantidade de umidade influencia na velocidade de solidificação do adesivo, ou seja, quanto menor o conteúdo de umidade mais rápida será a cura do adesivo.

Os resíduos da fase de laminação são conduzidos por uma esteira até uma máquina que produz cavaco, lascas[11] cisalhadas obtidas a partir de toras de madeira ou resíduos diversos. Além das lâminas não conformes, também são transformados em cavaco os resíduos da serraria de Itaúba/MT, provenientes do desdobro de toras (Figura 12).

Fonte: do autor.

Figura 12- Resíduo da laminação (esquerda) e cavaco (direita)

Na sequência, as lâminas recebem a cola preparada com resina, catalisador, extensor, imunizante e água (Figura 13). A cola preparada atende às exigências de resistência do compensado e tipo de madeira a ser colada. Neste caso, a empresa não utiliza colas diferentes na mesma passadeira no mesmo dia e também existe a preocupação de filtrar a sobra da cola para reutilização na fabricação.

Fonte: do autor.

Figura 13 - Colagem (esquerda) e esquadrejamento (direita)

[11] Peça de madeira ou parte de tronco, obtida por rompimento no sentido longitudinal, forçado a partir de rachaduras e fendas na madeira, geralmente de dimensões que possibilitam manuseio e com dois lados formando um vértice e geralmente destinadas à utilização como estaca e mourão de cerca e arame.

As lâminas coladas (Figura 14) passam pelo processo de esquadrejamento e são gerados resíduos de até 10 cm que deverão ser encaminhados para caldeira (Figura 15).

Fonte: do autor.

Figura 14 - Lamina acabada (esquerda) e resíduo (direita)

Todos os resíduos gerados na empresa passam pelo picador onde são transformados em cavaco e depois seguem por uma estrutura de madeira (Figura 15) até um depósito próximo à caldeira. Além do resíduo que a indústria gera, é preciso adquirir lenha de outras empresas para abastecer a caldeira.

Fonte: do autor.

Figura 15 - Esteira para transporte de resíduo (esquerda) e caldeira (direita)

A caldeira (Figura 15) gera energia para toda a indústria e o seu vapor é utilizado em diversas atividades, como aquecimento artificial das toras. Também são gerados resíduos

(Figura 16), que correspondem a uma mistura de alcatrão e água coletado por uma serpentina instalada na chaminé da caldeira.

Fonte: do autor.

Figura 16 - Resíduo da caldeira (esquerda) e água da caldeira (direita)

Já na Tabela 14 é apresentado o fluxo de aquisição de matéria-prima (toras) para o processo produtivo. Percebe-se que o índice dos produtos conformes está abaixo do esperado em relação ao índice desejado pela empresa, que é de 66%. Isso ocorre devido à qualidade da madeira comprada, à espessura das toras e ao mau aproveitamento dos cortes.

Tabela 14 – Consumo e produção de madeira na Empresa A em 2009

Mês	Consumo (m^3)	Produção (m^3)	Perda (%)
Janeiro	1.210,899	752,310	37,872
Fevereiro	1.305,840	845,390	35,261
Março	1.331,209	904,090	32,086
Abril	1.730,633	1.103,206	36,254
Maio	1.490,369	967,190	35,104
Junho	1.701,797	1.033,195	39,288
Julho	2.035,664	1.243,465	38,916
Agosto	1.848,810	1.027,145	44,443
Setembro	1.649,242	849,879	48,469
Outubro	1.475,748	881,524	40,266
Novembro	1.040,053	658,198	36,715
Dezembro	897,614	515,813	42,535

Fonte: Empresa A.

A Tabela 15 apresenta os principais produtos da fábrica de cabos e sua respectiva perda. Estes produtos são fabricados a partir de resíduos trazidos da filial de Claudia/MT, onde ocorre o desdobramento de toras. Trata-se de uma alternativa para aproveitar o resíduo na produção de pequenas peças ao invés de utilizá-lo como combustível.

Tabela 15 – Produtos e perdas do setor de aproveitamento de resíduos em 2009

Produto	Unidade	Espécie	Finalidade	Perda (%)
Cabo pincel	pç	Garapeira	Pincel	7
Cabo escova de aço	pç	Itaúba	Escova de aço	2
Cabo escova 1780	pç	Itaúba	Escova de sapato	2,5
Cabo escova 7720	pç	Cedrinho Cerne	Escova de sapato	3
Cabo vassoura	pç	Cambará	Vassoura	2,5
Estrado	pç	Cambará	Cama	1,82
Desempenadeira	pç	Cedrinho	Desempenadeira	2

Fonte: Empresa A.

4.3 Características fundamentais: Empresa B

A Empresa B é uma empresa jurídica de direito privado, capital fechado que pertence a dois sócios que dividem as atividades administrativas da empresa. Fundada em 11 de novembro de 1998, a Empresa B é o resultado de uma aquisição da Serraria Itaúba, que possuía uma serra fixa horizontal (Pica Pau).

Algumas datas importantes para a organização são listadas:

- 1998 - Início do beneficiamento com a produção de forro;
- 1998 – Retirada da serragem por um caminhão;
- 1998 - Utilização de caixas para acondicionar os resíduos;
- 2006 – Produção de *Deck* Assoalho;
- 2006 – Exportação de *Deck*;
- 2008 – Ampliação da produção de Portal e “vista” para portas;
- 2008 – Começou a utilizar uma estufa terceirizada;
- 2009 – Produção de Tacos.

4.3.1 Principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção

Os principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção da Empresa B são descritos a seguir.

Equipamentos:

- Quatro afiadeiras;
- Quatro plainas;
- Quatro destopadeiras;
- Duas amarradeiras;
- Duas empilhadeiras;

● Duas alinhadeiras simples;

● Uma fita de desdobro;

● Uma desempenadeira;

● Uma respingadeira;

● Uma esquadrejadeira.

Instalações:

● Barracão (Forro);

● Barracão (Taco, *Deck* e Assoalho);

● Barracão (Portal).

4.3.2 Produtos e processos

Os principais produtos de origem florestal são:

● Assoalho;

● *Deck*;

● Forro;

● Portal;

● Taco.

As principais espécies de origem florestal utilizadas pela Empresa B são apresentadas na Tabela 16. Neste caso, diferente da Empresa A, os valores são apresentados por metro cúbico por se tratar de uma empresa que adquire madeira serrada para beneficiamento.

Tabela 16 – Preço de madeira serrada das espécies utilizadas pela Empresa B em 2009

Nome vulgar	**Nome científico**	**Preços médios (US$/m³)**[12][13]			
		Mato Grosso	**Pará**	**Rondônia**	**Média**
Angelim-pedra	*Hymenolobium petraeum*	431	441	399	426
Cambará	*Vochysia sp.*	343	454	303	332
Cedrinho	*Erisma uncinatum*	392	396	303	372
Cumaru	*Dipteryx odorata*	505	504	487	499
Garapeira	*Apuleia molaris*	457	402	426	432
Itaúba	*Mezilaurus itauba*	-	-	-	-

Fonte: Pereira et al. (2010).

[12] Preços médios obtidos com 714 informantes do setor madeireiro.

A madeira serrada das espécies de baixo valor econômico foi vendida a preços médios entre US$ 265 e US$ 341 por metro cúbico no mercado nacional. Os preços das espécies de médio valor oscilaram entre US$ 335 e US$ 480 por metro cúbico. Para as espécies de alto valor, os preços médios foram entre US$ 564 e US$ 901 por metro cúbico (PEREIRA et al., 2010).

Os principais processos de negócio da empresa são os citados abaixo:

- Comercialização;
- Desenvolvimento;
- Planejamento;
- Aquisição;
- Recebimento;
- Estoque;
- Processo produtivo;
- Expedição;
- Pós-expedição.

4.3.3 Responsabilidade sócio-ambiental

A Empresa B se diferencia dos demais casos por ter o maior *mix* de produtos, o que aumenta a quantidade e a variedade de resíduos. Dessa forma, são vários os destinos dos resíduos gerados na empresa, como carvoarias, fábrica de briquetes, cavaco, fábrica de cabos, empresas que possuem fornos e fornalhas e artesanato.

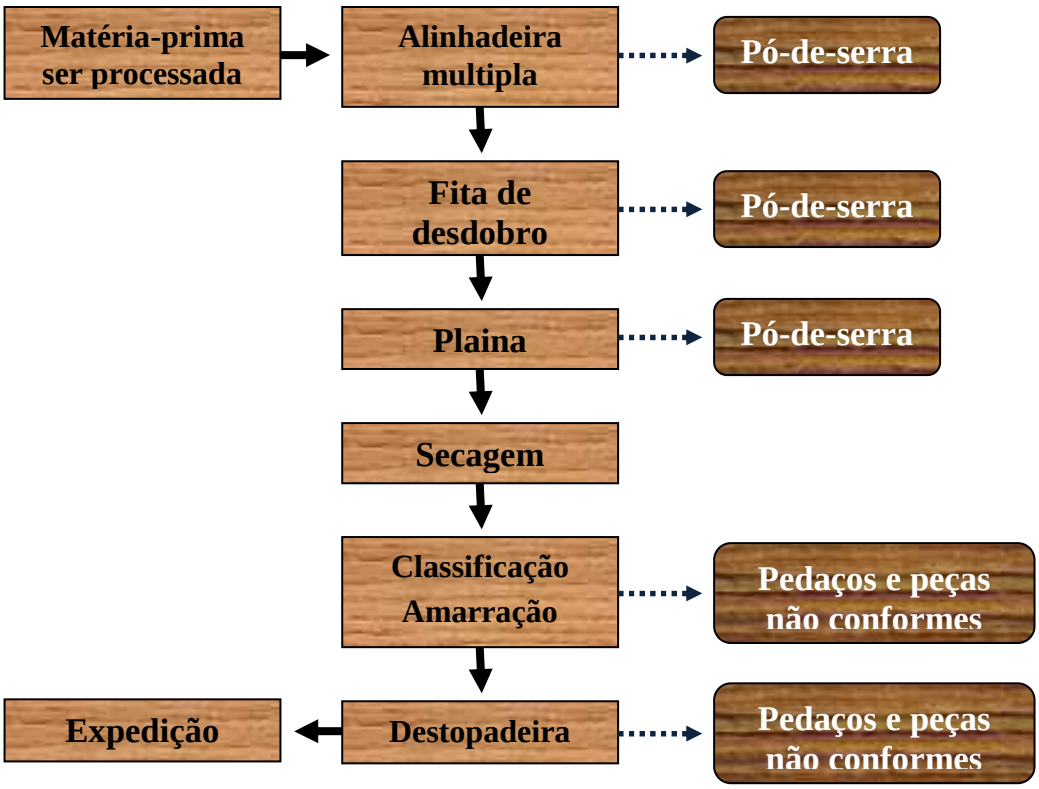
Os resíduos gerados se apresentam principalmente na forma de serragem, que é coletada quatro vezes por semana por um caminhão que transporta 8m³ por carga. Ao todo, são retirados 128 m³ de serragem, num total de 16 cargas durante todo mês com destino às olarias, cerâmicas, fábricas de briquetes e outras empresas que possuem fornos e fornalhas.

---

[13] Câmbio médio de 2009: US$ 1,00/R$ 1,99 (BCB, 2009).

4.3.4 Gestão de processos relativos ao produto

No ano de 1998, a Empresa B iniciou suas operações de beneficiamento com a produção de forro. Este setor ainda existe na empresa e continua em operação. Todavia, a partir de 2006 a produção foi reduzida e foram priorizados produtos como o d*eck* e o assoalho. A Figura 17 apresenta, de forma simplificada, o processo produtivo do forro e os processos onde são gerados os resíduos.



Fonte: elaborado pelo autor.

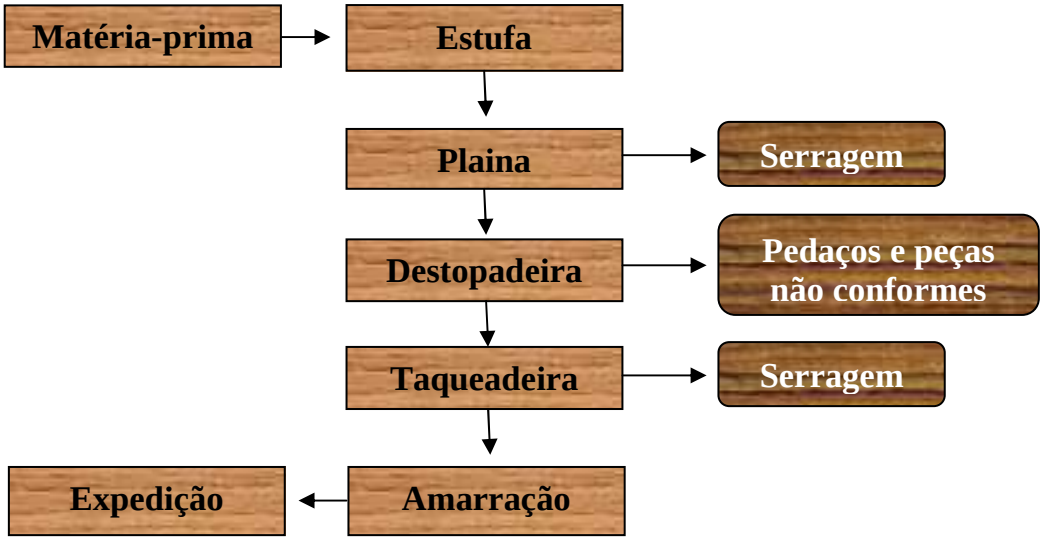
Figura 17 - Processo produtivo forro

Com o aumento da demando por produtos de revestimento como *deck*, taco e assoalho, a empresa priorizou a produção dos mesmos e iniciou a exportação destes produtos em 2006. Um diferencial na produção é a necessidade de secar a madeira antes do processamento o que exige que a madeira passe por uma estufa como demonstrado na Figura 18.

A secagem da madeira é uma técnica que visa à redução do seu teor de umidade, objetivando levá-la até um determinado ponto, com um mínimo de defeitos e no menor tempo

possível. Para tanto deve valer-se de uma técnica que seja economicamente viável, observando o fim para o qual a peça da madeira se destina.

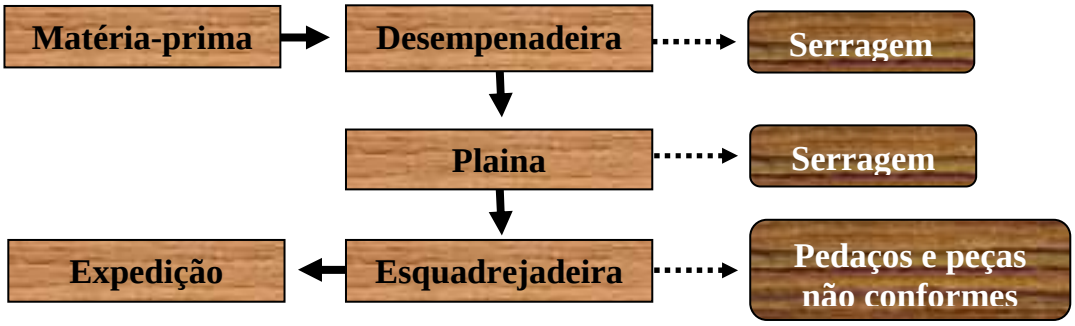
Existem duas formas básicas de secagem da madeira: a) sob condições naturais ou também chamada ao ar livre; e b) através de estufas ou secadores, como é o caso da Empresa B. As vantagens da secagem em estufa em relação à secagem natural são: redução do período de tempo da secagem, maior controle, possibilidade de eliminar ataques de fungos e insetos, redução da umidade em qualquer época do ano, e não necessita de grandes pátios necessários para secagem natural.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 18 - Processo produtivo taco, *deck* e assoalho

Outro setor da empresa, não menos importante, é responsável pela produção de portal, ou seja, a parte fixa da porta, também conhecido como batente. Este setor foi ampliado em 2008 com a aquisição de um terceiro barracão para instalação das máquinas e estoques correspondentes. O processo produtivo é relativamente simples (Figura19) e, como resíduos, há principalmente serragem e peças não conformes.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 19 - Processo produtivo portal

A Empresa B utiliza basicamente madeiras duras em seus produtos como é o caso do taco, *deck* e assoalho. Madeiras assim precisam passar pela estufa (Figura 20) antes de serem beneficiadas, para que fiquem com o teor de umidade exigido pelo processo de fabricação.

A estufa fica próxima à empresa e após anos de serviços prestados optou-se por alugá-la. A caldeira que gera vapor para as duas estufas naturalmente utiliza como combustível resíduos gerados pela empresa, além de adquirir lenha de outras indústrias. Dentre o material utilizado, estão principalmente peças não conformes e pedaços menores gerados no acerto de tamanho dos produtos.

Fonte: do autor.

Figura 20 - Caldeira (esquerda) e estoque (direita)

No pátio da Empresa B, a madeira que passou pela estufa é empilhada e logo em seguida processada. A primeira máquina pela qual ela passa é a plaina (Figura 21) e em seguida a destopadeira. A plaina retira uma fina camada da peça e faz o acabamento, enquanto na destopadeira é acertado o tamanho.

Fonte: do autor.

Figura 21 - Plaina (esquerda) e destopadeira (direita)

Por se tratar de uma empresa de beneficiamento, a Empresa B apresenta algumas características que as outras empresas não possuem em função da quantidade de produtos que fabrica. Essa variedade influencia diretamente os resíduos gerados, aumentando a quantidade e a forma. Na Figura 22 observa-se, à esquerda, resíduos provenientes do acerto de tamanho de portais e, à direita, a serragem produzida.

Fonte: do autor.

Figura 22 - Destopadeira (esquerda) e serragem (direita)

Em relação ao aproveitamento da matéria-prima a maior perda ocorre na fabricação do forro (45,10%). Produtos como *deck*, taco e assoalho passam pelo mesmo processo e possuem percentual de aproveitamento igual (33,33%). Já o portal tem a menor perda (15,60%), conforme pode ser visto na Tabela 17.

Tabela 17 – Aproveitamento da madeira em função dos produtos fabricados

Produto	Un.	Espécie	Entrada (m^3)	Saída (m^3)	Perda (%)
Forro	48 pct	Cedro	5,1	2,8	45,10
Portal	34 pç	Garapeira	1	0,844	15,60
Deck	100 pç	Cumarú e Itaúba	1,5	1	33,33
Taco	100 pç	Cumarú e Itaúba	1,5	1	33,33
Assoalho	100 pç	Cumarú e Itaúba	1,5	1	33,33

Fonte: Empresa B.

4.4 Características fundamentais: Empresa C

A Empresa C pertence ao setor madeireiro e está localizada ao norte do Estado de Mato Grosso. É uma empresa jurídica de direito privado que pertence a dois sócios com cotas iguais de 50% cada, sendo um deles gerente da empresa.

Constituída em 28 de junho de 1993, sua missão inicial era suprir com produtos as madeireiras pertencentes aos sócios localizadas na cidade de São Paulo e, ao mesmo tempo, explorar duas áreas de manejo florestal situadas no município de Feliz Natal.

Nos anos de 1999 e 2000, a organização tomou a decisão de melhorar a qualidade dos produtos, agregando valor; para isso, investiu em uma nova estrutura física com secadores, gerador de vapor, plainas, emendadeira, coladeira e lixadeira.

No início de 2003 ocorreu a separação da sociedade. Assim, a Empresa C e as propriedades de Feliz Natal passaram unicamente para o controle dos sócios atuais e as madeireiras em São Paulo, para os antigos sócios.

Atualmente, a empresa concentra-se nas exportações, em uma época bastante desfavorável, devido à constante valorização do real. Como reação, é dada atenção à otimização da produção e à redução dos custos, que possibilitam a permanência no mercado.

4.4.1 Principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção

Os principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção da Empresa C são descritos a seguir.

Equipamentos:

- Uma desengrossadeira;
- Duas plainas;
- Duas destopadeiras;

- Uma serra de fita;
- Uma emendadeira tipo *Finger-Joint;*
- Seis estufas;
- Uma caldeira;
- Duas empilhadeiras;
- Uma Pá-carregadeira;
- Um caminhão tanque;
- Duas caminhonetas.

Instalações:

- Dois barracões para estocagem de madeira;
- Uma construção em alvenaria para o escritório.

Tecnologias:

- Norma holandesa em produtos *Finger*.

4.4.2 Produtos e processos

Os principais produtos de origem florestal são:

- Madeira serrada aplainada em 2 e 4 faces;
- Madeira beneficiada (taco, forro, assoalho, parede).

As principais espécies de origem florestal utilizadas pela Empresa C são apresentadas na Tabela 18. Neste caso, a empresa também adquire madeira serrada para beneficiamento, mas se diferencia da Empresa B pelos produtos que oferece.

Tabela 18 – Preço de madeira serrada das espécies utilizadas pela Empresa C em 2009

Nome vulgar	Nome científico	Preços médios (US$/m³)[14][15]			
		Mato Grosso	Pará	Rondônia	Média
Angelim-pedra	*Hymenolobium petraeum*	431	441	399	426
Cumaru	*Dipteryx odorata*	505	504	487	499
Garapeira	*Apuleia molaris*	457	402	426	432
Ipê-amarelo	*Tabebuia serratifolia*	654	789	646	739
Jatobá	*Hymenaea courbaril*	500	492	424	478

Fonte: Pereira et al. (2010).

Conforme a Pereira et al. (2010), em 2009 as espécies de alto valor econômico tiveram preço médio de US$ 739 por metro cúbico, um valor bem superior ao verificado nos demais períodos pesquisados.

Os principais processos de negócio da empresa são os citados abaixo:

- Comercialização;
- Desenvolvimento;
- Planejamento;
- Aquisição;
- Recebimento;
- Estoque;
- Processo produtivo;
- Expedição;
- Pós-expedição.

4.4.3 Responsabilidade sócio-ambiental

Pela natureza da atividade, os impactos sociais e ambientais podem ser significativos. Assim, a empresa estabelece a maximização do aproveitamento da madeira, utilizando matéria-prima oriunda unicamente de manejos florestais de impacto reduzido, além de buscar a minimização dos resíduos e redução do consumo de energia.

A empresa se enquadra nos quesitos ambientais de acordo com Mato Grosso (2005) e Brasil, (1981), que dispõe sobre a Política Florestal do Mato Grosso e a Política Nacional do

[14] Preços médios obtidos com 714 informantes do setor madeireiro.
[15] Câmbio médio de 2009: US$ 1,00/R$ 1,99 (BCB, 2009).

Meio Ambiente. Todas as questões ambientais pendentes são administradas junto à SEMA e ao IBAMA por um Engenheiro Florestal.

Durante o programa Quali/MT em 2008, oferecido pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), foram identificados os principais impactos ambientais na empresa. A partir de 2009, buscou-se solucionar os aspectos apresentados como prioritários na planilha de avaliação de significância ambiental, como se observa no (Quadro 8).

Aspecto	**Ações**	**Período**
Emissões, efluentes e resíduos da caldeira	Efetuar coleta: - água - lodo - fumaça Efetuar análise laboratorial	Jan./09 a Fev./09
Efluentes e produtos químicos da caldeira	- Projeto técnico para efetuar contenção de produtos químicos - Destinar um local adequado para produtos químicos - Executar obras propostas pelo projeto de contenção de produtos químicos	Mar./09 Abr./09 Abr/09
Efluentes e resíduos sólidos da sala de afiação	- Projeto técnico para contenção dos efluentes e resíduos sólidos - Executar obras propostas pelo projeto	Mar./09 Abr./09

Fonte: Empresa C.

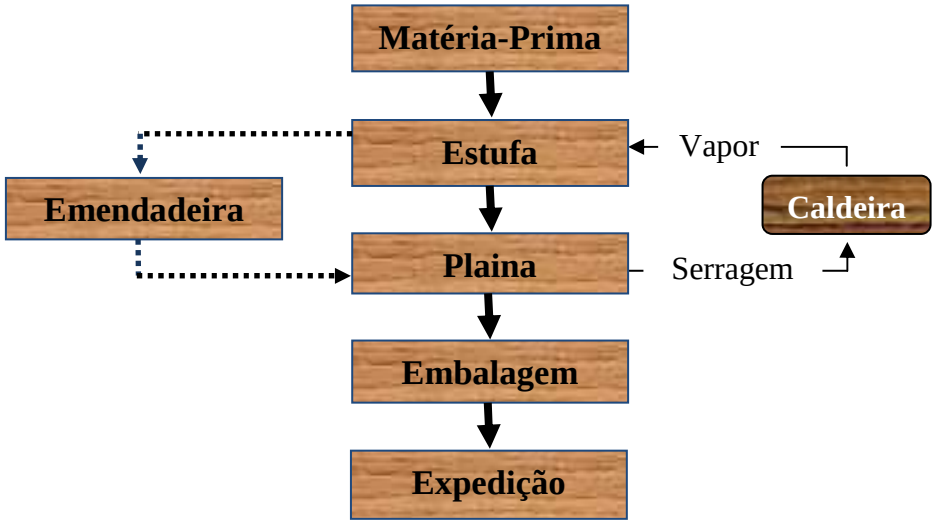
Quadro 8 – Plano de mitigação para os aspectos ambientais prioritários

4.4.4 Gestão de processos relativos ao produto

Os produtos da Empresa C passam por constantes transformações em virtude das mudanças de mercado e dos avanços da tecnologia. Para o responsável pela empresa, as tendências tecnológicas e necessidades dos clientes são contínuas e devem passar por ajustes nos produtos, estimulados pela melhoria contínua.

As mudanças são avaliadas sob a perspectiva da viabilidade financeira e alinhamento com os objetivos estratégicos. Na medida em que os processos são revistos, aspectos como funções, atribuições e competências, indicadores de desempenho e metas, também são considerados para a mudança.

O processo produtivo é apresentado pela Figura 23, onde a matéria-prima adquirida é encaminhada para estufa, pode passar pela emendadeira caso haja necessidade, então segue para a plaina, embalagem e expedição.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 23 - Processo produtivo Empresa C

Durante anos a empresa utilizou um forno para queimar todos os resíduos gerados, uma vez que, não havia uma destinação para eles. Atualmente, todos os resíduos gerados na indústria são encaminhados para uma caldeira que gera energia térmica para as seis estufas utilizadas para padronizar o teor de umidade da madeira (Figura 24).

Fonte: do autor.

Figura 24 - Forno desativado (esquerda) e estufas (direita)

Os resíduos gerados são encaminhados para um silo e utilizados na caldeira como combustível para geração de vapor, sendo principalmente peças não conformes geradas durante o acerto de tamanho dos produtos, e serragem, produzida na plaina (Figura 25).

Os clientes da Empresa C são agrupados em mercado interno e externo. Com base no faturamento (R$) nos principais mercados, a segmentação é a seguinte: Mercado Nacional (42,99%), Holanda (55,76%) e China (1,25%).

Fonte: do autor.

Figura 25 - Resíduos (esquerda) e silo (direita)

As necessidades dos clientes estão ligadas basicamente na aquisição de produtos de qualidade, para fabricação de outros produtos. A certificação emitida pela *Stichting Keuringsbureau Hout* (SKH) da Holanda, que usa a marca com o carimbo KOMO (Figura 26) auxilia nesse processo, pois dissemina o nome da empresa entre vários empresários do país holandês como a única empresa Latino Americana a possuir certificação desse tipo de produto.

Fonte: do autor.

Figura 26 - Madeira embalada (esquerda) e selo KOMO (direita)

Uma alternativa encontrada pela empresa para produzir produtos padronizados e com maior qualidade é a máquina que faz emendas. Segundo o responsável, as vigas emendadas podem chegar a 8m e possuem um coeficiente de resistência igual para toda a peça, diferente de uma peça sem emendas, que está sujeita a defeitos naturais como fendas e nós. Na Figura 27 estão respectivamente a emendadeira e exemplos de peças que foram emendadas pela máquina. Trata-se de uma aquisição muito útil por facilitar o aproveitamento de peças que provavelmente seriam descartadas pelo tamanho.

Fonte: do autor.

Figura 27 - Emendadeira (esquerda) e emendas (direita)

As exportações exigiram das empresas o aperfeiçoamento dos métodos e processos referentes principalmente a embalagem dos produtos. Neste ponto, a emendadeira auxilia no aproveitamento dos resíduos, pois são confeccionadas as partes das embalagens necessárias para embarque dos pacotes, conforme detalhe na Figura 28.

Fonte: do autor.

Figura 28 - Embalagem para exportação (esquerda) e identificação (direita)

Em 2010, passaram pelo processo de secagem 2.600 m³ de madeira acabada que correspondem a. 3.058 m³ de madeira bruta. Porém, foram adquiridos 4.984, 37 m³ em 2010, como informa a Tabela 19, distribuídos em sete espécies, com destaque para o Angelim e Cumarú. A diferença corresponde ao produto em estoque ou ainda que não tenha necessitado do processo de secagem.

Tabela 19 – Período, espécies e quantidade (m³) adquirida em 2010

Período	Angelim	Angelim amargoso	Cumarú	Cedrinho	Ipê	Itaúba	Peroba mica	Total
Jan	129,25	5,37	290,15					424,78
Fev	92,40		252,29					344,69
Mar	148,04		155,60			1,38		305,02
Abr	843,10		179,96					1.023,06
Maio	368,71		56,97					425,68
Jun	345,64		37,78					383,42
Jul	227,57		78,30				31,15	337,02
Ago	284,09							284,09
Set	165,32		101,58					266,91
Out	284,30			3,28				287,59
Nov	190,41		98,10		2,63			291,14
Dez	323,71		161,37				125,90	610,98
Total	**3.402,56**	**5,37**	**1.412,09**	**3,28**	**2,63**	**1,38**	**157,05**	**4.984,37**

Fonte: Empresa C.

O processamento da matéria-prima relacionada na Tabela 19 gera resíduos que podem ser aproveitados na caldeira como no caso da serragem ou então na confecção de peças para embalagens dos produtos, o que resulta em baixos percentuais de perdas para Empresa C, os menores entre os casos apresentados (Tabela 20).

Tabela 20 – Entrada e saída de matéria-prima (m³) e perda (%) no processo em 2010

Produto	Espécie	Entrada	Saída	Perda
Tabuado acabado aplainado 2 faces	Cumarú, Champanhe	2.741,661	2.458,090	10,3
Tabuado acabado aplainado 2 faces	Peroba Mica	303,613	282,199	7,1

Fonte: Empresa C.

De forma mais detalhada, a Tabela 20 apresenta quanto foi gerado de serragem em 2010 ao processar 3.058 m³ de madeira bruta. A capacidade de armazenamento do silo é de 200 m estéreos o que equivale a 150 m³. Foram comprados 132 m³ de serragem de outras empresas para compensar a falta do produto durante alguns meses. Assim, foram utilizados os

686 m³ de serragem (Tabela 21) com origem no processo industrial, mais a serragem adquirida de terceiros (132 m³), totalizando os 818 m³ que foram utilizados na caldeira.

Tabela 21 – Período, espécies e perda (m³) durante o processo industrial em 2010

Período	Angelim	Angelim amargoso	Cumarú	Cedrinho	Ipê	Itaúba	Peroba mica	Total
Jan	16.314	0.192	6.793	-	-	-	-	**23.299**
Fev	27.659	-	20.915	-	-	-	-	**48.574**
Mar	42.438	-	0.419	-	-	0.566	-	**42.585**
Abr	83.820	-	18.217	-	-	-	-	**102.037**
Maio	55.629	-	7.638	-	-	-	-	**63.267**
Jun	37.092	-	2.623	-	-	-	-	**39.715**
Jul	47.351	-	2.030	-	-	-	0.456	**49.837**
Ago	61.570	-	61.570	-	-	-	-	**61.570**
Set	36.499	-	26.593	-	-	-	-	**63.092**
Out	0.600	-	-	1.126	-	-	-	**0.526**
Nov	99.688	-	6.814	-	0.256	-	-	**93.103**
Dez	53.872	-	41.746	-	-	-	2.977	**98.595**
Total	**561.332**	**0.192**	**119.295**	**1.126**	**0.256**	**0.566**	**3.433**	**686.201**

Fonte: Empresa C.

4.5 Características fundamentais: Empresa D

A Empresa D é uma empresa jurídica de direito privado, do segmento madeireiro, que atua no desdobro de toras e tem como foco a venda de madeira serrada. Fundada em abril de 1984 esteve localizada às margens da BR 163 por vários anos e, atualmente, possui sua planta a poucos minutos do centro da cidade.

Desde sua fundação, foram poucas as mudanças na estrutura e produção. Uma serra de fita nova foi adquirida e está sendo construído um novo barracão para sua instalação. A aquisição foi necessária, pois a empresa possui em estoque toras de Cedro-Amazonense com diâmetro maior do que a fita atual é capaz de serrar.

Uma melhoria recente na serra de fita foi a instalação de um avanço. Este equipamento permite que a tora retorne mais rápido após o corte, o que aumentou em 30% o rendimento da serra de fita, segundo o proprietário. Essas melhorias, assim como a manutenção, são necessárias para que o equipamento adquirido em 1980 continue operando em boas condições.

Atualmente, a administração da Empresa D estuda a possibilidade de instalar uma planta para fabricação de madeira plástica na mesma área onde funciona a serraria. O objetivo é utilizar o resíduo gerado no desdobro das toras para fabricar o Composto Plástico Madeira (CPM), um produto inovador que pode substituir a madeira em diversas aplicações.

4.5.1 Principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção

Os principais equipamentos, instalações e tecnologias de produção da Empresa D são apresentados a seguir.

Equipamentos:

- Serra de fita de 1m e 10cm (com avanço);
- Uma destopadeira circular;
- Uma alinhadeira;
- Duas destopadeiras;
- Uma pá-carregadeira;
- Um caminhão caçamba;
- Um caminhão bi-trem.

Instalações:

- Escritório;
- Oficina;
- Um barracão para serra de fita e outras máquinas;
- Um barracão para estocagem de madeira.

4.5.2 Produtos e processos

A Empresa D atua exclusivamente no segmento de madeira serrada, que resulta diretamente do desdobro de toras ou toretes. Os produtos são peças cortadas longitudinalmente por meio de serra, independentemente de suas dimensões, de seção retangular ou quadrada. A madeira serrada é classificada de acordo com as dimensões listadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Classificação de madeira serrada conforme a dimensão

Nome	Espessura (cm)	Largura (cm)	Comp. (cm)	Descrição
Bloco	>12	>12	-	Abrange peças de topo quadrado com espessura e largura maior 12 cm.
Pranchões	>7,0	>20,0	-	Abrange peças de topo retangular com espessura maior que 7 cm e largura maior que 20 cm.
Prancha	>4,0 – 7,0	>20,0	-	Abrange peças de topo retangular com espessura entre 4 e 7 cm e largura maior que 20 cm.
Viga	>4,0	11,0 – 20,0	>80	Abrange peças de topo quadrado ou retangular com espessura maior que 4 cm e largura entre 11 e 20 cm.
Vigota	4,0 – 8,0	8,0 – 11,0	>80	Abrange peças de topo quadrado ou retangular com espessura entre 4 e 8 cm e largura entre 8 e 11 cm.
Caibro	4,0 – 8,0	5,0 – 8,0	>80	Abrange peças de topo quadrado ou retangular com espessura entre 4 e 8 cm e largura entre 5 e 8 cm.
Tábua	1,0 – 4,0	>10,0	>80	Abrange peças de topo retangular com espessura entre 1 e 4 cm e largura maior 10 cm.
Sarrafo	2,0 – 4,0	2,0 – 10,0	>80	Abrange peças de topo quadrado ou retangular com espessura entre 2 e 4 cm e largura entre 2 e 10 cm.
Ripa	<2,0	<10,0	>80	Abrange peças de topo retangular com espessura menor que 2 cm e largura menor que 10 cm.

Fonte: Mato Grosso (2010).

A Empresa D comercializa principalmente os produtos listados na Tabela 22: bloco, pranchões, prancha, viga, vigota, caibro, tábua, sarrafo e ripa, além dos produtos resultantes do aproveitamento que são, em sua maioria, ripas curtas. A empresa trabalha com um sistema de pedidos; assim, a madeira serrada não fica estocada na empresa por muito tempo. Outro detalhe importante é que os produtos citados se destinam principalmente à construção civil.

Por se tratar de uma empresa familiar, a gestão é simplificada e dividida entre membros da família, com destaque para os setores administrativo e de produção, onde trabalham os filhos do proprietário.

As principais espécies de origem florestal utilizadas pela empresa são apresentadas na Tabela 23, assim como o valor médio pago em três estados por metro cúbico.

Tabela 23 – Preço de madeira em tora das espécies utilizadas pela Empresa D em 2009

Nome vulgar	**Nome científico**	**Preços médios (US$/m³)**[16][17]			
		Mato Grosso	**Pará**	**Rondônia**	**Média**
Amescla	*Protium heptaphyllum*	87	88	71	83
Angelim-pedra	*Hymenolobium petraeum*	131	126	93	117
Cambará	*Vochysia sp.*	102	139	76	94
Canelão	*Ocotea sp.*	100	99	74	94
Cedrinho	*Erisma uncinatum*	130	98	73	115
Cedro amazonense	*Cedrelinga catenaeformis*	-	-	-	-
Peroba	*Aspidosperma sp.*	137	185	97	128

Fonte: Pereira et al. (2010).

4.5.3 Responsabilidade sócio-ambiental

O principal impacto causado pelo processo industrial da Empresa D está relacionado com o desdobro das toras e a quantidade de resíduos que esta atividade gera. Em função da natureza da atividade madeireira, o impacto ambiental é considerável, apresentando perda de matéria-prima de até 45%.

Considerando a grande quebra na matéria-prima ao serrar os principais produtos, o proprietário da Empresa D decidiu contratar dois funcionários para processar todas as sobras de madeira. Assim, quando a madeira é serrada passa primeiro pela alinhadeira e então divide-se em dois grupos: os produtos e o refugo.

Os produtos, como já citado, são tábuas, vigas, caibros e ripas de várias medidas, que imediatamente são armazenados e em pouco tempo transportados para seu destino comercial. Por outro lado, o refugo não é uniforme e precisa ser recolhido ao longo do dia pelos funcionários.

Os funcionários citados acima são encarregados pela separação das peças, que podem ser aproveitadas das que serão vendidas como refugo. Enquanto as ripas de diversos tamanhos são comercializadas por R$ 100,00 o m³, o refugo é vendido por R$ 12,00/t. Essa diferença justifica a contratação e compensa economicamente o trabalho de aproveitamento, uma vez que todo o resíduo poderia ser vendido para produção de cavaco por R$ 12,00/t.

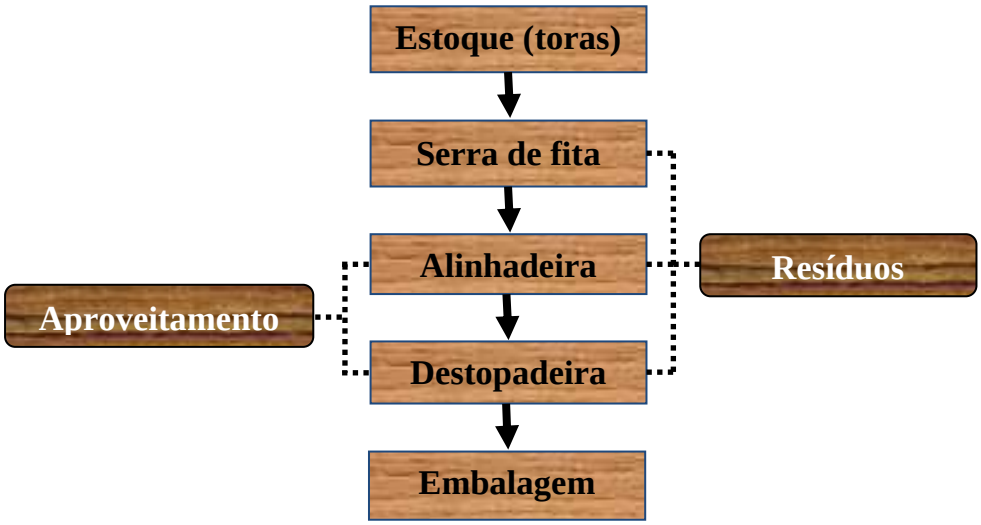
[16] Preços médios obtidos com 714 informantes do setor madeireiro.
[17] Câmbio médio de 2009: US$ 1,00/R$ 1,99 (BCB, 2009).

4.5.4 Gestão de processos relativos ao produto

A produção de madeira serrada exige certa técnica de desdobro que concilie a matéria-prima e os equipamentos existentes para garantir um bom rendimento a uma boa velocidade de avanço e principalmente, a boa qualidade.

O baixo rendimento em madeira serrada obtido pelas serrarias em geral tem dificultado a competição, pois ainda utilizam tecnologias ultrapassadas e máquinas que não proporcionam bons rendimentos no desdobro da tora, por estarem desgastadas ou mesmo utilizando ferramentas de corte com espessuras elevadas. Os rendimentos atuais atingem cerca de 45% (SEMA, 2010) e a utilização de novas tecnologias de desdobro podem proporcionar significativos incrementos no aproveitamento da tora.

A Empresa D inicia o processo com a escolha das toras no estoque que são encaminhadas para serra de fita e, posteriormente, passam por máquinas como a alinhadeira e destopadeira (Figura 29). O sistema de desdobro convencional consiste em se desdobrar toras sem classificação e sem uma definição de um modelo de corte para cada classe diamétrica. Isto significa que não existe um modelo de corte pré-definido para cada classe diamétrica, que poderia otimizar o processo.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 29 - Processo produtivo Empresa D

Existe atualmente na Empresa D um grande volume de toras, principalmente de Cedro amazonense (Figura 30), que aguardam a instalação da nova serra de fita adquirida para serem

desdobradas, pois apresentam diâmetros maiores que o suportado pela serra de fita instalada na empresa. Próximo ao estoque fica o barracão principal; nele está a maioria das máquinas e se concentram a maior parte dos funcionários (Figura 30).

Fonte: do autor.

Figura 30 - Estoque de Cedro amazonense (esquerda) e barracão principal (direita)

As toras escolhidas para desdobro, sem classificação diamétrica, são colocadas na entrada da serra principal (Figura 31) e classificadas visualmente pelo operador que opta pelo melhor posicionamento da tora sobre o carro porta-tora (Figura 31).

Fonte: do autor.

Figura 31 – Classificação (esquerda) e posicionamento (direita)

Até este ponto do processo o resíduo predominante são as cascas. Existe uma grande quantidade delas próximo ao estoque (Figura 32) que também ajudam a manter os troncos

protegidos do sol e da chuva e outras partes se soltam antes e depois que a tora passa pela serra de fita, onde são acumuladas em caçambas de madeira (Figura 32).

Fonte: do autor.

Figura 32 - Estoque (esquerda) e cascas (direita)

A escolha do operador (Figura 33) da serra principal assume verdadeira importância, tendo em vista que esses operadores estão tomando decisões que dizem respeito a fatores que dependem do bom funcionamento das máquinas, qualidade do produto e o elevado índice de retrabalho para recuperação da matéria-prima. A decisão pessoal de um operador de como desdobrar dificilmente obterá um nível ótimo; isso porque ele raramente conseguirá obter a visualização de todas as alternativas no pouco tempo que tem para a tomada de decisão.

Fonte: do autor.

Figura 33 – Serra principal (esquerda) e desdobro (direita)

Após o desdobro, todas as tábuas ou peças que tenham sido obtidas de cada tora são separadas em suas respectivas classes. Nesse momento, as peças com defeitos aparentes passam por uma serra circular alinhadeira utilizada para padronização da largura das peças (Figura 34). Os resíduos desta parte do processo são colocados em uma caçamba de madeira (Figura 34) enquanto as partes que podem ser aproveitadas seguem para outra máquina.

Fonte: do autor.

Figura 34 - Alinhadeira (esquerda) e resíduos (direita)

Ao sair da alinhadeira as peças se dividem em produto, aproveitamento e resíduo. Pela destopadeira (Figura 35) passa a maioria dos produtos para acerto do comprimento; os resíduos são descartados em uma caçamba de madeira próxima e o aproveitamento segue para outra destopadeira.

Fonte: do autor.

Figura 35 - Destopadeira (esquerda) e resíduos (direita)

Em outra destopadeira, onde dois funcionários trabalham exclusivamente com o aproveitamento (Figura 36), são produzidas principalmente ripas de diversos tamanhos organizadas em lotes e encaminhadas para outro barracão até que sejam expedidas.

Fonte: do autor.

Figura 36 – Ripa curta (esquerda) e ripa longa (direita)

Além dos resíduos já citados é gerada também a serragem depositada em uma área que fica localizada próxima à serraria. Além da Empresa D, outras empresas da cidade depositaram serragem nesta área durante anos por interesse do proprietário; assim há na localidade um volume significativo de resíduos (Figura 37).

Fonte: do autor.

Figura 37 – Acesso ao estoque de serragem (esquerda) e vista panorâmica (direita)

Em 2010, a Empresa D comercializou mais de 2.200 m³ de madeira serrada de sete espécies diferentes. A essência com maior volume serrado foi o Cambará e os meses de fevereiro a junho e outubro se destacaram pelo volume de madeira processada (Tabela 24).

Tabela 24 – Quantidade de madeira comercializada (m³) em 2010

Mês	Angelim amargoso	Angelim pedra	Cambará	Canelão	Cedrinho	Cedro amazonense	Guanandi	Peroba	Total mensal
Jan	-	33,540	-	-	21,740	-	-	22,242	**77,522**
Fev	-	10,627	59,951	-	-	-	-	-	**70,578**
Mar	-	-	103,900	-	-	-	14,257	160,124	**278,281**
Abr	4,047	52,235	136,414	-	-	-	27,071	26,267	**246,034**
Maio	-	12,458	86,474	61,528	-	-	0,456	95,234	**256,150**
Jun	93,334	5,415	82,782	12,143	-	-	0,344	108,161	**302,179**
Jul	27,510	-	101,509	-	-	13,155	-	-	**142,174**
Ago	1,748	29,378	124,872	4,645	0,753	14,210	12,290	3,759	**191,655**
Set	-	66,901	57,689	-	25,353	-	-	20,412	**170,355**
Out	-	35,194	171,242	29,786	45,982	-	-	-	**282,204**
Nov	-	9,993	-	-	77,237	-	-	-	**87,230**
Dez	-	-	119,597	-	-	-	-	-	**119,597**
Total	**126,639**	**255,741**	**1.044,430**	**108,102**	**171,065**	**27,365**	**54,418**	**436,199**	**2.223,959**

Fonte: Empresa C.

Em relação ao volume comercializado, a Tabela 25 apresenta as quantidades de resíduos e aproveitamento de madeira na Empresa D, no ano de 2010, ao longo dos meses. Observa-se que o aproveitamento corresponde a 8,71% do total de madeira serrada em 2009 e 8,44% em 2010. Já o resíduo correspondeu a 46% do total de madeira serrada em 2009 e 57% em 2010.

Tabela 25 – Aproveitamento e resíduos de madeira na Empresa D em 2010

Mês	Aproveitamento (m³)		Resíduo (ton.)		Total	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Jan	-	-	-	40,080	131,023	77,522
Fev	90,495	7,181	-	112,270	162,185	70,578
Mar	-	13,731	-	129,000	116,945	278,281
Abr	1,568	-	113,220	127,760	129,042	246,034
Maio	12,358	43,641	112,900	140,050	75,304	256,150
Jun	-	-	111,330	112,200	183,600	302,179
Jul	-	20,973	113,360	115,210	0,000	142,174
Ago	-	47,617	64,690	108,970	89,589	191,655
Set	-	-	69,630	86,770	320,033	170,355
Out	28,723	-	97,150	101,100	232,670	282,204
Nov	24,189	6,091	89,760	101,820	163,813	87,230
Dez	-	48,440	65,320	102,040	203,110	119,597
Total	**157,33**	**187,674**	**837,36**	**1.277,270**	**1.807,31**	**2.223,959**

Fonte: Empresa C.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA

Este capítulo trata da apresentação dos resultados da pesquisa, onde são colocadas as análises realizadas para os casos estudados.

5.1 Considerações sobre as visitas

Como mencionado em tópicos anteriores foram conduzidas visitas seguidas de entrevistas não-estruturadas *in loco* com os responsáveis pelo planejamento e controle da produção das quatro empresas estudadas.

Na Empresa A, a entrevista foi realizada na matriz do grupo localizada no setor industrial norte do município de Sinop, tendo como principal respondente o gerente de produção. Também foram consultados, na busca por informações, o contador, uma representante do setor financeiro, um técnico em segurança do trabalho e alguns funcionários. As informações coletadas com a entrevista não-estruturada foram complementadas com a visita aos setores de produção e documentos fornecidos pela empresa.

As informações coletadas tiveram caráter qualitativo e dados quantitativos referentes aos custos e retornos do aproveitamento de resíduos. A Empresa A preocupa-se com a divulgação dos dados fornecidos. Todos os questionamentos foram respondidos de forma clara e contextualizados pelo gestor da empresa. A implantação do setor de geração de energia, utilizando como combustível os resíduos gerados pela própria indústria, foi uma decisão estratégica da Empresa A em 1998 e considerada acertada pela gestão atual. Ficou evidente a relevância dada ao tema pelos membros da equipe, uma vez que os procedimentos de melhoria fazem parte da rotina da empresa.

Na Empresa B, a entrevista foi realizada na sede localizada no distrito industrial da cidade de Sinop, tendo como principal respondente o gerente de produção e o proprietário da empresa. Também forneceram informações um supervisor de produção e o gerente de transportes. As informações coletadas por meio da entrevista não-estruturada foram complementadas com a visita à planta e documentos fornecidos pela Empresa B.

As informações fornecidas tiveram caráter qualitativo e dados quantitativos relativos à aquisição de matéria-prima e volume de resíduo gerado. Todos os questionamentos foram respondidos, todavia, o projeto para aproveitamento dos resíduos da empresa está em

andamento e em função do estágio de implementação das melhorias, não foi possível observar todos os resultados.

Na Empresa C, a entrevista foi realizada na empresa localizada no município de Sinop, tendo como principais colaboradores o proprietário e o gerente financeiro. Na visita à fábrica, outros funcionários colaboraram ao explicar as características do processo produtivo.

As informações fornecidas tiveram caráter qualitativo, preservando as estratégias da organização, pois se observou a preocupação por parte da Empresa C com sua publicação. Porém, os dados fornecidos possibilitaram uma visão significativa do trabalho realizado referente aos resíduos. Todos os questionamentos foram respondidos de forma clara e precisa, demonstrando controle e envolvimento da equipe com os objetivos da empresa.

Por fim, foi realizada uma visita na Empresa D, localizada também no município de Sinop, na estrada Jacinta. Colaboraram com a coleta de dados, respondendo perguntas, o proprietário, o gerente de produção e a responsável pelo setor financeiro da empresa. Além da entrevista não-estruturada, foi realizada uma visita nas instalações da empresa e levantamento de documentos referentes ao aproveitamento de resíduos.

As informações coletadas tiveram caráter qualitativo e dados sobre custos e retornos sobre o aproveitamento de resíduos. Todos os questionamentos foram respondidos de forma clara e contextualizados pelo proprietário que a convite de um irmão se mudou para Sinop na década de 80 e atua desde então no setor madeireiro. Conforme seus relatos, desde quando iniciou suas atividades no município, busca aproveitar o máximo da madeira que é serrada; para tanto, contratou dois funcionários que ficam responsáveis apenas pelo aproveitamento.

5.2 Considerações sobre as empresas e respondentes

As principais características das quatro empresas são apresentadas abaixo. No Quadro 9 estão relacionadas informações dos principais respondentes da pesquisa. Percebe-se que há uniformidade nos quesitos, principalmente no que se refere ao tempo de atuação no cargo e formação acadêmica.

	Empresa A	**Empresa B**	**Empresa C**	**Empresa D**
Cargo	Diretor-presidente	Gerente	Diretor-presidente	Diretor-presidente
Tempo no cargo	29 anos	20 anos	18 anos	20 anos
Tempo no setor	40 anos	25 anos	18 anos	30 anos
Formação acadêmica	Administração	Administração	Administração	Não possui
Pós-graduação	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui

Fonte: do autor.

Quadro 9- Dados dos principais respondentes

As quatro empresas pesquisadas têm sua matriz localizada no estado de Mato Grosso, apesar da existência de outras unidades em outras localidades (Empresa A). São empresas nacionais, sendo duas empresas médias, uma pequena e uma microempresa. Os setores de atuação são: extração e industrialização de madeira nativa (toras), beneficiamento secundário (PMVA), beneficiamento primário e desdobro conforme detalhado no (Quadro 10).

	Empresa A	**Empresa B**	**Empresa C**	**Empresa D**
Localização da matriz	Estado de Mato Grosso	Estado de Mato Grosso	Estado de Mato Grosso	Estado de Mato Grosso
Número de funcionários	111	50	20	11
Origem	Leme (SP)	Sinop (MT)	Sinop (MT)	Sinop (MT)
Setor	Industrialização de madeira nativa	Beneficiamento secundário (PMVA)	Beneficiamento primário	Desdobro
Classificação por porte	Média Empresa	Média Empresa	Pequena Empresa	Microempresa

Fonte: do autor.

Quadro 10 - Dados gerais das empresas

A classificação das empresas quanto ao porte considerou o número de funcionários: Microempresa até 19 empregados; Pequena empresa de 20 a 99 empregados e Média Empresa de 100 a 499 empregados. A Empresa A chegou a 420 colaboradores, produzindo e exportando para diversos países. Todavia, as sucessivas crises no setor e a escassez da matéria-prima na região reduziram não só o número de empreendimentos, mas também os postos de trabalho. As demais sempre mantiveram uma média do quadro de funcionários semelhante ao relatado no Quadro 10.

5.3 Considerações sobre o controle dos resíduos

Segundo a Portaria nº 096 (MATO GROSSO, 2010), a extração, coleta, beneficiamento, transformação, industrialização, consumo, comércio, transporte e armazenagem de produtos florestais, deverão ser registrados no Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais (SISFLORA) como créditos de produtos utilizando as unidades de medidas padrão.

Na prática, os créditos de produtos e subprodutos florestais registrados no sistema SISFLORA do CC-SEMA devem corresponder exatamente à volumetria e às espécies,

conforme nome popular e científico de produtos florestais existentes no estoque do empreendimento.

As autorizações provenientes de Desmate Autorizado em Licenças de Instalação (DALI), Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), Plano de Exploração Florestal (PEF), Desmate Autorizado em Pequenas Propriedades (DAPP), Exploração Florestal em Pequenas Propriedades (EFPP), Produto Florestal de Limpeza de Pastagens (PFLP), Reflorestamento com Espécies Nativas (RCEN), Reflorestamento com Espécies Exóticas (RCEE) e Erradicação ou Poda de Cultura ou Espécie Frutífera (EPCF), são encaminhadas a Coordenadoria de Créditos de Recursos Florestais (CCRF), para serem registrados no Sistema SISFLORA do CC-SEMA em um prazo de até 72 horas.

O sistema SISFLORA do CC-SEMA utiliza as unidades de medidas padrão relacionadas no Quadro 11 para registro e controle de créditos de produtos e subprodutos florestais.

Unidade	Nome	Aplicação
m^3	metro cúbico	toras, madeira serrada, beneficiada, laminada, industrializada;
st	metro estéreo	lenha, toretes, escoramentos, postes, palanques roliços, mourões ou moirões, lascas e resíduo;
mdc	metro de carvão	carvão;
kg	quilograma	palmito industrializado, frutos, sementes, cipós, raízes e folhas;
unid.	unidade	palmito *in natura*, mudas e gemas.

Fonte: do autor.

Quadro 11 - Unidades de medidas padrão

Assim, no SISFLORA, as empresas registram os produtos florestais comercializados como se fosse uma conta de banco, atualizando os saldos dos volumes que detêm a cada transação. Por isso, a fiscalização pode identificar fraudes comparando o volume de madeira ou carvão que há nos pátios de madeireiras e carvoarias com o que elas alegam ter no sistema eletrônico.

O ponto fundamental neste sistema se refere ao índice de aproveitamento de madeira. Hoje, de acordo com a SEMA, o índice de conversão de madeira em tora para madeira serrada é de 45%, que já está em vigor desde 2009 no SISFLORA.

Quanto ao aproveitamento de resíduos de madeira, deve ser regulamentado por cada Estado, de acordo com o perfil da indústria local. Assim, no Mato Grosso, dos 55% de resíduos florestais restantes, 5% podem ser aproveitados, para produção de peças menores, como ripas, sarrafos, caibrinhos, frisos, pisos etc. O que significa, que da madeira em tora que

sai da floresta, podem ser aproveitados, no máximo, 50%, sendo que os outros 50% se perdem durante o processo industrial.

Essa diferença de 50%, referente ao volume de resíduos gerados, corresponde à diferença entre o volume de madeira em toras que entra na indústria e o volume de madeira serrada produzida, no caso do desdobro. O volume de resíduos é maior no desdobro primário e secundário das toras.

Os resíduos (Quadro 12) gerados, como cascas, costaneiras, refilos, aparas e serragem, em um primeiro momento, são tidos como rejeitos no processo. Porém, em outras empresas este resíduo torna-se matéria-prima para produção de subprodutos como aglomerados, briquetes, carvão vegetal, bem como promove a auto-suficiência energética de muitas indústrias.

As informações do (Quadro 12) foram coletadas na cidade de Sinop na primeira semana de maio de 2011. Participaram da coleta as empresas que comercializam os resíduos e os produtos relacionados.

Item	Imagem	Valor Comercial	Origem	Aplicação
Aparas		R$ 12,00/t	Beneficiamento principalmente de PMVA	Combustível para caldeiras, fornos e fornalhas
Briquetes		R$ 250,00/t	Fábricas de briquetes	Combustível para caldeiras, fornos e fornalhas
Carvão (doméstico)		R$ 60,00/m³	Carvoaria (madeira dura ex: Itaúba)	Uso doméstico principalmente para churrasco
Carvão (siderúrgica)		R$ 60,00/m³	Carvoaria (madeira mole ex: Cambará)	Fabricação de ferro-gusa
Cascas		R$ 12,00/t	Desdobro de toras	Energia renovável e adubo ao serem incorporadas ao solo
Cavaco		R$ 5,00/t	Empresas especializadas ou na própria indústria	Combustível para caldeiras, fornos e fornalhas
Lenha		R$ 9,00/m³	Desdobro de toras	Energia renovável, carvão vegetal
Maravalha		R$ 12,00/t	Beneficiamento principalmente de PMVA	Energia renovável e cobertura para solo (aviários)
Peças não conformes		R$ 12,00/t	Beneficiamento principalmente de PMVA	Energia renovável, artesanato, carvão vegetal
Serragem		R$ 9,00/m³	Todas as empresas com variação da quantidade	Briquetes, aglomerados e tijolos maciços
Toretes		R$ 12,00/t	Laminadora	Energia renovável, produção de cavaco

Fonte: do autor.

Quadro 12– Resíduo ou subproduto, valor comercial, origem e aplicações

Todos os resíduos apresentados no Quadro 12 são de forma direta ou indireta analisados neste trabalho, por estarem relacionados com o processo produtivo das quatro empresas estudadas. Na Tabela 26 é demonstrado quanto de matéria-prima cada empresa consome anualmente, os produtos fabricados e quais as alternativas de reaproveitamento que utilizam.

Tabela 26 - Produção e aproveitamento de resíduos nas empresas em 2010

Empresas	**Matéria-prima (m^3/ano)**	**Produtos fabricados (%)**	**Alternativas de reaproveitamento**
A	10.781	Madeira laminada (55) Resíduo de lâmina (12.5) Resíduos de madeira (22.5) Outros (10)	Geração energia (caldeira) Serragem para dormência
B	4.200	Revestimento de piso (82) *Assoalho* *Deck* *Taco* Resíduo (18)	Geração energia (caldeira) Serragem
C	4.984	Madeira aplainada 2 faces (90) Resíduo (10)	Geração energia (caldeira) Serragem
D	2.223	Madeira serrada (45) *Prancha* *Viga* *Vigota* *Caibro* *Tábua* *Ripa* Aproveitamento (5) Resíduo (50)	Aproveitamento *Ripa curta* *Caibro curto* *Tábua curta* Resíduos comercializados *Cascas* *Serragem* *Maravalha* *Lenha*

A: Laminadora; **B:** Beneficiamento (PMVA); **C:** Beneficiamento de madeira serrada; **D**: Desdobro de toras
Fonte: do autor.

Dentre as quatro empresas, a Empresa A se destaca pela quantidade de madeira processada e por utilizar todo o resíduo produzido para gerar energia em uma caldeira. Uma quantidade pequena de serragem também é utilizada para cobrir as toras durante o processo de dormência explicado anteriormente.

As Empresas B e C, utilizam os resíduos em caldeiras como fonte de energia. A Empresa B utiliza pedaços de madeira e peças não conformes na caldeira que faz funcionar duas estufas. Já a Empresa C utiliza serragem com o mesmo objetivo, porém, possui seis caldeiras. A primeira possui menor aproveitamento e resíduos variados, por isso, utiliza as peças maiores e comercializa a serragem enquanto a segunda produz, principalmente, serragem e consome todo o volume.

A Empresa D ainda não possui uma caldeira e aproveita os resíduos do desdobramento de toras com a fabricação de peças menores como ripas, caibros e tábuas. Após realizar esse aproveitamento, o que não foi possível aproveitar é vendido para uma fábrica de cavaco e maravalha instalada na cidade.

O caminho percorrido pelo resíduo dentro de cada empresa, resguardadas as características e condições operacionais é registrado no SISFLORA de acordo com os índices de conversão padrão utilizados pelo sistema. Ao longo do processo, a conversão indica a transformação para o produto principal, bem como os demais aproveitamentos e resíduos, quando existirem.

Retomando ao caso da Empresa A, ela utiliza toras de madeira nativa para produzir lâmina torneada. O índice de aproveitamento estabelecido pela SEMA é de 55% para o produto principal, 12.5% para resíduo de lâmina e 22.5% para resíduo de madeira (Tabela 27). Em outro processo também para obtenção de lâmina, mas faqueada, o aproveitamento da tora é menor e a quantidade de resíduo de madeira atinge 40%.

Tabela 27 – Tabela de índices de conversão dos principais produtos da Empresa A

Descrição	**Unid.**	**Descrição**	**Unid.**	**Índice (%)**	**Fator de expansão**	**Tipo do produto**
Toras de madeira nativa	m³	Madeira laminada torneada[18]	m³	55	1	Principal
-	-	Resíduo de lâmina	m³	12.5	1	Resto
-	-	Resíduo de madeira	st	22.5	1,33	Resto
Toras de madeira nativa	m³	Madeira laminada faqueada[19]	m³	45	1	Principal
-	-	Resíduos de lâmina	m³	5	1	Resto
-	-	Resíduo de madeira	st	40	1,33	Resto

Fonte: Mato Grosso (2010).

A Empresa B por sua vez utiliza madeira serrada para produzir PMVA, ou seja, *decking*, portal, forro e pisos e assoalhos (Tabela 28). A madeira serrada adquirida pela empresa não chega necessariamente na forma de tábua, pois é encomendada no tamanho certo das peças que serão produzidas. O índice de aproveitamento é estipulado em 82% para grande parte dos produtos da empresa. Os resíduos do processo correspondem principalmente a serragem, pedaços de peças não-conformes e acertos no tamanho.

Tabela 28 – Tabela de índices de conversão dos principais produtos da Empresa B

[18] Lâmina de madeira chata e delgada obtida pelo método de processamento rotativo, resultante do giro contínuo da tora sobre mecanismo de corte.

Descrição	Unid.	Descrição	Unid.	Índice (%)	Fator de expansão	Tipo do produto
Tábua	m³	Decking	m³	82	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	m³	0	1,33	Resto
Tábua	m³	Portal	m³	82	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	m³	0	1,33	Resto
Tábua	m³	Forro (Lambril)	m³	82	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	m³	0	1,33	Resto
Tábua	m³	Pisos e assoalhos	m³	82	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	m³	0	1,33	Resto

Fonte: Mato Grosso, (2010).

O processo produtivo da Empresa C é, de fato, mais simples que os demais que utilizam toras nativas ou produzem PMVA a partir de madeira serrada. Nesse caso, são fabricados basicamente dois produtos: a madeira aplainada 2 faces e 4 faces com aproveitamento de 90% e 85% respectivamente (Tabela 29). Confrontando este índice estabelecido pela SEMA com os indicadores de perdas durante o processo em 2010, para o tabuado acabado aplainado 2 faces, as perdas no processo ficaram em 10%.

Tabela 29 – Tabela de índices de conversão dos principais produtos da Empresa C

Descrição	Unid.	Descrição	Unid.	Índice (%)	Fator de expansão	Tipo do produto
Tábua	m³	Madeira aplainada 2 Faces	m³	90	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	m³	0	1,33	Resto
Tábua	m³	Madeira aplainada 4 Faces	m³	85	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	m³	0	1,33	Resto

Fonte: Mato Grosso, (2010).

A Empresa D tem como atividade principal o desdobro de toras de madeira nativa obtendo como produto: prancha, tábua, ripa, viga, caibro curto, tábua curta e quadrado (Tabela 30). Para estes produtos, o índice de aproveitamento é de 45% e para o resíduo da madeira aproveitado na forma de outros produtos, como ripas, caibros e tábuas curtas, o índice é de 5%. Considerando que o índice de 45% para madeira serrada não refletia a realidade da empresa, foi realizado um Estudo para Determinação do Coeficiente Rendimento Volumétrico Maior de Tora Comercial em Madeira Serrada Válido (Anexo B) para Coeficiente Rendimento Volumétrico (CRV) maior que o Estabelecido na Portaria nº 096, de 18 de Junho de 2010 (MATO GROSSO, 2010).

[19] Lâmina de madeira chata e delgada, obtida pelo processamento da tora no sentido longitudinal ou rotacional por método de laminação contínua e repetitiva.

Tabela 30 – Tabela de índices de conversão dos principais produtos da Empresa D

Descrição	Unid.	Descrição	Unid.	Índice (%)	Fator de expansão	Tipo do produto
Toras de madeira nativa	m³	Prancha	m³	45	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	st	45	1,33	Resto
Tora de madeira nativa	m³	Tábua	m³	45	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	st	45	1,33	Resto
Tora de madeira nativa	m³	Ripa	m³	45	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	st	45	1,33	Resto
Tora de madeira nativa	m³	Viga	m³	45	1	Principal
-	-	Resíduo de madeira	st	45	1,33	Resto
Resíduo de madeira	st	Caibro Curto	m³	5	0,75	Principal
-	-	Resíduo fonte de energia	st	95	1,33	Resto
Resíduo de madeira	st	Tábua Curta	m³	5	0,75	Principal
-	-	Resíduo fonte de energia	st	95	1,33	Resto
Resíduo de madeira	st	Ripa curta	m³	5	0,75	Principal
-	-	Resíduo fonte de energia	st	95	1,33	Resto

Fonte: Mato Grosso (2010).

As empresas transformadoras de produtos e subprodutos florestais, que necessitam ajustar o Coeficiente de Rendimento Volumétrico (CRV) de tora para madeira serrada ou laminada, como no caso da Empresa D, devem apresentar Laudo Técnico assinado por engenheiro florestal, com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), emitida pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA), com os estudos de comprovação dos índices utilizados pela empresa (Anexos A e B).

Os índices do CRV apresentados são alterados no SISFLORA somente após a vistoria realizada por Engenheiros Florestais da SEMA/MT. Para a transformação de material residual em desdobros de peças curtas também fica condicionado à apresentação de um Laudo Técnico contendo estudos de coeficiente de rendimento volumétrico, relatório fotográfico e ART.

5.4 Considerações sobre o aproveitamento de resíduos em Sinop

O município de Sinop, localizado no norte do Estado de Mato Grosso ainda apresenta um grande potencial madeireiro explorado por aproximadamente 60 indústrias, segundo o Sindusmad[20] (2010). No setor madeireiro, a matéria-prima nem sempre é aproveitada em sua plenitude, sendo vários os fatores que definem o aproveitamento da madeira como espécie, produto fabricado, maquinário utilizado e defeitos naturais, fazendo com que cada segmento tenha um percentual de aproveitamento diferente.

[20] Sindicato das Indústrias Madeireiras do Norte de Mato Grosso.

No entanto, os últimos anos foram de mudanças para o setor, principalmente na destinação dos resíduos da indústria madeireira, que de problema ambiental e social, passou a ser uma solução rentável e barata para suprir as necessidades energéticas impostas pelo avanço das indústrias no Estado. De soluções paliativas que aumentavam as proporções do problema, como a queima do resíduo em fornos ou a céu aberto, passou-se a empregá-lo como combustível e matéria-prima para novos produtos.

Os resíduos das indústrias que se amontoavam sem destino e correspondiam ao problema ambiental volumetricamente mais significativo do Estado, passaram a ser utilizados para a geração de energia de diversas formas, como queima direta, briquetes de madeira, carvão vegetal, maravalha, serragem, cavaco, lenha, *pellets*, na fabricação de pequenos objetos e utensílios, tais como brinquedos, artigos de cozinha, cabos de ferramentas, artigos desportivos, decorativos e de recreação; produção de chapas de partículas; cama para aviários, currais e estábulos; compostagem para adubação e complementos orgânicos para o solo.

Estas mudanças ocorreram principalmente na região Nortão II, assim denominada pela FEMA (2002), e que corresponde aos municípios de Sinop, Claúdia, Vera, Feliz Natal, União do Sul e Santa Carmem, e gera em seus empreendimentos madeireiros 520.180,5 m³ de resíduos, que correspondem a 36% do total que é gerado por todo o Estado.

Em relação ao Estado, em 2002, 13% das empresas queimavam seus resíduos em caldeiras para o processo de secagem da madeira na estufa. Aproximadamente 12% queimavam os resíduos em fornos industriais. Cerca de 7% dos empreendimentos empregavam outras formas de reutilização destinando seus resíduos a outras empresas. E apenas 1% das indústrias utilizavam seus resíduos em co-processamento em fornos de cimento.

O intercâmbio de resíduos de madeira, relacionado na Tabela 31, acontece entre empresas instaladas no município, algumas por necessidade, como na geração de energia, e outras em função da aplicação de tecnologias que permitem a transformação do resíduo em um novo produto, como briquetes, carvão, extrato pirolenhoso e cavaco.

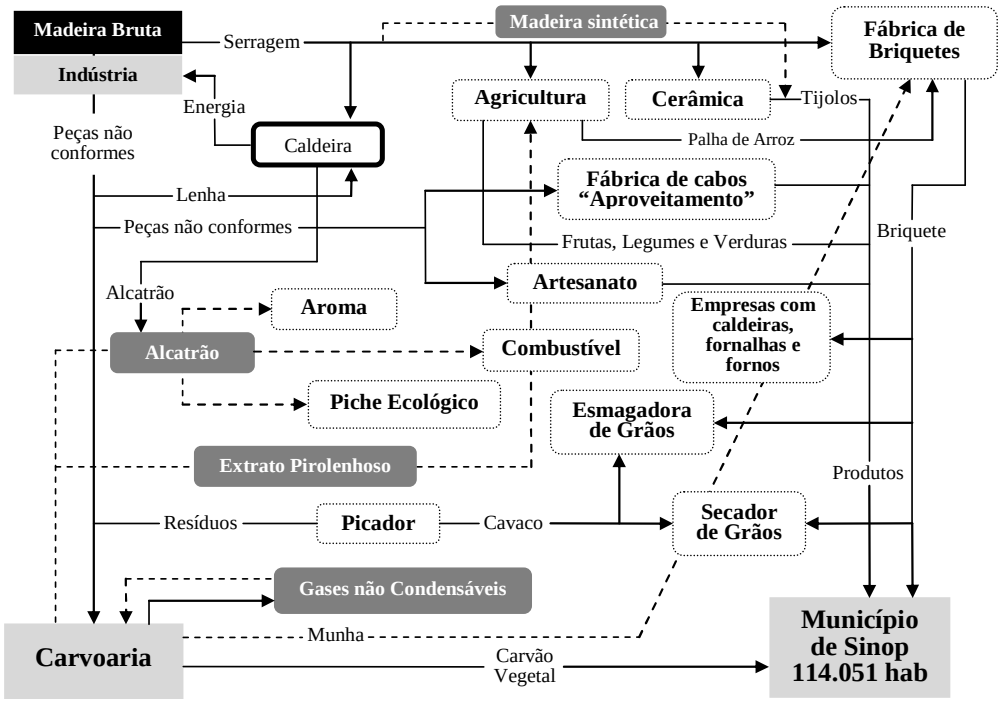
Além das trocas existentes, há inúmeras oportunidades de negócio na região a partir de subprodutos que não são utilizados. Porém, para que esta troca aconteça, são necessárias ações conjuntas da indústria e governo, com mais políticas de facilitação e incentivo do que de intervenção.

Tabela 31 – Intercâmbio de massa em Sinop

MATERIAL	DE	PARA	INÍCIO	QUANTIDADE (ano)
Resíduos (lenha)	Madeireiras	Picador	2006	93.600 m³
Resíduos (lenha)	Madeireiras	Carvoaria	2004	46.800 m³
Serragem	Madeireiras	Briqueteiras	1995	25.898 m³
Serragem	Madeireiras	Cerâmica	2008	17.280 m³
Serragem (dormência)	Madeireiras	Reflorestamento	2009	-
Munha	Carvoaria	Agricultura	2004	2.340 m³
Alcatrão	Carvoaria	Agricultura	2007	187.200 l.
Extrato pirolenhoso	Carvoaria	Agricultura	2007	280.800 l.
Resíduos	Madeireiras	Fábrica de cabos	2005	230 m³
Resíduos	Madeireiras	Caldeira	1998	13.261 m³

Fonte: elaborado pelo autor.

Sinop é a cidade pólo da região Nortão II e são inúmeras as possibilidades de intercâmbio entre as empresas instaladas na região. Já existem casos de simbiose, porém, novas tecnologias podem levar a ganhos econômicos, qualidade ambiental e melhorias, tanto para o homem, a instituição e comunidade local (CHERTOW, 2000). Na Figura 38, as interações existentes são representadas por traço contínuo e as aplicações possíveis, pelo pontilhado.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 38 - Fluxograma da simbiose industrial em Sinop

Além das ações governamentais, outras iniciativas podem beneficiar a cooperação e o intercâmbio de subprodutos. Uma delas é a Política Estadual de Mudanças Climáticas do

Mato Grosso, que está na sua fase de minuta, bem como a instrução normativa que autoriza a exportação de resíduos de madeira compactados e novas tecnologias, como a produção de madeira sintética.

5.4.1 Características fundamentais: Produção de carvão

A produção de carvão vegetal como energético é um procedimento muito antigo e importante praticado em todo o mundo (BENITES et al., 2009; BRITO, 1990; COELHO, 1982). Sua utilização mais simples é como combustível, mas ocorrem aplicações complexas como nos processos siderúrgicos e metalúrgicos onde é usado como redutor e fonte térmica simultaneamente (CALAIS, 2009; BRITO, 1990).

Quando a madeira é submetida à ação do calor, com temperaturas acima de 300ºC, em um meio deficiente de oxigênio, ela sofre um processo de transformação no qual todos os seus componentes são modificados. A esse processo dá-se o nome de *pirólise*, palavra derivada do grego, que significa quebra por meio do fogo ou decomposição térmica (ROCHA, 1993).

Em termos de rendimento, a carbonização vegetal pode gerar até 40 kg de carvão vegetal a partir de 100 kg de madeira seca, ou seja, um rendimento de 40%. Neste mesmo processo são gerados cerca de 61 kg de água incluindo uma umidade inicial de 30% e 13 kg de óleo (BENITES et al., 2009; BRITO, 1990). Também podem ser recuperados 16 kg de gases não condensáveis (CH_4, CO_2, CO e H_2).

Com a utilização de sistemas apropriados para a coleta, podem ser aproveitados os condensados pirolenhosos, alcatrão insolúvel e os gases não condensáveis, descartados pela tecnologia atual (BENITES et al., 2009; BRITO, 1990; FERREIRA, 2000). No Brasil, são poucas as instalações de carvoejamento projetadas para o aproveitamento dos condensáveis e os não condensáveis, o que representa, além de um grande desperdício energético, um alto grau de poluição ambiental (BRITO, 1990; SILVA et al., 2006).

Um dos problemas mais importantes ligados ao carvão vegetal é o da oferta de matéria-prima para sua produção (BRITO, 1990). Um exemplo é a madeira usada na produção de carvão, no início da indústria siderúrgica, quando provinha exclusivamente de matas nativas (FERREIRA, 2000).

Não se pode negar a existência de um vínculo negativo da produção de carvão em relação à questão ambiental. Por outro lado, é importante conceder alguns créditos à atividade, pois, além do benefício econômico de aproveitamento da madeira, a emissão de

gases, especialmente CO_2, é provavelmente menor do que aquela que ocorre quando realizada a combustão total da madeira como nas queimadas.

Outro grande problema envolvido com o carvão vegetal é a questão da tecnologia empregada na sua produção. Conforme Brito (1990), o carvão é produzido, em sua maior proporção, da mesma forma como o era há um século. A tecnologia é primitiva, o controle operacional dos fornos de carbonização é pequeno e não se pratica controle qualitativo e quantitativo da produção (MEIRA; BRITO; RODRIGUEZ, 2005).

Em Sinop funcionam três carvoarias, todas de pequeno e médio porte, apresentando entre 50 e 60 fornos. O carvão vegetal é produzido em fornos de alvenaria, localizados nas proximidades da cidade, de uma forma artesanal e descentralizada (Figura 39). Praticamente todos os fornos utilizados são do tipo “colméia” ou “rabo quente”, construídos com tijolos maciços e barro, o que reduz o custo de instalação e mão-de-obra para construção.

Fonte: do autor.

Figura 39 - Resíduos beneficiamento (esquerda) e resíduos pica-pau (direita)

Durante um ano, as três carvoarias consomem 46.800 m³ de resíduos provenientes de várias indústrias madeireiras e, a partir deste material, são gerados subprodutos como o alcatrão e extrato pirolenhoso, que correspondem à condensação do vapor dos gases que emanam do forno quando canalizados de maneira a permitir a coleta. Além dos condensáveis, existe também a possibilidade de aproveitamento dos gases quentes que emanam dos fornos, ditos não condensáveis, e do resíduo que permanece após a retirada do carvão, chamado de munha.

Os fornos são feitos de tijolos maciços e assentados com uma mistura de água e terra argilosa. Os orifícios na parede do forno são chamados de baianas (próximo ao topo) e tatus

(próximo ao chão). A capacidade média é de 10 m³ de lenha (resíduo) por ciclo de produção, que compreende desde a colocação da lenha no forno até a retirada do carvão vegetal, que em média é de oito dias.

Fonte: do autor.

Figura 40 - Forno tipo colméia (esquerda) e bateria de fornos (direita)

Após acondicionar a lenha no interior do forno, este é lacrado e aceso. No início da queima a fumaça é branca e, ao se tornar escura, indica que o forno está aceso. Quando a baiana superior é fechada, a fumaça começa a sair pela fileira inferior e estas serão fechadas quando a fumaça ficar azulada. Isto se repete até que a carbonização atinja a região dos tatus, quando o forno é isolado para impedir a entrada de ar (Figura 41).

Fonte: do autor.

Figura 41 - Forno durante o processo (esquerda) e retirada do carvão (direita)

Depois de ser fechado, o forno fica aproximadamente de 3 a 4 dias abafado para que a lenha seja carbonizada. Quando o forno estiver frio, ele é aberto e o carvão retirado, podendo ser acondicionado em sacos de ráfia, sacos de cimento reutilizados, sacos próprios da empresa (carvão para uso doméstico) ou amontoado e coberto com lona (carvão para siderúrgica).

É importante saber exatamente a espécie que está sendo carbonizada, pois, toda a matéria-prima utilizada nas carvoarias é proveniente da indústria madeireira e esta, por sua vez, processa diversas espécies. São comuns resíduos de Champagne (Cumaru), Peroba, Angelim, Cedro, Itaúba, Cambará, dentre outras menos frequentes. Algumas espécies produzem carvão com características superiores a outras (Reatividade, Friabilidade e Densidade), porém, tudo que é produzido tem comércio garantido.

Conforme os carvoeiros, o melhor carvão é o proveniente de Champagne, porém, madeiras como Garapeira e Peroba também produzem um bom produto. O carvão destas madeiras possui boa aceitação no mercado, principalmente para uso doméstico, por isso, toda a produção é comercializada na cidade. Outra espécie de madeira como o Cambará, não produz um carvão com boas características, sendo vendido a granel para siderúrgicas.

Nas três carvoarias pesquisadas ocorre a coleta do extrato pirolenhoso durante o processo de carbonização. Em algumas empresas a coleta é realizada em todos os fornos e, em outras, em apenas alguns. Em um forno com capacidade para 10 m³ de madeira, a média de produção é de 5.2 m³ de carvão, 100 litros de extrato pirolenhoso e ½ m³ de fino ou munha.

Nas três carvoarias, o extrato pirolenhoso é coletado com um tubo metálico de aproximadamente 8 metros encaixado em um orifício na parede do forno. Após a segunda hora o líquido começa a escorrer por um orifício feito próximo à base e é armazenado em galões de PVC (Figura 42).

Fonte: do autor.

Figura 42 - Tubos para coleta (esquerda) e coleta do extrato pirolenhoso (direita)

Embora o extrato pirolenhoso seja comumente utilizado em culturas como alface, melão, eucalipto e arroz, em Sinop/MT ele é aplicado na cultura da soja e do milho com bons resultados, conforme relatos de agricultores. Todavia, a produção não segue as recomendações para a obtenção de um produto de boa qualidade, que seja o mais livre de alcatrão possível. Conforme Campos (2007), o alcatrão, que é altamente poluente, contêm componentes cancerígenos, como benzopirenos. As técnicas de separação destes produtos são eficientes e, quando seguidas corretamente, permitem obter um produto de qualidade muito boa e livre de riscos.

Para a obtenção de um produto de boa qualidade, é muito importante a temperatura de coleta, que deve iniciar em 82ºC e ser interrompida em 150ºC. Ao acender o forno, a cor da fumaça é branca opaca; nesta fase, a quantidade de água presente no líquido é alta e a coleta deve ser evitada. Em madeiras verdes ou molhadas, a porcentagem de água no início da condensação da fumaça é maior.

Após a fumaça mudar de cor para amarela acinzentada clara, a coleta pode ser realizada com obtenção de um líquido com menor teor de água. Para o início da coleta, Campos (2007) observa que a temperatura deve estar entre 80 e 85ºC. A coleta deve ser interrompida quando a temperatura na saída da primeira chaminé atingir 120 a 150ºC e a cor da fumaça ainda estiver amarela esbranquiçada. Outra opção é manter a temperatura resfriando o forno, caso a prioridade seja o líquido pirolenhoso.

Nas carvoarias visitadas, a coleta não considera temperatura e cor da fumaça; na prática, é armazenado todo o líquido que escoa durante o processo de carbonização. De fato, com temperatura elevada, o líquido pirolenhoso extraído perde as características adequadas para a utilização na agricultura, deteriorando o efeito germicida do produto.

Para Campos (2007), o extrato de boa qualidade, após o processo de decantação e filtração, deve ter coloração marrom amarelado claro ao tom castanho-avermelhado, semelhante à cor de chá preto, cerveja ou guaraná. O líquido turvo ou de cor escura, indica extrato pirolenhoso de má qualidade.

5.4.2 Características fundamentais: Produção de briquetes

A serragem gerada em grande quantidade devido aos sucessivos cortes na madeira e agravado pelos desajustes do equipamento utilizado nas madeireiras teve dupla destinação durante muito tempo. Por um lado ficava em suspensão no ar, causando irritação às pessoas e

causa problemas a saúde dos trabalhadores (dermatológicos e oftalmológicos); quando era queimada, os trabalhadores e a população instalada no entorno das indústrias era exposta a fumaça o que potencializava os problemas de saúde principalmente de ordem respiratória.

O que parece contraditório, segundo Marta (2007), é que essas ocorrências aconteciam em regiões onde há carência energética exigindo intervenção estatal na solução do problema. Como exposto, ocorre um desperdício energético e de matéria-prima, por um lado, que necessita ser qualificado e entendido nas dimensões econômica e ambiental. Em Sinop/MT o poder público criou lei municipal exigindo a queima do rejeito em fornos. Do ponto de vista estético, o problema foi minimizado, porém as condições atmosféricas tiveram poucas alterações.

No caso do resíduo na forma de serragem, as primeiras soluções surgiram em 1995, quando a primeira empresa com o objetivo de produzir briquetes instalou-se no município e passou a utilizar a serragem para esta finalidade. Hoje existem três empresas fabricando briquetes em Sinop/MT a partir de resíduos de madeira e palha de arroz, sendo a maior parte da produção consumida por secadores de cereais, caldeiras industriais, panificadoras, saunas, pizzarias, churrascarias frigoríficos, hospitais dentre outros.

O briquete é um produto feito da compactação de maravalha e pó-de-serra, sem o uso de produtos químicos ou aglomerantes. O processo de compactação utiliza elevadas pressões para transformar a serragem em cilindros compactos o que facilita o manuseio e o transporte, agregando valor ao resíduo e substituindo o uso da lenha.

A Tabela 32 compara briquetes fabricados a partir de diferentes resíduos com a lenha comercial. Em relação à lenha, o briquete apresenta algumas vantagens: ocupa pequeno espaço para armazenamento, não necessita de licenças especiais e pagamentos de taxas, produz pouca cinza e apresenta alta temperatura da chama mantendo a uniformidade.

Tabela 32 – Comparativo entre diversos briquetes com a lenha

Material	**Casca de Arroz**	**Algodão (Resíduos)**	**Maravalha e Pó-de-serra *Pinus***	**Maravalha e pó-de-serra *Madeira de Lei***	**Maravalha e pó-de-serra *Eucalipto***	**Lenha comercial**
Poder calorífico	3.800	4.300	4.400	4.800	4.500	1.700~2.500
Peso a Granel (m^3)	650~700	650~700	700~750	700~860	700~780	350~400
Peso Específico (t)	1,1	1,1	1,17	1,2	1,18	0,6
Umidade (%)	11	12	9	12	11	25~45

Fonte: BRINOP, (2011).

Foi visando este mercado de substituição da lenha pelo briquete que as fábricas se instalaram em Sinop/MT. Ambas apresentam estoque e um forno utilizado para secar a serragem (Figura 43). É importante destacar que nas madeireiras a serragem não deve mais ficar exposta no pátio da empresa por se tratar de um resíduo; todavia, na empresa que fabrica briquetes, a serragem é considerada matéria-prima, assim pode ficar a céu aberto.

Fonte: do autor.

Figura 43 - Estoque de serragem (esquerda) e secador (direita)

São fabricados briquetes de madeira e palha de arroz. A produção destas empresas atende principalmente esmagadoras e secadores de grãos que estão instalados na região. O briquete de palha de arroz produzido por uma das empresas é vendido para uma indústria cimenteira que incorpora as cinzas na produção do cimento (Figura 44).

Fonte: do autor.

Figura 44 - Seccionamento (esquerda) e briquetes de palha de arroz (direita)

Os briquetes podem ser fabricados de duas formas, em bastão e embalados em sacos ou peças menores e comercializados a granel (Figura 45).

Fonte: do autor.

Figura 45 - Briquete embalado (esquerda) e granel (direita)

A preocupação com os resíduos sólidos também incentiva pesquisas de diversas formas de aproveitamento desse material no Brasil. A briquetagem é uma das alternativas tecnológicas para contornar os problemas da desuniformidade, controle da queima, baixo poder calorífico, densidade e umidade variável dos resíduos de madeira (GOMES; SAMPAIO, 2004).

5.4.3 Características fundamentais: Produção de cavaco, maravalha e lenha

A combustão direta é um processo térmico de decomposição da biomassa onde ela é totalmente convertida em energia térmica, tendo como resíduo sólido final apenas cinzas. É o modo mais prático e mais fácil de utilização da biomassa como energético, uma vez que ela não é transformada em um biocombustível, mas sim diretamente em bioenergia.

Para que ocorra combustão, em geral, é necessário que o combustível seja bem misturado com o oxigênio e permaneça em uma determinada temperatura durante certo intervalo de tempo. E para que esta combustão seja eficiente, segundo Coelho (1982), é preciso que se controlem estas três variáveis: turbulência (Mistura), tempo e temperatura.

A combustão direta da lenha é utilizada desde os primórdios da civilização, para fornecimento de calor. Hoje a combustão direta é utilizada tanto em residências como em

indústrias, com uma conversão que pode atingir até 80% de eficiência, embora, normalmente, esta eficiência não ultrapasse os 20%.

Para combustão direta é utilizado principalmente o cavaco, porção da madeira retirada por uma ferramenta, que se caracteriza por apresentar forma irregular (Figura 46). Várias empresas produzem cavaco e maravalha a partir dos resíduos gerados em suas instalações, porém, algumas se destacam pela quantidade processada.

Fonte: do autor.

Figura 46 - Cavaco (esquerda) e detalhes (direita)

Na cidade de Sinop uma empresa se destaca com uma produção de aproximadamente 93.600 m^3 de cavaco por ano. Além do estoque que impressiona pelo tamanho, o fluxo de caminhões descarregando resíduos é constante, uma vez que o cavaco produzido abastece várias indústrias da região. Na Figura 47 pode ser observado o estoque de resíduos e o motor estacionário utilizado para produção.

Fonte: do autor.

Figura 47 - Estoque (esquerda) e picador (direita)

Como a empresa recebe resíduos de diversos tamanhos e formas, não convém transformar tudo em cavaco; assim, também são feitos fardos de lenha para serem utilizados em caldeiras, fornos e fornalhas. Na Figura 48 podem ser observados os fardos e o transporte.

Fonte: do autor.

Figura 48 - Lenha (esquerda) e transporte (direita)

5.4.4 Características fundamentais: Utilização da serragem

No município de Paragominas/PA, além da utilização de serragem para produção de adubo orgânico, outra solução foi encontrada aos resíduos da atividade madeireira; trata-se da substituição da lenha na fabricação de tijolos, onde foi criado um sistema de queima da serragem nos fornos da olaria, o qual é impulsionado por um exaustor (GOMES; SAMPAIO, 2004).

Em Paragominas, esse sistema surgiu em função dos altos custos e da crescente dificuldade de adquirir lenha para fazer a queima dos tijolos. Já no município de Sinop/MT, a mesma alternativa foi implementada devido à grande disponibilidade de serragem e o alto custo da lenha disputada por outras empresas (Figura 49).

Fonte: do autor.

Figura 49 - Serragem (esquerda) e forno adaptado (direita)

Na olaria visitada, todos os fornos foram convertidos para utilizarem a serragem como combustível, ao invés da lenha. Além disso, na produção do tijolo maciço são acrescentados 10% de serragem à argila, sem que as propriedades do produto sejam comprometidas (Figura 49).

Fonte: do autor.

Figura 50 - Tijolos (esquerda) e forno em operação (direita)

5.4.5 Características fundamentais: Produção de madeira sintética

A madeira sintética é definida como um composto de materiais que contém madeira, em várias formas, e material termoplástico. Conforme Wechsler e Hiziroglu (2007), a tecnologia utiliza serragem e plástico em um processo de extrusão para fabricar diversas

peças, que apresentam como vantagem a resistência à deterioração biológica e baixo custo devido à alta disponibilidade de resíduos de madeira.

A madeira sintética ou Composto Plástico Madeira (CPM) é atualmente utilizado, ou está em desenvolvimento, para uma ampla gama de aplicações em vários setores de mercado, incluindo: construção, interiores e acabamento, acabamento automotivo, jardim e indústria.

Este produto é largamente utilizado nos EUA; a forma mais comum são os painéis produzidos com uma mistura de madeira e plástico que gera um produto com características similares a do polímero. Algumas das principais vantagens da madeira sintética incluem a sua resistência contra a deterioração biológica para aplicações no exterior, onde produtos de madeira precisam ser tratados (WECHSLER; HIZIROGLU, 2007).

A madeira sintética surgiu do desejo de reciclar o polietileno, quimicamente o polímero mais simples. Porém, o grande desafio atualmente é mostrar para os consumidores os benefícios de se adquirir este material em relação aos usuais. Este processo é lento e, a princípio, estão sendo disponibilizados principalmente produtos destinados a ambientes externos e para decoração.

5.5 Viabilidade econômica dos projetos desenvolvidos nas empresas

Empresas que geram resíduos de madeira no processo produtivo podem implantar projetos paralelos a atividade principal com o objetivo de aproveitar esse material. Os projetos, além de darem um destino para os resíduos, geram uma receita adicional que garante a viabilidade econômica da atividade.

Das quatro empresas analisadas neste trabalho, três possuem projetos implantados para aproveitamento dos resíduos e uma estuda a implantação. Os projetos correspondem à instalação de caldeiras para geração de energia e vapor (Empresas A e C) e aluguel de complexo com caldeira e estufas para secagem de madeira (Empresa B). Já a Empresa D estuda a possibilidade de instalar uma fábrica de Composto Madeira Plástico (CPM).

A Tabela 33 apresenta as principais características de cada projeto. Observa-se que a Empresa A possui o projeto em funcionamento há mais tempo e consome a maior quantidade de resíduos, enquanto as Empresas B e C possuem seus projetos há um ano e consomem quantidades menores de resíduos. A Empresa D ainda não implantou o projeto, porém, espera-se que o seu consumo de resíduos ultrapasse o gerado pelo processo produtivo e o adicional seja adquirido de empresas da região.

Tabela 33 – Características dos projetos

Características	**Empresa A**	**Empresa B**	**Empresa C**	**Empresa D**
Tempo do projeto	13 anos	1 ano	1 ano	-
Número de funcionários	3	3	3	2
Consumo de resíduos (m^3/ano)	11.698	996	686	-
Geração de rejeitos	Sim	Sim	Sim	Sim
Status	Implantado	Implantado	Implantado	Elaboração

Fonte: do autor.

Os projetos foram analisados ao longo de dez anos, 2000 a 2010. Assim, para os dez períodos foram coletados os seguintes componentes para averiguar a viabilidade financeira dos projetos: receitas, custos operacionais, investimentos e financiamentos.

Para os projetos em funcionamento, A e C, todos os valores foram corrigidos com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) correspondente ao ano do período conforme exposto na Tabela 34.

Tabela 34 – Correspondência entre ano, período e IPCA

Período	Período	IPCA
0	2000	5,9
1	2001	7,67
2	2002	12,53
3	2003	9,30
4	2004	7,60
5	2005	5,69
6	2006	3,14
7	2007	4,45
8	2008	5,90
9	2009	4,31
10	2010	5,90

Fonte: do autor.

A Tabela 34 apresenta o histórico do IPCA para os últimos dez anos utilizado para corrigir os valores nominais dos projetos em execução. Porém, a Empresa D apresenta uma análise de viabilidade para seu projeto com valores futuros. Dessa forma, não seria prudente corrigir estes valores com indicadores de anos anteriores, mas também não se deve desconsiderar o aumento da inflação no período. Assim, optou-se por utilizar a projeção do mercado financeiro para inflação medida pelo IPCA, que, segundo a pesquisa Focus (2011) do Banco Central para 2012, na mediana das expectativas, será 5,10% sendo este indicador aplicado para os dez períodos do fluxo da Empresa D.

Após corrigir os valores nominais, para cada projeto foi elaborado um fluxo de caixa com o investimento para o Ano 0 e uma Taxa Média de Atratividade (TMA) utilizada para descapitalizar os valores até a data zero. A TMA é a expectativa de ganho do investidor e serve como referência para dizer se o projeto é ou não viável.

O próximo passo consistiu no cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) que positivo significa que se todas as entradas forem descapitalizadas para data zero a uma determinada taxa ao ano elas cobrem o investimento inicial e geram um adicional tornando assim o projeto viável.

Outra análise foi realizada pelo método da Taxa Interna de Retorno (TIR). Nesse caso, a TIR vem apenas complementar a análise ou conclusão gerada pelo VPL, ou seja, essa análise deve apontar como o VPL, para a viabilidade do negócio. A TIR significa que a taxa interna do projeto a TMA é a expectativa de ganho do investidor assim se a TIR for maior o projeto será viável.

Nos fluxos que seguem, foi considerado o custo do resíduo da empresa e do resíduo adquiro de terceiros. O resíduo gerado na empresa é utilizado como matéria-prima ou combustível e possuir valor comercial na região, sendo assim, o valor deste material para as empresas foi calculado multiplicando a quantidade gerada pelo valor correspondente no Quadro 12.

5.5.1 Empresa A

Dentre os casos apresentados, a Empresa A se destaca pelo seu porte e, consequentemente, pela iniciativa de gerar energia a partir de resíduos de madeira em sua planta instalada no município de Sinop/MT, a partir de 1998. Nesse processo, todos os resíduos gerados são convertidos em energia, o que inclui desde as cascas das toras até os resíduos do esquadrejamento das lâminas.

A partir da análise do fluxo de caixa foi possível inferir os seguintes dados: investimento, receita advinda da economia de energia elétrica, custo operacional, lucro líquido, VPL e TIR.

Na Tabela 35 estas informações são apresentadas com detalhes, conforme os seguintes tópicos: Atividades operacionais, Atividades de investimento, Caixa líquido do período, Saldo das disponibilidades, Fluxo de Caixa, Fluxo de caixa descontado, Taxa Média de Atratividade (TMA), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL).

Conforme o fluxo, o projeto teve um investimento inicial de R$ 434.477,00 que contemplou a aquisição de máquinas e equipamentos e a construção das instalações. Além de adquirir uma caldeira e desenvolver um sistema de coleta de suas emissões, foi instalado um picador para produção de cavaco e esteira para transporte do resíduo.

A receita projetada corresponde à economia feita de energia elétrica de aproximadamente R$ 80.000,00 mensais. Atualmente, este projeto não atende completamente a necessidade de toda indústria, por isso verifica-se nas despesas operacionais gastos com energia. Por esse motivo, a empresa estuda a possibilidade de substituir a caldeira e assim ampliar a capacidade.

Os custos operacionais são proporcionais às atividades desenvolvidas no centro de custos “caldeira” e demais processos que fazem parte do aproveitamento dos resíduos. A maior parte destes custos atende diferentes setores e atividades; assim, despesas como salários de gerentes, *pró-labore*, combustível e manutenção são proporcionais.

O resíduo adicional é adquirido quando o gerado na indústria não é suficiente; geralmente é adquirida lenha de indústrias próximas. A lenha possui papel fundamental, pois, ajuda a manter a caloria do forno, uma vez que a maior parte do resíduo queimado chega na forma de cavaco ou em pequenos pedaços e não mantém a temperatura que a caldeira necessita.

De acordo com os dados da Tabela 35, a receita correspondente à economia de energia elétrica gerada pelo projeto da Empresa A cobre os custos operacionais, resultando em um VPL de R$ 3.142.531,46 e com TIR igual a 166% ao ano, ou seja, muito acima da rentabilidade definida como mínima aceitável para empresa, que é de 15%.

Na Tabela 35, as linhas Fluxo de Caixa e Fluxo de Caixa Descontado informam que a empresa recuperou o valor desembolsado para implementar o projeto no primeiro ano. Sob o aspecto do tempo de retorno do investimento, o projeto foi importante para a empresa primeiro por ser rentável e segundo por solucionar de imediato o problema de armazenagem e transporte dos resíduos.

Tabela 35 – Receitas, custos, investimento, lucro líquido, VPL, TIR e TMA para o projeto da Empresa A em um período de dez anos

Previsões de entradas e saídas	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
ATIVIDADES OPERACIONAIS											
IPCA	5,97%	7,67%	12,53%	9,30%	7,60%	5,69%	3,14%	4,45%	5,90%	4,31%	5,90%
a) Receitas operacionais		**1.033.632,00**	**1.080.288,00**	**1.049.280,00**	**1.032.960,00**	**1.014.624,00**	**990.144,00**	**1.002.720,00**	**1.016.640,00**	**1.001.376,00**	**1.016.640,00**
Economia de energia		1.033.632,00	1.080.288,00	1.049.280,00	1.032.960,00	1.014.624,00	990.144,00	1.002.720,00	1.016.640,00	1.001.376,00	1.016.640,00
b) Custos Operacionais		**-279.338,27**	**-291.947,02**	**-283.567,13**	**-279.156,67**	**-274.201,38**	**-267.585,67**	**-270.984,33**	**-274.746,20**	**-270.621,11**	**-274.746,20**
Depreciação		-15.504,48	-16.204,32	-15.739,20	-15.494,40	-15.219,36	-14.852,16	-15.040,80	-15.249,60	-15.020,64	-15.249,60
Combustível		-5.969,22	-6.238,66	-6.059,59	-5.965,34	-5.859,45	-5.718,08	-5.790,71	-5.871,10	-5.782,95	-5.871,10
Resíduo da empresa		-39.588,00	-39.588,00	-39.588,00	-39.588,00	-39.588,00	-39.588,00	-39.588,00	-39.588,00	-39.588,00	-39.588,00
Resíduo adicional		-71.062,20	-74.269,80	-72.138,00	-71.016,00	-69.755,40	-68.072,40	-68.937,00	-69.894,00	-68.844,60	-69.894,00
Energia elétrica		-66.471,32	-69.471,70	-67.477,62	-66.428,11	-65.248,95	-63.674,68	-64.483,42	-65.378,59	-64.396,99	-65.378,59
Salários, comissões e encargos		-100.097,70	-104.615,90	-101.613,06	-100.032,62	-98.256,95	-95.886,29	-97.104,16	-98.452,18	-96.974,00	-98.452,18
Manutenção		-6.460,20	-6.751,80	-6.558,00	-6.456,00	-6.341,40	-6.188,40	-6.267,00	-6.354,00	-6.258,60	-6.354,00
Produto químico caldeira		-6.731,53	-7.035,38	-6.833,44	-6.727,15	-6.607,74	-6.448,31	-6.530,21	-6.620,87	-6.521,46	-6.620,87
Pró-labore		-7.041,62	-7.359,46	-7.148,22	-7.037,04	-6.912,13	-6.745,36	-6.831,03	-6.925,86	-6.821,87	-6.925,86
Fluxo operacional líquido		**714.705,73**	**748.752,98**	**726.124,87**	**714.215,33**	**700.834,62**	**682.970,33**	**692.147,67**	**702.305,80**	**691.166,89**	**702.305,80**
ATIVIDADES DE INVESTIMENTO											
a) Investimentos	**-434.477,00**										
Máquinas e equipamentos	-370.895,00										
Reformas, móveis e outros	-63.582,00										
CAIXA LÍQUIDO DO PERÍODO	**-434.477,00**	**714.705,73**	**748.752,98**	**726.124,87**	**714.215,33**	**700.834,62**	**682.970,33**	**692.147,67**	**702.305,80**	**691.166,89**	**702.305,80**
SALDO DAS DISPONIBILIDADES		**-434.477,00**	**280.228,73**	**1.028.981,71**	**1.755.106,57**	**2.469.321,91**	**3.170.156,53**	**3.853.126,86**	**4.545.274,53**	**5.247.580,33**	**5.938.747,22**
FLUXO DE CAIXA		**280.228,73**	**1.028.981,71**	**1.755.106,57**	**2.469.321,91**	**3.170.156,53**	**3.853.126,86**	**4.545.274,53**	**5.247.580,33**	**5.938.747,22**	**6.641.053,02**
FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	**-434.477,00**	**621.483,24**	**566.164,82**	**477.438,89**	**408.354,94**	**348.438,67**	**295.266,92**	**260.203,95**	**229.585,01**	**196.472,77**	**173.599,25**

Taxa Média de Atratividade	**15%**
Taxa Interna de Retorno	**166%**
Valor Presente Líquido	**3.142.531,46**

Fonte: do autor.

5.5.2 Empresa B

A Empresa B trabalha com Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA) e necessita que toda a madeira serrada adquirida passe necessariamente por uma estufa para que a umidade seja padronizada e, assim, possam ser fabricados *deck*, assoalho, taco, portal e forro.

Em 2010, este serviço era terceirizado e realizado em duas estufas próximas à empresa. Porém, optou-se por alugar o conjunto composto pelas duas estufas, caldeira e pátio para armazenagem e destinar três funcionários para esta atividade.

Com a análise do fluxo de caixa foi possível inferir os seguintes dados: receitas proporcionais a secagem de madeira própria e de terceiros, custo operacional, lucro líquido, VPL e TIR (Tabela 36).

Neste caso é importante alertar que o investimento inicial de R$ 390.000,00 não corresponde a um desembolso da Empresa B. Ela paga um aluguel R$ 90.000,00 mensais ao proprietário da planta, o que lhe confere o direito de usufruir de todo o conjunto. Todavia, a venda deste complexo para a empresa está sendo negociada e provavelmente será concretizada ainda em 2011.

A receita que a Empresa B obtém com a iniciativa de alugar as estufas e secar sua própria madeira corresponde à economia do valor pago pela secagem de madeira própria e para terceiros. Para secar um m³ de madeira, a empresas pagava R$ 100,00, hoje, economiza esse valor e recebe pelo serviço prestado.

Como a caldeira e as estufas ficam separadas da empresa, os custos foram facilmente identificados. Compreendem principalmente o aluguel, resíduo adicional, mão-de-obra e funcionários terceirizados que recebem por dia trabalhado e podem ser alocados em atividades diversas.

Tabela 36 – Receitas, custos, investimento, lucro líquido, VPL, TIR e TMA para o projeto da Empresa B em um período de dez anos

Previsões de entradas e saídas	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
ATIVIDADES OPERACIONAIS											
a) Receitas operacionais		**422.400,00**	**422.400,00**	**422.400,00**	**422.400,00**	**422.400,00**	**422.400,00**	**422.400,00**	**422.400,00**	**422.400,00**	**422.400,00**
Secagem de madeira própria		420.000,00	420.000,00	420.000,00	420.000,00	420.000,00	420.000,00	420.000,00	420.000,00	420.000,00	420.000,00
Secagem de madeira para terceiros		2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00
b) Custos Operacionais		**-343.849,00**	**-343.849,00**	**-343.849,00**	**-343.849,00**	**-343.849,00**	**-343.849,00**	**-343.849,00**	**-343.849,00**	**-343.849,00**	**-343.849,00**
Resíduos da empresa		-6.169,00	-6.169,00	-6.169,00	-6.169,00	-6.169,00	-6.169,00	-6.169,00	-6.169,00	-6.169,00	-6.169,00
Resíduo adicional		-9.600,00	-9.600,00	-9.600,00	-9.600,00	-9.600,00	-9.600,00	-9.600,00	-9.600,00	-9.600,00	-9.600,00
Mão-de-obra		-73.080,00	-73.080,00	-73.080,00	-73.080,00	-73.080,00	-73.080,00	-73.080,00	-73.080,00	-73.080,00	-73.080,00
Aluguel		-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00
Funcionários terceirizados		-36.000,00	-36.000,00	-36.000,00	-36.000,00	-36.000,00	-36.000,00	-36.000,00	-36.000,00	-36.000,00	-36.000,00
Manutenção		-6.000,00	-6.000,00	-6.000,00	-6.000,00	-6.000,00	-6.000,00	-6.000,00	-6.000,00	-6.000,00	-6.000,00
Combustível		-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00
Depreciação		-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00
Energia elétrica		-66.000,00	-66.000,00	-66.000,00	-66.000,00	-66.000,00	-66.000,00	-66.000,00	-66.000,00	-66.000,00	-66.000,00
Fluxo operacional líquido		**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**
ATIVIDADES DE INVESTIMENTO											
a) Investimentos	**-390.000,00**										
Caldeira	-350.000,00										
Instalações	-40.000,00										
CAIXA LÍQUIDO DO PERÍODO	-390.000,00	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**	**78.551,00**
SALDO DAS DISPONIBILIDADES		**-390.000,00**	**-311.449,00**	**-232.898,00**	**-154.347,00**	**-75.796,00**	**2.755,00**	**81.306,00**	**159.857,00**	**238.408,00**	**316.959,00**
FLUXO DE CAIXA		**-311.449,00**	**-232.898,00**	**-154.347,00**	**-75.796,00**	**2.755,00**	**81.306,00**	**159.857,00**	**238.408,00**	**316.959,00**	**395.510,00**
FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	**-390.000,00**	**68.305,22**	**59.395,84**	**51.648,56**	**44.911,79**	**39.053,73**	**33.959,76**	**29.530,23**	**25.678,46**	**22.329,10**	**19.416,61**

Taxa Média de Atratividade	**15%**
Taxa Interna de Retorno	**15%**
Valor Presente Líquido	**4.229,29**

Fonte: do autor.

O VPL estimado para o projeto da Empresa B foi de R$ 4.229,29. Isso indica que o projeto é viável economicamente. Este valor representa o lucro do empreendimento corrigido pela taxa de juros.

A TIR representa a rentabilidade do projeto. Para o projeto B foi obtida uma TIR de 15%. De acordo com esse critério de decisão, a viabilidade ou inviabilidade do projeto surge, da comparação entre as taxas de desconto. Nesse caso a TIR obtida para o projeto foi superior à taxa de desconto de 15% ao ano, como observado na Tabela 36. Assim, para análise com base na TIR, os projetos são viáveis.

5.5.3 Empresa C

No ano 2000, a Empresa C investiu em uma nova estrutura física com secadores, caldeira e emendadeira, o que melhorou a qualidade dos seus produtos e facilitou o aproveitamento dos resíduos de madeira. Dentre os casos aqui estudados, este é o que apresenta melhor integração entre as necessidades da indústria e o gerenciamento dos resíduos.

Na prática, toda serragem gerada nas máquinas circula por uma tubulação até chegar a um silo onde é armazenada. Do silo, todo o resíduo é lançado com um exaustor na caldeira que possui capacidade para 6.500kg/h. A caldeira gera vapor para as seis estufas utilizadas para secar a madeira antes de ser processada.

O fluxo analisado na Tabela 37 apresenta valores referentes a caldeira, estufas e resíduo gerado, sendo que a partir de sua análise foi possível inferir os seguintes dados: investimento, receita advinda da economia de energia elétrica, custo operacional, lucro líquido, VPL e TIR.

O investimento de R$ 563.000,00 foi aplicado na compra da caldeira, forno crematório para resíduos, estufas, silo, exaustor e instalações. As benfeitorias foram feitas no momento da instalação da empresa, reduzindo custos e minimizando os problemas que poderiam ocorrer ao implantar tais melhorias em uma indústria que já estivesse em funcionamento.

O resíduo adicional é adquirido na maioria das vezes na forma de serragem, mas também pode ser utilizada a lenha. Peças não conformes e resíduos maiores que não circulam pela tubulação como os gerados na máquina de emendas são recolhidos e levados ao forno. Todos estes detalhes, associados a uma atividade operacional menos complexa que as demais empresas, contribuem para a organização e gerenciamento dos resíduos.

As receitas obtidas com o projeto podem ser divididas em dois grupos distintos: a economia com o pagamento pela secagem da madeira e também a economia com energia elétrica. Neste caso, não há prestação de serviço, secagem de madeira, significativa para terceiros.

Os custos operacionais dessa estrutura compreendem o resíduo adicional, produto químico para caldeira, salários, manutenção, impostos proporcionais e depreciação. Como no caso da Empresa A, existem custos que são comuns a mais de um departamento, como os salários de gerentes e operadores de máquinas empilhadeiras; nestes casos, os valores são proporcionais.

O projeto da Empresa C apresenta VPL de R$ 1.356.207,68, o que indica que é viável economicamente. Esse valor corresponde ao lucro do empreendimento corrigido pela taxa de juros.

A TIR representa a rentabilidade do projeto. De acordo com esse critério de decisão, a viabilidade ou inviabilidade do projeto surge da comparação entre taxas de desconto. Neste projeto, a TIR obtida foi superior à taxa de desconto de 65% ao ano, como observado na Tabela 37.

Tabela 37 – Receitas, custos, investimento, lucro líquido, VPL, TIR e TMA para o projeto da Empresa C em um período de dez anos

Previsões de entradas e saídas	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
ATIVIDADES OPERACIONAIS											
IPCA	5,97%	7,67%	12,53%	9,30%	7,60%	5,69%	3,14%	4,45%	5,90%	4,31%	5,90%
a) Receitas operacionais		**597.724,10**	**597.724,10**	**597.724,10**	**597.724,10**	**597.724,10**	**597.724,10**	**597.724,10**	**597.724,10**	**597.724,10**	**597.724,10**
Energia elétrica		293.324,10	293.324,10	293.324,10	293.324,10	293.324,10	293.324,10	293.324,10	293.324,10	293.324,10	293.324,10
Secagem de madeira		304.400,00	304.400,00	304.400,00	304.400,00	304.400,00	304.400,00	304.400,00	304.400,00	304.400,00	304.400,00
b) Custos Operacionais		**-229.786,00**	**-229.786,00**	**-229.786,00**	**-229.786,00**	**-229.786,00**	**-229.786,00**	**-229.786,00**	**-229.786,00**	**-229.786,00**	**-229.786,00**
Resíduo da empresa		-4.486,00	-4.486,00	-4.486,00	-4.486,00	-4.486,00	-4.486,00	-4.486,00	-4.486,00	-4.486,00	-4.486,00
Resíduo adicional		-3.000,00	-3.000,00	-3.000,00	-3.000,00	-3.000,00	-3.000,00	-3.000,00	-3.000,00	-3.000,00	-3.000,00
Produto químico caldeira		-5.500,00	-5.500,00	-5.500,00	-5.500,00	-5.500,00	-5.500,00	-5.500,00	-5.500,00	-5.500,00	-5.500,00
Salários, comissões e encargos		-72.000,00	-72.000,00	-72.000,00	-72.000,00	-72.000,00	-72.000,00	-72.000,00	-72.000,00	-72.000,00	-72.000,00
Manutenção		-4.500,00	-4.500,00	-4.500,00	-4.500,00	-4.500,00	-4.500,00	-4.500,00	-4.500,00	-4.500,00	-4.500,00
Impostos		-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00	-84.000,00
Depreciação		-56.300,00	-56.300,00	-56.300,00	-56.300,00	-56.300,00	-56.300,00	-56.300,00	-56.300,00	-56.300,00	-56.300,00
Fluxo operacional líquido		**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**
ATIVIDADES DE INVESTIMENTO											
a) Investimentos	**-563.000,00**										
Caldeira+ forno crematório resíduo	-280.000,00										
Estufas	-198.000,00										
Instalações (silo + exaustor)	-85.000,00										
CAIXA LÍQUIDO DO PERÍODO	**-563.000,00**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**	**367.938,10**
SALDO DAS DISPONIBILIDADES		**-563.000,00**	**-195.061,90**	**172.876,20**	**540.814,30**	**908.752,40**	**1.276.690,50**	**1.644.628,60**	**2.012.566,70**	**2.380.504,80**	**2.748.442,90**
FLUXO DE CAIXA		**-195.061,90**	**172.876,20**	**540.814,30**	**908.752,40**	**1.276.690,50**	**1.644.628,60**	**2.012.566,70**	**2.380.504,80**	**2.748.442,90**	**3.116.381,00**
FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	**-596.611,10**	**322.752,72**	**283.116,42**	**248.347,74**	**217.848,89**	**191.095,52**	**167.627,65**	**147.041,80**	**128.984,03**	**113.143,89**	**99.249,02**

Taxa Média de Atratividade	**14%**
Taxa Interna de Retorno	**65%**
Valor Presente Líquido	**1.356.207,68**

Fonte: do autor.

5.5.4 Empresa D

Atualmente, a Empresa D aproveita uma pequena quantidade dos resíduos que produz ao fabricar peças como vigas, tábuas e caibros curtos. Porém, recentemente analisou a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma indústria de Composto Madeira Plástico (CPM), para fabricar revestimentos de pisos semelhantes aos de madeira.

O CPM é formado por polímeros e partículas de madeira, frequentemente classificado como madeira plástica. Embora haja similaridades, há uma diferença fundamental entre esses dois materiais: a madeira plástica é feita somente de plástico e de aditivos químicos e o CPM possui em sua composição partículas de madeira e também polímeros.

Outro aspecto importante do CPM está relacionado ao desperdício que praticamente inexiste, pois, os produtos com defeito podem ser incluídos novamente no processo após serem moídos. Como não levam nenhum aditivo contra a ação de insetos e não são pintados, os produtos CMP podem ser reciclados.

Conforme Ferrari (2011), a empresa será instalada no mesmo endereço que a serraria, em um barracão de estrutura metálica construído recentemente, com espaço para movimentação de veículos de carga e futuras ampliações.

O fluxo de caixa apresenta os seguintes dados: receita com vendas, custo operacional, investimento, financiamento e lucro líquido (Tabela 38).

O investimento no projeto será de R$ 2.742.530,00 e compreende a aquisição de máquinas e equipamentos, realização de reformas e construção de instalações, empréstimos e integralização de capital. Conforme Ferrari (2011), após os investimentos iniciais e o início das atividades da indústria, a capacidade instalada será de 400 kg/h de produto acabado, algo em torno de 26m²/h, totalizando uma capacidade mensal de produção de 6.760 m².

A estimativa inicial de vendas dos *decks* de composto madeira plástico é de 60% da capacidade total da produção instalada, com um aumento anual de 10%, até o quarto ano, quando atinge 100% da capacidade.

Dentre os custos operacionais, as despesas com matéria-prima são as maiores em função da compra de resina. Outros custos são: energia elétrica, salários, comissões e encargos, *pró-labore*, impostos e demais despesas.

Sobre o financiamento, Ferrari (2011) esclarece que os recursos para financiar a implantação serão obtidos pela integralização de capital e por recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), por meio do programa Proplástic.

O VPL maior que zero significa que o capital investido foi devolvido aos investidores. No caso do projeto da Empresa D, a atividade cria um VPL de R$ 6.946.916,63.

Para o projeto B, a taxa interna de retorno foi de 57% ao ano, taxa que remunera o valor investido. Se comparada à taxa média de atratividade, estimada em 17%, o projeto está acima do retorno de mercado, podendo ser um projeto viável.

Como o investimento será realizado por uma empresa familiar, verifica-se que será elevado o investimento e a necessidade de capital de giro para o negócio. Porém, vislumbra-se o crescimento do mercado para estes produtos, a nível mundial, justamente por que ele vem se desenvolvendo rapidamente. Em longo prazo, este é um projeto lucrativo. A rentabilidade esperada está acima da TMA, fixada em 17% ao ano.

Outro problema está relacionado ao pouco desenvolvimento do mercado nacional, sendo o composto madeira-plástico pouco conhecido, demandando maiores investimentos em marketing, participação em feiras e exposições, distribuição de amostras e um prazo médio de giro do estoque bem mais elevado. Mas ao contrário, buscar um mercado mais estabelecido significa obter menos lucratividade no negócio.

Todas as vantagens citadas anteriormente, principalmente o menor custo de manutenção e maior durabilidade do composto, tornam-no candidato número um na substituição da madeira natural. Além disso, a grande variedade de usos pode ser amplamente explorada, para conquistar o público pretendido.

Tabela 38 – Receitas, custos, investimento, lucro líquido, VPL, TIR e TMA para o projeto da Empresa D em um período de dez anos

Previsões de entradas e saídas	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
ATIVIDADES OPERACIONAIS											
a) Receitas operacionais		**7.057.440,00**	**8.233.680,00**	**9.409.920,00**	**11.745.000,00**	**11.745.000,00**	**11.745.000,00**	**11.745.000,00**	**11.745.000,00**	**11.745.000,00**	**11.745.000,00**
Vendas		7.057.440,00	8.233.680,00	9.409.920,00	11.745.000,00	11.745.000,00	11.745.000,00	11.745.000,00	11.745.000,00	11.745.000,00	11.745.000,00
b) Custos Operacionais		**-5.441.997,00**	**-6.260.003,00**	**-7.089.214,00**	**-8.795.678,00**	**-8.795.678,00**	**-8.795.678,00**	**-8.795.678,00**	**-8.795.678,00**	**-8.795.678,00**	**-8.795.678,00**
Matéria-prima		-3.698.604,00	-4.315.038,00	-4.931.472,00	-6.154.220,00	-6.154.220,00	-6.154.220,00	-6.154.220,00	-6.154.220,00	-6.154.220,00	-6.154.220,00
Energia elétrica		-232.740,00	-257.242,00	-293.990,00	-367.488,00	-367.488,00	-367.488,00	-367.488,00	-367.488,00	-367.488,00	-367.488,00
Salários, comissões e encargos		-401.023,00	-401.023,00	-401.023,00	-401.023,00	-401.023,00	-401.023,00	-401.023,00	-401.023,00	-401.023,00	-401.023,00
Pró-labore		-90.000,00	-90.000,00	-90.000,00	-90.000,00	-90.000,00	-90.000,00	-90.000,00	-90.000,00	-90.000,00	-90.000,00
Impostos		-846.893,00	-988.042,00	-1.129.190,00	-1.409.400,00	-1.409.400,00	-1.409.400,00	-1.409.400,00	-1.409.400,00	-1.409.400,00	-1.409.400,00
Imposto de renda		-124.137,00	-160.058,00	-194.939,00	-324.947,00	-324.947,00	-324.947,00	-324.947,00	-324.947,00	-324.947,00	-324.947,00
Outros		-48.600,00	-48.600,00	-48.600,00	-48.600,00	-48.600,00	-48.600,00	-48.600,00	-48.600,00	-48.600,00	-48.600,00
Fluxo operacional líquido		**1.615.443,00**	**1.973.677,00**	**2.320.706,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**
ATIVIDADES DE INVESTIMENTO											
a) Investimentos	**-1.673.330,00**										
Máquinas e equipamentos	-1.565.000,00										
Reformas, móveis e outros	-108.330,00										
Fluxo de investimento líquido	-1.673.330,00										
ATIVIDADES DE FINANCIAMENTOS											
a) Embolsos de financiamentos	**-2.742.530,00**										
Empréstimos	-2.165.000,00										
Integralização de capital	-577.530,00										
b) Desembolsou de financiamento		**-729.109,00**	**-674.254,00**	**-620.151,00**	**-566.047,00**						
Amortização de empréstimos		-541.250,00	-541.250,00	-541.250,00	-541.250,00						
Juros		-187.859,00	-133.004,00	-78.901,00	-24.797,00						
CAIXA LÍQUIDO DO PERÍODO	**-2.742.530,00**	**886.334,00**	**1.299.423,00**	**1.700.555,00**	**2.383.275,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**	**2.949.322,00**
SALDO DAS DISPONIBILIDADES		**-2.742.530,00**	**-1.856.196,00**	**-556.773,00**	**1.143.782,00**	**3.527.057,00**	**6.476.379,00**	**9.425.701,00**	**12.375.023,00**	**15.324.345,00**	**18.273.667,00**
FLUXO DE CAIXA		**-1.856.196,00**	**-556.773,00**	**1.143.782,00**	**3.527.057,00**	**6.476.379,00**	**9.425.701,00**	**12.375.023,00**	**15.324.345,00**	**18.273.667,00**	**21.222.989,00**
FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	**-2.742.530,00**	**757.550,43**	**949.246,11**	**1.061.776,47**	**1.271.834,82**	**1.345.218,66**	**1.149.759,54**	**982.700,46**	**839.914,92**	**717.876,00**	**613.569,23**
Taxa Média de Atratividade	**17%**										
Taxa Interna de Retorno	**57%**										
Valor Presente Líquido	**6.946.916,63**										

Fonte: Adaptado de Ferrari (2011).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos em quatro indústrias de extração e transformação de madeiras, localizadas na Amazônia Mato-Grossense, demonstra aspectos importantes do controle dos resíduos, formas de aproveitamento dentro das indústrias e oportunidades de negócios, comercializando ou produzindo novos produtos de ordem energética.

Neste estudo, foram realizados quatro estudos de caso em plantas industriais que processam madeira mecanicamente, como forma de ilustrar projetos que visam o aproveitamento dos resíduos e oportunidades para novos negócios. As empresas escolhidas pertencem ao setor de madeira processada mecanicamente, sendo uma laminadora e fábrica de compensado, uma indústria de Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA), uma empresa de beneficiamento de madeira serrada e uma de desdobro de toras.

Nestas empresas, o controle da madeira adquirida passou por transformações a partir da utilização de práticas de planejamento e princípios de conservação durante a extração da madeira, denominada de manejo florestal. As técnicas de manejo associadas ao controle do Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais (SISFLORA) conferiram maior credibilidade às atividades envolvidas com a extração de madeira nativa e seu processamento. Na prática, os créditos de produtos e subprodutos florestais, entendam-se resíduos, registrados no sistema, correspondem exatamente à volumetria e às espécies, existentes no estoque do empreendimento.

Avaliando as quatro organizações observou-se que os resíduos são inerentes ao processamento da madeira; além do mais, o índice de conversão de madeira em tora para madeira serrada é de 45%. Assim, no Mato Grosso, dos 55% de resíduos florestais restantes, 5% podem ser aproveitados, para produção de peças menores, como ripas, sarrafos, caibrinhos, frisos, pisos etc. Isto significa que, da madeira em tora que sai da floresta, podem ser aproveitados, no máximo, 50%, sendo que os outros 50% se perdem durante o processo industrial.

Assim, pode-se considerar duas formas de aproveitamento dos resíduos nas indústrias de base florestal: técnico e econômico. O aproveitamento técnico está relacionado com a atualização e bom funcionamento das máquinas e equipamentos, além de contratar mão-de-obra capacitada e treinada que conjuntamente proporcionam maior eficiência para a organização. O aproveitamento econômico é referente às melhores alternativas de negócios

para os resíduos, seja comercializando-o da forma como foi gerado ou utilizando-o para gerar energia na própria indústria.

É importante ressaltar, que não é possível aproveitar 100% da madeira nos processos de desdobro e beneficiamento. Nos casos estudados, o aproveitamento técnico para as empresas, em média, é o seguinte: Empresa A (55%), Empresa B (67%), Empresa C (90%) e Empresa D (45%). Porém, destacam-se os projetos que cada empresa desenvolveu para utilizar os resíduos como fonte de energia (Empresas A, B e C), ou ainda como matéria-prima para novos produtos (Empresa D). Além disso, existe a possibilidade de vendê-los para outros empreendimentos ou comprar de acordo com a necessidade.

Das quatro empresas analisadas, três possuem projetos implantados para aproveitamento dos resíduos e uma estuda a implantação. Os projetos correspondem à instalação de caldeiras para geração de energia e vapor (Empresas A e C), aluguel de complexo com caldeira e estufas para secagem de madeira (Empresa B) e viabilidade da implantação de uma fábrica de Composto Plástico Madeira (CPM).

A Empresa A se destaca pelo porte e iniciativa de gerar energia a partir de resíduos de madeira em sua planta industrial, a partir de 1998. A empresa também possui uma fábrica de cabos que utiliza como matéria-prima resíduos do desdobro de toras de outras unidades. Quanto à geração de energia em sua planta, apresentou o projeto mais rentável dentre as quatro empresas analisadas, com VPL de R$ 3.142.531,46 e TIR de 166%.

A Empresa B produz Produtos de Maior Valor Agregado e por esse motivo apresenta uma grande variedade e formas de resíduos. Distribuir essa variedade de resíduos para os interessados sempre foi um problema para a empresa, que nem sempre conseguia entregar todo material. Assim, optou por alugar uma planta com caldeira, estufas e pátio para armazenagem, com o objetivo de secar a própria madeira. Dessa forma, todo o resíduo da empresa passou a ser queimado na caldeira, eliminando um problema antigo para indústria; além disso, a iniciativa apresentou VPL de R$ 4.229,29 e TIR de 15%.

Dedicada especialmente ao beneficiamento de madeira, a Empresa C apresenta uma estrutura totalmente voltada ao aproveitamento de todo resíduo gerado na produção. São tubulações que conduzem a serragem a um silo onde o material fica armazenado até ser lançado na caldeira por um exaustor; na caldeira é produzida energia térmica para as seis estufas utilizadas para padronizar o teor de umidade da madeira. Este não é o projeto mais rentável, dentre os quatro apresentados, porém, é o mais integrado com as necessidades da

organização. Conforme o fluxo projetado ao longo de dez anos, apresentou VPL de 1.356.207,68 e TIR de 65%.

O quarto projeto pertence à Empresa D e se diferencia dos demais por avaliar a implantação de uma indústria de plástico madeira na cidade de Sinop. Empreendimentos baseados em novas tecnologias que visem o aproveitamento de resíduos podem ser importantes colaboradores para o modelo de simbiose industrial que está se desenhando no município. Principalmente quando estas iniciativas são projetadas com base em uma oferta de resíduos, como neste caso, que visa o aproveitamento da serragem produzida na atividade de desdobro de toras nativas e atualmente é encaminhado para um aterro. As projeções indicaram a viabilidade do projeto, com VPL de R$ 6.946.916,63 e TIR de 57%

A Tabela 39 apresenta um resumo da avaliação de viabilidade dos quatro projetos. São apresentados os principais resultados: investimento, VPL, TIR e TMA.

Tabela 39 – Resumo da avaliação de viabilidade econômica dos projetos

Empresa	Investimento (R$)	VPL (R$)	TIR (%)	TMA (%)
A	434.477,00	3.341.214,47	176	15
B	413.283,00	43.317,79	19	15
C	596.611,10	1.488.618,96	67	14
D	2.882.309,03	7.301.209,38	57	17

Fonte: do autor.

O intercâmbio é outra forma de aproveitamento econômico dos resíduos entre indústrias na cidade de Sinop, pois, acontece por necessidade das empresas que geram energia e necessitam de mais resíduos do que possuem ou para produção de briquetes, carvão, extrato pirolenhoso, cavaco e madeira sintética. O importante nas trocas é a sinergia entre as empresas, pois, enquanto uma gera o resíduo outra organização o utiliza como matéri-prima.

Atualmente, destaca-se na cidade a produção de carvão, briquetes, cavaco, maravalha, lenha, serragem e, futuramente, a fabricação de madeira sintética. As empresas que produzem esses produtos compram os resíduos das madeireiras, que em um passado recente os queimavam em fornos. Como o número de interessados aumentou e o resíduo passou a ser classificado como matéria-prima, formou-se um mercado informal onde predomina a lei da oferta e da demanda.

Diante do exposto, entende-se que os projetos das quatro empresas são viáveis economicamente e, além do benefício financeiro, acenam para soluções de problemas decorrentes do surgimento da indústria madeireira, como é o caso dos resíduos sólidos. Seja o aproveitamento realizado pela indústria ou a transformação do resíduo em um novo produto,

os resultados conduzem para a solução de uma situação crítica que se arrastou por décadas na cidade de Sinop.

Para os municípios vizinhos, a realidade é diferente e assemelha-se ao início da operação das indústrias de base florestal na região na década de 60, quando os resíduos ficavam amontoados nos pátios das empresas até serem queimados em fornos sem nenhum aproveitamento. Contudo, espera-se que assim como as mudanças ocorreram em Sinop se projetem para a região Norte do Estado, impulsionadas pela necessidade energética, empreendedorismo, políticas públicas e consciência ambiental.

7 SUGESTÕES

Como recomendação para trabalhos futuros, três sugestões podem ser colocadas. Em primeiro lugar, ampliar a pesquisa para um número maior de indústrias madeireiras, de forma a poder avaliar a necessidade de investimentos constantes para a melhoria contínua dos processos e sistemas, classificando as empresas por meio dos setores econômicos e porte.

Em segundo lugar, aprofundar a análise do modelo de eco-parque industrial voltado para a realidade do município, a fim de identificar os agentes participantes e quantificar o intercâmbio, com o objetivo de sugerir novas tecnologias de aproveitamento de resíduos e políticas públicas de incentivo para os empreendimentos já instalados e os que futuramente farão parte do grupo.

Por fim, também pode ser mensurado o benefício que o aproveitamento dos resíduos, seja na geração de energia ou fabricação de produtos, traz para a sociedade. Indicadores de poluição do solo, ar e água, emprego, renda e expectativa de vida certamente expressam essas diferenças entre regiões onde há aproveitamento e localidades que operam da mesma forma que há ciquenta anos atrás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, P.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E.. **Floresta para sempre:** um manual para produção de madeira na Amazônia. Belém: Imazon, 1998.

AQUINO A. L.; BRESCIANI, L. P. Arranjos produtivos locais: uma abordagem conceitual. **Organizações em contexto**, v. 1, n. 2, p. 153-167, 2005.

ÁRVORES Vivas, 2007. **Sinop, a cidade que homenageia as árvores**. Disponível em: <http://arvoresvivas.wordpress.com/2007/10/02/sinop-mt-a-cidade-que-homenageia-as-arvores/>. Acesso em: 31 ago. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Madeira processada mecanicamente:** estudo setorial. Curitiba, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Madeira processada mecanicamente:** estudo setorial. Curitiba, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos sólidos, Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BENITES, V. M. ; TEIXEIRA, W. G.; PIMENTA, A. S.; RESENDE, M. E. Utilização de Carvão e Subprodutos da Carbonização Vegetal na Agricultura: Aprendendo com as Terras Pretas de Índio. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Org.). **As terras pretas de índio da Amazônia:** sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009.

BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B.; SILVA, D. A.; KLOCK, U. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Revista Floresta**, v. 32, n. 2, p. 247-259, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia Produtiva de madeira.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura; coordenadores Antonio Márcio e Mário Otávio Batalha. Brasília: IICA; MAPA; SPA, 2007.

BRASIL. **Código Florestal.** Lei n.º 4.771 de 15 de setembro de 1965. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 30 de maio de 2011.

BRASIL. **Gestão de florestas públicas para produção sustentável.** Lei n.º 11.284 de 2 de março de 2006. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11284.htm>. Acesso em: 30 de maio de 2011.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm >. Acesso em: 31 ago. 2010.

BRINOP, 2011. **Vantagens do briquete sobre a lenha.** Disponível em: < http://www.brinop.com.br/product.php?lang=pt>. Acesso em: 19 abr. 2011

BRITO, J. O. Carvão vegetal no Brasil: Gestões econômicas e ambientais. **Estudos Avançados**, v. 4, n. 9, p. 221-227, 1990.

BUEHLMANN, U. Value-added opportunities for recycled wood. **Recycling Woods**, p. 1-4, Summer 2002.

CALAIS, D. **Florestas energéticas no Brasil:** Demanda e disponibilidade**.** Belo Horizonte: AMS, 2009. Disponível em: <http://www.silviminas.com.br /arquivo/publicacoes.aspx?ano= 23> . Acesso em: 18 mar. 2010.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Amazônia Legal**. 1995. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/agencia/noticias/70447.html>. Acesso em: 22 mar. 2011.

CAMPOS, A. D. **Técnicas para a produção de extrato pirolenhoso para uso agrícola**. Embrapa Clima temperado, 2007 (Circular Técnica).

CASTRO, A. M. G. **Cadeia produtiva e prospecção tecnológica como ferramentas para a gestão da competitividade.** Brasília: Embrapa, 2003.

CHERTOW, M. R. Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy. **Annual Review of Energy and Environment**, v. 25, p. 313-337, 2000.

COELHO, J. C. **Biomassa, biocombustíveis, bioenergia.** Brasília: Ministério das Minas e Energia, 1982.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração.** 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

CRUDEN, G. **Energy alternatives**. Farmington Hills: Thomson, 2004. 112 p.

ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION AUTHORITY (EECA). **Forest residue harvesting for bioenergy fuels.** Wellington: Secion, 2007.

FANCHI, R. J. **Energy:** Technology and directions for the future. London: Elsevier, 2004. 491 p.

FAO. **Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010.** Santiago, 2010. Disponível em: < http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/es/>. Acesso em: 30 maio de 2011.

FAO. **Estado de la información forestal em Brasil.** Satiago, 2002.

FAO. **Situación de los bosques del mundo 2009**. Roma, 2009. Disponível em:< http:// www.fao.org/docrep/011/i0350s/i0350s00.htm>. Acesso em: 30 de maio de 2011.

FERRARI, T. P. **Estudo de viabilidade econômica financeira na implantação de uma indústria de composto plástico madeira no município de Sinop no Estado de Mato Grosso.** 2011. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração de Empresas)-Universidade do Estado de Mato Grosso, Sinop, 2011.

FERREIRA, O. C. Emissões de gases de efeito estufa na produção e no uso do carvão vegetal. **Economia & Energia**, n. 20, 2000.

FOCUS. **Relatório de Mercado – 20 de maio de 2011**. Brasília: Banco Central do Brasil, 2011. Disponível em:< http://www4.bcb.gov.br/pec/GCI/PORT/readout/R20110520.pdf>. Acesso em: 26 maio 2011.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEMA). **Inventário de resíduos sólidos industriais do Estado de Mato Grosso - IERS**. Cuiabá: FEMA, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, J. I.; SAMPAIO, S. S. **Aproveitamento de resíduos de madeira em três empresas madeireiras do Estado do Pará**. Belém: Embrapa, 2004.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. A expansão madeireira na Amazônia. **Imazon**, Belém, v. 2, p. 1-4, 2005.

MACEDO, A. R. P.; ROQUE, C. A. L.; LEITE, E. T. **Produtos sólidos de madeira.** BNDS Setorial, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento /bnset/madexpo.pdfBNDS>. Acesso em: 16 mar. 2009.

MCKEEVER, D. B. Resource potential of Wood waste in the United States**. Forest Products Society**, p. 13-20, 1996.

MARTA, J. M. C. A indústria da madeira em Mato Grosso. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., Londrina, 2007. **Anais do XLV Sober**, 2007.

MATO GROSSO. Portaria nº 096, de 18 de junho de 2010. **Regulamenta a utilização dos créditos de produtos de origem florestal no Estado de Mato Grosso.** Diário Oficial do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, 18 abr. 2010.

MATO GROSSO. **Política Florestal do Estado de Mato Grosso, Lei Complementar n.º 233 de 21 de dezembro de 2005.** Disponível em: < http://www.sema.mt.gov.br/atos_ normativos/ leisComplementares. aspx >. Acesso em: 31 ago. 2010.

MEIRA, A. M.; BRITO, J. O.; RODRIGUEZ, L. C. E. Estudo de aspectos técnicos, econômicos e sociais da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela, São Paulo, Brasil. **Revista Àrvore**, v. 29, n. 5, p. 809-817, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIEMENTO (MAPA). **Plano Nacional de Agroenergia**. 2. ed. rev. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2006.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GRUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A.. **Fatos florestais da Amazônia 2010.** Belém, PA: Imazon, 2010.

PFEIL, W. **Estruturas de madeiras**. 6. ed. Rio de Janeiro: LCT, 1994.

PICHTEL, J. **Waste management practices:** Municipal, Hazardous, and Industrial. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2005.

PICOLI, F. **O capital e a devastação da Amazônia.** São Paulo: Expressão Popular**,** 2006.

PORTER, M. E. **Clusters and the New Economics of Competition.** Cambridge, MA: Harvard Business School Press, 1998.

RHÉN, C.; OHMAN, M.; GREF, R.; WASTERLUND, I. Effect of raw material composition in woody biomass pellets on combustion characteristics. **Biomass and Bioenergy**, v. 31, n. 1, p. 66-72, 2007.

ROCHA, J. D. **Potencial dos sub-produtos da obtenção de coques para a siderurgia.** 1993. 77 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

ROCHA, M. P. **Desdobro primário da Madeira.** FUPEF – Série Didática nº 02/99. Curitiba, 1999. 61 p.

SEMA. **Empreendimentos cadastrados no CC-Sema no Estado de Mato Grosso, 2010.** Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/relatoriosccsema/empreendimentos%20por%20municipio.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2010.

SILVA, A. S.; ZANETTI, R.; CARVALHO, G. A.; MENDONÇA, L. A. Qualidade de mudas de eucaliptos tratadas com extrato pirolenhoso. **Revista Cerne**, v. 12, p. 19-26, 2006.

SINDUSMAD. **Dados do setor 2010.** Disponível em: < http://www.sindusmad.com.br/index.php?mega=relacao_noticias&cat=Dados%20do%20Setor>. Acesso em: 30 de maio de 2011.

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; LENTINI, M. 2002. **Polos madeireiros do Estado do Pará.** Belém: Imazon. 72 p.

WECHSLER, A.; HIZIROGLU, S. Some of the properties of wood-plastic composites. **Building and Environment**, v. 42, p. 2637-2644, 2007.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001, 205 p.

ANEXOS

ANEXO A: Estudos para determinação do CRV maior de tora comercial em madeira serrada válido para coeficiente rendimento volumétrico maior que o estabelecido

TERMO DE REFERÊNCIA PADRÃO
1. OBJETIVO
Apresentar roteiro para a realização de estudos técnico-científicos com vistas a alteração do coeficiente de rendimento volumétrico determinado pela presente Resolução, para a transformação de tora comercial em madeira serrada.
2. JUSTIFICATIVA
O coeficiente de rendimento volumétrico (CRV) determinado pela presente Resolução, será adotado pelo órgão ambiental competente para a conversão de toras de madeiras de espécies de folhosas tropicais em madeira serrada. O CRV varia de acordo com a espécie florestal, a qualidade da matéria-prima, o tipo de processo industrial, o nível de tecnologia da indústria, o tipo e a qualidade do produto final, a realização de aproveitamento comercial. Devido à singularidade na determinação de um CRV que atenda especificamente a todas as indústrias, a presente Resolução prevê que o órgão ambiental competente poderá acatar, mediante análise técnica, CRVs específicos, desde que as empresas requerentes apresentem estudos técnico-científicos satisfatórios.
3. METODOLOGIA DO ESTUDO
3.1 Caracterização da empresa
3.1.1 Informações gerais
3.1.1.1 Nome da indústria
3.1.1.2 Coordenadas geográficas
3.1.1.3 Endereço postal, telefone, fax e correio eletrônico
3.1.1.4 Nome e função de pessoa para contato
3.1.1.5 Registro no CCSEMA
3.1.2 Equipamentos
Relacionar os equipamentos (plataforma de toras, carro porta-toras, serra-de-fita, serra circular múltipla, serra circular, destopadeira, estufa, plaina e outros), e as respectivas quantidades, ano de fabricação, potência e outras especificações técnicas.
3.1.3 Produtos gerados
3.1.3.1 Relacionar os principais produtos finais produzidos nos últimos 12 meses
3.1.3.2 Relacionar os subprodutos comercializados pela empresa (pré-cortados, curtos, sarrafeados, embalagens e outros) nos últimos 12 meses.
3.1.3.3 Relacionar os tipos de resíduos gerados e não-utilizados pela empresa
3.2 Seleção de espécies e toras para o estudo Justificar a seleção das espécies incluídas no estudo. A seleção das toras para o estudo deve ser feita por espécie, de acordo com o método de amostragem aleatória simples.
3.3 Cubagem de toras processadas As informações sobre as toras processadas deverão ser agrupadas em planilhas para cada uma das espécies estudadas. As planilhas referentes a cada espécie deverão constar do anexo do relatório técnico-científico apresentado.
3.3.1 Espécie de madeira
Identificar as espécies estudadas pelo nome comum e científico.
3.3.2 Dimensões das toras
3.3.2.1 Diâmetro: determinar os diâmetros cruzados (maior e menor), sem considerar a casca, nas duas extremidades da tora. As planilhas de cubagem de toras deverão apresentar os quatro valores de diâmetros determinados para cada tora, utilizando-se o metro(m) como unidade de medida.
3.3.2.2 Comprimento: determinar o maior e o menor comprimento da tora. Esses valores deverão constar das planilhas de cubagem apresentadas, utilizando-se o metro(m) como unidade de medida.
3.3.3 Determinação do volume da tora O volume das toras deve ser determinado pelo método geométrico, ou seja, utilizando a equação de Smalian. Deverão ser utilizados para o cálculo a média dos diâmetros cruzados e a média dos comprimentos.
3.4 Determinação do volume de madeira serrada As informações sobre o volume de madeira serrada, obtidas a partir das toras processadas, deverão ser agrupadas em planilhas para cada uma das espécies estudadas. Essas planilhas deverão
constar do anexo do relatório técnico-científico apresentado.
3.4.1 Dimensões das peças produzidas Para cada tora amostrada, informar as dimensões (comprimento, largura e espessura) das peças produzidas e as respectivas quantidades.

3.4.2 Volume de madeira serrada

Para cada tora amostrada, determinar o volume de madeira serrada obtido a partir da quantidade de peças.

3.6 Determinação do coeficiente de rendimento volumétrico (CRV)

O CRV é determinado pela relação entre o volume da tora processada e o volume obtido de madeira serrada devidamente comercializada. Deverá ser determinado por espécie pela média dos CRV determinados individualmente para cada tora.

3.7 Análise estatística

3.7.1 Estatística descritiva

Determinar a média, a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação para cada espécie estudada.

3.7.2 Determinação do tamanho ideal da amostra

Para que o CRV determinado seja representativo da espécie e respectivo produto, deverá ser determinado o tamanho ideal da amostra, admitindo-se um erro de 10% sobre o valor médio do CRV.

O número de toras estudado deve ser sempre igual ou superior ao número determinado para o tamanho ideal da amostra.

3.7.3 Determinação do intervalo de confiança

Determinar o intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade com os limites inferior e superior que o CRV pode apresentar para determinada espécie.

3.8 Coordenação, supervisão e realização do trabalho

O estudo técnico-científico deverá ser assinado por profissional legalmente habilitado com devida anotação de responsabilidade técnica e representante legal da empresa.

ANEXO B: Estudos para determinação do CRV de tora comercial em madeira laminada válido para coeficiente maior que o estabelecido

TERMO DE REFERÊNCIA PADRÃO

1. OBJETIVO

Apresentar roteiro para a realização de estudos técnico-científicos com vistas a alteração do coeficiente de rendimento volumétrico determinado pela presente Resolução, para a transformação de tora comercial em madeira laminada (lâminas).

2. JUSTIFICATIVA

O coeficiente de rendimento volumétrico (CRV) determinado pela presente Resolução, será adotado pelo órgão ambiental competente para a conversão de toras de madeiras de espécies de folhosas tropicais em madeira laminada. O CRV varia de acordo com a espécie florestal, a qualidade da matéria-prima, o tipo de processo industrial, o nível de tecnologia da indústria, o tipo e a qualidade do produto final, a realização de aproveitamento comercial. Devido à singularidade na determinação de um CRV que atenda especificamente a todas as indústrias, a presente Resolução prevê que o órgão ambiental competente poderá acatar, mediante análise técnica, CRVs específicos, desde que as empresas requerentes apresentem estudos técnico-científicos satisfatórios.

3. METODOLOGIA DO ESTUDO

3.1 Caracterização da empresa

3.1.1 Informações gerais

3.1.1.1 Nome da indústria

3.1.1.2 Coordenadas geográficas

3.1.1.3 Endereço postal, telefone, fax e correio eletrônico

3.1.1.4 Nome e função de pessoa para contato

3.1.1.5 Registro no CCSEMA

3.1.2 Equipamentos

Relacionar os equipamentos (plataforma de toras, carro porta-toras, serra-de-fita, serra circular múltipla, serra circular, destopadeira, secador de lâminas, torno laminador, faqueadeira, guilhotina, prensa, estufa, plaina e outros), e as respectivas quantidades, ano de fabricação, potência e outras especificações técnicas.

3.1.3 Produtos gerados

3.1.3.1 Relacionar os principais produtos finais produzidos nos últimos 12 meses

3.1.3.2 Relacionar os subprodutos comercializados pela empresa nos últimos 12 meses.

3.1.3.3 Relacionar os tipos de resíduos gerados e não-utilizados pela empresa

3.2 A amostragem de toras/toretes para o estudo

Justificar as espécies incluídas no estudo. A amostragem das toras/toretes para o estudo deve ser feita por espécie, de acordo com o método de amostragem aleatória simples.

3.3 Cubagem de toras/toretes processadas

As informações sobre as toras/toretes processadas deverão ser agrupadas em planilhas para cada uma das espécies estudadas. As planilhas referentes a cada espécie deverão constar do anexo do relatório técnico-científico apresentado.

3.3.1 Espécie de madeira

Identificar as espécies estudadas pelo nome comum e científico.

3.3.2 Dimensões das toras

3.3.2.1 Diâmetro: determinar os diâmetros cruzados (maior e menor), sem considerar a casca, nas duas extremidades da tora. As planilhas de cubagem de toras deverão apresentar os quatro valores de diâmetros determinados para cada tora, utilizando-se o metro(m) como unidade de medida.

3.3.2.2 Comprimento: determinar o maior e o menor comprimento da tora. Esses valores deverão constar das planilhas de cubagem apresentadas, utilizando-se o metro(m) como unidade de medida.

3.3.3 Determinação do volume da tora

O volume das toras deve ser determinado pelo método geométrico, ou seja, utilizando a equação de Smalian. Deverão ser utilizados para o cálculo a média dos diâmetros cruzados e a média dos comprimentos.

3.4 Determinação do volume de madeira laminada em torno

As informações sobre o volume de madeira laminada, obtidas a partir das toras/toretes processadas, deverão ser agrupadas em planilhas para cada uma das espécies estudadas. Essas planilhas deverão constar do anexo do relatório técnico-científico apresentado.

3.4.1 Quantidade de toras/toretes de laminação

Informar o número de toras/toretes de laminação amostrados.

3.4.2 Dimensões e volume de toras/toretes de laminação

Determinar o diâmetro nas duas extremidades, o comprimento e o volume de cada uma das toras/toretes.

3.4.3 Dimensões das lâminas produzidas
Para cada tora/torete amostrados, informar as dimensões (comprimento, largura e espessura) das lâminas produzidas e as respectivas quantidades.
3.4.4 Volume de madeira laminada em torno
Para cada tora/torete amostrado, determinar o volume de madeira laminada obtido.
3.4.5 Volume do rolo-resto
Informar o diâmetro final e o volume do rolo-resto resultante de cada um das toras/toretes amostrados.
3.5 Determinação do volume de madeira laminada em faqueadeira
As informações sobre volume de madeira laminada, obtido a partir das toras processadas, deverão ser agrupadas em planilhas para cada uma das espécies estudadas. Essas planilhas deverão constar do anexo do relatório técnico-científico apresentado.
3.5.1 Quantidade de toras/toretes de laminação
Informar o número de toras/toretes de laminação obtidos para cada tora amostrada.
3.5.2 Dimensões e volume das toras/toretes de laminação
Determinar o diâmetro nas duas extremidades, o comprimento e o volume de cada uma das toras/toretes obtidos da tora amostrada.
3.5.3 Dimensões das lâminas produzidas
Para cada tora/torete amostrado, informar as dimensões (comprimento, largura e espessura)
das lâminas produzidas e as respectivas quantidades.
3.5.4 Volume de madeira laminada em faqueadeira
Para cada tora/torete amostrado, determinar o volume de madeira laminada obtida a partir do processamento dos respectivos tora/torete.
3.6 Determinação do volume de produtos e subprodutos
Serão considerados produtos e subprodutos aqueles resultantes do processamento de toras/toretes cujas dimensões e qualidade não atendam às requeridas para o produto principal, mas que sejam comercializados pela empresa.
3.6.1 Dimensões e volume de produtos e subprodutos
Para cada tora amostrada, relacionar as dimensões (comprimento, largura e espessura), volume e respectivas quantidades dos produtos e
subprodutos resultantes do processamento primário que não atendam às exigências do produto principal e cuja comercialização seja passível de comprovação.
3.6.2 Sobra de faqueamento
Informar as dimensões da sobra de faqueamento resultante de cada uma das toras/toretes
amostrados.
3.7 Determinação do coeficiente de rendimento volumétrica (CRV)
O CRV é determinado pela relação entre o volume da tora processada e o volume obtido de lâminas, acrescido, quando for o caso, do volume obtido com produtos de aproveitamento, desde que devidamente comercializados. Deverá ser determinado por espécie pela média dos CRV determinados individualmente para cada tora.
3.8 Análise estatística
3.8.1 Estatística descritiva
Determinar a média, a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação para cada espécie estudada.
3.8.2 Determinação do tamanho ideal da amostra
Para que o CRV determinado seja representativo da espécie e respectivo produto, deverá ser determinado o tamanho ideal da amostra, admitindo-se um erro amostral de 10%. O número de toras estudado deve ser sempre igual ou superior ao número determinado para o tamanho ideal da amostra.
3.8.3 Determinação do intervalo de confiança
Determinar o intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade com os limites inferior e superior que o CRV pode apresentar para determinada espécie.
3.9 Coordenação, supervisão e realização do trabalho
O estudo técnico-científico deverá ser assinado por profissional legalmente habilitado com devida anotação de responsabilidade técnica e representante legal da empresa.