



Universidade Federal de Ouro Preto
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
Mestrado em Engenharia Ambiental

Rogério Machado Pinto Farage

**“Aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos gerados no Polo Moveleiro
de Ubá para fins energéticos”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título: “Mestre em Engenharia Ambiental – Área de Concentração: Meio Ambiente”.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Ana Augusta Passos Rezende

Coorientador: Prof. Dr. Cláudio Mudado Silva

Ouro Preto, MG

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

*É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar.
É melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se, fazendo nada até o final.
Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias frios em casa me esconder.
Prefiro ser feliz embora louco, que em conformidade viver.*

Martin Luther King

DEDICATÓRIA

Esta dissertação representa uma conquista especial em minha vida. Há quatro anos e meio resolvi dar um rumo mais humano e gratificante à minha trajetória de vida. Toda essa mudança só foi possível graças ao apoio incondicional, amor e paciência de várias pessoas, às quais dedico não somente este trabalho, como todas as consequências positivas que certamente dele resultarão.

Primeiramente, a DEUS, pela oportunidade ímpar de ter como origem a união de dois seres tão iluminados e por me permitir uma passagem material tão leve e empolgante.

Aos meus pais, Geraldo (Bindo) e Maria (Filhota), simplesmente por existirem em minha vida, me orientando sempre no caminho do bem. Meu amor e gratidão por vocês serão sempre eternos e incondicionais.

Aos meus irmãos, Aluízio (Pirulito), Ana Rosa (Minina) e Luiz Fernando (Magro), por serem meus melhores amigos e me apoiarem em minhas muitas aventuras e maluquices. Amo muito vocês... certamente mais do que imaginam.

À Shaista (Dulei)... na verdade, nem sem o que dizer. Paciência em minhas ausências, vibração pura e empolgante em cada pequena conquista, aulas de inglês. Por sempre me fazer acreditar que sou capaz e melhor até do que verdadeiramente sou. “Sem você esta conquista não teria sido possível. Amo você, minha linda”.

Aos meus avós: Geraldão... uma das pessoas que mais admirei. Sua simplicidade, racionalidade e objetividade com as quais tratava a vida sempre me surpreenderam. Espero que o senhor possa assistir a esta conquista. “Faz muita falta por aqui”; Imezinha... pela grande torcida, incentivo e carinho; Sebastião, Nadir e Leocides (vozinho)... pelo grande amor e carinho enquanto estivemos juntos neste plano.

AGRADECIMENTOS

Caso viesse agradecer aqui a todas as pessoas que influenciaram direta ou indiretamente esta conquista, certamente daria uma segunda dissertação. Por isso, gostaria de me desculpar pelos inúmeros nomes que precisei ocultar da lista que segue.

Em especial, à Professora Ana Augusta e ao Professor Cláudio Mudado, não somente pelos ensinamentos e grande paciência durante todo esse trajeto, mas pela amizade, pelo acolhimento e apoio constante.

À Prof^a. Angélica de Cássia (Cassinha), pela amizade, pelo apoio e pelos muitos conselhos.

À turma da república ZEN NOÇÃO: Bruno (Pimpão), Luiz (Feijão), Vinícius (Kanelão), Pedrão (Phelps), Júlio César (Juju), Ednei (Paraíba), Marquim (Ambulância) e Tarcísio (Tarso), verdadeiros irmãos nesta casa maluca e tão boa de viver. Sem dúvida, a melhor república em que já morei. À Martinha, por ter sido uma grande mãe para essa turma toda.

À turma do projeto e laboratório: Wiliam, Cleuber, Edílson, Danielle, Valéria, Zé Antônio, sr. Maninho, sr. José Maria, Sálvio, sr. Aristeu e Fabiano (Cigarrinho), pelo grande apoio e pela amizade.

Ao INTERSIND e às 11 fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Ubá que permitiram a realização deste trabalho.

À minha sogrinha querida, Márcia, por todo carinho, apoio e pela empolgação com minhas conquistas, e à Dona Tereza (minha vó-sogra), por todo carinho e pela amizade.

Ao Marquim (Bacanhinha), pelo apoio e pelas sugestões nos estudos financeiros do presente trabalho.

Ao Professor José Francisco, pela transferência de conhecimento em sala de aula, além das críticas e orientações, que influenciaram o presente trabalho.

RESUMO

O presente estudo avaliou o potencial de reaproveitamento energético dos resíduos de madeira e seus derivados (painéis reconstituídos de MDF, aglomerado e compensado), por meio da quantificação, caracterização e classificação quanto à periculosidade, identificando assim as oportunidades e possíveis limitações quanto à sua utilização. Por meio de diagnóstico realizado em 11 fábricas de móveis, localizadas no Polo Moveleiro de Ubá, localizado na Zona da Mata mineira, verificou-se que os resíduos de madeira compreendem mais de 90% do total dos resíduos sólidos gerados. No setor, além da grande quantidade gerada, não foi identificada nenhuma ação integrada entre as fábricas do Polo para o adequado gerenciamento dos resíduos, negligenciando seus riscos ambientais, bem como seu potencial energético. Contudo, os teores de umidade e poder calorífico dos resíduos demonstraram potencial para o reaproveitamento energético através da produção de briquetes. Além disso, os ensaios de combustão desses resíduos não geraram gases com substâncias ou compostos tóxicos acima dos limites preconizados pelas normas ambientais, verificando-se potencial ambiental para o reaproveitamento desses resíduos conforme proposto pelo presente estudo. Entretanto, as cinzas dos resíduos de aglomerado BP e FF apresentaram elevadas concentrações de cromo, enquadrando-se como Classe I (perigosos), segundo a ABNT/NBR 10004/2004. Foi identificada ainda a presença de clorofórmio e formaldeído no extrato lixiviado da serragem dos painéis reconstituídos, sugerindo uma maior atenção para a sua disposição e/ou reaproveitamento *in natura*. Por fim, foi elaborado um estudo de caso sobre a viabilidade financeira para a construção de uma Unidade de Produção de Briquetes – UPB junto ao Polo Moveleiro de Ubá, Minas Gerais.

Palavras-chave: setor moveleiro, resíduos de madeira, briquetes, reaproveitamento energético.

ABSTRACT

The furniture industry in Brazil represents an important segment for the national economy, especially for the expressive number of jobs opportunities generated. In the last two decades, the sector went through great changes, focused in the increase of production capacity and productivity, as well as in the higher product quality. However, the furniture industry possesses a high polluting potential, particularly related to the generation of wood residues and its sub products (reconstituted panels of MDF, compressed wood). Therefore, it is observed an increasing environmental problem caused by the absence of adequate environmental management systems in most Brazilian mills. In this context, the Industrial Furniture District of Uba (APL-Uba), MG, Brazil, one of the largest in the country and predominantly formed by small companies, lacks of environmental control strategies and policies. Normally, the residues are mixed and those that are feasible for reuse are contaminated resulting not only in wastefulness but also in environmental contamination. The present work aims at the quantification and characterization of the wood residues from the APL-Uba, MG, and the identification of the potential environmental problems related to the use of these residues, especially the high concentration of formaldehyde, a carcinogenic compound. It evaluated the potential of energy recovery from the residues identifying their use opportunities and limitations. A research was carried through 11 furniture mills, located at APL-Uba and it was verified that the wood residues represents more than 90% of the total solid residues generated. No integrated environmental management was identified among the plants showing important environmental risks. Nevertheless, the tests of humidity and calorific power of the residues have demonstrated potential for its energy recovery through the briquette production. Moreover, the tests of combustion of these residues had not generated gases with toxic substances or compounds above the legal limits. However, the ashes from some reconstituted wood panels residues presented high chromium concentration, and according to ABNT/NBR 10004/2004, it was classified as a Class 1 (dangerous). It was also identified the presence of chloroform and formaldehyde in the leached extract of the wood chips from the reconstituted panels, suggesting it is important to pay attention for its disposal or reuse. Finally, a case study was elaborated, that the financial viability for the construction of a Briquette Production Mill – in the APL-Uba, Minas Gerais.

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1. Setor moveleiro no Brasil	16
3.2. Polo Moveleiro de Ubá	20
3.3. Processo de fabricação de móveis de madeira	21
3.3.1. Matérias-primas e insumos	23
3.3.2. Resíduos de madeira maciça e de painéis reconstituídos	25
3.4. Gerenciamento dos resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos	27
3.5. Demanda e oferta de energia no Brasil e no Mundo	30
3.5.1. Energia da biomassa	32
3.5.2. Balanço energético da biomassa	35
3.6. Reaproveitamento energético de resíduos de madeira das fábricas de móveis .	36
3.7. Produção de briquete	36
3.7.1. Mercado de briquetes	41
3.8. Análise de investimento	44
4. MATERIAL E MÉTODOS	46
4.1. Quantificação dos resíduos de madeira	46
4.2. Amostragem dos resíduos	47
4.3. Coleta das amostras dos resíduos	48
4.4. Caracterização física e química dos resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos	48
4.4.1. Teor de umidade e cinzas	48
4.4.2. Poder calorífico	48
4.4.3. Densidade básica (método da proveta)	49
4.5. Classificação dos resíduos quanto à sua periculosidade	50
4.5.1. Análise dos gases – combustão dos resíduos	53
4.6. Análise financeira para a produção de briquete	55
4.6.1. Dimensionamento do empreendimento	56
4.6.2. Aquisição de matéria-prima (resíduos de madeira)	58

4.6.3.	Despesas com o transporte dos resíduos	59
4.6.4.	Indicadores de desempenho financeiro	59
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1.	Caracterização das fábricas e dos resíduos gerados	61
5.2.	Pontos de geração dos resíduos e seu acondicionamento	64
5.3.	Quantificação e caracterização dos resíduos de madeira e dos painéis reconstituídos	64
5.4.	Classificação dos resíduos de madeira e dos painéis reconstituídos	67
5.5.	Tratamento e disposição final dos resíduos de madeira e dos painéis reconstituídos	69
5.6.	Análise comparativa da comercialização do briquete e dos resíduos de madeira em relação ao custo do transporte	70
5.7.	Análise financeira para a implantação de uma Unidade de Produção de Briquetes no Polo Moveleiro de Ubá	74
5.7.1.	Custos e despesas de implantação e operacionais	74
5.7.2.	Previsão de vendas e receitas	78
5.7.3.	Resultado operacional e fluxo de caixa	78
6.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	86
	REFERÊNCIAS	89
	ANEXOS	97
	PUBLICAÇÕES DO AUTOR RELACIONADAS COM O TRABALHO	105

LISTA DE TABELAS

3.1.	Distribuição das Indústrias de Móveis no Brasil	17
3.2.	Distância entre o município de Ubá - MG e grandes centros consumidores	20
3.3.	Oferta de energia no Brasil e no Mundo	31
3.4.	Projeção da Oferta Interna de Energia – Brasil (em milhares de tep)	32
3.5.	Características da lenha utilizada pelas olarias no Distrito Federal	34
3.6.	Comparação entre equipamentos de compactação de resíduos	41
3.7.	Volume e localização de 15 unidades de produção de briquetes no Brasil	43
4.1.	Grupos de identificação das amostras de resíduos de madeira	47
5.1.	Caracterização das 11 fábricas de móveis amostradas – Polo Moveleiro de Ubá	62
5.2.	Volume de resíduos gerados nas 11 fábricas de móveis amostradas	65
5.3.	Percentual de aparas e serragem geradas nas 11 fábricas amostradas	65
5.4.	Caracterização físico-química dos resíduos amostrados	66
5.5.	Análise dos parâmetros orgânicos do extrato lixiviado dos resíduos amostrados	67
5.6.	Análise dos parâmetros inorgânicos do extrato lixiviado dos resíduos amostrados	68
5.7.	Análise dos gases da combustão dos resíduos	69
5.8.	Comparativo do custo do transporte da serragem e do briquete	71
5.9.	Influência do custo do transporte no lucro sobre as vendas da serragem e do briquete..	73
5.10.	Investimento físico da Unidade de Produção de Briquetes – UPB	75
5.11.	Veículos para a Unidade de Briquetagem	76
5.12.	Serviços para a implantação da Unidade de Briquetagem	76
5.13.	Despesas operacionais da UPB	77
5.14.	Despesas com manutenção do maquinário	77
5.15.	Previsão de depreciação dos ativos da UPB	78
5.16.	Previsão de vendas e receita (mensal)	78
5.17.	Demonstração da previsão do resultado mensal das atividades da UPB	79
5.18.	Fluxo de caixa no 1º ano de operação da UPB (em R\$)	80
5.19.	Fluxo de caixa anual para as atividades da UPB	82
5.20.	Análise dos índices de desempenho financeiro	84

LISTA DE FIGURAS

3.1.	Localização do Polo Moveleiro de Ubá – Microrregião de Ubá	20
3.2.	Fluxograma do processo produtivo de móveis de madeira, identificando os resíduos e suas fontes geradoras	22
3.3.	Briquetadeira de Pistão Mecânico	37
3.4.	Briquetadeira por extrusão (rosca sem fim)	38
3.5.	Briquetadeira hidráulica	38
3.6.	Peletizadora	39
4.1.	Fluxograma do ensaio de lixiviação dos resíduos	51
4.2.	Equipamento de combustão de biomassa	54
4.3.	Coleta de gases no Equipamento de Combustão de Biomassa	55

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRELPE	- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
MDF	- Medium Density Fiberboard
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABIMOVEL	- Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário
IEMI	- Instituto de Estudos e Marketing Industrial
FIEMG	- Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
IEL	- Instituto Euvaldo Lodi
UPB	- Unidade de Produção de Briquete
ABCR	- Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias
SINDMOVEIS	- Sindicato das Indústrias do Mobiliário de Bento Gonçalves
PIB	- Produto Interno Bruto
MDIC	- Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
SGA	- Sistema de Gestão Ambiental
CETEC	- Centro de Tecnologia em Ação e Desenvolvimento Sustentável
OSCIPI	- Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
ONG	- Organização Não Governamental
MME	- Ministério de Minas e Energia
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
CIRAD	- Cooperação Internacional em Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento
PCI	- Poder Calorífico Inferior
PCS	- Poder Calorífico Superior
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
GEE	- Gases de Efeito Estufa
MDL	- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
RENABIO	- Rede Nacional de Biomassa para Energia
PE	- Ponto de Equilíbrio Financeiro
VPL	- Valor Presente Líquido

TIR	- Taxa Interna de Retorno
TMA	- Taxa Mínima de Atratividade
SEBRAE	- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
INTERSIND	- Sindicato Intermunicipal das Indústrias do Mobiliário de Ubá
BP	- Baixa Pressão
FF	- Finish Foil
NBR	- Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	- American Society for Testing Materials
VOC	- Composto Orgânico Volátil
SVOC	- Composto Orgânico Semi-volátil
USEPA	- United States Environmental Protection Agency
UFV	- Universidade Federal de Viçosa
CIPA	- Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COFINS	- Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
PIS	- Programa de Integração Social
CSLL	- Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
IR	- Imposto de Renda
ICMS	- Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços
COPASA	- Companhia de Saneamento de Minas Gerais
IARC	- Instituto Internacional de Pesquisa do Câncer
VMP	- Valor Máximo Permitido
CPV	- Custo do Produto Vendido
IPCA	- Índice de Preços ao Consumidor Amplo
AAF	- Autorização Ambiental de Funcionamento
RAIS	- Relação Anual de Informações Sociais

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos representam um dos grandes desafios do século XXI, chamando a atenção pelo crescente aumento na geração e pelo reconhecido déficit de soluções ambientalmente adequadas quanto à disposição final e/ou reaproveitamento/reciclagem, sendo estas últimas ainda incipientes no Brasil, embora com grande potencial. Além do aumento na quantidade gerada, são descartados, diariamente no ambiente, resíduos de composições cada vez mais complexas, limitando a capacidade de assimilação destes pelo ambiente natural e tornando ainda mais difíceis e onerosos os processos de reaproveitamento/reciclagem. Somada aos impactos ambientais causados pela disposição inadequada, a geração de resíduos retrata um grande desperdício de matéria-prima e energia.

Dentro desse panorama, as indústrias de transformação são responsáveis pelos maiores impactos ambientais registrados. Segundo estudo da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2007), são gerados anualmente no Brasil cerca de 86,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos industriais.

O setor moveleiro representa expressiva importância socioeconômica para o Brasil, notadamente pelo intensivo emprego de mão de obra. Formado por aproximadamente 16.000 fábricas, o setor apresenta-se segmentado em polos regionais, dos quais se destacam os Polos do Rio Grande do Sul (Polo de Bento Gonçalves), Santa Catarina (Polo de São Bento do Sul), Paraná (Polo de Arapongas), São Paulo (Polo de Votuporanga), Minas Gerais (Polo de Ubá) e Espírito Santo (Polo de Linhares).

O setor moveleiro traz consigo um expressivo passivo ambiental, principalmente devido ao descarte inadequado de resíduos sólidos, notadamente de madeira (madeira maciça e painéis de aglomerado, MDF e compensado). Os resíduos dos painéis reconstituídos sugerem uma preocupação maior, devido à presença de adesivos, geralmente à base de ureia-formaldeído ou fenol-formaldeído, presentes na sua composição.

Entre as formas de destinação dos resíduos de madeira e painéis reconstituídos mais comumente verificadas, pode-se citar seu uso na composição de cama de frango em granjas, queima nas caldeiras e pátios das fábricas de móveis, queima em caldeiras de olarias e disposição no solo.

No Brasil, são identificados no setor moveleiro problemas de origem ambiental e socioeconômico, e as fábricas têm sofrido incessante pressão dos órgãos ambientais devido

às formas inadequadas para com o gerenciamento e controle de suas fontes poluidoras, colocando em risco o próprio desenvolvimento econômico do setor.

Dessa forma, verifica-se uma demanda urgente por tecnologias e processos de controle que permitam um adequado gerenciamento, o qual promova o reaproveitamento, a reciclagem e a disposição final apropriada de seus resíduos. Somada a isso, a crescente demanda energética mundial associada ao apelo pelas chamadas energias limpas e renováveis sugerem uma oportunidade por meio do reaproveitamento energético desses resíduos.

O reaproveitamento energético dos resíduos de madeira maciça e de painéis reconstituídos por meio da compactação sob alta pressão e temperatura, resultando em um produto (briquete) com dimensões padronizadas e elevado peso específico, surge como alternativa, conferindo aos resíduos uma concentração energética por volume bem superior àquela apresentada quando na forma de serragem e/ou aparas, bem como da própria lenha, além de resultar na redução dos custos com transporte e armazenamento.

Nesse cenário, o presente trabalho avaliou o processo de reaproveitamento dos resíduos por meio da briquetagem, assim como as implicações ambientais e econômicas referentes à queima desse produto para geração de energia.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi o estudo da viabilidade ambiental e financeira de um processo de briquetagem para fins de reaproveitamento energético dos resíduos de madeira maciça e de painéis reconstituídos gerados nas indústrias de móveis, a fim de subsidiar soluções efetivas e sustentáveis para o gerenciamento adequado desses resíduos.

Os objetivos específicos foram:

- Caracterização e quantificação dos resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos (MDF, aglomerado e compensado) gerados em 11 fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Ubá.
- Classificação dos resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos quanto à sua periculosidade, de acordo com a norma ABNT/NBR 10004/2004.
- Avaliação dos possíveis riscos ambientais relacionados ao processo de queima dos resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos gerados no Polo Moveleiro de Ubá, por meio da análise química dos subprodutos da combustão (gases e cinzas).
- Análise da viabilidade financeira para a implantação de uma Unidade de Produção de Briquetes - UPB no Polo Moveleiro de Ubá.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Setor moveleiro no Brasil

O setor moveleiro no Brasil destaca-se pelo intensivo emprego de mão de obra e formação de polos industriais regionais, evidenciando sua importância socioeconômica para o País. De acordo com o Panorama do Setor Moveleiro no Brasil, publicado pela Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (ABIMOVEL, 2006), o referido setor concentrava, até o ano de 2006, 16.104 fábricas de móveis, gerando 205.461 empregos diretos (Tabela 3.1). Segundo Valença *et al.* (2002), acredita-se que cerca de 50.000 fábricas operem informalmente no País.

Presente nas 27 Unidades Federativas, esse setor destaca-se em cinco Estados, formando grandes polos moveleiros regionais: Rio Grande do Sul (Polo de Bento Gonçalves), Santa Catarina (Polo de São Bento do Sul), Paraná (Polo de Arapongas), São Paulo (Polo de Votuporanga) e Minas Gerais (Polo de Ubá). Até 2006, esses cinco Estados representavam juntos 77,5% do total de empresas e 81,4% da mão de obra empregada pelo setor no Brasil (ABIMOVEL, 2006). Dessa forma, os fabricantes de móveis de madeira no País estão concentrados especialmente nas regiões Sudeste (42,6%) e Sul (41,9%), somando 84% do total de fábricas. Em seguida vêm as regiões Norte e Nordeste, com 10,1%, e Centro-oeste, com 5,4% (IEMI, 2006).

Ainda segundo a ABIMOVEL (2006), o setor encontra-se segmentado em móveis residenciais (60%), móveis de escritório (25%) e móveis institucionais (15%). Nahuz (2005) afirma que a principal matéria-prima utilizada na fabricação de móveis no Brasil é a madeira, seja ela maciça ou na forma de painéis reconstituídos (MDF, aglomerado e compensado), respondendo por cerca de 80% da matéria-prima demandada pelo setor. Essa afirmativa é reiterada pelo Relatório Setorial da Indústria de Móveis no Brasil, identificando que 83% das fábricas atuam no segmento de móveis de madeira (IEMI, 2007). A Tabela 3.1 apresenta a localização e o número de empregos gerados pelas fábricas de móveis no Brasil.

Tabela 3.1. Distribuição das indústrias de móveis no Brasil

Estado	Indústrias de Móveis	Empregos gerados
Região Norte	383	3.530
Rondônia	128	833
Acre	43	205
Amazonas	40	460
Roraima	10	58
Pará	109	1.699
Amapá	17	78
Tocantins	36	197
Região Nordeste	1.477	16.798
Maranhão	81	1.481
Piauí	63	990
Ceará	328	4.126
Rio Grande do Norte	127	943
Paraíba	87	658
Pernambuco	298	3.287
Alagoas	62	734
Sergipe	76	654
Bahia	355	4.816
Região Centro-Oeste	872	6.354
Mato Grosso do Sul	131	602
Mato Grosso	235	1.648
Goiás	398	3.334
Distrito Federal	108	770
Região Sudeste	6.776	83.948
Minas Gerais	2.126	24.717
Espírito Santo	313	5.402
Rio de Janeiro	583	5.367
São Paulo	3.754	48.462
Região Sul	6.596	94.831
Paraná	2.133	29.079
Santa Catarina	2.020	32.273
Rio Grande do Sul	2.443	33.479
Total	16.104	205.461

Fonte: Adaptado de RAIS (2004).

O setor moveleiro no Brasil é formado predominantemente por micro e pequenas empresas (89,39%), seguidas das médias (5,94%) e grandes empresas (4,67%), refletindo a situação mundial desse setor (ABIMOVEL, 2006). Essa grande concentração de micro e pequenas empresas explica em parte o déficit tecnológico e de processos verificados nas indústrias de móveis do País. Esse perfil pode omitir um número bem superior de empresas que funcionam de maneira informal, operando sem um padrão de qualidade e segurança, colocando em risco os funcionários e a própria qualidade dos móveis produzidos e do meio ambiente, em razão da total ausência de sistemas de controle para com os resíduos e subprodutos resultantes do processo fabril.

Outra característica marcante do setor moveleiro no Brasil consiste na verticalização da produção, privando-se da oportunidade de desenvolver empreendimentos altamente especializados e qualificados, a exemplo de alguns países produtores de móveis, como a Itália. Naquele país há uma clara divisão de atividades no setor, criando um elo de interdependência entre as pequenas, médias e grandes fábricas de móveis, em que geralmente as primeiras ficam responsáveis pela produção das peças, repassando às últimas as atribuições de desenvolvimento de designers, acabamento e montagem dos móveis (IEL-MG, 2002). Crocco *et al.* (2001) sugerem que a desverticalização do processo produtivo potencializa a inter-relação entre as empresas, viabilizando a cooperação tecnológica entre as indústrias e os investimentos, visando um processo de inovação dos produtos finais.

O segmento de móveis de madeira no Brasil compreende duas linhas de produtos: móveis retilíneos, cujas principais matérias-primas utilizadas são os painéis de MDF e aglomerado, e os móveis torneados, geralmente marcados pela sofisticação dos designers e acabamento, produzidos geralmente com madeira maciça (espécies nativas ou de reflorestamento), podendo ser ainda utilizado o MDF, dadas as suas características físicas e mecânicas.

Para atender à crescente demanda e às exigências do mercado nacional e internacional, impostas a partir da abertura de mercado às importações verificadas na década de 1990, o setor moveleiro se viu pressionado a investir em tecnologias e processos para o incremento da qualidade e produtividade dos seus móveis. O resultado dessa transformação foi o crescimento de 65% no faturamento em um período de apenas quatro anos (2000 – 2004) (ABIMOVEL, 2006).

De acordo com o Sindicato das Indústrias do Mobiliário de Bento Gonçalves (SINDMÓVEIS, 2009), a receita total com a venda de móveis no Brasil em 2008 foi de R\$22,25 bilhões, e o faturamento com exportações, de US\$988 milhões.

O faturamento do setor responde por 0,8% do PIB nacional; em dezembro de 2008, respondia por 2,4% dos empregos diretos gerados pelo setor industrial no Brasil (MDIC, 2009).

A exportação de móveis no Brasil está concentrada essencialmente na Região Sul, com 80% do total das exportações do setor, com destaque para o Estado de Santa Catarina, responsável por 43,8% do total. As exportações oriundas do Estado de Minas Gerais são pouco representativas (1,13%), concentrando sua produção na demanda do mercado interno. O principal destino das exportações brasileiras até 2005 eram os EUA, absorvendo 30% da produção destinada ao mercado internacional (ABIMOVEL, 2006). A participação do Brasil no mercado internacional de móveis é de 1,2% (IEMI, 2007).

Quanto à produção mundial de móveis, o Brasil responde por 3,2% do total produzido no mundo, o que representa aproximadamente 312 milhões de peças/ano (IEMI, 2007).

Uma mudança muito importante no setor moveleiro consiste na substituição da madeira maciça por painéis reconstituídos (MDF, aglomerado, compensado e chapa dura), produzidos principalmente a partir de pínus e eucalipto. Essa tendência se deve às pressões internacionais pela preservação das florestas nativas do planeta, assim como pelos fatores técnicos na produção de móveis a partir dos citados painéis.

Segundo o Instituto de Estudos e Marketing Industrial (IEMI, 2006), o setor moveleiro nacional consumiu, em 2006, 7,52 milhões de metros cúbicos de madeira, sendo 63% de painéis reconstituídos (MDF, aglomerado, compensado e chapa dura) e 37% de madeira maciça (pínus, eucalipto e espécies nativas).

De acordo com a ABRAF (2009), foram consumidos em 2008 no Brasil 174,2 milhões de metros cúbicos de toras de florestas plantadas, sendo 34,5% de pínus e 65,5% de eucalipto. Desse total, o setor moveleiro consumiu 40,5 milhões m³, ou 23,3% do total consumido no País.

3.2. Polo Moveleiro de Ubá

O Polo Moveleiro de Ubá, localizado na Zona da Mata mineira, é formado por aproximadamente 400 fábricas de móveis, distribuídas por nove municípios do Estado de Minas Gerais, localizados na microrregião de Ubá. A Figura 3.1 apresenta a localização do Polo Moveleiro de Ubá. Na Tabela 3.2 encontram-se as distâncias entre o município de Ubá e as capitais mais próximas, verificando-se sua posição privilegiada em relação a grandes centros consumidores.



Figura 3.1. Localização do Polo Moveleiro de Ubá – Microrregião de Ubá.

Tabela 3.2. Distância entre o município de Ubá - MG e grandes centros consumidores

Origem	Km	Destino
Ubá	187	Belo Horizonte
	227	Rio de Janeiro
	543	São Paulo
	343	Vitória

Fonte: Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR, 2009).

O Polo Moveleiro de Ubá representa uma fonte de economia estratégica para a região, gerando cerca de 20.000 empregos diretos e indiretos (FIEMG, 2008). Em um contexto local, as fábricas de móveis correspondem a cerca de 50% dos estabelecimentos

industriais nos municípios que constituem o referido polo. Quanto ao município de Ubá, o setor movimenta 73,4% da mão de obra industrial e 37% do total de empregos gerados (SOUZA, 2008).

O Polo de Ubá está na lista dos cinco principais polos moveleiros do país e o primeiro no Estado de Minas Gerais, sendo constituído predominantemente por micro e pequenas empresas. Segundo dados da FIEMG/IEL, as micro e pequenas fábricas representavam, em 2002, cerca de 95% dos empreendimentos. O referido polo caracteriza-se ainda pela verticalização dos processos de produção e alta diversificação de produtos finais (FIEMG / IEL-MG, 2002). Rezende *et al.* (2006) verificaram a diversificação do processo fabril nas fábricas de móveis do Polo de Ubá, identificando desde indústrias com elevado desenvolvimento tecnológico a fábricas com processos totalmente manuais.

Paralelamente à sua importância socioeconômica, as fábricas do Polo Moveleiro de Ubá trazem consigo um expressivo passivo ambiental resultante de suas atividades, principalmente devido ao descarte inadequado de resíduos sólidos, sobretudo de madeira e seus derivados (painéis de aglomerados, MDF e compensados), representando mais de 90% do total de resíduos gerados. Os resíduos dos painéis reconstituídos sugerem uma preocupação maior devido à presença dos adesivos, geralmente ureia-formaldeído ou fenol-formaldeído, na sua composição.

3.3. Processo fabril de móveis de madeira

O processo de produção de móveis de madeira no Brasil apresenta uma acentuada defasagem tecnológica, verificando-se desde processos totalmente automatizados de produção em série, com rígido controle de qualidade dos móveis, segurança dos funcionários e controle ambiental, a empresas com processos totalmente artesanais, desprovidas dos controles já mencionados. A Figura 3.2 apresenta o fluxograma típico de um processo de fabricação de móveis de madeira com produção em série.

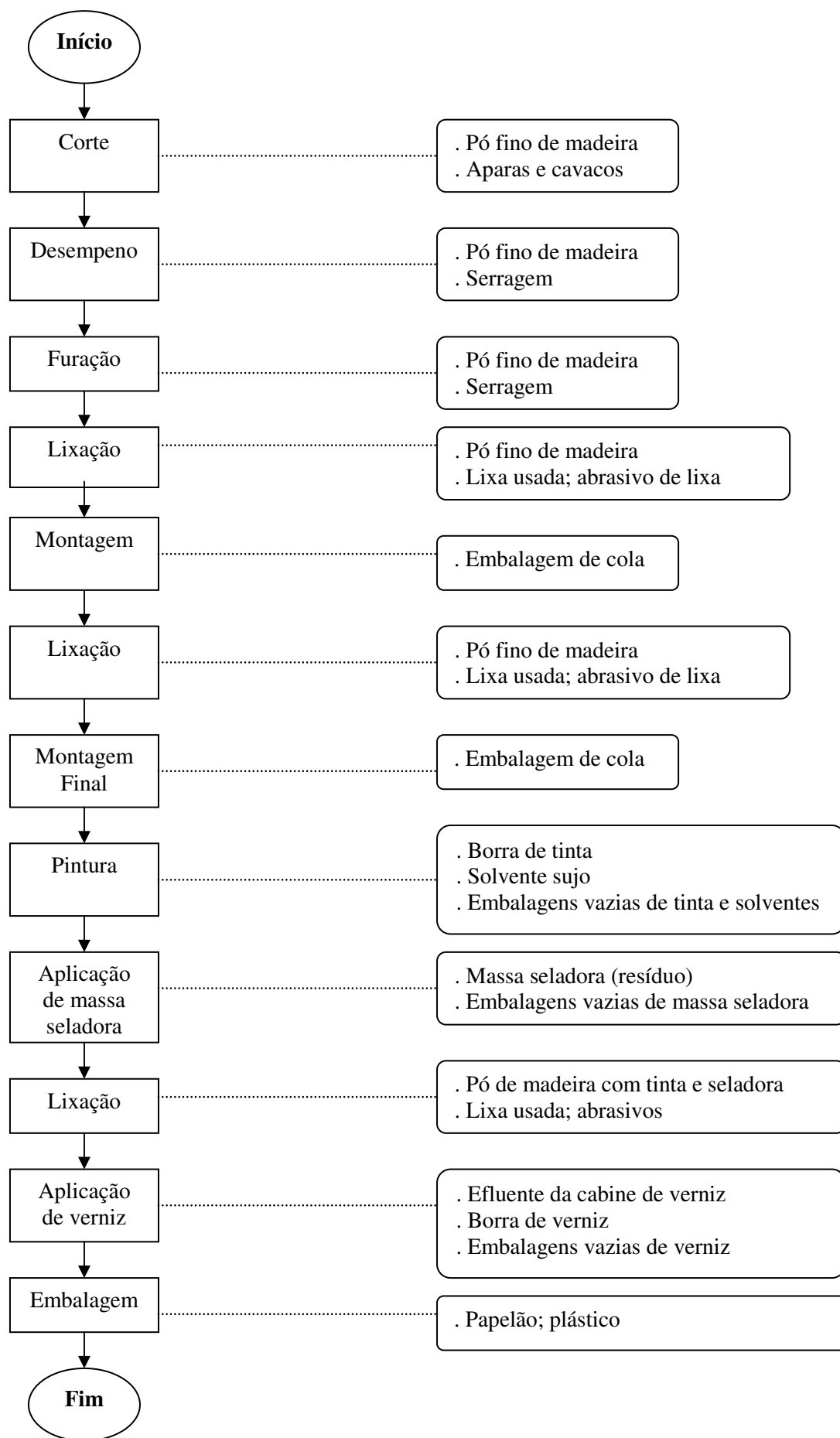


Figura 3.2. Fluxograma do processo produtivo de móveis de madeira, identificando os resíduos e suas fontes geradoras.

O setor pode ser dividido ainda em móveis de madeira, móveis de vime e junco, móveis de metal e de plástico. Os móveis de madeira para uso residencial subdividem-se em retilíneos seriados, torneados seriados e móveis sob medida. Os móveis retilíneos são produzidos geralmente com painéis de madeira reconstituída (aglomerado, MDF, compensado, chapa de fibra dura), apresentando peças com superfícies lisas e poucos detalhes de acabamento. Já os móveis torneados destacam-se pelo cuidado nos detalhes, sendo utilizada geralmente madeira maciça e ainda o MDF, por apresentar características físicas bem similares às da madeira, permitindo assim melhor acabamento das peças. Quanto aos móveis feitos sob medida, destacam-se as atividades das micro e pequenas fábricas, com larga utilização da madeira maciça, exclusividade das peças e alto valor agregado (LEÃO; NAVEIRO, 1998).

A indústria de móveis vem ao longo dos anos inovando seu processo fabril, por meio da melhoria dos sistemas de gestão, operacional e tecnológico. Esse desenvolvimento do setor tomou fôlego a partir do ano de 1990, com a implantação de novas tecnologias e processos visando se adequarem às pressões ambientais e à concorrência internacional ocasionada pela abertura de mercado.

3.3.1. Matérias-primas e insumos

Como resultado da grande diversidade de móveis produzidos, verifica-se um número muito grande de matérias-primas e insumos utilizados na produção de móveis no Brasil.

As principais matérias-primas utilizadas na produção de móveis de madeira são as madeiras maciças e os painéis reconstituídos (MDF, aglomerado e compensado). Referente à madeira maciça, as espécies mais utilizadas atualmente são o pínus e o eucalipto, oriundos de florestas plantadas. Contudo, verifica-se ainda o uso de espécies nativas, como mogno, sucupira, cedro, ipê, araucária, andiroba, imbuia, pau-amarelo, marupá, tauari, timborana, goiabão (IPT, 2002; LEÃO; NAVEIRO, 1998).

O uso da madeira maciça como principal matéria-prima vem dando lugar aos painéis de madeiras reconstituídas produzidos essencialmente com espécies de reflorestamento, como o pínus e o eucalipto, que, de acordo com Coutinho *et al.* (1999), respondem por 60% da madeira utilizada pelo setor moveleiro.

Silva (2003) afirma que as espécies de reflorestamento apresentam como principais vantagens a elevada produtividade, o reduzido ciclo de produção, a homogeneidade e o uso múltiplo da matéria-prima (madeira), resultando em um produto de custo bastante competitivo. Segundo Nahuz (2004), a indústria moveleira nacional consome 15% da madeira serrada produzida no País.

A utilização dos painéis de madeira para produção de móveis no Brasil teve início na década de 1970, consolidando-se nas duas décadas seguintes, através do aglomerado revestido com melamina (BP) e do MDF, este último já no final da década de 1990 (BERNARDI, 1999). Outros produtos amplamente utilizados no Brasil são os painéis de compensado e chapa de fibra dura.

A gradativa substituição da madeira maciça pelos painéis reconstituídos na produção de móveis está associada aos apelos ambientais pela conservação das florestas nativas. Além disso, o processo de produção dos painéis reconstituídos permite um melhor aproveitamento das toras, especialmente as de menor diâmetro, permitindo uma redução do ciclo de produção da madeira. Os principais fabricantes desses painéis estão localizados nas regiões Sudeste e Sul, com destaque para: EUCATEX, TAFISA, DURATEX, BERNECK E SATIPEL.

Dentre os painéis reconstituídos, o aglomerado consiste em um painel de baixa densidade, composto por partículas de madeira aglutinadas pela ação da temperatura e pressão, utilizando resina sintética à base de ureia e fenol-formaldeído, prevalecendo o uso da ureia-formaldeído. Esse painel é fabricado com ou sem revestimento (BP e FF), possibilitando eliminar a etapa de pintura das peças nas fábricas de móveis. Atualmente é o painel mais utilizado pelo setor moveleiro. A espécie mais usada para a sua produção é o pínus, seguido do eucalipto e, ainda, de algumas espécies nativas, como acácia-negra e bracatinga (IWAKIRI, 2003, citado por LIMA, 2005). O revestimento BP é um produto à base de resina melamínica, impregnado no painel (MDF ou aglomerado) sob ação de temperatura e pressão (baixa pressão – BP). Quanto ao revestimento FF (finish foil), consiste em um papel pintado por meio de sistemas de retrogravura e flexogravura, podendo reproduzir um efeito amadeirado ou padrões monocromáticos. Durante a confecção do papel, é aplicado um acabamento intermediário (verniz), finalizando com acabamentos acrílico-melamínicos, curados com raios UV. Diferentemente do BP, este revestimento é aderido ao painel com o uso de cola.

O MDF é produzido a partir da redução das toras de madeira a fibras, por meio de processo termomecânico. Na sequência, sob a ação de temperatura e pressão, essas

partículas, adicionadas de resina sintética (ureia-formaldeído e fenol-formaldeído), são transformadas em painéis de média densidade. Assim como o aglomerado, a matéria-prima mais utilizada na produção de MDF é o pínus, seguido do eucalipto (LIMA, 2005).

O compensado pode ser classificado em Compensado Laminado ou Sarrafeado. O primeiro é produzido a partir do ajuntamento das lâminas de madeira de forma alternada, em número ímpar. O segundo tipo consiste em um miolo formado por sarrafos, envolto por lâminas de madeira. Em ambos os casos, a colagem das lâminas dar-se-á por meio da aplicação de adesivos à base de ureia-formaldeído e/ou fenol-formaldeído. A aplicação do compensado pela indústria moveleira é bastante ampla, sendo empregado tanto como peças estruturais quanto como divisórias, fundos de gavetas e armários (LIMA, 2005).

3.3.2. Resíduos de madeira maciça e de painéis reconstituídos

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT/NBR 10004/2004, os resíduos sólidos constituem todos os resíduos nos estados sólido e semissólido resultantes das diversas atividades humanas, podendo incluir-se ainda determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública, ou exijam para isso investimentos em sistemas de tratamento de efluentes economicamente inviáveis, comparado à melhor tecnologia disponível.

A expressiva quantidade de matérias-primas e insumos utilizados pelas fábricas de móveis resultam em uma grande variedade e quantidade de resíduos, estando diretamente relacionados com a tecnologia e os processos de produção, bem como ao segmento (tipos de móveis). A geração de resíduos sólidos é consequência direta da transformação da madeira maciça ou painéis de madeira reconstituída (aglomerado, MDF e compensado).

De acordo com suas características dimensionais, podem-se classificar os resíduos como aparas (pedaços maiores do corte da madeira ou do painel), cavacos (partículas com dimensões máximas de 50 x 20 mm, em geral provenientes do uso de picadores), maravalha (resíduo com mais de 2,5 mm), serragem (partículas de madeira provenientes do uso de serras, com dimensões entre 0,5 e 2,5 mm) e, por fim, o pó (resíduos menores que 0,5 mm).

Segundo Cunha e Galvão (2002), os resíduos de madeira e seus derivados gerados em toda a cadeia de transformação, desde o processo de corte das árvores até o processo fabril de móveis, representam 60% a 70% da madeira cortada.

Silva *et al.* (2005) identificaram que mais de 90% do total de resíduos gerados em fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Ubá são representados por madeira maciça e painéis reconstituídos (aglomerado, MDF, compensado), somando 4.759 m³, para um universo de 106 empresas. Registraram ainda uma grande deficiência em relação ao controle e gerenciamento desses resíduos, constatando que a sua disposição é feita aleatoriamente, a exemplo da sua queima a céu aberto e doação ou venda a terceiros, sem nenhum controle sobre quantidade e aplicação final. Situação semelhante foi identificada por Schneider *et al.* (2003), a partir de estudo realizado junto a 26 fábricas do Polo Moveleiro de Bento Gonçalves - RS, onde 53% dos resíduos de madeira eram vendidos a terceiros, geralmente sem conhecimento da sua destinação final.

Além dos resíduos de madeira, Silva *et al.* (2005) relacionaram uma grande diversidade de resíduos gerados no Polo Moveleiro de Ubá, como: solvente sujo; borra de cabine de pintura; latas vazias de produtos químicos (tintas, vernizes etc.); tambor vazio de produtos químicos (solventes, colas etc.); lâmpadas UV; lixa usada; aparas de metal; tecido; lama de fosfato; borra plástica; estopas; lodo de galvanoplastia; pó de ardósia; tinta em pó; pó de mármore; espuma; borracha; plástico; e papelão. Esses resíduos são gerados pelos segmentos de móveis de madeira e tubulares, representando a situação geral do setor moveleiro. No tocante aos resíduos de madeira maciça e de painéis reconstituídos gerados pelas fábricas de móveis do Polo de Ubá, foi identificada uma geração mensal de 4.759 m³, considerando um universo de 106 fábricas de móveis de madeira.

Schneider *et al.* (2003) estimaram uma geração de resíduos de madeira e derivados para o setor de móveis no Estado do Rio Grande do Sul de 50.173 m³/mês.

Segundo o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais do Estado do Paraná (IAP, 2002), as empresas que fabricam produtos de madeira geraram, em 2002, 1.075.189 toneladas de resíduos, respondendo por 6,83% do total dos resíduos sólidos gerados pelo referido setor em nível nacional. Desse total, 749.839 toneladas correspondem a resíduos de madeira, ou seja, 70% dos resíduos desse segmento.

Esses elevados volumes de resíduos de madeira retratam o déficit tecnológico do setor moveleiro no Brasil. No Distrito Federal, as indústrias do mobiliário operam com uma média de 10% de perdas durante o processamento dos painéis de madeira para a produção de móveis (CAPACITEC, 2000, citado por BARROSO *et al.*, 2009).

De acordo com o pesquisador Waldir Ferreira Quirino, o Brasil produz cerca de 30 milhões de metros cúbicos de resíduos de madeira por ano (Gazeta Mercantil, 2003).

A geração de resíduos de madeira concentrada nos polos moveleiros representa boas oportunidades para a implantação de tecnologias locais e/ou regionais de reaproveitamento desses resíduos, a exemplo do seu potencial energético.

Diferentemente da madeira maciça, os painéis de madeira reconstituída apresentam substâncias químicas que vão desde os adesivos (colas), utilizados no seu processo de formação, a produtos utilizados para dar maior resistência e estética aos móveis. Essas substâncias, em determinadas concentrações, podem apresentar riscos ambientais e sanitários, demandando cuidados especiais no gerenciamento dos seus resíduos.

A identificação dos pontos de geração dos resíduos em uma unidade fabril é fundamental para a quantificação e classificação destes. Além disso, torna-se essencial para a implantação de programas e sistemas de segregação e controle dos resíduos gerados, previstos em Sistemas de Gestão Ambiental - SGA.

3.4. Gerenciamento dos resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos

A produção de móveis, assim como os demais processos de transformação de matéria-prima em determinado produto final, é passível de aspectos e impactos ambientais.

Segundo Moura (2008), constituem aspecto ambiental os elementos das atividades, produtos ou serviços de uma empresa que apresenta potencial interação com o ambiente, tanto do ponto de vista dos recursos naturais utilizados na produção de determinado bem, como quanto aos resíduos, efluentes e emissões atmosféricas resultantes do processo fabril. O impacto ambiental refere-se ao resultado dessa interação com o ambiente natural ou antrópico, podendo assumir natureza negativa (degradação ambiental e riscos à saúde pública) ou positiva.

Assumpção (2007) apresenta nove sugestões para o gerenciamento dos aspectos ambientais nas organizações, com destaque para:

- . monitoramento constante dos aspectos ambientais relacionados a produtos, serviços e atividades de uma organização;

- . determinação de medidas para a identificação, controle e contingência dos riscos inerentes aos aspectos ambientais relacionados a determinados produtos ou serviços;
- . treinamento e conscientização ambiental contínuos para os funcionários da organização, especialmente sobre os aspectos ambientais relacionados às suas atividades/funções; e
- . identificação e aquisição de tecnologias de controle e prevenção de poluição, a fim de eliminar ou evitar potenciais riscos ao meio ambiente.

Nesse contexto, podem-se citar, de forma sucinta, como principais aspectos ambientais em uma fábrica de móveis:

- . emissões atmosféricas de pó de madeira maciça e painéis reconstituídos (MDF, aglomerado e compensado);
- . emissões atmosféricas de gases e vapores orgânicos (tintas, vernizes, solventes etc.);
- . efluentes das cabines de pintura;
- . efluentes das linhas de pintura (solvente sujo); e
- . resíduos sólidos de matéria-prima e insumos (serragem e aparas de madeira, vidro, metal, plástico, papel e papelão, tecido etc.).

Um adequado controle e gerenciamento de resíduos sólidos industriais deve ser precedido de um diagnóstico completo das atividades da indústria, a fim de identificar os produtos finais fabricados. Dessa forma, a partir das informações prestadas pelos fornecedores das matérias-primas e insumos que constituem esses produtos, os potenciais resíduos gerados no processo fabril poderão ser previamente classificados quanto à sua periculosidade, de acordo com sua constituição química, subsidiando tomada de decisões quanto às formas adequadas de acondicionamento, transporte e disposição final. Cabe destacar ainda que as características físico-químicas desses resíduos poderão orientar para potenciais de reciclagem e/ou reaproveitamento.

Outro ponto essencial para o gerenciamento dos resíduos de origem industrial refere-se à sua segregação. Resíduos com características diferentes servem de matérias-primas para diferentes produtos, exigindo para isso tecnologias específicas. Além disso, uma quantidade mínima de determinado resíduo perigoso pode contaminar um grande volume de resíduos potencialmente recicláveis/reaproveitáveis, podendo assim inutilizar esse material, além de onerar as despesas resultantes do envio deles a aterros classe I (resíduos perigosos).

Para Nahuz (2005), a grande diversidade de matérias-primas e insumos utilizados pelo setor moveleiro resulta no maior desafio ao adequado reaproveitamento, reciclagem e/ou disposição final dos resíduos gerados em seu processo fabril, visto que cerca de 95%

das fábricas de móveis no Brasil não possuem programas e sistemas de gestão ambiental. Esse fato evidencia o grande déficit do setor em relação ao controle e gerenciamento dos aspectos e potenciais impactos causados ao meio ambiente.

Outra dificuldade relacionada ao gerenciamento adequado dos resíduos de madeira deve-se à grande dispersão destes, o que, somado ao elevado custo do transporte, restringe suas formas de reaproveitamento, tendo em vista que muitas vezes sua geração é verificada em pontos distantes dos mercados potencialmente consumidores.

Silva *et al.* (2005) verificaram nas fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Ubá a ausência de segregação dos resíduos gerados, tornando os processos de reciclagem e reaproveitamento mais onerosos. Um exemplo consiste na separação dos resíduos oriundos do processamento de madeira maciça para usos mais nobres, como alimentação de lareiras residenciais, agregando dessa forma mais valor ao produto.

Schneider (2003) constatou um grande déficit no controle e gerenciamento ambiental nas fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Bento Gonçalves - RS, identificando que cerca de 53% dos resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos são vendidos a terceiros, sem controle sobre sua forma de utilização e/ou destinação final. Cabe destacar ainda que 17% são simplesmente queimados (descartados) sem nenhuma forma de reaproveitamento, e apenas 25% desses resíduos são reaproveitados nas próprias fábricas.

No que se refere ao Polo Moveleiro de Arapongas, no Estado do Paraná, os resíduos gerados são, desde 2000, recolhidos sistemática e periodicamente pelo CETEC e levados à sua unidade de tratamento e reciclagem. O CETEC consiste em uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público - OSCIP e foi criado em 1999 com o objetivo de demonstrar a responsabilidade ambiental do Polo Moveleiro de Arapongas perante o mercado consumidor internacional, especialmente da América do Norte e Europa (NAHUIZ, 2005). Na usina do CETEC, os resíduos de madeira são transformados em briquetes. Os solventes sujos (contaminados) passam por processo de destilação simples, recuperando dessa forma o solvente, que é vendido às fábricas de móveis. Esse processo gera uma espécie de borra contendo especialmente tinta e outros produtos provenientes da linha de pintura dos móveis. Esses subprodutos são transformados em tintas de segunda linha, produto utilizado para pinturas menos exigentes (muros, mourões etc.) As demais matérias-primas e insumos, incluindo os resíduos classificados como chão de fábrica, são segregados e prensados para serem comercializados visando à reciclagem. Os resíduos não passíveis de reciclagem e/ou reaproveitamento são destinados a aterros classe I ou II,

conforme a classificação quanto à sua periculosidade. De acordo com Lima (2005), o CETEC é responsável pela coleta, transporte e reaproveitamento/tratamento de aproximadamente 200 t/dia de resíduos de madeira maciça e de painéis reconstituídos gerados no Polo Moveleiro de Arapongas.

Outra forma de reaproveitamento dos resíduos de madeira está na produção de painéis de aglomerado. Esse modelo foi bastante difundido na Europa, com o objetivo de dar destinação adequada aos grandes volumes de resíduos de madeira gerados pelas serrarias.

Somado à preocupação com a sua disposição final, o reaproveitamento dos resíduos de madeira em boa parte dos países europeus justifica-se ainda pelo elevado ciclo de produção da madeira. Segundo Skjelmerud (1972), na Noruega, os resíduos de serrarias são amplamente utilizados como matéria-prima nas indústrias, essencialmente nas fábricas de celulose (90%), tendo em vista que o ciclo de produção das duas espécies de coníferas mais comuns nas suas florestas é de aproximadamente 80 anos.

Ainda como alternativa de reaproveitamento dos resíduos de madeira da indústria moveleira, verifica-se a confecção de pequenos objetos, tanto em escala industrial como na forma de artesanato. Os produtos variam entre porta-retratos, porta-jóias, bandejas, porta-canetas, caixas para mantimentos, porta-chaves, brinquedos, miniaturas, entre tantos outros. Verifica-se ainda que esses produtos vêm sendo fabricados principalmente com painéis reconstituídos, destacando-se o uso do MDF.

3.5. Demanda e oferta de energia no Brasil e no mundo

As fontes de energia classificam-se em primárias e secundárias. A energia primária refere-se aos produtos energéticos da natureza, na sua forma natural (bruta), dividindo-se em renováveis (biomassa, energia eólica e solar) e não renováveis (petróleo, gás natural e carvão mineral). Com relação à energia secundária, constitui-se dos produtos gerados pela transformação (beneficiamento) das fontes primárias (ex.: óleo diesel, gasolina, biodiesel) (MME/BEN, 2006).

A produção e o consumo de energia, com base nos tradicionais combustíveis de origem fóssil, são atualmente responsáveis pelos maiores impactos ambientais em nível mundial, notadamente pela emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa. Assim, a

busca por tecnologias e fontes energéticas alternativas e renováveis vem sendo discutida por pesquisadores, cientistas, empresários, ONGs, políticos e líderes de governos do mundo todo.

Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME), o Brasil consumiu em 2007 um total de 215,6 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo), registrando um crescimento de 6,2% no consumo em relação a 2006.

A Tabela 3.3 relaciona as fontes de energia ofertadas no Brasil e no mundo. Verifica-se que até 2006 o uso de fontes energéticas renováveis em nível mundial era de apenas 12,9%, enquanto no Brasil já representava 42,76%, com expressiva participação da biomassa (27,87%). Contudo, a Agência Internacional de Energia (AIE) prevê que até 2028 as fontes de energias renováveis representarão um terço de toda a energia produzida pelo homem no planeta (CORTEZ *et al.*, 2008).

Tabela 3.3. Oferta de energia no Brasil e no mundo

País	Petróleo e derivados	Carvão Mineral	Gás Natural	Urânio e derivados	Hidráulica	Biomassa		Outras fontes primárias
						Lenha e carvão vegetal	Produtos da cana	
Brasil (2007)	37,36%	5,99%	9,29%	1,4%	14,89%	15,88%	11,99%	3,2%
Mundo (2006)	34,4%	26%	20,5%	6,2%	2,2%	10,7%		-

Fonte: Ministério de Minas e Energia – MME (2007).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2008), a previsão para a Oferta Interna de Energia – OIE no Brasil em 2030 é de 557,1 milhões de tep, correspondendo a uma taxa média de crescimento de 3,8% a.a.

Apesar de evidenciar um importante aumento na participação das fontes de energias renováveis, o cenário futuro nacional prevê uma retração expressiva na participação da lenha e do carvão vegetal na matriz energética do Brasil. Essa previsão pode justificar-se pela alta concorrência da lenha pelos diversos segmentos (celulose e papel, siderúrgicas - carvão vegetal, mobiliário), abrindo mais espaço às propostas de geração de energia a partir dos resíduos da biomassa. Na Tabela 3.4 é apresentada a projeção da matriz energética dentro desse cenário.

Tabela 3.4. Projeção da Oferta Interna de Energia – Brasil (em milhares de tep)

Matriz	2005	2010	2020	2030
Energia não renovável	121.349	159.009	216.007	297.786
Petróleo e derivados	84.553	97.025	119.136	155.907
Gás natural	20.526	37.335	56.693	86.531
Carvão mineral e deriv.	13.721	20.014	30.202	38.404
Urânio e derivados	2.549	4.635	9.976	16.944
Energia Renovável	97.314	119.999	182.430	259.347
Hidráulica e eletricidade	32.379	37.800	54.551	75.067
Lenha e carvão vegetal	28.468	28.151	28.069	30.693
Cana de açúcar e deriv.	30.147	39.330	69.475	103.026
Outras fontes renováveis	6.320	14.718	30.335	50.561
Total	218.663	279.008	398.437	557.133

Fonte: Adaptada de Ministério de Minas e Energia – Matriz Energética Nacional 2030.

3.5.1. Energia da biomassa

A madeira foi utilizada como principal fonte de energia até meados do século 20, dando lugar ao carvão mineral até 1961. A partir daí o petróleo assumiu a posição de principal fonte de energia no planeta, prevalecendo até os dias atuais.

A biomassa pode ser obtida de vegetais não lenhosos (aquáticos), vegetais lenhosos (madeira), resíduos orgânicos (agrícolas, urbanos e industriais) e dos biofluidos (óleos vegetais: mamona, soja etc). A produção de energia elétrica a partir da biomassa dá-se por meio da combustão direta do combustível, tecnologia que prevê uma caldeira acoplada a uma turbina a vapor e um gerador (ciclo a vapor), ou através da tecnologia de gaseificação, processo termoquímico que permite a conversão de combustíveis sólidos e líquidos em gás (CORTEZ; LORA, 2008).

A proposta de gerenciamento dos resíduos de madeira e derivados nas fábricas de móveis por meio do reaproveitamento energético justifica-se sob dois fortes argumentos: os grandes passivos ambientais gerados pela disposição inadequada de resíduos sólidos e a crescente demanda por energias mais limpas e renováveis. Com relação à geração de energia limpa, a grande preocupação refere-se às emissões de gases causadores do efeito estufa no planeta, gerados pelo uso de combustíveis fósseis. Além disso, essas fontes de

energia são finitas e não renováveis, conduzindo o homem na busca por outras fontes e formas de gerar energia a fim de garantir a sustentabilidade da presente e futuras gerações.

Um dos principais benefícios do uso da biomassa como fonte energética refere-se ao fato de tratar-se de uma fonte renovável. Somado a isso, o cultivo da biomassa para fins energéticos propicia a geração de empregos e fixação do homem no campo. Outro fator importante refere-se à melhoria nas condições atmosféricas. Este último benefício pode-se dar tanto por meio da captação de CO₂ da atmosfera durante o processo de fotossíntese para a formação da biomassa, como pela redução da emissão nos gases de efeito estufa emitidos durante a combustão de combustíveis fósseis. Segundo Cunha *et al.* (1989, citado por QUIRINO, 2005), a queima da madeira para fins energéticos provoca menos poluição atmosférica que os combustíveis fósseis, haja vista seu baixo teor de enxofre. Além disso, segundo Teixeira (2008), as emissões de CO₂ gerado na combustão da biomassa mantêm-se em equilíbrio com o volume capturado durante o processo de fotossíntese, não gerando, portanto, incremento desse gás na atmosfera.

Morais (2007) sustenta os benefícios do uso da biomassa como fonte energética, enfatizando, contudo, o uso desta por meio dos resíduos lignocelulósicos.

Para Eriksson e Prior (1990), entre as condições que favorecem o processo industrial de briquetagem no Brasil destaca-se a existência de diversos pontos (concentrações) de geração de resíduos lignocelulósicos (indústria agroalimentar e indústria da madeira), além das políticas de valorização de recursos energéticos nacionais e de restrições ambientais para a exploração de madeira nativa.

Com base nas informações anteriores, vale destacar que o uso dos resíduos de madeira oriundos da indústria de móveis para geração de energia torna-se ainda mais interessante. Esse raciocínio apoia-se no fato de que grande parte da madeira permanecerá por mais tempo na forma de móveis, ou seja, como depósito permanente de CO₂. Assim, o balanço de captação e emissão de CO₂ a partir do uso dos resíduos de madeira do setor moveleiro verifica-se ainda mais positivo.

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2006, citado por SILVA, 2006), o Brasil gerou, em 2006, 18 milhões de toneladas de resíduos resultantes das perdas no processamento das madeiras extraídas da região amazônica.

No Distrito Federal, as olarias consomem uma média de 660 toneladas de lenha por ano, abastecidas principalmente pelos resíduos da poda de espécies arbóreas. A Tabela 3.5

lista as espécies identificadas e os respectivos teores de umidade e poder calorífico (BARROSO, 2009).

Tabela 3.5. Características da lenha utilizada pelas olarias no Distrito Federal

Espécie	Teor de umidade (%)	*PCI (kcal/kg)
Siriguela	41,47	2.128
Mangueira	18,97	3.227
Jamelão	34,75	2.454
Pínus	29,18	2.725
Sucupira-branca	40,29	2.185
Dracena / Pau-d'água	49,68	1.734
Abacateiro	46,53	1.885
Outras	46,34	1.894

Fonte: Adaptado de Barroso (2009) / * PCI – Poder Calorífico Inferior.

Segundo Farinhaque (1981), a umidade ideal da lenha para seu reaproveitamento energético é em torno de 25%. Dessa forma, verifica-se a baixa eficiência dos combustíveis (lenha) supracitados nas condições em que estão sendo usados.

A energia disponível na biomassa é representada pelo seu poder calorífico (Poder Calorífico Superior - PCS e Poder Calorífico Inferior – PCI) e é influenciada, segundo JARA (1989), não somente pelo teor de umidade da madeira, mas também pela sua constituição química, sobretudo a lignina e os extrativos (resinas, óleos, graxas etc.).

Lima (2008) realizou um estudo a fim de determinar a relação entre a umidade e o poder calorífico da biomassa utilizando o *Eucalyptus benthamii*, estabelecendo uma relação de redução de 0,0447 kcal/kg para cada unidade de umidade aumentada. Assim, ao elevar o teor de umidade de uma amostra da espécie citada de 0% a 50%, identificou uma redução de 2.208 kcal/kg no seu poder calorífico.

Sturion (1990), ao reduzir o teor de umidade da madeira de bracatinga de 85,4% para 36,1%, identificou um incremento no poder calorífico inferior (PCI) de 1.680 kcal/kg (aproximadamente 114%). Segundo esse autor, esse aumento energético corresponde a uma economia de 9.000 toneladas de madeira.

Os valores, quanto à quantidade de resíduos de biomassa citados neste subitem, sugerem uma grande oportunidade energética para o País, podendo contribuir para a redução no consumo de combustíveis fósseis, com a finalidade de redução da emissão dos

gases de efeito estufa (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – Protocolo de Quioto), assim como pela possibilidade de manutenção estratégica das reservas de petróleo, gás natural e carvão mineral.

3.5.2. Balanço energético da biomassa

A determinação do balanço energético de um combustível baseia-se no cálculo da energia consumida na sua produção, comparado ao potencial de energia gerada a partir da sua queima.

Para Braunbeck *et al.* (2008), no caso da biomassa florestal (madeira), esse cálculo deve considerar toda a sua cadeia de produção, incluindo o consumo de energia na construção e operação das máquinas e equipamentos utilizados no plantio, corte e transporte da lenha, até a energia demandada para a o seu beneficiamento e conversão em energia térmica e/ou elétrica. Cabe ressaltar ainda o consumo de combustível na produção de fertilizantes, agrotóxicos, entre outros insumos que venham a compor a cadeia produtiva desse combustível. Ainda segundo esses autores, com o avanço da mecanização do setor florestal, o consumo de combustíveis passou a representar 5% a 10% dos custos relacionados à colheita da madeira.

Outra variável a ser avaliada refere-se ao potencial energético de cada combustível e sua eficiência quando usado pelas tecnologias disponíveis de geração de energia térmica e elétrica. Esse potencial pode ser apresentado na forma de kcal/kg, a partir da determinação do poder calorífico, ou seja, a quantidade de energia liberada por uma substância durante a sua queima (combustão).

Verifica-se dessa forma a possibilidade de avaliar a viabilidade econômica do uso de determinado combustível, comparando todos os seus custos de produção e preço de venda com os dos combustíveis fósseis convencionais.

3.6. Reaproveitamento energético de resíduos de madeira das fábricas de móveis

A matriz energética sempre foi fortemente influenciada e definida pela variável econômica. Contudo, os riscos relacionados ao aquecimento do planeta vêm inserindo a questão ambiental nos estudos e na tomada de decisões referentes a esse assunto.

Uma das formas reconhecidas mundialmente na tentativa de amenizar o aquecimento global causado pela emissão dos gases gerados na combustão dos combustíveis fósseis encontra-se na substituição destes por fontes renováveis e menos poluidoras, ou limpas. Nesse caso, os benefícios relativos à adoção da biomassa relacionam-se ao balanço positivo de energia, ou seja, a energia gerada pela biomassa produzida deverá ser maior que a energia consumida durante seu processo de produção. Esse balanço deve levar em consideração toda a energia necessária para produzir a biomassa (do plantio à colheita), bem como a energia necessária para converter a biomassa em um vetor energético (ex.: eletricidade) (HALL, 2005).

No entanto, no caso dos resíduos da indústria moveleira, esse balanço deve considerar apenas a energia consumida para transformar a biomassa em energia, visto que os custos referentes à produção da biomassa já foram considerados pela proposta de uso dessa matéria-prima para a produção de móveis.

A principal dificuldade citada por diversos autores quanto ao aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos no Brasil relaciona-se com a característica difusa da sua geração e, por conseguinte, com os custos de transporte para a concentração deles em um ponto de geração de energia. Esse problema pode ser minimizado pela utilização de resíduos da indústria de móveis no Brasil, visto que estas geralmente se desenvolvem por meio de Polos Regionais, concentrando um grande número de empresas, e consequentemente resíduos do processo fabril, em uma área bastante restrita.

3.7. Produção de briquete

O processo de briquetagem consiste na compactação de resíduos, em alta pressão e temperatura, com ou sem a adição de aglutinantes (amido, melado, betume etc.), dando origem a um produto de elevada densidade e dimensões padronizadas. No caso dos

resíduos lignocelulósicos, como é o caso da madeira, não há necessidade de utilizar produtos aglutinantes, pois a temperatura atingida no processo (cerca de 100°C) plastifica a lignina, utilizando-a como material ligante. Segundo Quirino (1991), os briquetes de resíduos de madeira apresentam densidade energética em torno de cinco vezes superior à dos resíduos na forma de serragem. De acordo com esse autor, existem quatro tipos de equipamentos ou princípios básicos de compactação de resíduos lignocelulósicos: prensa extrusora de pistão mecânico, prensa extrusora de rosca sem fim, prensa hidráulica e peletizadora.

a) *Prensa extrusora (briquetadeira) de pistão mecânico*: consiste em uma tecnologia secular, difundida no mundo todo. Seu princípio de funcionamento compreende um pistão conectado a um eixo de manivela acionado por um motor elétrico. Devido à alta potência desse equipamento, ele possui ainda um volante, utilizado para armazenar a energia cinética necessária ao seu funcionamento contínuo (Figura. 3.3).

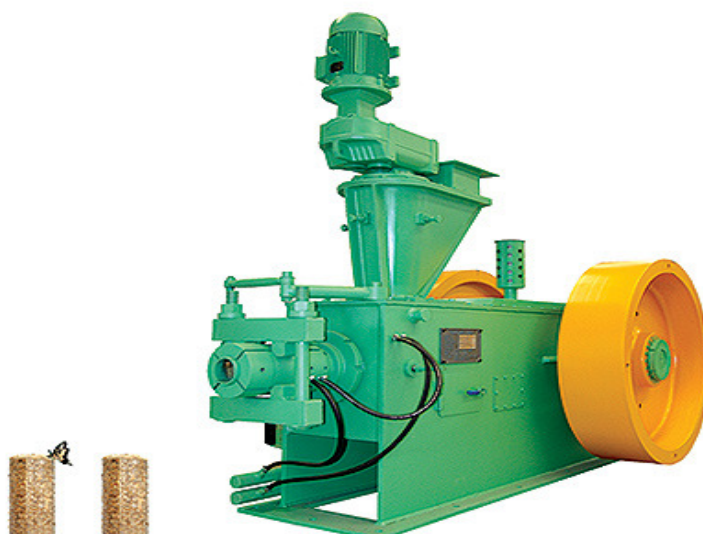


Figura 3.3. Briquetadeira de pistão mecânico.

b) *Prensa extrusora (briquetadeira) de rosca sem fim*: como principais vantagens cabe citar a facilidade e o baixo custo de manutenção, além do reduzido consumo de energia comparada aos demais equipamentos de compactação aqui citados. Quanto ao seu princípio de funcionamento, assemelha-se ao das marombas, utilizadas na produção de cerâmica (Figura 3.4).



Figura 3.4. Briquetadeira por extrusão (rosca sem fim).

c) Prensa (briquetadeira) hidráulica: nesse caso, o acionamento do pistão é realizado por um sistema hidráulico, resultando em um produto final (briquete) de menor densidade quando comparado com o das prensas mecânicas. A alimentação do equipamento também difere da destes últimos, dando-se pela lateral do equipamento, por meio de uma rosca sem fim. Após atingir a pressão programada, abre-se uma peça frontal ao êmbolo, liberando o briquete produzido. Esse equipamento destaca-se pela baixa produção, sendo mais indicado para situações em que há pouco volume de resíduos gerados (Figura 3.5).

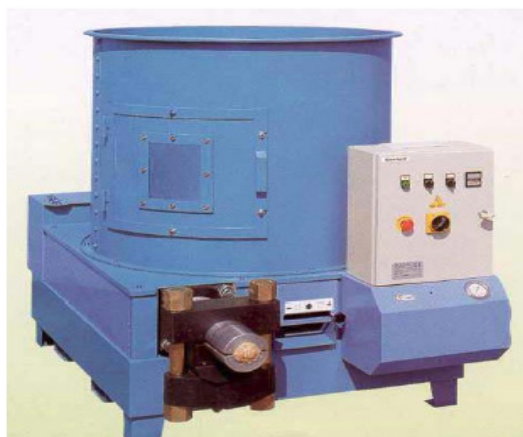


Figura 3.5. Briquetadeira hidráulica.

d) Peletizadora: seu princípio de funcionamento é o mesmo dos equipamentos de produção de ração animal, em que a compactação dos resíduos se dá mediante a aplicação de uma força mecânica produzida por roletes internos sobre uma matriz perfurada. Apresenta alto custo de operação e manutenção (Figura 3.6).

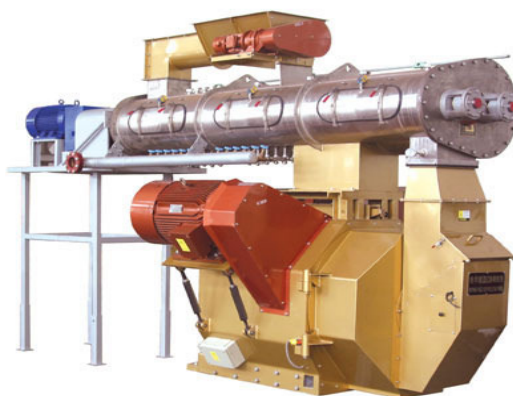


Figura 3.6. Peletizadora (Fabricanta. MUZL, modelo 1610).

A compactação dos resíduos lignocelulósicos por meio de prensas mecânicas resulta em um produto com densidade média entre 1.000 e 1.200 kg/m³, permitindo a redução dos resíduos em uma escala de cinco a seis vezes. Somado a isso, os briquetes possuem dimensões padronizadas e características mecânicas estáveis, apresentando-se como um produto de fácil manuseio para o transporte e acondicionamento, contribuindo assim para a redução dos custos relacionados a estas atividades. Além disso, a homogeneidade na granulometria e no formato dos briquetes melhora a eficiência de queima, possibilitando ainda a mecanização no processo de abastecimento das caldeiras, podendo vir a duplicar o rendimento destas (QUIRINO, 1991).

Destacados por Filippetto (2008), os principais fatores que influenciam diretamente na qualidade da compactação de resíduos vegetais são: temperatura, pressão, teor de umidade e tamanho das partículas.

De acordo com Bhattacharya *et al.* (2002) e Filippetto (2008), a umidade ideal dos resíduos para a briquetagem é de 8% a 12%.

Com teor médio de umidade de 10% a 12%, o briquete produz energia superior à da lenha, visto que o teor de umidade desta apresenta-se em torno de 25% a 30%. Esse fator contribui ainda com a redução de fumaça durante o processo de queima (combustão) (QUIRINO, 1991). Além disso, a baixa umidade e a elevada densidade dos briquetes sugerem um produto menos higroscópico e muito mais resistente ao apodrecimento que os resíduos de madeira na forma de aparas, serragem ou pó (QUIRINO, 1991).

A dimensão das partículas exerce também grande influência no produto final da compactação dos resíduos. Eriksson e Prior (1990) sugerem que um composto de dimensões diversas contribui com o processo de compactação, estando as dimensões

máximas e mínimas relacionadas ao tipo de material (resíduo) e às dimensões da matriz do equipamento compactador (briquetadeira). Segundo esses autores, em geral, podem ser utilizadas partículas entre 8 e 10 mm, destacando que partículas muito pequenas resultam normalmente em briquetes mais densos, necessitando contudo de adição de aglutinantes, ou ação de pressão e temperatura muito elevadas, resultando dessa forma em maior consumo de energia.

Quirino (1991) e Filippetto (2008) destacam como principais vantagens da compactação de resíduos lignocelulósicos:

- Maior eficiência de queima, dada a homogeneidade da forma do briquete e da granulometria dos resíduos constituintes. As dimensões padronizadas do briquete contribuem ainda com a facilidade de manuseio, transporte, estocagem do material, além de simplificar a alimentação de caldeiras, permitindo inclusive a mecanização deste processo.

- Maior disponibilidade de energia por unidade de volume.
- Solução para disposição de resíduos.
- Redução do uso da lenha para fins energéticos.

Pires *et al.* (2008) realizaram um estudo de viabilidade econômico-financeira para a implantação de uma central de tratamento dos diversos tipos de resíduos gerados pelas fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Ubá, prevendo a comercialização destes para fins de reciclagem, matéria-prima para outros processos e reaproveitamento energético (resíduos de madeira), identificando viabilidade financeira para o empreendimento. Nesse empreendimento, merece destaque a venda de briquetes, representando 88% do total das receitas previstas.

Do ponto de vista técnico e financeiro, é essencial comparar as tecnologias disponíveis para a compactação de biomassa (madeira), tendo em vista as características físico-químicas dos resíduos a serem processados. De acordo com Quirino (1991), as extrusoras de rosca e de pistão mecânico trabalham com material a 10-12% de umidade, enquanto as de pistão hidráulico aceitam material com 18-20% de umidade. Já as peletizadoras trabalham com resíduos com até 20% de umidade. Essa análise é muito importante, pois, quando a umidade do material a ser processado extrapola o limite ótimo de operação indicado para determinado equipamento, há aumento no custo do produto final (briquete), haja vista a necessidade de instalação de um secador para reduzir a umidade dos resíduos.

Outro fator a ser considerado na escolha do equipamento refere-se à sua produtividade, expressa por meio do consumo de energia elétrica por unidade produzida (kWh/t), em que novamente deverão ser ponderadas as características físicas dos resíduos. Para essa análise, é interessante ainda conhecer o poder calorífico dos resíduos processados, a fim de efetuar um cálculo do balanço de energia na produção de briquetes.

Na Tabela 3.6 encontra-se um resumo comparativo entre os diferentes equipamentos utilizados para a compactação de resíduos (biomassa).

Tabela 3.6. Comparação entre equipamentos de compactação de resíduos

Equipamento	Fab./Modelo	Consumo (kWh)	Produção (kg/h)	Densidade (kg/m³)	Custo (R\$)
Briquetadeira de pistão mecânico	BIOMAX B85/210	44,13	1.100	1.000 a 1.200	160.000,00
Briquetadeira de rosca s/ fim	BIOWARE BIOTOR 500	45	400 – 500	1.200	110.000,00*
Briquetadeira hidráulica	LIPEL BH 150 A	25,3	110 – 150	600	60.000,00
Peletizadora	CHAVANTES 16VX176	109	1.000	650	165.000,00

* Preço do conjunto briquetadeira + silo dosador.

Fontes: Quirino (1991); GREENPEÇAS Indústria e Comércio de Máquinas e Equipamentos Ltda (ago/2009); LIPPEL (ago/2009); BIOWARE (ago/2009); Indústria e Comércio Chavantes Ltda (ago/2009).

3.7.1. Mercado de Briquetes

Diversos fatores vêm contribuindo para as boas perspectivas quanto ao mercado nacional e internacional de briquetes, entre os quais cabe citar a preocupação com o aquecimento global do planeta causado pelos gases de efeito estufa.

Nesse cenário, surge a oportunidade de exportação deste produto (briquete) para os países desenvolvidos, enquadrados no Anexo I do Protocolo de Kyoto, que por sua vez são obrigados a reduzir até 2012, em média, 5,5% das emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE), com base nas emissões medidas em 1990. Além disso, por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, outra modalidade prevista no Protocolo de Kyoto, os países desenvolvidos podem cumprir suas metas de redução por meio de investimento em projetos que resultem na redução das emissões de GEE nos países em desenvolvimento — por exemplo, incentivando a produção e o consumo de briquetes de biomassa no Brasil.

Especificamente no segmento da energia da biomassa, existem duas variáveis que incentivam o uso do briquete de resíduos de madeira para a geração de energia. Pode-se relacionar a primeira como a grande concorrência da madeira por grandes setores da economia, como: celulose e papel, siderurgia, construção civil, setor moveleiro e energia. Esse fator, somado à grande ineficiência nos processos de colheita e processamento da madeira, com perdas médias entre 60% e 70% (CUNHA e GALVÃO, 2002), favorece o uso desse grande potencial energético na forma de resíduos. A segunda variável relaciona-se ao controle da poluição por meio do gerenciamento adequado dos resíduos.

Os briquetes de biomassa (madeira) podem ser utilizados como combustível energético em diversas aplicações/setores:

- . fornos de padaria e pizzaria;
- . lareiras;
- . saunas;
- . caldeiras industriais;
- . caldeiras a vapor para geração de energia elétrica; e
- . cocção de alimentos.

Entre os principais países produtores de briquetes com resíduos de biomassa estão os EUA, Alemanha, México, Equador, Croácia e África do Sul, com destaque para os EUA, com produção anual de 900.000 t, cerca de 60% de toda a produção mundial (RENABIO, 2006).

Filippetto (2008) identificou 15 unidades produtoras de briquetes de madeira no Brasil, somando 15.200 t/mês no ano de 2007. Estas unidades encontram-se distribuídas em sete Estados brasileiros. Obviamente esses dados não correspondem ao total de fabricantes de briquetes em operação no Brasil, haja vista a existência de outras unidades de produção de briquetes não computadas; a exemplo do Centro de Tecnologia em Ação e Desenvolvimento Sustentável - CETEC, na cidade de Arapongas, e da BRICARBRÁS, localizada no município de Jaguariaíva, ambas no Estado do Paraná.

A Tabela 3.7 apresenta a localização e volume de produção das 15 unidades de produção de briquetes citadas por Filippetto (2008).

Tabela 3.7. Volume e localização de 15 unidades de produção de briquetes no Brasil

Tipo de Briquetadeira	Nº de Empresas	Localização	Produção total (t/mês)
Pistão mecânico	04	São Paulo	1.300
	04	Santa Catarina	6.800
	02	Espírito Santo	600
	02	Mato Grosso	3.800
	01	Pará	1.800
	01	Tocantins	300
	01	Goiás	600
Total	15	-	15.200

Fonte: Adaptada de Filippetto (2008).

Segundo publicação da revista ECOPRODUCERS, apenas a produção da BRICARBRÁS em 2007 foi de 3.000 t/mês, com previsão de ampliação para 8.000 t/mês nos próximos anos. Os briquetes dessa empresa são fabricados com resíduos de serrarias (serragem de madeira maciça), razão pela qual utiliza um processo de secagem para adequação ao teor de umidade ideal para o processo de briquetagem. Entre os clientes da BRICARBRÁS está a empresa Iguaçu Celulose, localizada em Pirai do Sul - PR, a 49 km de Jaguariaíva, com consumo mensal de 1.000 toneladas de briquetes (ECOPRODUCERS, 2009).

Quanto ao preço de venda do briquete praticado pelo mercado interno, Filippetto (2008) constatou valores médios oscilando entre R\$200,00/t e R\$300,00/t, considerando as despesas com transporte por conta do comprador. Foi identificada uma empresa especializada na produção de briquetes para a alimentação de fornos de padaria e pizzaria na cidade de São Paulo, comercializando a tonelada do briquete por R\$420,00, incluindo o frete. Filippetto (2008) identificou que as empresas que se especializaram na venda de briquetes a pequenos consumidores, com embalagens menores (25 a 40 kg), atingiram maior valor agregado, com o preço de venda, incluindo o frete, variando entre R\$450,00/t e R\$560,00/t.

Dos 15 fabricantes citados no estudo de Filippetto (2008), metade informou comercializar os briquetes regionalmente, ao passo que os outros 50% revelaram distribuir seu produto em todo o território nacional, chegando a exportar para países da Europa e para os EUA.

3.8. Análise de investimento

A análise de investimento para um empreendimento deve ser precedida de um levantamento dos custos iniciais (implantação) e de manutenção (custos fixos e variáveis) para a sua operação. Da mesma forma, deve ser realizada uma análise referente à previsão de receitas geradas pelo negócio. A partir daí, as contas são organizadas e dá-se início à análise das demonstrações financeiras.

As demonstrações financeiras são estruturadas a partir do “Balanço Patrimonial” e da “Demonstração dos Resultados do Exercício”, permitindo a construção e análise de índices — responsáveis pela avaliação do desempenho financeiro e econômico da empresa (SANVICENTE, 1987).

Outra importante ferramenta utilizada pelas demonstrações financeiras é o Fluxo de Caixa, o qual apresenta todas as movimentações financeiras (entradas e saídas) geradas pela atividade de uma empresa ao longo de um determinado período de tempo.

Por meio dos índices, pode-se avaliar o desempenho de determinado empreendimento no passado e no presente, além de determinar projeções futuras, o que o torna uma ferramenta imprescindível para a tomada de decisões sobre os investimentos (GITMAN, 1978). Segundo esse autor, a análise de índices é largamente utilizada pela alta administração, uma vez que fornece aos acionistas e credores um diagnóstico da situação econômico-financeira da empresa. O autor chama a atenção ainda quanto à ineficiência do uso de um único índice para se determinar o desempenho de uma empresa.

A *rentabilidade* de uma empresa indica o retorno econômico obtido em relação ao capital nela investido. Pode ser calculado a partir da relação entre o lucro líquido resultante do exercício social e o capital social (recursos próprios: dos sócios e/ou acionistas) aplicado no empreendimento. Ela apresenta a taxa de retorno (em percentual) do capital investido por unidade de tempo (mês ou ano).

A *lucratividade* consiste na relação entre o lucro líquido e a receita total gerada com as vendas de produtos ou serviços, permitindo assim determinar a eficiência operacional de uma dada atividade.

O *prazo de retorno do investimento* consiste no tempo necessário para que um empreendimento, por meio das suas atividades, recupere todo o valor nele investido pelos sócios e/ou acionistas. Permite ao investidor prever, durante os estudos de viabilidade do negócio, o período em que o valor nominal aplicado no empreendimento será recuperado.

O *ponto de equilíbrio financeiro (PE)* refere-se ao nível mínimo de atividades (produção, receitas) que uma empresa necessita para não registrar prejuízo financeiro. Fornece aos empresários informações relativas ao volume mínimo de vendas necessário para cobrir, em um período determinado, todas as despesas fixas e variáveis relacionadas ao empreendimento. Em resumo, refere-se ao ponto em que a empresa não registra lucro nem prejuízos.

A *taxa interna de retorno (TIR)* de um investimento consiste na taxa de juros para a qual o valor presente dos recebimentos resultantes do projeto é exatamente igual ao valor presente dos desembolsos, ou seja, é a obtenção de uma taxa de juros que zere o valor presente do fluxo de caixa (SANVICENTE, 1987).

A *taxa mínima de atratividade (TMA)* consiste na determinação de uma taxa de juros para fins de comparação com os juros calculados a partir das receitas geradas por determinado investimento. Por exemplo, pode-se adotar uma instituição financeira cujo rendimento seja de 10% ao ano. Dessa forma, o pretense empreendimento precisa gerar uma rentabilidade superior a 10% para ser considerado viável do ponto de vista financeiro; caso contrário, o investidor/empreendedor deverá optar pela aplicação na instituição financeira. Resumindo, refere-se ao valor (rendimento) mínimo definido para um investimento.

O *valor presente líquido (VPL)* consiste na medida do valor gerado, em uma determinada data, a partir de um dado investimento (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 1997). Esse valor é calculado por meio do somatório de todas as entradas e saídas em um fluxo de caixa, atualizando esses valores para um período predeterminado, geralmente na data do investimento inicial.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira e no Laboratório de Meio Ambiente, ambos pertencentes ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa. Na primeira etapa, procedeu-se ao levantamento de dados por meio da aplicação do inventário de resíduos sólidos industriais (Resolução CONAMA 313/2002) em 11 indústrias de móveis de madeira localizadas no Polo Moveleiro de Ubá, Estado de Minas Gerais, incluindo a classificação, quantificação e caracterização desses resíduos. Em uma segunda etapa, procedeu-se à avaliação dos possíveis riscos ambientais relacionados ao processo de queima dos resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos, através da análise química dos subprodutos da combustão (gases e cinzas). A terceira etapa compreendeu uma análise de viabilidade financeira para a implantação de uma unidade de produção de briquetes.

A escolha das 11 empresas em estudo priorizou o segmento de móveis de madeira, por representar a maioria das fábricas de móveis no País. Além disso, a seleção das fábricas amostradas baseou-se no porte das empresas, a partir do número de funcionários, de acordo com a classificação do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE. Assim, definiu-se uma amostragem representativa, com maior destaque para as fábricas de pequeno (entre 20 e 99 funcionários) e médio (100 a 500 funcionários) porte. Os contatos e a parceria firmada com as 11 fábricas foram mediados pelo Sindicato Intermunicipal das Indústrias do Mobiliário de Ubá – INTERSIND.

4.1. Quantificação dos resíduos de madeira

A quantificação dos resíduos gerados nas 11 fábricas foi realizada por meio da elaboração e aplicação de um questionário tipo check-list (Anexo 1), seguindo o modelo do formulário Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, de acordo com a Resolução 313/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002). Os questionários foram aplicados durante visitas técnicas às fábricas amostradas, no período de novembro a dezembro de 2006, assessoradas pelos respectivos responsáveis pela produção e por técnicos em segurança do trabalho das fábricas de móveis.

A aplicação dos questionários permitiu o reconhecimento *in loco* do processo fabril e suas etapas, a visualização das fontes geradoras dos resíduos, assim como das formas e locais de acondicionamento e do tipo de transporte interno e externo.

A quantificação dos resíduos foi realizada por meio da identificação da geração média mensal, com base em sistemas existentes de controle do volume de resíduos retirados por terceiros (volume das caçambas dos caminhões) ou, nos casos da ausência desses, no tempo de manutenção dos recipientes de acondicionamento dos resíduos — nesse caso, computou-se a frequência com que estes eram esvaziados. Na sequência, foram determinados os volumes (m³) dos respectivos recipientes de acondicionamento e as densidades aparentes dos resíduos, permitindo assim o cálculo da geração média mensal desses resíduos em unidade de massa.

4.2. Amostragem dos resíduos

A definição das amostras foi feita com base nas matérias-primas utilizadas nas 11 fábricas. Na Tabela 4.1 são apresentados os grupos de resíduos estudados no presente trabalho.

Tabela 4.1. Grupos de identificação das amostras de resíduos de madeira

Grupo	Resíduo
1	Madeira Maciça
2	Compensado
3	MDF (medium density fiberboard)
4	Aglomerado sem revestimento
5	Aglomerado revestido BP (baixa pressão)
6	Aglomerado revestido FF (finish foil)

A definição dos grupos objetivou caracterizar e classificar os resíduos segundo suas origens, identificando assim as potencialidades e possíveis riscos sanitários e ambientais relacionados ao seu reaproveitamento e/ou disposição final inadequados, intrínsecos às suas respectivas matérias-primas (madeira maciça, aglomerado, MDF e compensado).

4.3. Coleta das amostras dos resíduos

As coletas das amostras foram realizadas conforme orientação e procedimentos preconizados pela norma NBR 10007/2004 (ABNT, 2004), objetivando uma amostragem representativa da massa de resíduos. As amostras dos resíduos foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes de 50 kg e armazenadas em local fechado, arejado e protegido da umidade. Para as análises realizadas no presente estudo, foram coletados resíduos na forma de aparas, e os pontos de amostragem foram definidos na linha de produção, junto aos pontos de geração, segregando dessa forma os diferentes tipos de resíduos, de acordo com suas respectivas matérias-primas de origem.

4.4. Caracterização física e química dos resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos

Foram realizadas as seguintes análises físicas e químicas: teor de umidade, teor de cinzas, poder calorífico superior e densidade aparente, além da classificação dos resíduos quanto à sua periculosidade, ou seja, em perigosos (classe I) ou não perigosos (classe IIA e IIB), conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004).

4.4.1. Teor de umidade e cinzas

A determinação do teor de umidade foi realizada conforme a NBR 8293/1983 (MB1893); quanto ao teor de cinzas, procedeu-se conforme a NBR 8289/1983 (MB1891). Foram realizadas três repetições por amostras de resíduos.

4.4.2. Poder calorífico

Para a análise de poder calorífico, foi empregada a norma ASTM (American Society for Testing Materials) D-2015-66 (1972).

As amostras dos resíduos foram submetidas ao refinamento em duas peneiras, de malhas 40 e 60 ABNT. O material retido na peneira de malha 40ABNT foi levado à estufa

por duas horas, para retirada da umidade. As amostras foram posteriormente pesadas (0,500 +/- 0,01 g) e conduzidas ao calorímetro adiabático, de onde foram obtidas as diferenças entre as temperaturas finais e iniciais das amostras após a queima (ΔT). O cálculo do poder calorífico é dado pela equação:

$$P_{cs} = \left[\frac{C \times \Delta T - (C1 + C2)}{m} \right] \times 100$$

em que:

P_{cs} – poder calorífico superior, em cal.g⁻¹ ou kcal.kg⁻¹;

C – constante do calorímetro = 2.661,98;

ΔT = (temperatura final – temperatura inicial);

C1 – correção em calorias para cada centímetro de fio queimado = 2,3 cal/cm;

C2 – correção para calorias para trituração em ácido nítrico, em ml; e

m – massa inicial, em gramas.

4.4.3. Densidade básica (método da proveta)

Para determinação da densidade básica dos resíduos de madeira e seus derivados foram utilizados 10 gramas de amostra por tipo de resíduo, sendo realizadas cinco repetições por amostra. As amostras passaram por uma peneira de 20ABNT, recolhendo-se a fração retida. Estas foram acondicionadas em recipiente com água até a sua saturação (+/- 48 horas). O material saturado foi colocado em uma proveta de 100 ml, completando-se o seu volume com água. O volume de água usado para completar a proveta foi previamente medido em outra proveta. Assim, o volume de água não utilizado para preencher a proveta com a amostra representou o volume desta. Finalmente, as amostras foram levadas a uma estufa a 103°C até peso constante, para determinação da massa seca.

4.5. Classificação dos resíduos quanto à sua periculosidade

A classificação dos resíduos quanto à sua periculosidade se deu segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT / NBR 10004, 10005 e 10006/2004 (ABNT, 2004). As normas 10005 e 10006/10004 orientam e normalizam os testes de lixiviação e solubilização, respectivamente. Os testes de lixiviação foram realizados para classificar os resíduos em perigosos (Classe I) ou não perigosos (Classe II). A análise dos dados obtidos nos testes de lixiviação foi realizada com auxílio da listagem de substâncias e compostos classificados como perigosos, apresentada nos anexos da norma 10005.

Foram classificados os resíduos amostrados e também as cinzas resultantes da queima das respectivas amostras de resíduos. Esses foram classificados a partir da análise dos parâmetros orgânicos e inorgânicos do extrato lixiviado deles.

Os parâmetros analisados no extrato lixiviado das amostras foram definidos a partir de uma pré-classificação dos resíduos quanto à sua origem, com base nas suas respectivas matérias-primas constituintes (madeira maciça, aglomerado, MDF e compensado), atribuindo seus potenciais riscos de contaminação. Dessa forma, foram analisados os seguintes parâmetros orgânicos e inorgânicos:

a) Orgânicos:

- VOCs (compostos orgânicos voláteis) = cloreto de vinila, 1,1-dicloroeteno, 1,2-dicloroetano, tetracloreto de carbono, benzeno, tricloroeteno, tetracloroeteno, clorobenzeno, 1,4-diclorobenzeno, hexaclorobutadieno, metiletilcetona, tolueno, acetona e clorofórmio.
- SVOCs (compostos orgânicos semivoláteis): fenol, 2-metilfenol, 3-metilfenol, 4-metilfenol, 2-clorofenol, 2,4-dimetilfenol, 2,6-diclorofenol, 2,4-diclorofenol, 2-nitrofenol, 2,4,5-triclorofenol, 2,3,4,6-tetraclorofenol, pentaclorofenol, 2,4-dinitrotolueno e anilina.
- formaldeído.

b) Inorgânicos:

- bário, arsênio, chumbo, selênio, cádmio e cromo.

Os ensaios e as análises dos parâmetros orgânicos do extrato lixiviado das amostras seguiram os métodos USEPA 8315A (USEPA, 1996) e PE-4.9-127 Rev. 6

(ANALYTICAL SOLUTIONS S.A., 2006), sendo realizados por laboratório terceirizado (ANALYTICAL SOLUTIONS S.A.). O preparo do extrato lixiviado foi feito de acordo com a norma NBR 10005/2004 (ABNT, 2004). A leitura e análise do referido extrato foram realizadas por meio de cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa.

Quanto aos parâmetros inorgânicos, os ensaios foram realizados no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira e no Laboratório de Meio Ambiente/Laboratório de Celulose e Papel, ambos do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV. A leitura e análise dos parâmetros foram feitas em um Espectrofotômetro de Plasma, fabricante PERKIN ELMER, modelo OPTIMA 3300 DV.

A Figura 4.1 apresenta o fluxograma referente ao ensaio para a classificação dos parâmetros inorgânicos dos resíduos de madeira e suas respectivas cinzas.

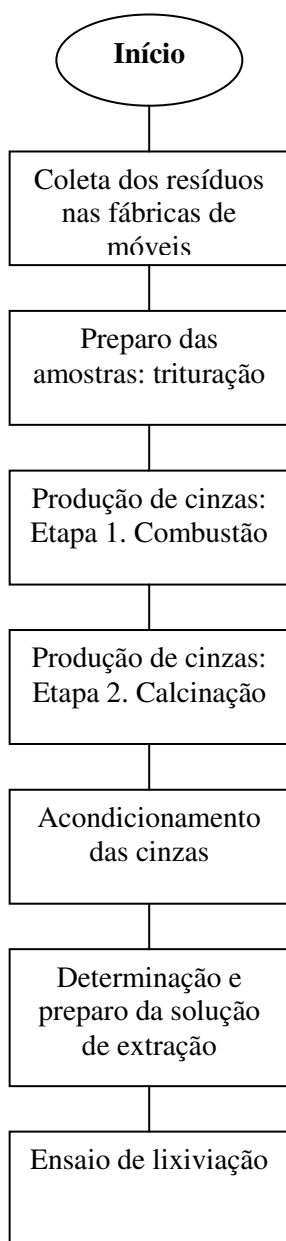


Figura 4.1. Fluxograma do ensaio de lixiviação dos resíduos.

- *Produção das cinzas*: os resíduos foram coletados nas fábricas na forma de aparas de madeira, passando por um processo de trituração em um moinho martelo, composto de peneira de 9 mm. A metodologia desenvolvida para a produção das cinzas se deu por meio da carbonização inicial das amostras em um equipamento de combustão de biomassa (Figura 4.2). Neste equipamento, os resíduos de madeira, nas formas de serragem e/ou pó, foram introduzidos através de um compartimento de armazenagem (silo horizontal) provido de uma rosca sem fim, responsável pela condução do material até a câmara de combustão em intervalos intermitentes, controlados manualmente.

A câmara de combustão é composta por um sistema de injeção de ar contínuo. A extremidade final inferior da câmara de combustão possui uma gaveta de aço, por onde se faz a retirada do material carbonizado.

Na sequência, o material carbonizado foi acondicionado em uma caixa de aço inox e calcinado a uma temperatura de 650°C por um período de seis horas, obtendo-se as cinzas.

As cinzas produzidas foram acondicionadas em frascos de vidro transparente com tampa de rosca, os quais foram armazenados em local fresco e arejado, protegido de umidade e incidência de luz solar.

- *Determinação da solução de extração*: o procedimento para a determinação da solução utilizada na produção do extrato lixiviado dos resíduos foi definida de acordo com ABNT / NBR 10005/2004.

- *Agitação e filtração das amostras*: foi realizado de acordo com a NBR 10005/2004. Para tanto, foram pesados 20 e 40 gramas de cinzas e dos resíduos de madeira (serragem e pó) respectivamente. O fato de a massa das cinzas para análise ter sido inferior ao da madeira deve-se às dificuldades de produção das cinzas a partir das amostras brutas.

Depois de pesadas, as amostras foram acondicionadas em vidros de borossilicato, misturados à solução de extração, conforme orientado pela ABNT/NBR 10005/2004, sendo posteriormente tampados e vedados com fita de politetrafluoretileno.

Para realização do ensaio utilizou-se um Agitador para Lixiviação, modelo MA 266, da Marconi. Ele foi programado para 18 horas de agitação, sendo ao final efetuada a filtração da solução em filtro Bucker com membrana filtrante de microfibra de vidro, isento de resina, com retenção média de 0,7 micrometros e diâmetro de 9 mm. Para

determinação de metais, essas membranas foram devidamente lavadas com solução 1N de ácido nítrico.

Após a filtração, determinou-se o pH dos lixiviados, procedendo ao seu acondicionamento em frascos de vidro de borossilicato e seu armazenamento à temperatura de 4°C.

4.5.1. Análise dos gases – Combustão dos resíduos

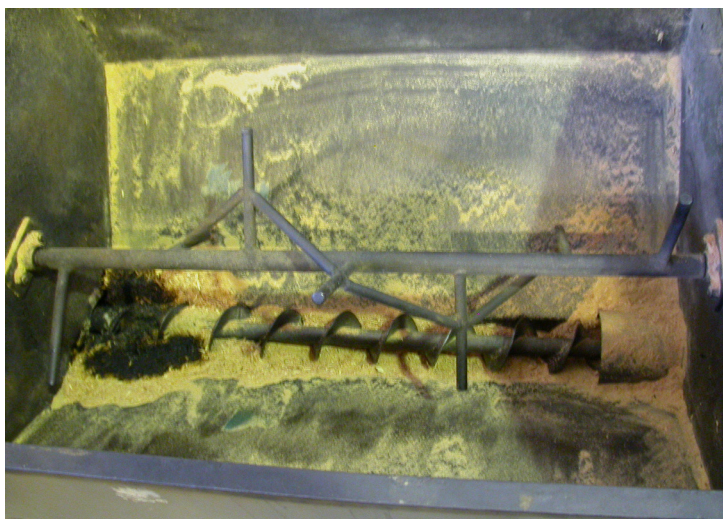
Para avaliar as emissões gasosas geradas durante o processo de combustão dos resíduos, quantificaram-se os seguintes compostos: formaldeído, clorofórmio, NO₂, CO₂ e CO. Na definição desses parâmetros, foram consideradas a relevância das substâncias e compostos identificados nas análises químicas do extrato lixiviado e a composição das matérias-primas que constituem os resíduos analisados. Além disso, as referidas considerações foram confrontadas com a Resolução nº 382 (Limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas) do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2006).

As amostras analisadas foram: madeira maciça, MDF e aglomerado BP. As amostras de MDF e aglomerado BP foram escolhidas pelo fato de representarem o grupo dos painéis de madeira reconstituída, com maior potencial de riscos ao meio ambiente devido aos adesivos utilizados como insumos na produção dos painéis, além do seu revestimento. A amostra de madeira maciça serviu essencialmente como testemunha, visto que representa a madeira sem revestimentos ou adesivos.

A combustão dos resíduos para proceder a coleta dos gases foi realizada no mesmo equipamento de combustão de biomassa adotado na produção de cinzas. No entanto, para a análise dos gases, foi projetada e instalada uma chaminé na extremidade da câmara de combustão do equipamento (Figura 4.2). A chaminé original foi prolongada horizontalmente 80 cm, curvando-se na vertical (90°) por mais 1 metro. O ponto de coleta dos gases se deu por meio de um orifício no corpo da chaminé, a 20 cm da base superior desta.



(a) Detalhe da chaminé na extremidade da câmara de combustão



(b) Detalhe do silo e rosca sem fim

Figura 4.2. Equipamento de combustão de biomassa.

A coleta dos gases foi realizada por um coletor isocinético de poluentes atmosféricos – CIPA 0112, do tipo diafragma, fabricado pela Energética Ind. e Com. Ltda., em conjunto com placa de orifício e um tubo Pitot em “S” (Figura 4.3).

Para assegurar a combustão completa dos resíduos de madeira maciça e aglomerado BP a temperatura média foi de 520 a 580°C. Para a amostra de MDF, a temperatura se manteve entre 351 a 354°C.

A análise dos gases coletados foi realizada por cromatografia gasosa com FID (Detector de Ionização de Chama), dotado de coluna semicapilar.

As amostragens e as análises foram realizadas conforme as seguintes metodologias e normas para dutos e chaminés de fontes estacionárias: NBR 8969 (Poluição do ar); NBR 12020 (Calibração de equipamentos utilizados na amostragem); NBR 10700 (Planejamento

de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias); NBR 10701 (Determinação de pontos de amostragem); NBR 10702 (Determinação da massa molecular seca e excesso de ar no fluxo gasoso); NBR 11966 (Determinação da velocidade e vazão dos gases); NBR 11967 (Determinação da umidade dos gases); NBR 12019 (Determinação da emissão de material particulado); Método adaptado para absorção de formaldeído em solução de DNPH (2,4-dinitro fenil hidrazina) (ECOAMB Pesquisas Ambientais); CETESB L 9.229 (Determinação da emissão de dióxido de nitrogênio); e EPA Method 030 - Measurement of gaseous organic compound emissions by chromatography (USEPA, 1986) - Análise realizada com resina TENAX.



Figura 4.3. Coleta de gases no Equipamento de Combustão de Biomassa.

4.6. Análise financeira para a produção de briquete

Como a proposta deste trabalho refere-se ao reaproveitamento energético dos resíduos de madeira e derivados por meio da produção de briquetes, foi realizado um estudo financeiro acerca da viabilidade de implantação de uma fábrica de briquetes junto ao Polo Moveleiro de Ubá - MG. Essa análise envolveu os custos e despesas de implantação e operação da unidade fabril.

A análise de investimento considerou um horizonte de planejamento de 10 anos, a uma taxa de aplicação de 10% a.a. (Taxa Mínima de Atratividade – TMA). Dessa forma, paralelamente à viabilidade técnica e ambiental, determinar-se-á a viabilidade financeira

referente à proposta do presente estudo, estabelecendo um elo interdependente entre as variáveis tecnológica, ambiental e econômica.

Para fins de lançamentos contábeis para subsidiar a análise financeira, cabe destacar que a Unidade de Produção de Briquetes – UPB optou pelo modelo de apuração de Lucro Presumido.

4.6.1. Dimensionamento do empreendimento

O dimensionamento da Unidade de Produção de Briquetes – UPB (área total e construída), seus equipamentos, materiais e pessoal, foram determinados com base na quantidade diária de resíduos a serem processados. No presente estudo, esse valor foi atrelado essencialmente à oferta de matéria-prima (resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos) das 11 fábricas de móveis inventariadas neste trabalho, considerando ainda que o mercado irá absorver toda a produção da unidade de briquetagem, sem risco de deflação do preço do produto final (briquete) por possível excesso de oferta.

Para a elaboração do estudo de viabilidade financeira do projeto, foram considerados:

a) Equipamentos:

- . 4 briquetadeiras de pistão mecânico, com capacidade individual de 1.500 kg/h (Fab. BIOMAX, modelo B95/210)
- . 2 repicadores de madeira, com capacidade individual de 10-20 m³/h (2.200 a 4.400 kg/h de serragem) (Fab. LIPPEL, modelo 200/400)
- . 1 balança rodoviária com capacidade de 30 toneladas (Fab. Líder, linha 8.100)
- . 1 silo para armazenagem dos resíduos (serragem de madeira)
- . 1 esteira transportadora (horizontal) para a armazenagem dos resíduos no silo
- . 1 esteira elevatória para a armazenagem dos resíduos no silo

b) Veículos:

- . 1 pick-up Fiat Strada Fire CE 1.4 flex
- . 1 minicarregadeira (Fab. Bobcat, modelo SSL – S150)

c) *Mão de obra*: a determinação do número de funcionários se deu por meio de consulta ao fabricante de briquetadeiras BIOMAX e à empresa BRICARBRÁS, sobre o número de operadores necessários para cada equipamento.

- . 16 funcionários para operar as briquetadeiras (8 por turno)
- . 4 funcionários para operar os picadores de madeira (2 por turno)
- . 4 funcionários para atividade de embalagem (2 por turno)
- . 1 operador para minicarregadeira
- . 1 mecânico (encarregado)
- . 1 auxiliar administrativo
- . 1 secretária/recepcionista
- . 2 porteiros (1 por turno)

d) *Salários*: os salários foram baseados nas remunerações adotadas pelas fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Ubá - MG.

e) *Encargos sociais sobre os salários*: os encargos sociais sobre cada salário somam 68,77%.

f) *Impostos*: ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços), PIS (Programa de Integração Social), COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social), CSLL (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido) e IR (Imposto de Renda).

g) *Energia elétrica*: o custo com energia elétrica foi calculado através do consumo energético dos equipamentos, informado pelos fabricantes, acrescido à previsão do consumo de energia com lâmpadas e eletroeletrônicos.

h) *Água*: a água utilizada no empreendimento será fornecida pela empresa de saneamento local (COPASA). O consumo médio foi determinado considerando o consumo de 250 litros / briquetadeira / hora (sistema de resfriamento), conforme informação do fabricante, e pelo consumo médio *per capita* para usos gerais (sanitários, bebedouro, banhos) de 100 litros/pessoa/dia, conforme sugerido por Sperling (2005). Assim, foi prevista a instalação de um sistema de recirculação da água de resfriamento, por meio de dois tanques com capacidade de 8.000 litros cada.

i) *Transporte*: a venda de briquetes inicialmente foi prevista com o custo do transporte por conta do cliente. Quanto ao transporte dos resíduos para briquetagem, os preços basearam-se nos valores praticados por fretistas do município de Ubá - MG (Data-base: agosto/2009).

j) *Estrutura física*: foi prevista a aquisição de um terreno de 6.000 m², além da construção de um galpão de 600 m² para a unidade fabril e escritório, com paredes em tijolo vazado e estrutura metálica para o telhado, considerando o custo do metro quadrado construído de R\$730,00. Foi prevista ainda a construção de um galpão de 400 m² para o recebimento e acondicionamento provisório das aparas e serragem de madeira. As dimensões deste galpão foram projetadas para a instalação de dois repicadores de madeira e capacidade para acumular até dois dias de resíduos. Este galpão possui as mesmas características da unidade de produção, porém consiste em um galpão de vão livre, sem divisões (escritório, refeitório, sanitários etc.). O custo do metro quadrado adotado para este galpão foi de R\$400,00.

k) *Materiais diversos*: nesta listagem encontram-se desde materiais de limpeza, ferramentas, copos descartáveis, materiais de higiene, equipamentos de proteção individual etc.

4.6.2. Aquisição de matéria-prima (resíduos de madeira)

Para a produção de briquetes na Unidade de Produção de Briquetes – UPB, foram previstos como matéria-prima os resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos de MDF, aglomerado cru e revestido com FF e BP, e compensado, gerados pelas 11 fábricas de móveis em estudo.

O valor de compra desses resíduos foi definido em R\$0,07/kg, com base nos preços atualmente praticados por algumas fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Ubá - MG (Data-Base: setembro/2009).

4.6.3. Despesas com o transporte dos resíduos

A instalação da Unidade de Produção de Briquetes - UPB foi prevista em um terreno localizado na área urbana do município de Ubá - MG, permitindo que, por meio de percursos otimizados, cada viagem possa percorrer no máximo 50 km – valor este adotado para fins de cálculo do custo para o transporte dos resíduos. Esta distância foi determinada de forma empírica, baseando-se nas distâncias aproximadas entre as 11 fábricas de móveis consideradas no presente estudo e o local definido para a instalação da UPB. Vale ressaltar que cada viagem prevê a coleta de resíduos em mais de uma empresa, visto que os volumes de resíduos gerados pelas empresas são diferentes.

Foi adotado o custo de R\$3,00 por quilômetro rodado. Este valor foi determinado a partir de pesquisas de campo junto a transportadores de resíduos de madeira na cidade de Ubá - MG em agosto de 2009.

4.6.4. Indicadores de desempenho financeiro

A análise financeira sobre o estudo de caso proposto neste trabalho preocupou-se essencialmente com o prazo de retorno do investimento, sua lucratividade, a taxa interna de retorno e o ponto de equilíbrio financeiro, ou seja, o limite de vendas para que a empresa não tenha prejuízo. Assim, foram adotados os seguintes índices:

a) Rentabilidade

$$\text{Rentabilidade} = \frac{\text{Lucro líquido} \times 100}{\text{Investimento total}}$$

b) Lucratividade

$$\text{Lucratividade} = \frac{\text{Lucro líquido} \times 100}{\text{Receita total}}$$

c) Prazo de retorno do investimento

$$\text{PRI} = \frac{\text{Investimento total}}{\text{Lucro líquido}}$$

d) Ponto de equilíbrio

$$PE = \frac{\text{Custos fixos totais}}{\text{Margem de contribuição (\%)}}$$

e) Valor presente líquido (VPL)

$$VPL_j = \sum_{n=0}^n F_n (1 + i)^{-n}$$

f) Taxa interna de retorno (TIR)

$$TIR = \sum_{j=0}^n R_j (1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j (1+TIR)^{-j}$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização das fábricas e dos resíduos gerados

O inventário de resíduos sólidos possibilitou identificar os tipos e quantidades de resíduos gerados nas 11 fábricas de móveis amostradas, assim como os seus respectivos pontos de geração, formas de acondicionamento e disposição final.

Na Tabela 5.1 é apresentado um resumo do diagnóstico realizado nas 11 fábricas, envolvendo o processo fabril e os aspectos ambientais relacionados.

No tocante às matérias-primas utilizadas, verificou-se o predomínio do uso dos painéis reconstituídos, em especial o MDF e o aglomerado, sugerindo uma maior participação destes em relação à geração total de resíduos.

Foram identificados diversos tipos de resíduos, como: embalagens vazias (de solvente, tinta, massa seladora, cola, verniz etc.), tecidos, vidros, plásticos, lâmpadas UV, papel e papelão, metal, isopor, lixa usada, espuma, solvente sujo, borra de cabine de pintura e resíduos de madeira maciça e de painéis reconstituídos.

Em algumas fábricas, os resíduos classificados como chão de fábrica (papel, plástico, vidro, metal etc.) eram acondicionados em tambores ou caçambas e descartados no depósito de lixo municipal, sem nenhum processo de segregação deles. Entretanto, verificou-se que algumas fábricas estudadas possuíam baias para o acondicionamento separado dos diversos tipos de resíduos, visando à comercialização dos mesmos.

As lixas usadas refletem outro problema ambiental, haja vista a ausência de tecnologias e/ou procedimentos reconhecidamente viáveis à sua reciclagem e/ou reaproveitamento. Com isso, esses resíduos são comumente queimados a céu aberto ou dispostos nos aterros de lixo municipal. São gerados nas 11 fábricas amostradas cerca de 2.720 kg de lixas usadas por mês.

Outro resíduo merecedor de atenção são as embalagens vazias de tintas, vernizes, colas e demais produtos químicos, somando quase 3.000 unidades por mês. Esses resíduos vêm sendo comercializados como metais ou plásticos junto aos sucateiros, desconsiderando as formas de limpeza e consequente descarte do restante de produto contido nas respectivas embalagens, o que pode resultar em contaminação do solo e de águas subterrâneas e superficiais.

Tabela 5.1. Caracterização das 11 fábricas de móveis amostradas – Polo Moveleiro de Ubá

Características		Empresas amostradas									
Porte	Micro	Pequena					Média				Grande
Localização	Ubá	Rodeiro	Ubá	Ubá	Ubá	Rio Branco	Ubá	Ubá	Ubá	Ubá	Ubá
Segmento (Móveis de...)	Madeira	Madeira	Madeira	Madeira	Madeira	Madeira	Madeira	Madeira	Madeira	Madeira	Estofados / madeira
Móveis	Sala	Sala	Sala, e peças decorativas	Sala	Dormitório	Sala	Sala, cozinha, dormitório e escritório	Dormitório	Cozinha e dormitório	Sala	Dormitório e sala
Produção	Convencional	Série	Série	Série	Série	Série	Série	Série	Série	Série	Série
Matéria-prima	MDF, aglomerado, sarrafiado (Pinus)	Aglomerado, chapa dura	Madeira maciça, MDF, aglomerado, compensado	Madeira maciça, MDF, aglomerado, compensado	Madeira maciça, MDF, aglomerado	MDF	MDF, aglomerado, chapa dura	MDF, aglomerado, chapa dura	MDF, aglomerado, chapa dura	Madeira maciça, MDF, aglomerado, compensado	Madeira maciça, compensado, chapa dura
Resíduos de madeira	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas	Serragem, pó, aparas
Acondicionamento dos resíduos de madeira	Caçamba, pátio (solo)	Silo, caçamba	Silo, caçamba	Caçambas, pátio (solo)	Silo, caçamba	Silo, caçamba	Silo, caçamba	Silo, caçamba	Silo, caçamba	Silo, caçamba	Silo, caçamba
Destinação final dos resíduos de madeira	Queima, venda	Venda	Caldeira, venda	Venda	Venda	Venda	Venda	Venda	Venda	Caldeira, venda	Venda

O solvente sujo e as borras de cabine de pintura representam o grupo de resíduos perigosos nas 11 fábricas de móveis, não somente pelas suas características químicas, como pelas atuais formas de destinação adotadas por diversas fábricas de móveis do Polo de Ubá. Identificou-se uma geração média mensal de 4.385 litros de solvente sujo e 4.398 litros de borra de cabine de pintura, nas 11 fábricas.

Referente à borra de cabine de pintura, material formado pela decantação das tintas e vernizes utilizados nas cabines de pintura, verificou-se que a grande maioria das empresas vem depositando esse resíduo em caçambas para posterior disposição nos depósitos de lixo municipais, desconsiderando os riscos de contaminação do solo e recursos hídricos ocasionados pelo processo de lixiviação de seus compostos.

Com relação ao solvente sujo, resultante da limpeza das máquinas de pintura, verificou-se que as 11 fábricas amostradas recolhem esse material e o armazenam em tambores de 200 litros para posterior coleta e reciclagem por uma empresa devidamente licenciada para essa atividade, localizada no município de Ubá. Nesse caso, o resíduo é doado a essa empresa, que, após a recuperação do solvente, comercializa-o com as fábricas de móveis a preços inferiores aos do solvente novo. Essa iniciativa vem contribuindo para a redução do número de fábricas de móveis que outrora descartavam esse resíduo na rede de esgoto ou diretamente nos cursos d'água dos municípios.

Os resíduos de madeira, especialmente os de painéis reconstituídos, representaram o grande volume dos resíduos gerados pelas 11 fábricas (mais de 90%). Esses resíduos foram durante um longo tempo tratados como lixo, sendo doados a terceiros ou simplesmente dispostos em terrenos baldios e aterros de lixo municipais, ou ainda queimados a céu aberto. Nas 11 fábricas amostradas, verificou-se a valorização, mesmo que incipiente, desses resíduos, sendo identificada a sua comercialização. Contudo, essas fábricas não dispõem de controle sobre as formas de reaproveitamento desses resíduos por terceiros, incorrendo em riscos ao se tornarem corresponsáveis por possíveis impactos ambientais e sanitários ocasionados pelo uso ou disposição inadequada destes resíduos e seus subprodutos.

As formas de acondicionamento dos resíduos de madeira na forma de serragem e pó – observadas na maioria das fábricas inventariadas – dispõem de sistema de exaustão. Esse sistema consiste em um conjunto de tubulações ligadas às máquinas, conduzindo toda a serragem e pó de madeira gerado até um silo armazenador, o que contribui para a melhoria das condições de segurança do trabalho por meio da redução do volume de poeira

(material particulado) suspenso no interior dos galpões, além de evitar que esse material se disperse para fora das fábricas.

Cabe destacar ainda que das 11 fábricas estudadas, duas utilizam parte dos resíduos de madeira para geração de energia térmica na própria unidade fabril.

5.2. Pontos de geração dos resíduos de madeira e seu acondicionamento

A geração dos resíduos de madeira e seus derivados foi verificada nas etapas de corte (aparas, cavacos e pó de madeira), usinagem e desempenho (serragem e pó de madeira), furação (serragem e pó de madeira) e lixação (pó de madeira misturado a abrasivos de lixa, podendo ainda estar contaminado com produtos aplicados aos painéis, a exemplo da massa seladora, aplicada especialmente nos painéis de aglomerado).

Quanto às formas de acondicionamento desses resíduos identificadas nas 11 fábricas, predominam:

- caçambas e tambores (aparas e cavacos de madeira);
- silos (serragem e pó de madeira).

Diferentemente dos resíduos de aparas, os resíduos de madeira na forma de serragem e pó não são segregados, o que lhes imprime características físicas e químicas compostas pelas diversas matérias-primas de origem (madeira maciça e painéis reconstituídos crus ou revestidos). Cabe ressaltar ainda o risco de contaminação desse material com resíduos de insumos químicos aplicados aos painéis ou ainda pela exaustão dos gases e vapores de tintas, vernizes, solventes e outros químicos utilizados nas cabines e linhas de pintura.

5.3. Quantificação e caracterização dos resíduos de madeira e dos painéis reconstituídos

A Tabela 5.2 apresenta o volume de resíduos gerados mensalmente nas 11 fábricas de móveis inventariadas, somando 3.280 m³ de resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos. Verificou-se ainda que, do total de resíduos gerados pelas 11 fábricas,

37,5% constituem-se de resíduos de madeira maciça e 62,5% de resíduos de painéis reconstituídos (MDF, aglomerado e compensado).

Tabela 5.2. Volume de resíduos de madeira gerados nas 11 fábricas de móveis amostradas

Resíduo	Empresas amostradas / Volume (m³/mês)										Gde
	Micro	Pequena				Média					
Serragem e pó	0,73	60	78	42,45	144	60	25	90	90	360	500
Aparas	1	60	72	23	148	16	130	440	160	550	230

Cabe destacar que 80,8% dos resíduos quantificados encontram-se na forma de aparas e 19,2% são formados por serragem e pó de madeira (Tabela 5.3). Esses valores mostram a necessidade de um pré-tratamento (trituração) para a grande maioria dos resíduos gerados pelas 11 fábricas, objetivando atingir uma granulometria-padrão, essencial à compactação dos briquetes. Seguindo a tendência do referido diagnóstico, os resultados apresentados por Silva *et al.* (2005) registram que 70% dos resíduos de madeira gerados em 106 fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Ubá encontram-se na forma de aparas.

Na Tabela 5.3 observa-se a participação dos tipos de resíduos segundo sua forma física (apara, serragem e pó fino) dentro dos respectivos grupos de empresas classificadas por porte.

Tabela 5.3. Percentual de aparas e serragem geradas nas 11 fábricas amostradas (em massa)

Forma do resíduo	Porte da empresa			
	Micro	Pequena	Média	Grande
Apara (%)	80	75,76	87,36	60,6
Serragem (%)	20	24,24	12,64	39,4
Total (%)	100	100	100	100

A Tabela 5.4 apresenta as características físico-químicas dos resíduos de madeira gerados pelas 11 fábricas de móveis. Com base nos valores das densidades básicas dos respectivos resíduos, foi calculada a densidade média ponderada destes (222 kg/m³), excluindo o compensado, por não ter representatividade no volume total gerado. Assim, identificou-se uma geração mensal de 1.678 toneladas ou 76,27 t/dia de resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos.

Tabela 5.4. Caracterização físico-química dos resíduos amostrados

Resíduos	Densidade básica (kg/m^3)	Umidade (%)	*Poder calorífico (kcal/kg)	Teor de cinzas (%)
1. Madeira maciça	192,28	17,8	4.259	0,14
2. Compensado	288,29	22,7	4.419	0,79
3. MDF	121,42	9,8	4.523	0,27
4. Aglomerado cru	295,95	10,3	4.527	0,33
5. Aglomerado BP	247,52	9,8	4.411	0,95
6. Aglomerado FF	330,47	10,1	4.301	0,40

Nota: médias dos valores encontrados / *Poder Calorífico Superior – PCS.

A viabilidade técnica e financeira para o reaproveitamento energético dos resíduos de madeira e derivados, especialmente na forma de briquetes, apresenta relação direta com as características de umidade e poder calorífico dos resíduos. Cabe destacar ainda a importância do teor de cinzas e da densidade aparente para os estudos de disposição final dos rejeitos da queima dos briquetes e logística de transporte, respectivamente.

As densidades apresentadas na Tabela 5.4 reforçam a vantagem competitiva do reaproveitamento dos resíduos na forma de briquetes em comparação às formas de aparas, serragem e pó, uma vez que a densidade dos briquetes de madeira chega a 1.200 kg/m^3 – aproximadamente cinco a seis vezes a densidade dos resíduos amostrados. Esse ganho se reflete na redução dos custos de transporte e armazenagem dos resíduos, concentrando muito mais energia por volume de material (densidade energética).

De acordo com Quirino (1991), a umidade ideal do resíduo lignocelulósico para a produção de briquetes fica em torno de 8 a 12%. Essa afirmativa é compartilhada por Bhattacharya *et al.* (2002) e Filippetto (2008). Cabe destacar ainda que alguns fabricantes de briquetadeira, a exemplo da BIOMAX, orientam para um limite de até 15% de umidade. Desse modo, verifica-se, na Tabela 5.4, a predominância das citadas faixas de umidade para os resíduos dos painéis reconstituídos, representando 62,5% dos resíduos de madeira gerados nas 11 fábricas. A proximidade entre os teores de umidade dos resíduos dos painéis reconstituídos e dos briquetes (10% a 12%), conforme determinado por Quirino (1991), explica-se pelo processo de fabricação desses painéis: as partículas de madeira ou fibras sofrem elevada compactação no processo de fabricação dos painéis, em temperaturas superiores a 100°C , contribuindo assim para a redução da umidade dos resíduos.

Os resíduos de compensado apresentaram umidade bem acima do limite orientado pelos autores citados. Quanto ao resíduo de madeira maciça, verificou-se umidade um pouco acima do intervalo desejado. Contudo, pode-se calcular, por meio da representatividade dos respectivos resíduos (painéis reconstituídos: 62,5%; madeira

maciça: 37,5%) em relação ao volume total, uma umidade média de 12,93% na massa composta por todos os resíduos, dispensando a sua secagem para fins de briquetagem. Determinou-se ainda o teor de umidade de uma amostra composta, contendo serragem e pó de madeira maciça e painéis reconstituídos, incluindo o compensado, coletada junto ao silo de acondicionamento de umas das 11 fábricas amostradas. Essa amostra apresentou teor de umidade médio de 12,3%.

Assim, a predominância dos resíduos de madeira em uma faixa de umidade entre 8% a 15% torna-se um importante diferencial competitivo na produção de briquetes, pois, eliminando a etapa de secagem dos resíduos, há expressiva redução nos custos de investimento e operação, incrementando assim o lucro do empreendimento. Esse fator torna-se ainda mais expressivo quando se verifica a tendência de substituição da madeira maciça pelos painéis, especialmente o MDF, na fabricação de móveis.

Em se tratando do poder calorífico (PCS) dos resíduos gerados pelas 11 fábricas de móveis, se for considerado um valor médio de 4.400 kcal/kg (Tabela 5.4), tem-se um potencial energético mensal de 6,05 bilhões de quilocalorias.

5.4. Classificação dos resíduos de madeira e dos painéis reconstituídos

Na Tabela 5.5 são apresentados os resultados da análise dos parâmetros orgânicos (VOC, SVOC e Formaldeído) no extrato lixiviado dos resíduos, na qual observa-se que apenas o clorofórmio e o formaldeído foram detectados.

Tabela 5.5. Análise dos parâmetros orgânicos do extrato lixiviado dos resíduos amostrados

Parâmetros	Resíduos / Concentrações (mg.l ⁻¹)					
	1	2	3	4	5	6
Formaldeído	0,19	12,65	12,92	12,93	12,73	8,96
Clorofórmio	Nd	0,014	0,017	0,019	0,018	0,016

O clorofórmio apresentou valores muito inferiores ao limite preconizado pela NBR 10004 (6 mg.l⁻¹) para resíduos Classe 1 (ABNT, 2004). Quanto ao formaldeído, apesar de a referida norma não especificar nenhum valor como limite-padrão, cabe ressaltar que ele é classificado como potencialmente cancerígeno pela Agência Internacional de Pesquisa do Câncer (IARC, 2006). Dessa forma, as concentrações encontradas nos lixiviados dos resíduos orientaram para uma investigação das concentrações de formaldeído nos gases

resultantes da queima desses resíduos – estado físico em que esse composto apresenta maiores riscos à saúde humana (sistema respiratório).

Na Tabela 5.6 encontram-se os resultados das análises dos parâmetros inorgânicos do extrato lixiviado das cinzas geradas a partir da queima dos resíduos amostrados.

Tabela 5.6. Análise dos parâmetros inorgânicos do extrato lixiviado dos resíduos e das cinzas

*Amostras		Parâmetros (mg.l ⁻¹)					
		Bário	Arsênio	Chumbo	Selênio	Cádmio	Cromo
VMP		70	1	1	1	0,5	5
Resíduos	1	0,127	n.d	0,007	0,022	0,020	n.d
	2	0,035	n.d	0,002	0,005	0,005	n.d
	3	0,155	n.d	0,008	0,006	0,007	n.d
	4	0,023	n.d	0,007	n.d	0,005	n.d
	5	0,093	n.d	0,008	0,005	0,001	n.d
	6	0,004	n.d	0,030	n.d	0,004	0,028
Cinzas	1	0,353	n.d	0,016	n.d	0,010	0,017
	2	*	*	*	*	*	*
	3	0,426	n.d	n.d	0,539	0,026	2,164
	4	1,093	n.d	n.d	0,054	0,001	3,890
	5	0,99	n.d	0,002	n.d	0,005	4,858
	6	0,574	0,008	n.d	0,077	n.d	83,476

*Amostras: 1-Madeira Maciça; 2-Compensado; 3-MDF; 4-Aglomerado s/ revestimento; 5-Aglomerado BP; 6-Aglomerado FF

A análise e classificação das cinzas resultantes do processo de combustão dos resíduos devem-se à proposta de controle e gerenciamento dos resíduos de madeira por meio do seu reaproveitamento energético, estabelecida pelo presente estudo. Por serem as cinzas um resíduo ou subproduto da queima de biomassa, deve-se prever um possível reaproveitamento e/ou destinação final adequada para elas, o que torna a proposta deste trabalho sustentável sob os pontos de vista econômico, social e ambiental.

Por meio dessas análises, foi possível determinar o real potencial de reaproveitamento dos resíduos de madeira para fins energéticos, verificando as possíveis restrições à queima de determinados resíduos na forma de briquetes e o adequado controle e gerenciamento de seus subprodutos.

Observou-se que as concentrações de inorgânicos encontradas, tanto no resíduo *in natura* quanto nas cinzas, são inferiores aos limites padrões preconizados pela NBR 10004 (ABNT, 2004), sendo esses resíduos, portanto, classificados como não perigosos (Classe II), não havendo, quanto a esse parâmetro de avaliação, impedimento à sua disposição no

solo. Contudo, a amostra 6 apresentou concentrações de cromo bem acima do limite preconizado, de 5 mg.l⁻¹, classificando as cinzas deste resíduo como perigosa (Classe I).

Verifica-se ainda que os resíduos do grupo 5 apresentam concentrações de cromo bem próximas do limite citado. A presença do cromo nesses resíduos pode estar associada ao revestimento dos painéis BP e FF.

Na Tabela 5.7. são apresentadas as concentrações médias dos compostos presentes nos gases resultantes da queima dos resíduos de madeira maciça e dos painéis reconstituídos de MDF e aglomerado.

Tabela 5.7. Análise dos gases da combustão dos resíduos

Parâmetros	Resíduos / Concentrações médias (mg/Nm ³)			VMP	
	Madeira Maciça	MDF	Aglomerado BP	CONAMA 382/06	TA LUFT (Alemanha)
Formaldeído	4,85	8,22	1,96	-	100
Clorofórmio	Nd	ND	< 0,0001	-	100
NO _x	55,73	250	237	650	-
CO ₂	655	747	652	-	-
CO	17,29	17,29	17,29	1.300	-

As análises dos gases mostraram concentrações de NO_x e CO dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 382/2006 (CONAMA, 2006). A presença de CO está relacionada à queima incompleta dos resíduos promovida pelo equipamento utilizado. Quanto ao clorofórmio e formaldeído, devido à ausência de padrões para a referida Resolução do CONAMA, adotou-se como referência a instrução técnica alemã TA LUFT de 27/2/1986. Essa norma estabelece como limite máximo a concentração de 100 mg/Nm³, tanto para o clorofórmio quanto para o formaldeído. O maior valor de concentração de formaldeído no resíduo de MDF foi de 8,22 mg/Nm³. Assim, de acordo com os parâmetros avaliados, não há impedimento ao reaproveitamento energético dos resíduos de madeira e derivados das 11 fábricas de móveis amostradas no que tange à emissão de gases.

5.5. Tratamento e disposição final dos resíduos de madeira e dos painéis reconstituídos

O estudo realizado nas 11 fábricas do Polo de Ubá não constatou nenhum tipo de tratamento que privilegie a valoração dos resíduos de madeira e seus derivados. Além

disso, a disposição final desses resíduos ainda vem sendo conduzida sem o devido controle. As fábricas não apresentaram controle quanto à quantidade de resíduos gerados em seu processo fabril.

Quanto à disposição final, constatou-se as empresas amostradas passaram a comercializar estes resíduos, contudo sem controle quanto ao destino final que será dado aos mesmos, incorrendo aqui em risco de responsabilidade por possíveis passivos ambientais que incidirão sobre as empresas geradoras desses resíduos.

Entre as formas de disposição final e reaproveitamento dos resíduos de madeira e derivados identificadas nas fábricas amostradas, podem-se citar:

- . geração de energia em caldeiras nas próprias fábricas;
- . geração de energia em caldeiras de olarias;
- . formação de cama de frango em granjas;
- . disposição no solo; e
- . queima a céu aberto.

5.6. Análise comparativa da comercialização do briquete e dos resíduos de madeira em relação ao custo do transporte

A análise comparativa entre a comercialização dos briquetes e a dos resíduos de madeira apoia-se na quantidade de energia disponível por unidade de volume, em cada combustível.

O potencial energético dos resíduos de painéis reconstituídos de MDF e aglomerado, nas formas de serragem e pó, é praticamente o mesmo dos seus respectivos briquetes. Isso se explica pelo fato de a composição de ambos ser a mesma, inclusive sem nenhuma adição de produtos aglutinantes para a produção dos briquetes, utilizando-se a própria lignina constituinte da biomassa. Outro fator que poderia promover alguma diferença no poder calorífico refere-se ao teor de umidade dos resíduos e dos briquetes. Contudo, segundo Quirino (1991), o teor de umidade dos briquetes de madeira mantém-se na faixa de 10% a 12%, ou seja, praticamente dentro do intervalo verificado para os citados resíduos avaliados no presente trabalho.

Assim, a vantagem mais evidente da comercialização dos briquetes refere-se à sua elevada densidade energética comparada ao resíduo na forma de serragem, uma vez que

apresenta 5,5 vezes mais energia por volume. Dessa forma, verificou-se que os benefícios do reaproveitamento dos resíduos na forma de briquetes estão associados essencialmente aos seus custos com o transporte e estocagem, permitindo uma grande redução com os custos de operação.

Na Tabela 5.8 é apresentado um resumo comparativo dos custos com o transporte para a comercialização dos resíduos nas formas de serragem e briquete.

Tabela 5.8. Comparativo do custo do transporte da serragem e do briquete

Parâmetros	Resíduos de madeira maciça e painéis reconstituídos	
	Serragem	Briquete
Umidade (%)	10	10 – 12 ⁽¹⁾
PCS (kcal/kg)	4.527	4.527
Densidade (kg/m ³)	222	1.200 ⁽¹⁾
Densidade energética (kcal/m ³)	1.004.994	5.432.400
Volume ocupado (m ³ /t)	4,5	0,83
Número de viagens (mês) ⁽²⁾	151	28

(1) Quirino (1991); (2) Considerou-se uma quantidade mensal de 1.678 t de serragem ou briquete e um veículo com capacidade de 50 m³.

Para os cálculos da Tabela 5.8, adotou-se o mesmo valor de PCS para a serragem e para o briquete, visto que ambos possuem a mesma constituição e teor de umidade.

Verificou-se que a densidade energética do briquete é 5,4 vezes superior à da serragem. Essa relação é muito relevante, especialmente quando os resíduos de madeira forem negociados por metro cúbico, permitindo uma análise equitativa dos custos dos dois produtos. A mesma base de cálculo permitiu determinar o custo com transporte da serragem 5,4 vezes superior ao do briquete.

A Tabela 5.9 apresenta um comparativo da influência do custo do transporte no lucro gerado com a venda da serragem e do briquete. Esta tabela foi elaborada utilizando os dados da Tabela 5.8 e adotando algumas simulações de distâncias entre a UPB (Unidade de Produção de Briquetes) e o mercado consumidor, projetando desde consumidores mais próximos ao Polo de Ubá, na Zona da Mata mineira, até os mercados potenciais localizados nos grandes centros, como Rio de Janeiro, Belo Horizonte e São Paulo.

A análise feita através da Tabela 5.9 considerou o custo do transporte por conta do vendedor/gerador. Nesse caso, a simulação realizada identificou que a venda dos resíduos

de madeira na forma de serragem é viável quando a distância do ponto gerador ao mercado consumidor é inferior a 100 km, pois a partir daí não há lucro com a venda dos resíduos.

No entanto, verificou-se que, independentemente da distância do transporte, a comercialização dos briquetes é sempre mais vantajosa, incluindo todos os custos (CPV) envolvidos na operação e manutenção das atividades da Unidade de Produção de Briquetes – UPB. Considerando a distância inicial simulada na Tabela 5.9 (50 km), e uma geração de 1.678 t de resíduos por mês, a venda do briquete apresenta um lucro superior à da serragem em cerca de R\$110.000,00 por mês, ou R\$1,3 milhão ao ano. Caso o mercado consumidor se encontre na cidade de São Paulo – SP, essa diferença se acentua para quase R\$331.000,00, cerca de R\$4 milhões ao ano.

Na Tabela 5.9 foi realizada uma análise de balanço energético do briquete em relação aos resíduos de madeira na forma de serragem, uma vez que contabilizou todos os custos envolvidos na sua produção e o retorno econômico gerado a partir da sua comercialização. Os cálculos das distâncias percorridas por mês e os respectivos custos com transporte consideraram uma quantidade de 1.678 t/mês de resíduos.

Tabela 5.9. Influência do custo do transporte no lucro sobre as vendas da serragem e do briquete

Material	Serragem	Briquete	Serragem	Briquete	Serragem	Briquete	Serragem	Briquete	Serragem	Briquete	Serragem	Briquete	Serragem	Briquete
Distância até consumidor (km)	50		100		185		250		350		450		550	
Distância percorrida (km/mês)	7.559	1.398	15.117	2.797	27.967	5.174	37.793	6.992	52.910	9.788	68.027	12.585	83.144	15.382
Custo c/ transporte (R\$/mês)	22.676,68	4.195,00	45.351,35	8.390,00	83.900,00	15.521,50	113.378,38	20.975,00	158.729,73	29.365,00	204.081,08	37.755,00	249.432,43	46.145,00
Preço de venda (R\$/t)	50,00	250,00	50,00	250,00	50,00	250,00	50,00	250,00	50,00	250,00	50,00	250,00	50,00	250,00
Custo do transporte (R\$/t)	13,51	2,50	27,03	5,00	50,00	9,25	67,57	12,50	94,59	17,50	121,62	22,50	148,65	27,50
CPV (R\$/t)	-	146,00	-	146,00	-	146,00	-	146,00	-	146,00	-	146,00	-	146,00
Lucro c/ vendas (R\$/t)	36,49	101,50	22,97	99,00	0,00	94,75	-17,57	91,50	-44,59	86,50	-71,62	81,50	-98,65	76,50
Resultado da comercialização do Briquete em relação à Serragem (R\$/t)	65,01		76,03		94,75		109,07		131,09		153,12		175,15	

5.7. Análise financeira para a implantação de uma Unidade de Produção de Briquetes no Polo Moveleiro de Ubá

De acordo com as análises das características químicas dos resíduos avaliados, concluiu-se não haver impedimento ao seu reaproveitamento energético. Assim, foi realizado um estudo de caso a fim de avaliar a viabilidade financeira para a implantação de uma Unidade de Produção de Briquetes – UPB junto ao Polo Moveleiro de Ubá, utilizando como matéria-prima os resíduos gerados pelas 11 fábricas amostradas no presente trabalho.

5.7.1. Custos e despesas de implantação e operacionais

A Unidade de Produção de Briquetes – UPB foi projetada para processar os resíduos de madeira gerados pelas 11 fábricas inventariadas no presente trabalho, ou seja, 76,27 t/dia. Nessas condições, sua estrutura demandará um investimento inicial de R\$1.956.530,00 (Tabelas 5.10, 5.11 e 5.12).

Na Tabela 5.10 são relacionados os investimentos físicos iniciais necessários ao empreendimento.

Tabela 5.10. Investimento físico da Unidade de Produção de Briquetes - UPB

Descrição	Qte.	R\$ (unitário)	R\$ (total)
Terreno (6.000 m ²) ⁽¹⁾	1	120.000,00	120.000,00
Galpão unidade fabril (600 m ²) ⁽²⁾	1	730,00/m ²	438.000,00
Galpão para armazenagem de resíduos (450 m ²) ⁽³⁾	1	400,00/m ²	180.000,00
Briquetadeira (1.500 kg/h) c/ silo dosador	4	211.000,00	844.000,00
Repicadores (5.000 kg/h)	2	25.000,00	50.000,00
Esteira	1	22.780,00	22.780,00
Esteira transportadora	1	15.950,00	15.950,00
Silo para armazenagem de resíduos ⁽⁴⁾	1	70.000,00	70.000,00
Extrator de serragem para o silo ⁽⁵⁾	1	38.000,00	38.000,00
Balança de 30 t ⁽⁶⁾	1	30.000,00	30.000,00
Móveis ⁽⁷⁾	-	11.400,00	11.400,00
Equipamentos de informática	-	10.000,00	10.000,00
Total	-	-	1.830.130,00

(1) Terreno localizado na área urbana do município de Ubá (Fonte: Imobiliária ARTOLEX, em set/2009); (2) Linha de produção, estoque de produtos acabados, escritório, sanitários, refeitório e recepção; (3) Estrutura: paredes em tijolo vazado e cobertura de telhas em aço com estrutura metálica (Fonte: Construtora Santos Ltda, em setembro/2009); (4) Capacidade de armazenagem = 165 m³ / diâmetro = 6,2 m / altura = 7,2 m. Referência: Fabricante ASTRAL AMBIENTAL (consulta em set/2009); (5) Fonte: Astral Ambiental (consulta em set/2009); (6) Balanças Líder (consulta em ago/2009); (7) Incluem os móveis para escritório, refeitório e almoxarifado.

O preço dos móveis e das esteiras foi baseado nos valores previstos por Pires (2007), acrescido da variação de 13,9%, relativa ao Índice de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA, acumulada entre os períodos de janeiro/2007 e outubro/2009 (PORTAL EXAME, 2009).

Foi prevista a aquisição de uma minicarregadeira Bobcat para a movimentação dos resíduos de madeira na UPB. A opção por esse veículo justifica-se pela sua alta versatilidade. A Tabela 5.11 relaciona os veículos a serem adquiridos pela UPB.

Tabela 5.11. Veículos para a Unidade de Briquetagem

Descrição	Quant.	R\$ (unitário)	R\$ (total)
Veículo (Fiat Strada) ⁽¹⁾	1	30.900,00	30.900,00
Minicarregadeira Bobcat ⁽²⁾	1	77.000,00	77.000,00
Total	-	-	107.900,00

(1) Pick-up Fiat Strada Fire CE 1.4 Flex 2010 (consulta em ago/2009); (2) Fonte: Nova Frota Equipamentos S/A.

Na Tabela 5.12 são apresentadas as despesas com os serviços necessários à implantação do projeto.

Tabela 5.12. Serviços para a implantação da Unidade de Briquetagem

Descrição	Quant.	R\$ (unitário)	R\$ (total)
Projetistas ⁽¹⁾	-	12.000,00	12.000,00
Terraplenagem ⁽²⁾	-	4.000,00	4.000,00
Outros serviços ⁽³⁾	-	2.500,00	2.500,00
Total	-	-	18.500,00

(1) Projetos civil, elétrico e hidráulico; (2) Considerou-se R\$ 70,00 / hora o preço do serviço do trator

(3) Instalação de linha telefônica e internet e criação de website.

Quanto aos custos dos trâmites administrativos referentes ao processo de regularização ambiental, o empreendimento foi classificado pelo autor como classe 2, segundo a DN nº74/2004 do COPAM, passível, portanto, de AAF (Autorização Ambiental de Funcionamento). Esse procedimento, além de simplificado, não impõe cobrança de valores representativos para o processo de regulação, razão pela qual não foram destacados.

Com uma geração média diária de 76,27 t entre resíduos na forma de serragem e aparas de madeira, foi calculado, a partir das suas respectivas densidades e representatividade, um volume de 148 m³ de resíduos de madeira por dia. Com base nesse volume, um veículo com capacidade de carga de 50 m³ realizará 66 viagens mensais para transportar todos os resíduos gerados nesse período pelas 11 fábricas de móveis até a UPB, resultando em um custo mensal projetado de R\$9.900,00, visto que, conforme citado no item Material e Métodos, a localização prevista para a UPB permitirá que cada viagem para coleta de resíduos percorra até 50 km.

A Tabela 5.13 relaciona as despesas operacionais previstas para a referida Unidade de Produção de Briquetes - UPB.

Tabela 5.13. Despesas operacionais da UPB

Descrição	R\$ (unitário)	R\$ (total) / mês
Mão de obra + encargos sociais	-	34.700,00
Transporte de resíduos	-	9.900,00
Custo do resíduo ⁽¹⁾	0,07/kg	117.460,00
Energia elétrica ⁽²⁾	-	25.170,00
Água	-	440,00
Telefone e internet	-	600,00
Materiais diversos ⁽³⁾	-	800,00
Total	-	155.510,00

(1) Preço médio da tonelada de resíduo de madeira negociado pelas fábricas do Polo de Ubá (ago/2009); (2) Segundo o fabricante (BIOMAX), o consumo de energia da briquetadeira prevista neste estudo de caso é de R\$ 15,00/t de briquete; (3) Escritório, limpeza e higiene pessoal, EPIs.

Na Tabela 5.14 encontra-se a despesa total com a manutenção das quatro briquetadeiras, com base no processamento mensal de 1.678 toneladas (76,27 t/dia). Tendo em vista que 80% dos resíduos das 11 fábricas encontram-se na forma de aparas de madeira, ou seja, 61,02 t/dia, os repicadores funcionarão, cada um, oito horas diárias, somando 176 horas/mês. Dessa forma, a manutenção dos dois repicadores se dará aproximadamente a cada quatro meses, implicando um valor médio mensal de R\$400,00.

Tabela 5.14. Despesas com manutenção do maquinário

Descrição	R\$ (unitário)	R\$ (total) / mês
Briquetadeira ⁽¹⁾	9,80/t	16.444,40
Repicador ⁽²⁾	800,00/800 horas	400,00
Total	-	16.844,40

(1) Vida útil para manutenção = 80 horas (substituição das matrizes e pistão). O custo de manutenção foi dado por tonelada de briquete produzido. Fonte: BIOMAX (setembro/2009).

(2) Vida útil para manutenção = 800 horas. O custo de manutenção do repicador é de aproximadamente R\$800,00. Fonte: LIPPEL (agosto/2009).

Na Tabela 5.15 são apresentados os cálculos da depreciação dos bens a serem adquiridos pela UPB.

Tabela 5.15. Previsão de depreciação dos ativos da UPB

Discriminação	Taxa de depreciação (anual)	Base de cálculo (R\$)	Depreciação (R\$)	
			Anual	Mensal
Edificações	4%	618.000,00	24.720,00	2.060,00
*Máquinas e equip.	15%	932.730,00	139.909,50	11.659,13
Pick-up	20%	30.900,00	6.180,00	515,00
Trator	25%	77.000,00	19.250,00	1.604,17
Equip. informática	20%	10.000,00	2.000,00	166,67
Móveis e utensílios	10%	11.400,00	1.140,00	95,00
Instalações	10%	70.000,00	7.000,00	583,33
Total	-	1.750.030,00	200.199,50	16.683,30

*Para dois turnos de serviço, a Receita Federal determina um índice de depreciação de 1,5. Assim, as máquinas e equipamentos passam a contabilizar 15%.

5.7.2. Previsão de vendas e receitas

Na Tabela 5.16 é apresentada a previsão de vendas de briquetes, considerando a transformação e comercialização da geração total de resíduos de madeira gerados pelas 11 fábricas inventariadas (76,27 t/dia). O preço de venda da tonelada do briquete foi adotado com base em pesquisa de mercado, considerando o custo de transporte por conta do cliente (comprador).

Tabela 5.16. Previsão de vendas e receita (mensal)

Produto	Produção (t/mês)*	Preço unitário (R\$/t)**	Vendas totais (R\$/mês)
Briquete	1.678	250,00	419.500,00

* Produção: 22 dias no mês / ** Transporte por conta do cliente

5.7.3. Resultado operacional e fluxo de caixa

Na Tabela 5.17 são apresentados os resultados previstos para as atividades de produção e vendas dos briquetes na UPB, demonstrando um lucro líquido mensal de R\$85.646,84. O fluxo de caixa mensal previsto para o primeiro ano de operação da UPB é apresentado na Tabelas 5.18. Nesse período, o empreendimento obteve um lucro líquido acumulado de R\$1.027.762,08. Esse valor corresponde a 52,5% do valor nominal do investimento inicial.

Tabela 5.17. Demonstração da previsão do resultado mensal das atividades da UPB

Discriminação	R\$
1. RECEITA OPERACIONAL BRUTA (+)	419.500,00
1.1. Vendas de produtos	419.500,00
2. DEDUÇÕES DA RECEITA BRUTA (-)	(90.821,75)
2.1. Impostos e contribuições sobre vendas (PIS, COFINS e ICMS)	90.821,75
3. RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA (=)	328.678,25
4. CUSTOS DAS VENDAS (-)	229.748,03
4.1. Custo dos Produtos Vendidos	229.748,03
5. RESULTADO OPERACIONAL BRUTO (=)	98.930,22
6. DESPESAS OPERACIONAIS (-)	2.362,78
6.1. Despesas administrativas	2.362,78
7. RESULTADO OPERACIONAL ANTES DO IR E CSLL (=)	96.567,44
8. PROVISÃO PARA IR E CSLL (-)	10.920,60
9. RESULTADO LÍQUIDO DO EXERCÍCIO (=)	85.646,84

A Tabela 5.19 demonstra o fluxo de caixa anual previsto para os 10 primeiros anos de operação da UPB.

Tabela 5.18. Fluxo de caixa no primeiro ano de operação da UPB (em R\$)

Descrição	Período (mês)						
	0	1	2	3	4	5	6
1. Saldo Inicial	0,00	-1.956.530,00	-1.870.884,11	-1.785.238,22	-1.699.592,33	-1.613.946,44	-1.528.300,55
<i>Entradas</i>							
Vendas	0,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00
2. Total das Entradas	0,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00
<i>Saídas</i>							
Investimentos fixos	1.938.030,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Folha de pagamentos	0,00	34.700,00	34.700,00	34.700,00	34.700,00	34.700,00	34.700,00
Impostos e contribuições	0,00	101.742,35	101.742,35	101.742,35	101.742,35	101.742,35	101.742,35
Energia elétrica	0,00	34.684,06	34.684,06	34.684,06	34.684,06	34.684,06	34.684,06
Água	0,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00
Telefone e internet	0,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Transporte (frete)	0,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00
Matéria-prima (resíduo de madeira)	0,00	117.460,00	117.460,00	117.460,00	117.460,00	117.460,00	117.460,00
Depreciação	0,00	16.683,30	16.683,30	16.683,30	16.683,30	16.683,30	16.683,30
Outros custos fixos	18.500,00	17.644,40	17.644,40	17.644,40	17.644,40	17.644,40	17.644,40
3. Total das Saídas	1.956.530,00	333.854,11	333.854,11	333.854,11	333.854,11	333.854,11	333.854,11
4. Entradas – Saídas (2 – 3)	-1.956.530,00	85.645,89	85.645,89	85.645,89	85.645,89	85.645,89	85.645,89
5. Saldo Final (1 + 4)	-1.956.530,00	-1.870.884,11	-1.785.238,22	-1.699.592,33	-1.613.946,44	-1.528.300,55	-1.442.654,66

Tabela 5.18. Fluxo de caixa no primeiro ano de operação da UPB (em R\$) – Cont...

Descrição	Período (mês)					
	7	8	9	10	11	12
1. Saldo Inicial	-1.442.654,66	-1.357.008,77	-1.271.362,88	-1.185.716,99	-1.100.071,10	-1.014.425,21
<i>Entradas</i>						
Vendas	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00
2. Total das Entradas	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00	419.500,00
<i>Saídas</i>						
Investimentos fixos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Folha de pagamentos	34.700,00	34.700,00	34.700,00	34.700,00	34.700,00	34.700,00
Impostos e contribuições	101.742,35	101.742,35	101.742,35	101.742,35	101.742,35	101.742,35
Energia elétrica	34.684,06	34.684,06	34.684,06	34.684,06	34.684,06	34.684,06
Água	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00
Telefone e internet	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Transporte (frete)	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00
Matéria-prima (resíduo de madeira)	117.460,00	117.460,00	117.460,00	117.460,00	117.460,00	117.460,00
Depreciação	16.683,30	16.683,30	16.683,30	16.683,30	16.683,30	16.683,30
Outros custos fixos	17.644,40	17.644,40	17.644,40	17.644,40	17.644,40	17.644,40
3. Total das Saídas	333.854,11	333.854,11	333.854,11	333.854,11	333.854,11	333.854,11
4. Entradas - Saídas (2 – 3)	85.645,89	85.645,89	85.645,89	85.645,89	85.645,89	85.645,89
5. Saldo Final (1 + 4)	-1.357.008,77	-1.271.362,88	-1.185.716,99	-1.100.071,10	-1.014.425,21	-928.779,31

Tabela 5.19. Fluxo de caixa anual para as atividades da UPB

Descrição	Período				
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
1. Saldo Inicial	-1.956.530,00	-928.779,32	98.971,36	1.126.722,04	2.154.472,72
<i>Entradas</i>					
Vendas	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00
2. Total das Entradas	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00
<i>Saídas</i>					
Investimentos fixos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Folha de pagamentos	416.400,00	416.400,00	416.400,00	416.400,00	416.400,00
Impostos e contribuições	1.220.908,20	1.220.908,20	1.220.908,20	1.220.908,20	1.220.908,20
Energia elétrica	416.208,72	416.208,72	416.208,72	416.208,72	416.208,72
Água	5.280,00	5.280,00	5.280,00	5.280,00	5.280,00
Telefone e internet	7.200,00	7.200,00	7.200,00	7.200,00	7.200,00
Transporte (frete)	118.800,00	118.800,00	118.800,00	118.800,00	118.800,00
Matéria-prima (resíduo de madeira)	1.409.520,00	1.409.520,00	1.409.520,00	1.409.520,00	1.409.520,00
Depreciação	200.199,60	200.199,60	200.199,60	200.199,60	200.199,60
Outros custos fixos	211.732,80	211.732,80	211.732,80	211.732,80	211.732,80
3. Total das Saídas	4.006.249,32	4.006.249,32	4.006.249,32	4.006.249,32	4.006.249,32
4. Entradas - Saídas (2 – 3)	1.027.750,68	1.027.750,68	1.027.750,68	1.027.750,68	1.027.750,68
5. Saldo Final (1 + 4)	-928.779,32	98.971,36	1.126.722,04	2.154.472,72	3.182.223,40

Tabela 5.19. Fluxo de caixa anual para as atividades da UPB – Cont...

Descrição	Período				
	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
1. Saldo Inicial	3.182.223,40	4.209.974,08	5.237.724,76	6.265.475,44	7.293.226,12
<i>Entradas</i>					
Vendas	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00
2. Total das Entradas	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00	5.034.000,00
<i>Saídas</i>					
Investimentos fixos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Folha de pagamentos	416.400,00	416.400,00	416.400,00	416.400,00	416.400,00
Impostos e contribuições	1.220.908,20	1.220.908,20	1.220.908,20	1.220.908,20	1.220.908,20
Energia elétrica	416.208,72	416.208,72	416.208,72	416.208,72	416.208,72
Água	5.280,00	5.280,00	5.280,00	5.280,00	5.280,00
Telefone e internet	7.200,00	7.200,00	7.200,00	7.200,00	7.200,00
Transporte (frete)	118.800,00	118.800,00	118.800,00	118.800,00	118.800,00
Matéria-prima (resíduo de madeira)	1.409.520,00	1.409.520,00	1.409.520,00	1.409.520,00	1.409.520,00
Depreciação	200.199,60	200.199,60	200.199,60	200.199,60	200.199,60
Outros custos fixos	211.732,80	211.732,80	211.732,80	211.732,80	211.732,80
3. Total das Saídas	4.006.249,32	4.006.249,32	4.006.249,32	4.006.249,32	4.006.249,32
4. Entradas - Saídas (2 – 3)	1.027.750,68	1.027.750,68	1.027.750,68	1.027.750,68	1.027.750,68
5. Saldo Final (1 + 4)	4.209.974,08	5.237.724,76	6.265.475,44	7.293.226,12	8.320.976,80

Conforme verificado na Tabela 5.19, o custo anual com a aquisição de matéria-prima será de R\$1.409.520,00, ou 35% do total dos custos e despesas previstos para a UPB. Somado ao custo anual referente à contribuição do ICMS (R\$906.120,00), verifica-se que 58% do total dos custos e despesas previstos referem-se a essas duas contas. Nesse caso, nota-se uma grande oportunidade de investimentos por parte dos próprios empresários das fábricas de móveis geradoras dos resíduos, vislumbrando a possibilidade de isenção temporária do ICMS e suspensão dos custos com matéria-prima.

Na Tabela 5.20 é apresentada uma análise dos índices de desempenho econômico, com base nas projeções financeiras da UPB.

Tabela 5.20. Análise dos índices de desempenho financeiro

Índice	Situação 1 (c/ICMS)	Situação 2 (s/ ICMS)
Lucratividade	20,42%	38,42%
Rentabilidade	4,38% a.m.	8,24% a.m.
Ponto de Equilíbrio	179.475,91	141.843,86
Prazo de Retorno do Investimento	23 meses	12 meses
VPL – Valor Presente Líquido	4.358.484,05	9.926.138,39
TIR – Taxa Interna de Retorno	51,72%	98,74%

De acordo com a Tabela 5.20, verificou-se que a implantação de uma Unidade de Produção de Briquetes para processar 1.678 t de resíduos por mês apresenta-se financeiramente viável. Os resultados encontrados são reforçados pelo estudo feito por Pires (2007), em que foi proposto um empreendimento capaz de gerenciar e tratar todos os resíduos gerados por um universo de 101 fábricas de móveis do Polo de Ubá, incluindo a implantação de uma bolsa de resíduos. De acordo com a autora, 88% da receita bruta total do seu empreendimento relaciona-se à comercialização dos briquetes de madeira, sem a qual o projeto torna-se inviável sob o ponto de vista financeiro.

Entre as três situações de investimento propostas por Pires (2007), todas se mostraram viáveis; a melhor apresentou um prazo de retorno do investimento de 20 meses e uma TIR – Taxa Interna de Retorno de 58,5%. Cabe destacar que a autora considerou o preço de venda do briquete a R\$180,00/t, além de prever um investimento inicial (R\$2,8 milhões) superior ao do presente trabalho, bem como despesas com a disposição final adequada dos resíduos, cuja reciclagem/reaproveitamento não se apresentaram viáveis.

A classificação dos resíduos quanto à sua periculosidade verificada neste trabalho pode ser expandida para a indústria de móveis de madeira no Brasil, visto que as matérias-primas e insumos empregados, bem como seus respectivos fabricantes, apresentam pouca variação entre as fábricas do setor.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no presente estudo, pode-se concluir que:

a) Caracterização e quantificação dos resíduos: as características físicas dos resíduos, especialmente os teores de umidade, demonstraram uma grande viabilidade técnica para a produção de briquetes. Além disso, somado ao elevado poder calorífico e o grande volume de resíduos gerados, evidenciou-se um grande potencial para o reaproveitamento energético. Cabe ressaltar que o elevado volume de resíduos identificados sofreu forte influência das duas maiores fábricas inventariadas (empresas J e K), representando cerca de 45% do total dos resíduos.

b) Classificação dos resíduos quanto à sua periculosidade: apesar de os resultados quanto à análise dos gases dos resíduos terem sido favoráveis ao seu reaproveitamento energético, merece destaque a preocupação quanto à disposição final das cinzas geradas no processo de combustão, a exemplo das cinzas dos resíduos de aglomerado revestido, por conterem concentrações de cromo acima do padrão limite preconizado pela ABNT/NBR 10004/2004. Desta forma, faz-se necessário primeiramente identificar o volume dos resíduos de aglomerado revestido gerados pelas 11 fábricas. Com base neste volume pode-se então calcular a quantidade de cinzas que deverá ser dada destinação adequada, e os custos envolvidos neste processo. Caso o volume do referido resíduo seja muito baixo em relação ao total, sugere-se misturar este resíduo com os demais a fim de analisar qual a concentração final de cromo da mistura. Permanecendo acima do limite preconizado, deve-se proceder à sua disposição final, que poderá ser por meio do envio das cinzas para serem enterradas em aterro classe I (resíduos perigosos), ou encaminhadas para empresas que realizam o co-processamento de resíduos, promovido nos fornos de clínquer das indústrias de cimento. Cabe ressaltar que em ambos os casos, o custo aproximado por tonelada de resíduo é de R\$ 600,00 a R\$ 800,00, além dos custos com o transporte dos resíduos. Cabe destacar ainda a preocupação quanto ao aproveitamento *in natura* da serragem dos resíduos dos painéis reconstituídos (MDF, aglomerado e compensado) utilizados diretamente no solo ou como cama de frango em granjas. Essa atenção justifica-se pelas concentrações de formaldeído verificadas no extrato lixiviado desses resíduos.

c) Estudo da viabilidade financeira para construção de uma Unidade de Produção de Briquetes – UPB: o resultado positivo do referido estudo relaciona-se essencialmente às características físicas dos resíduos. Somado a isso, o elevado volume de resíduos foi determinante ao se analisarem os custos marginais. Contudo, deve-se considerar que a matéria-prima dos briquetes refere-se a resíduos – neste caso, refugo de um processo produtivo. Assim, torna-se contundente considerar uma previsão de redução gradativa desses recursos, haja vista a tendência crescente de desenvolvimento tecnológico, de processos e de mão de obra, exigida pela concorrência de mercado, resultando no melhor aproveitamento da matéria-prima (madeira), reduzindo assim as perdas (resíduos) durante o processo de fabricação de móveis. De toda forma, um estudo que apresenta viabilidade para a implantação de uma UPB apenas com os resíduos de 11 fábricas incita um estudo sobre a implantação de uma UPB que atenda a todo o Polo Moveleiro de Ubá, solucionando de forma definitiva e sustentável a problemática gerada pelos resíduos de madeira.

As características físicas dos resíduos de madeira e seus derivados, a exemplo do teor de umidade, foram de suma importância para o presente estudo, haja vista sua influência direta na qualidade do produto final (briquete) proposto para o reaproveitamento dos resíduos de madeira e seus derivados.

Quanto às suas características químicas, a determinação do poder calorífico dos resíduos de madeira e dos painéis reconstituídos gerados nas fábricas resultou na identificação do seu potencial energético, amparando a proposta deste trabalho.

Essas análises serviram para apontar não somente o potencial econômico desses resíduos, como também os potenciais riscos sanitários e ambientais relacionados à sua disposição e/ou reaproveitamento inadequados.

Caso o empreendimento sugerido no referido estudo seja implantado por meio de um consórcio entre as 11 fábricas inventariadas, haveria uma redução de R\$117.460,00 mensais nos custos de produção referentes à matéria-prima (resíduo). Somando esse valor à possível isenção do ICMS, resultaria em redução anual dos custos de R\$2.315.640,00, ou 57,8% do total das saídas (custos + despesas + impostos e contribuições). Nessas condições, o prazo de retorno de investimento seria de apenas sete meses, com um lucro líquido anual de R\$3.343.391,40. Dividida entre as 11 empresas, a referida UPB renderia, a partir do segundo ano de atividades, uma receita líquida anual de R\$303.944,00 por empresa, ou cerca de R\$25.329,00/mês.

Tendo em vista o grande volume de resíduos gerados pelas 11 fábricas e as suas características físico-químicas, sugere-se um estudo referente ao reaproveitamento energético para a geração descentralizada de energia elétrica. O investimento inicial para a construção da termelétrica a biomassa (geração direta – combustão) poderia ser subsidiado com recursos oriundos de contrato para projeto de MDL, a fim de gerar créditos de carbono com a substituição da energia convencional pela alternativa e renovável (biomassa). Este estudo deverá ser realizado junto aos principais polos moveleiros do País. Cabe destacar ainda a possibilidade de buscar recursos junto ao PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, criado pelo governo federal através da Lei nº10.438/2002, com o objetivo de aumentar a participação das fontes alternativas e renováveis de energia elétrica na matriz energética brasileira.

REFERÊNCIAS

ABCR - Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias. Disponível em: <www.abcr.org.br>. Acesso em: jun/2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Conjunto de Normas sobre resíduos. NBR 10004, NBR 10005, NBR 10006, NBR 10007. Resíduos Sólidos. Classificação. Procedimentos. Amostragem.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 8293: Determinação de umidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. **NBR 8289: Determinação do teor de cinza.** Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. **NBR 8969: Definição dos termos empregados no estudo de poluição do ar.** Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

_____. **NBR 10700: Planejamento de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias.** Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 10701: Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias.** Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 10702: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da massa molecular.** Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 11966: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da velocidade e vazão.** Rio de Janeiro: ANBT, 1989.

_____. **NBR 11967: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da umidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 12019: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação de material particulado.** Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

_____. **NBR 12020: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Calibração dos equipamentos utilizados em amostragem – Método de Ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABIMOVEL. Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário. Panorama do Setor Moveleiro no Brasil – Relatório de Agosto/2006. São Paulo, 2006. Disponível em: <www.abimovel.com>. Acesso em: 10/03/2008.

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2008. Brasília, 2009.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2007. Disponível em <www.abrelpe.org.br>. Acesso em: janeiro de 2009.

ABREU, L.B.; MENDES, L.M.; SILVA, J.R.M. Aproveitamento de resíduos de painéis de madeira gerados pela indústria moveleira na produção de pequenos objetos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 171-177, 2009.

ASTM. American Society for Testing Materials - **ASTM D-2015-66**. Gross Calorific Value of Solid Fuel by the Adiabatic Bomb Calorimeter. 1972.

ANALYTICAL SOLUTIONS S.A. Norma interna: PE 49-127 Rev.6 Cromatografia Gasosa acoplada a espectrômetro de massa. Baseada na Environmental Protection Agency – EPA, **Method 030**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSUMPÇÃO, L. F. J. **Sistema de Gestão Ambiental: manual prático para implementação de SGA e certificação ISO 14.001/2004**. 2. ed. Editora Juruá, 2007. 279p.

BARROSO, R. A. *et al.* Consumo de biomassa energética e produção de resíduos de madeira no Distrito Federal. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano VIII, n. 13, FAEF. Garça - SP, 2009.

BHATTACHARYA, S. C.; RAHMAN, M.; LEON, M. A. A Study on improved biomass energy for sustainable development. **Journal, Publication of the International Energy Initiative (IEI)**. Bangalore, India. 2002.

Disponível em: <www.retsasia.ait.ac.th/publications.htm>. Acesso em: agosto de 2009.

BERNARDI, R. **Por que painéis de madeira?** Bento Gonçalves: SENAI/CETEMO, 1999.p. 7-9. (Coletânea de Artigos Técnicos para a Indústria do Mobiliário III).

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2006: Ano base 2005**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2006. 192p.

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Matriz Energética Nacional 2030**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2007. 254p.

BRAUNBECK, O. A. *et al.* Biomassa no Brasil e no mundo. In: CORTEZ, L. A. B. *et al.* **Biomassa para energia**. Campinas, SP: UNICAMP, 2008. p.15-28.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. L 9.229 - **Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Amostragem e determinação de Óxidos de Nitrogênio**. São Paulo, 1992.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 313/2002**. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Brasília, 2002.

_____. **Resolução 382/2006**. Estabelece limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Brasília, 2006.

CORTEZ, L. A. B. *et al.* Biomassa no Brasil e no mundo. In: CORTEZ, L. A. B. *et al.* **Biomassa para Energia**. Campinas, SP: UNICAMP, 2008. p.15-28.

CROCCO, M.; SANTOS, F.; SIMÕES, R.; HORÁCIO, F. Pesquisa – Industrialização Descentralizada: Sistemas Industriais Locais; O Arranjo Produtivo Moveleiro de Ubá. 40p. UFMG/CEDEPLAR. Belo Horizonte, 2001.

CUNHA, M. P. S. C. *et al.* Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras e poder calorífico. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS - EBRAMEM, 3., 1989, São Carlos, SP. **Anais ...** São Paulo: Universidade de São Paulo - USP, 1989. v. II. p. 95-121.

CUNHA, C. B. de; GALVÃO, F. A. Modelagem Matemática do Problema de Coleta de Resíduos de Madeira para Fins Energéticos. In: XVI ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET, 2002, Natal. Panorama Nacional de Pesquisa em Transportes 2002. Rio de Janeiro: ANPET - Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2002. v. 2. p. 81-81.

DILL, R. P. **Análise da rentabilidade de empresas: uma abordagem baseada na lógica nebulosa (fuzzy logic)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Administração) - Curso de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ECOPRODUCERS MAGAZINE. Bricarbrás amplia produção de briquetes. Publicação: outubro de 2009.

Disponível em: <<http://ecoproducers.com/magazine>>. Acesso em: julho de 2009.

EPA. Environmental Protection Agency. **EPA Method 030**. Volatile Organic Sampling Train for Volatiles. 1986.

EPA. Environmental Protection Agency. **EPA Method 8315A**. Determination of carbonyl compounds by high performance liquid chromatography. 1996.

ERIKSSON, S.; PRIOR, M. **The briquetting of agricultural wastes for fuel**, Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1990. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/T0275E/T0275E00>>. Acesso em: agosto/2009.

FARINHAQUE, R. Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) e aspectos gerais de combustão. **Série técnica. FUPEF**. Curitiba - PR, 1981, 14p.

FIEMG. Federação das Indústrias de Minas Gerais. Ubá Móveis de Minas. Arranjo Produtivo Local de Ubá. Ubá - MG, 2008. Disponível em: <<http://www.fiemg.org.br/apluba>>. Acesso em: junho de 2008.

FILIPPETTO, D. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas - SP, 2008.

GAZETA MERCANTIL. IBAMA incentiva o aproveitamento de resíduos de madeira. Maio/2003. In: Hemeroteca do Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE, USP, nº 71.217. Disponível em: <<http://infoener.iee.usp.br/infoener/hemeroteca/imagens/71217.htm>>. Acesso em julho/2009.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. Tradução: BRAGA, F. J. dos., São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1978.

GERMAN ENVIRONMENT MINISTRY. TA Luft - Technical Instructions on Air Quality Control. 1986.

GORINI, A. P. F. **Panorama do setor moveleiro no Brasil, com ênfase na competitividade externa a partir do desenvolvimento da cadeia industrial de produtos sólidos de madeira**. Rio de Janeiro: BNDES, 1998.

Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/setor2.asp>>. Acesso em: junho/2009.

HALL, D. O. *et al.* Visão geral de energia e biomassa. In: CALLE, F. R. *et al.* **Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira**. Campinas, SP: Editora UNICAMP, 2005. p. 25-68.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 519 p.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais. Relatório 2002. Curitiba, 2002. Disponível em: <www.iap.pr.gov.br>. Acesso em: agosto/2009.

IARC. International Agency for Research on Cancer. **IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxy- 2-propanol**. v. 88. Lyon, 2006.

Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/volume88.pdf>. Acesso em março de 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População Recenseada em 2007. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 16/06/2009.

IEL. Instituto Euvaldo Lodi. Diagnóstico do Pólo Moveleiro de Ubá e Região. Belo Horizonte: IEL-MG, 2002. 65p.: graf. FIEMG.

IEMI. Instituto de Estudos e Marketing Industrial. Relatório Setorial da Indústria de Móveis no Brasil 2006 e 2007. São Paulo.

IEL-MG. Instituto Euvaldo Lodi. Diagnóstico do Pólo Moveleiro de Ubá e Região. Belo Horizonte, 2002.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Prospectiva Tecnológica da Cadeia Produtiva Madeira e Móveis. Divisão de Produtos Florestais, São Paulo, 2002.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira**. Curitiba: Fupef, 2003.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989. (Comunicação Técnica, 1797)

KOZAK, P. A. *et al.* Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis. **Revista Acadêmica, Ciência Agrária e Ambiental**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 203-212, 2008.

LEÃO, M. S.; NAVEIRO, R. M. Fatores de competitividade da indústria de móveis de madeira no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENESEP), 18., 1998. **Anais...** Niterói: Universidade Federal Fluminense - UFF, setembro de 1998.

LIMA, E. A. de; ABDALA, E. M.; WENZEL, A. A. Comunicado Técnico 220: Influência da umidade no poder calorífico superior da madeira. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Colombo – PR: Embrapa Florestas, 2008.

LIMA, E. G. **Diagnóstico ambiental de empresas de móveis em madeira situadas no Pólo Moveleiro de Arapongas – PR.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2005.

LORA, E. E. S. *et al.* Gaseificação. In: CORTEZ, L. A. B. *et al.* **Biomassa para energia.** Editora UNICAMP, 2008. p. 241-327.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. **Informe Estatístico da Indústria – Junho/2009.** Brasília, 2009.

MORAIS, D. M. de. **Briquetes de resíduos ligno-celulósicos como potencial energético para a queima de blocos cerâmicos: aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o Distrito Federal.** Tese (Doutorado) – UNB, Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 2007.

MOURA, L. A. A. de. **Qualidade e gestão ambiental.** 5. ed. Editora Juarez de Oliveira, 2008. 422 p.

NAHUZ, M. A. Resíduos da Indústria Moveleira. In: SEMINÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO. 2005. **Anais...** Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais. Disponível em: <www.universoambiental.com.br>. Acesso em: 25/03/2008.

NAHUZ, M. A. R. Atividades industriais com madeiras de pinus – atualidades e desafios. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 13, edição especial – pinus, p. 30-36, 2004.

NEVES, S. R. **Análise da influência de indicadores econômicos na escolha da estratégia de produção.** 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociências. Campinas - SP.

OLIVEIRA, J. B. de; GOMES, P.A.; ALMEIDA, M. R. de. Estudos preliminares de normatização de testes de controle de qualidade do carvão vegetal. In: PENEDO, W. R.. **Carvão vegetal.** Belo Horizonte: CETEC, 1982. p. 7-38. (Série de Publicações Técnica, 006).

PIRES, V. A. V. *et al.* Viabilidade econômica de implantação da central de gerenciamento de resíduos no Pólo Moveleiro de Ubá - MG. **Cerne**, Lavras, v.14, n.4, p. 295-303, 2008.

PIRES, V. A. V. **Viabilidade econômica de implantação de uma unidade integrada de gerenciamento de resíduos sólidos no Pólo Moveleiro de Ubá - MG.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa - MG, 2007.

PORTAL EXAME. Guia do Investidor. Editora Abril.

Disponível em: <<http://app.exame.abril.uol.com.br/ginvest/>>. Acesso em: setembro de 2009.

QUIRINO, W. F. Biomassa ganha espaço e já é terceira principal fonte. **BBC Brasil, Tecnologia e Saúde**, 2002.

Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/020814_energia5ae.shtml>. Acesso em: junho de 2008.

QUIRINO, W. F. Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos. **Circular Técnica do LPF** Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA, Brasília, v.1, n.2, p.69-80, 1991.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais.** Brasília, 2002. v. 01. 32p.

QUIRINO, W. F. *et al.* Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira** n. 89, pg. 100-106, 2005.

RENABIO – Rede Nacional de Biomassa para Energia. **Boletim Técnico RENABIO Nº2: Obtenção de briquetes de carvão vegetal a partir de finos de carvão.** Viçosa, 2006.

REZENDE, A. A. P. *et al.* Proposta de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos em pólo moveleiro. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8., 2006, Fortaleza. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2006.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração Financeira.** Tradução: SANVICENTE, A. Z. São Paulo: Atlas, 1995.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Princípios de Administração Financeira.** Tradução: SANVICENTE, A. Z. São Paulo: Atlas, 1997.

SANVICENTE, A. Z. **Administração Financeira.** 3. ed., São Paulo: Atlas, 1987.

SCHNEIDER, V. E. *et al.* Gerenciamento Ambiental na Indústria Moveleira - estudo de caso no município de Bento Gonçalves. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, MG: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEPRO, 2003.

SCHNEIDER, V. E. *et al.* Diagnóstico dos resíduos de madeira e derivados gerados no Pólo Moveleiro da Serra Gaúcha. In: XVIII CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 18., 2003. **Anais...** Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2003.

SILVA, C. M. *et al.* **Relatório final:** proposta de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos do Pólo Moveleiro de Ubá – MG. Viçosa: UFV, 2005. Não Publicado.

SILVA, J. C. de. Sinal verde para móveis de eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, edição especial – eucalipto, p. 136-138, 2003.

SILVA, W. L.; ALMEIDA, R. F. de; MOREIRA, J. V. R. Jr. Relato da experiência da implantação do Projeto Extensão Industrial Exportadora no Arranjo Produtivo Local de Ubá e Região. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA - SENEPT, 1., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2008.

SILVA, C. A. da *et al.* Estudo da viabilidade técnico-econômica de uma fábrica de briquetes para fins de geração energética. In: AGRENER 2006, 6º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, 2006, Campinas. **Caderno de Resumos**. UNICAMP, 2006.

SILVA, S. G. da. Resíduos Sólidos: geração, tratamento e disposição - o caso das indústrias moveleiras de Arapongas. In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 2., 2006, Tupã. **Anais...** IBICT - Instituto Brasileiro de Informações em Ciência e Tecnologia, 2006.

SINDMÓVEIS . Sindicato da Indústria do Mobiliário de Bento Gonçalves. Dados do setor: Setor Moveleiro em 2008. Bento Gonçalves - RS, 2009. Disponível em: <www.sindmoveis.com.br> Acesso em: 16/06/2009.

SKJELMERUD, H. **Importance of residue utilization from a sawmill point of view: a Norwegian case study**. Hurdal: FAO/NORAD, 1972. 22p.

SOUZA, C. C. de. **Avaliação de impactos ambientais da atividade industrial no Pólo Moveleiro de Ubá - MG**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

STURION, J. A.; TOMASSELLI, I. Influência do tempo de estocagem de lenha de Bracatinga na produção de energia. Boletim de Pesquisa Florestal – Unidade Regional de Pesquisa Florestal, Colombo, PR, v. 21, p. 37-47, dez. 1990.

TEIXEIRA, F. N.; PRIMO, K. R. ; LORA, E. E. S. **Impacto ambiental do uso energético da biomassa e tecnologias para o controle de emissões**. In: Cortez, L.A.B.; Lora, E.E.S.; Gomez, E.O. (Org.). Biomassa para Energia. 1ª ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2008, v. 1, p. 645-671.

USEPA. U.S. Environmental Protection Agency. **Method 8315A: Determination of carbonyl compounds by high performance liquid chromatography (HPLC)**. EUA, 1996.

USEPA. U.S. Environmental Protection Agency. **Method 030: Measurement of gaseous organic compound emissions by chromatography**. EUA, 1986.

VALENÇA, A. C. V. de. *et al.* Os novos desafios para a indústria moveleira no Brasil. **BNDES Setorial**, n. 15, p. 83-96, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1504.pdf>. Acesso em: agosto/2009.

ANEXOS

Formulário do inventário de resíduos sólidos industriais, aplicado nas 11 fábricas de móveis do Polo Moveleiro de Ubá.

Inventário de Resíduos (Pólo Moveleiro de Ubá)					Data	Hora	Folha
Levantamento Preliminar Quali-Quantitativo dos Resíduos Industriais							06/
VII - Tratamento e destinação final dos Resíduos							
Nº de Ordem - D.	Tratamento - 22 -	Metodologia de tratamento - 23 -		Disposição Final - 24 -			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			
	() sim () não						
	Empresa:			End.:			

Inventário de Resíduos (Pólo Moveleiro de Ubá)				Data	Hora	Folha
Levantamento Preliminar Quali-Quantitativo dos Resíduos Industriais				___/___/___	___:___	07/___
VIII - Dados sobre o transporte dos Resíduos						
Nº de Ordem -D-	Transportadora - 25 -					
	Razão Social:					
	Endereço:					Bairro:
	Município:	Tel.:				Contato:
	Acondicionamento:					
	Razão Social:					
	Endereço:					Bairro:
	Município:	Tel.:				Contato:
	Acondicionamento:					
	Razão Social:					
	Endereço:					Bairro:
	Município:	Tel.:				Contato:
	Acondicionamento:					
	Razão Social:					
	Endereço:					Bairro:
	Município:	Tel.:				Contato:
	Acondicionamento:					
	Razão Social:					
	Endereço:					Bairro:
	Município:	Tel.:				Contato:
	Acondicionamento:					
	Razão Social:					
	Endereço:					Bairro:
	Município:	Tel.:				Contato:
	Acondicionamento:					
	Razão Social:					
	Endereço:					Bairro:
	Município:	Tel.:				Contato:
	Acondicionamento:					
	Razão Social:					
	Endereço:					Bairro:
	Município:	Tel.:				Contato:
	Acondicionamento:					
	Razão Social:					
	Endereço:					Bairro:
	Município:	Tel.:				Contato:
	Acondicionamento:					

PUBLICAÇÕES DO AUTOR RELACIONADAS COM O TRABALHO

FARAGE, R.M.P.; REZENDE, A.A.P.; SILVA, C.M.; NUNES, W.G.; CARNEIRO, A.C.O.; VIEIRA, D.B.; RODRIGUES, C.L.S. Avaliação do potencial poluidor dos resíduos de madeira nas indústrias do setor moveleiro. XXXI Congresso Interamericano AIDIS. **Anais...** Santiago – Chile, 2008.

FARAGE, R. M. P.; REZENDE, A.A.P.; NUNES, W.G.; VIEIRA, D.B.; SILVA, C.M. Avaliação do potencial de reaproveitamento energético dos resíduos de madeira e derivados gerados nas fábricas do Pólo Moveleiro de Ubá. Artigo submetido à **Revista Ciência Florestal** em maio de 2009.

NUNES, W.G.; FARAGE, R.M.P.; RODRIGUES, C.L.S.; VIEIRA, D.B.; REZENDE, A.A.P.; CARNEIRO, A.C.O.; SILVA, C.M. Estudos para o tratamento e reciclagem dos resíduos de indústrias moveleiras no APL de Ubá. XVII Simpósio de Iniciação Científica, VII Simpós - Mostra Científica da Pós-Graduação, V Simpósio de Extensão Universitária e I Sen – Simpósio de Ensino. UFV, 2007.

VIEIRA, D.B.; NUNES, W.G.; FARAGE, R.M.P.; RODRIGUES, C.L.S.; REZENDE, A.A.P.; CARNEIRO, A.C.O.; SILVA, C.M. Caracterização das cinzas dos resíduos de madeira das indústrias moveleiras no APL de Ubá. XVII Simpósio de Iniciação Científica, VII Simpós - Mostra Científica da Pós-Graduação, V Simpósio de Extensão Universitária e I Sen – Simpósio de Ensino. UFV, 2007.

NUNES, W.G.; FARAGE, R.M.P.; RODRIGUES, C.L.S.; REZENDE, A.A.P.; SILVA, C.M. Avaliação preliminar a implantação de projeto piloto de gerenciamento integrado dos resíduos do Pólo Moveleiro de Ubá. XVI Simpósio de Iniciação Científica, VI Simpós - Mostra Científica da Pós-Graduação e IV Simpósio de Extensão Universitária. UFV, 2007.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)