

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SENAI – DEPARTAMENTO REGIONAL DO PR  
UNIVERSIDADE DE STUTTGART - ALEMANHA**

**ELCIO HERBST**

**DIAGNOSE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR  
MOVELEIRO DA RMC E CONTRIBUIÇÕES PARA O  
PROJETO DA CENTRAL DE RESÍDUOS**

**CURITIBA  
2011**

**ELCIO HERBST**

**DIAGNOSE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR  
MOVELEIRO DA RMC E CONTRIBUIÇÕES PARA O  
PROJETO DA CENTRAL DE RESÍDUOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e *Universität Stuttgart*, Alemanha, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientadora: Dra. Patricia Charvet

Co-orientador(a): Dr. Klaus Fisher  
M.Sc. Marielle Feilstrecker

**CURITIBA  
2011**

Herbst, Elcio

Diagnose da gestão de resíduos sólidos no setor moveleiro da RMC e contribuições para o projeto central de resíduos / Elcio Herbst. – Curitiba, 2011.

133 f. : il.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, SENAI – PR, Universität Stuttgart.

Orientadora: Patrícia Charvet

Co-orientadores: Klaus Fischer, Marielle Feilstrecker

1. Indústria de moveis - Resíduos sólidos. I. Charvet, Patrícia.  
II. Fischer, Klaus. III. Feilstrecker, Marielle. IV. Título.

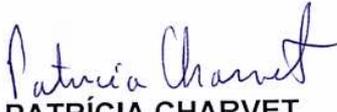
CDD 628.445

## TERMO DE APROVAÇÃO

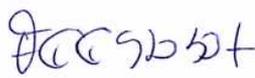
ELCIO HERBST

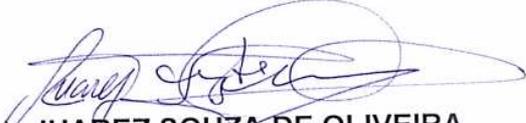
### DIAGNOSE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR MOVELEIRO DA RMC E CONTRIBUIÇÕES PARA O PROJETO DA CENTRAL DE RESÍDUOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com SENAI-PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha, pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a): Prof(a). Dr(a).   
**PATRÍCIA CHARVET**  
SENAI-PR

Prof(a). Me.   
**MARIELLE FEILSTRECKER**  
SENAI-PR

Prof(a). Dr(a).   
**FABIANA CRISTINA DE CAMPOS SKROBOT**  
SENAI-PR

Prof(a). Dr(a).   
**JUAREZ SOUZA DE OLIVEIRA**  
UFPR-PR



Prof. Dr. **ALVARO LUIZ MATHIAS 09409-9**  
Coordenador do TC/MAUI-UFPR

Curitiba, 28 de outubro de 2011.

## MENSAGEM

Isso nós sabemos, todas as coisas são conectadas  
como o sangue que une uma família...  
O que acontecer com a terra  
Acontecerá com os filhos e filhas da terra.  
O Homem não teceu a teia da vida,  
Ele é dela apenas um fio.  
O que ele fizer para a teia estará fazendo a si mesmo.  
Ted Perry (inspirado pelo Chefe Seattle)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à meus pais, que sempre me incentivaram a buscar sempre o conhecimento, a meus filhos Henrique e Guilherme e à minha esposa, que sempre me apoiaram de forma incondicional na realização deste mestrado.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora Dra. Patrícia Charvet e minha co-orientadora Prof. M. Sc. Marielle Feilstrecker, pelo incentivo constante, pelo conhecimento, amizade e dedicação.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Klaus Fisher, pela amizade e por todo conhecimento transmitido.

Ao DAAD e ao governo Alemão por ter me disponibilizado o apoio através da bolsa de mestrado.

À todos os professores do programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial da UFPR, Universidade de Stuttgart e SENAI-PR, especialmente aos professores Uwe Mentzel, Daniela Neuffer e Jörg Metzger.

Ao SENAI-PR pelo apoio e auxílio no treinamento da Alemanha, especialmente ao Sr. Marco Secco, que sempre foi um motivador para as questões de sustentabilidade no Sistema FIEP.

À Deus pela vida que me proporcionou.

## RESUMO

O setor moveleiro é um grande gerador de resíduos sólidos e seu gerenciamento é de extrema importância, principalmente quanto à destinação final dos mesmos. A questão “sustentabilidade” hoje está inserida nas diretrizes empresariais com o objetivo de reduzir o impacto ambiental de suas atividades, todavia, a gestão de resíduos ainda é incipiente e menos de 5% das indústrias do setor dispõem de programas de conservação ambiental. O presente estudo fez um diagnóstico da gestão de resíduos sólidos do setor moveleiro na Região Metropolitana de Curitiba, através de amostragens com base nos planos de gerenciamento de resíduos sólidos das empresas. O diagnóstico contemplou o levantamento gravimétrico, assim como foi avaliada a gestão dos resíduos no referido setor. Visitas técnicas junto às diversas centrais de resíduos forneceram subsídios para a estruturação de uma nova central de resíduos e a metodologia de cálculo do Protocolo de Gases de Efeito Estufa foi empregada para apurar estimativas de emissões da central em diferentes cenários. Os resultados indicaram que o resíduo predominante no setor moveleiro da RMC foi o de origem lignocelulósica (78% do total), sendo que 25% das empresas armazenam-no de forma inadequada. A maior parte dos resíduos perigosos (84%) é destinada corretamente, entretanto, 73 t / ano ainda são destinadas inadequadamente. A comparação entre vários cenários de emissões de carbono pela central indicou a possibilidade de mitigar tais emissões em mais de 50%, principalmente com a utilização de combustíveis alternativos. Este estudo permitiu uma análise do setor de móveis demonstrando que 85% das empresas ainda não dispõem de um sistema de gestão de resíduos sólidos implementado. Os resultados também indicaram que parte das empresas do setor moveleiro está buscando desenvolver suas atividades de forma sustentável, que as centrais de resíduos se apresentam como uma solução para o setor, podendo trazer benefícios ainda maiores quando da adoção de um sistema de baixo carbono ou até mesmo livre de emissões.

**Palavras-chave:** lignocelulósicos, briquetes, *pellets*, emissões de carbono, neutralização GEE.

## ABSTRACT

The furniture industry is a major generator of solid waste and its management is of utmost importance, mainly regarding its final disposal. The question of "sustainability" today is inserted in business guidelines with the objective of reducing environmental impacts of its activities. Nevertheless, waste management is still incipient and less than 5% of this sector's industries have environmental conservation programs. This study made a diagnosis of solid waste management in the furniture sector of Curitiba metropolitan region, through samplings based on these companies' solid waste management plans. The diagnosis included gravimetric surveys, as well as waste management evaluations in this industry. Technical visits to various waste power stations provided data to structure a new waste station and the greenhouse gas protocol methodology was employed to establish estimates of emissions according to different scenarios. The results indicated that the predominant residue of the furniture sector in Curitiba metropolitan region was of lignocellulosic origin (78% of the total), with 25% of companies storing it inadequately. Most part (84%) of the hazardous waste were correctly disposed, however, 73 t / year are still inappropriately disposed. The comparison of several carbon emission scenarios by the waste station indicated the possibility to mitigate these emissions by more than 50%, mainly by using alternative fuels. This study provided an analysis of the furniture sector that pointed that 85% of the companies still do not have implemented a solid waste management system. The results also indicated that part of the companies in the furniture sector are trying to develop their activities in a sustainable manner, that waste stations could provide a solution for this sector and could even bring greater benefits if low-carbon or even emission-free systems are adopted.

**Keywords:** lignocellulosic, briquettes, pellets, carbon emissions, GHG offsets.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01	PELLETS E BRIQUETES DE ORIGEM LIGNOCELULÓSICA	27
FIGURA 02	PRODUÇÃO DE ENERGIA PRIMÁRIA NO BRASIL .....	34
FIGURA 03	CONSUMO DE LENHA NO BRASIL EM 2009 .....	35
FIGURA 04	CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR INDUSTRIAL .....	36
FIGURA 05	FÓRMULA PARA CÁLCULO DAS EMISSÕES DE GEE .....	57
FIGURA 06	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA .....	69
FIGURA 07	PORCENTAGEM DE EMPRESAS COM ARMAZENAGEM DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS .....	70
FIGURA 08	PORCENTAGEM DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS ARMAZENADOS .....	71
FIGURA 09	PORCENTAGEM DE EMPRESAS COM ARMAZENAGEM DE RESÍDUOS PERIGOSOS .....	72
FIGURA 10	PORCENTAGEM DE RESÍDUOS PERIGOSOS ARMAZENADOS .....	73
FIGURA 11	PORCENTAGEM DE EMPRESAS COM DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS .....	75
FIGURA 12	PORCENTAGEM DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DESTINADOS .....	76
FIGURA 13	PORCENTAGEM DE EMPRESAS COM DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS PERIGOSOS .....	79
FIGURA 14	PORCENTAGEM DE RESÍDUOS PERIGOSOS DESTINADOS .....	79
FIGURA 15	EMPRESA "C" - CENTRAL DE RESÍDUOS DE MADEIRA DA RMC .....	86
FIGURA 16	VISTA AÉREA DO CETEC .....	87
FIGURA 17	CENTRAL DE RESÍDUOS DE TRÊS COROAS .....	89
FIGURA 18	CENTRAL DE RESÍDUOS DE TRÊS COROAS E CRIADOURO CONSERVACIONISTA .....	90
FIGURA 19	CENTRAL DE RESÍDUOS DE TRÊS COROAS E ARIP .....	91
FIGURA 20	CENTRAL DE RESÍDUOS DA ALEMANHA .....	93

FIGURA 21	LOGÍSTICA DE TRANSPORTE – CENTRAL DE RESÍDUOS DA ALEMANHA .....	94
FIGURA 22	BOMBEAMENTO DE PELLETS – ALEMANHA .....	94
FIGURA 23	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 1 – CENÁRIO 1.....	99
FIGURA 24	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 1 – CENÁRIO 2 .....	99
FIGURA 25	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 1 – CENÁRIO 3 .....	100
FIGURA 26	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 1 – CENÁRIO 4 .....	101
FIGURA 27	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 3 .....	103
FIGURA 28	PERCENTUAL DE EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 3 .....	103
FIGURA 29	PERCENTUAL DE EMISSÕES TOTAIS DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – CENÁRIO 1 .....	104
FIGURA 30	PERCENTUAL DE EMISSÕES TOTAIS DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – CENÁRIO 2 .....	105
FIGURA 31	PERCENTUAL DE EMISSÕES TOTAIS DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – CENÁRIO 3 .....	106
FIGURA 32	PERCENTUAL DE EMISSÕES TOTAIS DE CO <sub>2</sub> e POR FONTES GERADORAS – CENÁRIO 4 .....	107

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01	RESÍDUOS PERIGOSOS RECEBIDOS PELA CENTRAL .....	51
TABELA 02	RESÍDUOS RECICLÁVEIS RECEBIDOS PELA CENTRAL .....	52
TABELA 03	ESTIMATIVA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DOS VEÍCULOS .....	58
TABELA 04	CÁLCULO DA DISTÂNCIA DIÁRIA PERCORRIDA NA BUSCA DE RESÍDUOS .....	58
TABELA 05	CÁLCULO DA DISTÂNCIA MENSAL PERCORRIDA NA BUSCA DE RESÍDUOS POR MODALIDADE DE TRANSPORTE .....	59
TABELA 06	FATORES DE EMISSÃO .....	59
TABELA 07	CONSUMO ENERGÉTICO ESTIMADO .....	61
TABELA 08	CÁLCULO PARA TRANSPORTE RODOVIÁRIO DOS RESÍDUOS PÓS PROCESSAMENTO NA CENTRAL .....	62
TABELA 09	CÁLCULO PARA TRANSPORTE RODOVIÁRIO DOS BRIQUETES .....	62
TABELA 10	POTENCIAL DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DO SETOR DE MÓVEIS NA RMC .....	64
TABELA 11	QUANTIDADE DE RESÍDUOS DESTINADOS À CENTRAL DE RESÍDUOS .....	66
TABELA 12	MODELO DE MATRIZ PARA DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .....	83
TABELA 13	RESUMO DAS EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e – ESCOPO 3 .....	102
TABELA 14	RESUMO DAS EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e – ESTIMATIVA TOTAL – CENÁRIO 1.....	104
TABELA 15	RESUMO DAS EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e – ESTIMATIVA TOTAL – CENÁRIO 2 .....	105
TABELA 16	RESUMO DAS EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e – ESTIMATIVA TOTAL – CENÁRIO 3 .....	106
TABELA 17	RESUMO DAS EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> e – ESTIMATIVA TOTAL – CENÁRIO 4 .....	107
TABELA 18	COMPARATIVO DAS EMISSÕES DE GEE ENTRE OS	

	QUATRO CENÁRIOS .....	108
TABELA 19	SUBSÍDIOS PARA A NEUTRALIZAÇÃO OU COMPENSAÇÃO DOS GEE .....	109
TABELA 20	CÁLCULO PARA NEUTRALIZAÇÃO OU COMPENSAÇÃO DOS GEE COM BASE NOS CENÁRIOS .....	110

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 01	REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE MADEIRA .....	24
QUADRO 02	COMPARAÇÃO DA REDUÇÃO DE VOLUME DOS MATERIAIS UTILIZADOS.....	25
QUADRO 03	QUADRO COMPARATIVO ENTRE O BRIQUETE E A LENHA .....	26
QUADRO 04	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS BRIQUETES .....	27
QUADRO 05	COMPARATIVO DA DENSIDADE ENERGÉTICA E O FATOR DE EMISSÃO DE GEE .....	29
QUADRO 06	LIMITES DE EMISSÃO PARA POLUENTES ATMOSFÉRICOS A PARTIR DA COMBUSTÃO DE DERIVADOS DA MADEIRA .....	44
QUADRO 07	PROCESSOS ADOTADOS E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PELA CENTRAL DE RESÍDUOS .....	49
QUADRO 08	CARACTERÍSTICAS DAS EMPRESAS AMOSTRADAS .....	53
QUADRO 09	FATORES DE EMISSÃO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO .	57
QUADRO 10	GRUPOS DE RESÍDUOS E DESTINAÇÃO FINAL NA ALEMANHA .....	92
QUADRO 11	RESUMO COMPARATIVO DAS CENTRAIS DE RESÍDUOS .	97

## LISTA DE SIGLAS

ABIMOVEL	- Associação Brasileira da Indústria de Móveis
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
CETEC	- Central de Resíduos de Arapongas
CH <sub>4</sub>	- Metano
CO <sub>2</sub>	- Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> e	- Dióxido de carbono equivalente
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
GEE	- Gases de Efeito Estufa
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
IPCC	- Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
LER	- Lista Europeia de Resíduos
MDF	- Painéis de fibras de média densidade
M <sup>3</sup> st	- Metro cúbico estéreo
MDL	- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MDP	- Painéis de partículas de média densidade
MP	- Material particulado
N <sub>2</sub> O	- Óxido nitroso
PCI	- Poder calorífico inferior
OSB	- Painéis de partículas orientadas
PGRS	- Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
RMC	- Região Metropolitana de Curitiba
SIMOV	- Sindicato da Indústria do Mobiliário e Marcenaria do Estado do PR
TAC	- Termo de Ajustamento de Conduta
TEP	- Tonelada equivalente de petróleo
T	- Tonelada

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 A Situação dos resíduos sólidos no setor moveleiro, na sociedade e seus impactos ambientais.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Aproveitamento dos resíduos de madeira .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1 Aproveitamento de resíduos de madeira via briquetagem .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.2 Aproveitamento de resíduos de madeira via peletização .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Características do setor moveleiro .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4 Painéis compensados multilaminados .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5 O formaldeído e seus efeitos tóxicos .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6. Situação energética no Brasil com foco na biomassa.....</b>	<b>34</b>
<b>2.7. As emissões de CO<sub>2</sub>, os riscos das mudanças climáticas e algumas oportunidades de mitigação.....</b>	<b>36</b>
<b>2.8 Legislação ambiental brasileira pertinente aos resíduos sólidos.....</b>	<b>42</b>
<b>2.8.1 Resolução CONAMA 313/2002.....</b>	<b>43</b>
<b>2.8.2 Lei Federal 9605/98 – Lei de Crimes Ambientais.....</b>	<b>43</b>
<b>2.8.3 Normas para o armazenamento e transporte de resíduos sólidos.....</b>	<b>44</b>
<b>2.8.4 Resolução CONAMA nº 382/2006.....</b>	<b>44</b>
<b>2.8.5 Lei Estadual 12493/99 – Paraná.....</b>	<b>45</b>
<b>2.8.6 Resolução SEMA nº 041/02 – Paraná.....</b>	<b>45</b>
<b>2.8.7 Lei Federal 12.305/10 e Decreto nº 7.404/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos.....</b>	<b>45</b>
<b>2.8.8 Norma ABNT NBR ISO 14064/2007.....</b>	<b>47</b>
<b>2.9 Central de Resíduos para a Indústria Moveleira da RMC.....</b>	<b>47</b>
<b>2.9.1 Logística na coleta de resíduos.....</b>	<b>47</b>
<b>2.9.2 Formas de destinação dos resíduos sólidos pela Central .....</b>	<b>49</b>
<b>2.9.3 Dimensionamento do sistema de briquetagem .....</b>	<b>49</b>
<b>2.9.4 Análise do mercado consumidor da Central de Resíduos .....</b>	<b>50</b>
<b>2.9.5 Investimentos iniciais.....</b>	<b>50</b>

<b>2.9.6 Receitas previstas</b> .....	<b>50</b>
<b>2.9.7 Custos operacionais</b> .....	<b>50</b>
<b>2.9.8 Resultado operacional bruto</b> .....	<b>51</b>
<b>2.9.9 Prognóstico socioambiental</b> .....	<b>51</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1 Tipos de resíduos gerados e quantidade média anual</b> .....	<b>53</b>
<b>3.2 Aspectos relacionados com resíduos sólidos gerados nas empresas moveleiras na RMC</b> .....	<b>54</b>
<b>3.3 Identificação de algumas centrais de resíduos e principais características de gestão</b> .....	<b>55</b>
<b>3.4 Cálculo das estimativas de GEE da Central de Resíduos da RMC</b> .....	<b>56</b>
<b>3.4.1 Cálculo das emissões diretas</b> .....	<b>57</b>
<b>3.4.2 Cálculo das emissões indiretas de GEE (energia)</b> .....	<b>61</b>
<b>3.4.3 Cálculo das outras emissões indiretas de GEE</b> .....	<b>61</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>64</b>
<b>4.1 Tipos de resíduos gerados com base no CONAMA 313/02 e geração anual</b> .....	<b>64</b>
<b>4.2 Aspectos relacionados com resíduos sólidos gerados nas empresas moveleiras do PR</b> .....	<b>67</b>
<b>4.2.1 Aspecto 1 – Composição gravimétrica</b> .....	<b>68</b>
<b>4.2.2. Aspecto 2 – Armazenamento</b> .....	<b>69</b>
4.2.2.1 Armazenagem de resíduos lignocelulósicos .....	69
4.2.2.2 Armazenagem de resíduos perigosos .....	71
<b>4.2.3 Aspecto 3 – Destinação final</b> .....	<b>74</b>
4.2.3.1 Destinação final dos resíduos lignocelulósicos .....	74
4.2.3.2 Destinação final dos resíduos perigosos .....	78
<b>4.2.4 Aspecto 4 – Controles na gestão dos resíduos</b> .....	<b>81</b>
<b>4.3 Identificação de algumas centrais de resíduos e principais aspectos de gestão</b> .....	<b>85</b>
<b>4.3.1 Central de valorização de materiais – Setor de bebidas – RMC</b> .....	<b>85</b>
<b>4.3.2 Empresa processadora de resíduos de madeira da RMC</b> .....	<b>86</b>

<b>4.3.3 Centro de Tecnologia em Ação e Desenvolvimento Sustentável (CETEC).....</b>	<b>87</b>
<b>4.3.4 Central de resíduos da indústria calçadista de Três Coroas – RS .....</b>	<b>88</b>
<b>4.3.5 Experiências na gestão de resíduos de madeira em Tübingen – Dusslingen (Alemanha) .....</b>	<b>92</b>
<b>4.3.6 Resumo das centrais de tratamento de resíduos.....</b>	<b>95</b>
<b>4.4 Estimativa de emissões de GEE da central de resíduos da indústria moveleira da RMC.....</b>	<b>98</b>
<b>4.4.1 Inventário de emissões de GEE – emissões diretas (escopo 1).....</b>	<b>98</b>
<b>4.4.2 Emissões indiretas de GEE (escopo 2).....</b>	<b>101</b>
<b>4.4.3 Outras emissões indiretas de GEE (escopo 3).....</b>	<b>102</b>
<b>4.4.4 Total das emissões de GEE .....</b>	<b>103</b>
<b>4.4.5 Neutralização ou compensação de emissões de GEE .....</b>	<b>109</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>112</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>114</b>
<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Móveis (ABIMOVEL, 2010), a indústria brasileira de móveis está entre os mais importantes segmentos da indústria de transformação no País, não só pela importância do valor da sua produção, mas também pela sua geração de empregos dentro da indústria nacional. Em 2008 existiam 17 mil indústrias registradas no referido setor no Brasil, com uma produção de 354 milhões de peças. Em termos monetários, o segmento produziu em 2009, R\$ 19 bilhões, sendo equivalente a 1,3% do valor do faturamento da indústria de transformação, sendo excluídas as indústrias extrativas mineral e a construção civil. O referido setor emprega 269 mil funcionários formais – registrados, porém, quando considerado todo o pessoal ocupado pelo setor, o número total de postos de trabalhos oferecidos chegou a cerca de 650 mil em 2009 (ABIMOVEL, 2010).

O setor moveleiro é um grande gerador de resíduos sólidos e seu gerenciamento é de extrema importância, sendo que na região metropolitana de Curitiba (RMC) o setor fica em grande parte na zona urbana, e seus resíduos podem passar quase que despercebidos, diluídos nos grandes volumes de lixo doméstico, promovendo impactos ambientais, segundo o SENAI-SIMOV (2010). No processo industrial do setor de móveis existe uma variedade de materiais que são utilizados, sendo a madeira a principal fonte de matéria-prima, além de outros materiais como: plásticos, papelão, aço, vidro, ferro, materiais têxteis, tinta, cola, verniz, entre outros gerando resíduos ao final do processo, tais como, emissões atmosféricas, efluentes líquidos e principalmente resíduos sólidos (SIMOV, 2010).

Hoje em dia, a questão da sustentabilidade é essencial para a sobrevivência das empresas e é cada vez maior a valorização das empresas ambientalmente responsáveis no Brasil, o que significa que o país vem acompanhando a tendência mundial de conscientização ecológica. Devido às pressões de uma sociedade cada vez mais alerta no tocante ao desempenho ambiental das empresas, exigindo a responsabilidade socioambiental das mesmas (MOBILI FORNECEDORES, 2008).

Atualmente as empresas vêm demonstrando maior preocupação com as questões ambientais. Parte, em função das pressões dos órgãos ambientais e Ministério Público, em face de legislações cada dia mais rigorosas e em parte para atender as novas exigências regulatórias impostas pelo mercado e pela própria

sociedade. Aliado a isso, a questão “sustentabilidade” hoje já está inserida nas diretrizes empresariais com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de suas atividades com menor impacto ambiental e com responsabilidade sócio-ambiental (SENAI-SIMOV, 2010).

A legislação ambiental brasileira, em especial o art. 225 da Constituição Federal, que dispõe sobre a proteção do meio ambiente e a Lei 6938/81, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, entre outras, além do interesse da população sobre o tema obrigaram as empresas a colocar o discurso da eficiência ecológica em prática. Essa postura ainda está se consolidando, e há muito trabalho a ser feito para que se possa compatibilizar crescimento econômico e qualidade ambiental (NASCIMENTO, 2009).

As dificuldades em promover a logística de armazenamento, transporte e destinação final, considerando as pequenas quantidades de resíduos que são geradas em cada empresa, além dos altos custos para tratamento e/ou disposição final de resíduos perigosos praticados atualmente também são citados pelo SENAI-SIMOV (2010).

Nahuz (2001) cita que a maior preocupação com o meio ambiente tem levado as empresas a repensar o processo de consumo, os recursos naturais, a utilização de produtos recicláveis, a redução na geração de resíduos, bem como a redução na emissão de gases nocivos, em face dos problemas derivados da falta de tratamento dos resíduos. A estimativa era de que menos de 5% das indústrias do setor moveleiro disponham de programas de conservação ambiental e praticamente inexistente plano de gestão integrada de resíduos no setor. Eventualmente podem ter ocorrido alterações, entretanto, este foi o dado disponível na literatura.

Atualmente grande parte das empresas do setor de madeira e mobiliário de Curitiba e Região Metropolitana não dispõem de um sistema de gestão de resíduos sólidos devidamente implementado. Os riscos de destinação final inadequada, inclusive de resíduos perigosos, tais como tintas, solventes, trapos de malha e até mesmo resíduos de madeira contaminada com resinas (fenol, formaldeído, etc.) vulnerabilizam as empresas quanto às sanções legais, considerando que grande parte delas não vem atendendo às legislações ambientais pertinentes (SIMOV, 2010).

O presente estudo procurou elaborar um diagnóstico da gestão de resíduos sólidos do setor moveleiro na RMC, a fim de preencher algumas lacunas existentes no projeto da Central de Resíduos do Setor de Móveis da RMC, em especial quanto às quantidades de resíduos geradas pelo setor, bem como a forma atual com que os resíduos são gerenciados, além de trazer subsídios para a estruturação da central de resíduos com base em visitas realizadas junto às organizações similares. O estudo também contemplou estimativa de emissões de gases de efeito estufa (GEE) da central apresentando quatro cenários diferentes com o intuito de mitigar os impactos ambientais e propor uma atividade mais sustentável pela unidade.

### **1.1 Objetivo geral**

Elaborar diagnóstico da gestão de resíduos nas indústrias moveleiras da RMC e avaliar o projeto de uma central de resíduos que visa atender o polo moveleiro da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), bem como apresentar mais subsídios para estimular o aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos e uma atuação mais sustentável da central.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Levantar os tipos de resíduos gerados, bem como uma estimativa do quantitativo médio anual de geração, com base na Resolução CONAMA 313/2002;
- Realizar um levantamento de aspectos relacionados com resíduos sólidos gerados nas empresas moveleiras na Região Metropolitana de Curitiba (RMC);
- Descrever técnicas existentes para o aproveitamento dos resíduos de madeira, em especial oriundas do setor de móveis, no âmbito regional;
- Identificar algumas centrais de resíduos, conhecer o processo de gestão e estabelecer um comparativo entre elas.
- Realizar o cálculo da estimativa de gases de efeito estufa originados pela Central de Resíduos do Setor de móveis, apresentando quatro cenários, visando a mitigação e futura neutralização das emissões.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 A situação dos resíduos sólidos no setor moveleiro, na sociedade e seus impactos ambientais**

Em face da ausência de uma política ambiental direcionada ao setor de móveis, existe perda de competitividade nos mercados externos, sendo imprescindível modernização e fortalecimento de toda a cadeia produtiva do referido setor, focando a questão ambiental para que sejam alcançados níveis de desenvolvimento compatíveis com o exigido pelo mercado (VENZKE, 2002).

Segundo Pires (2007), o setor moveleiro apresenta em seu processo produtivo, uma complexa organização de materiais, em especial pela utilização de uma gama de matérias-primas, que além da madeira, ocorre a transformação de diversos materiais, tais como plásticos, tecidos, metais, espumas, outros. Os resíduos derivados do processo de fabricação de móveis variam em função da matéria-prima utilizada e constituem-se basicamente de resíduos de pó, serragem e cavacos de madeira; resíduos de lâminas e aglomerados; resíduos contendo solventes, restos de tintas, vernizes e assemelhados; resíduos de plásticos, metais, tecidos, espumas, couro, etc.; lodos das estações de tratamento de efluentes.

Algumas tecnologias são apresentadas por Venzke (2002) a fim de reduzir os danos ambientais, bem como proporcionar uma produção ambientalmente adequada, onde a redução de matéria-prima é uma das mais importantes ações do ponto de vista econômico e ambiental, tendo efeito direto sobre a geração de resíduos, devendo ser avaliado o produto ao longo de seu ciclo de produção. Os móveis devem ser projetados de forma simples, porém, esteticamente apresentáveis, utilizando o mínimo de matéria-prima, assim como a facilidade no processo de montagem e eventual desmontagem, permitindo com isso maior durabilidade.

Sachs (2000) salienta que a sustentabilidade pode ser estabelecida em cinco dimensões principais, a serem consideradas quanto ao planejamento do desenvolvimento: sustentabilidade social, econômica, geográfica, cultural e ecológica, esta por sua vez é destinada ao uso consciente dos recursos esgotáveis

e sua substituição por recursos renováveis, usando de forma limitada os ecossistemas e minimizar sua deterioração.

A utilização de produtos menos nocivos ao meio ambiente também é citada por Venzke (2002) sendo que em todo processo de fabricação de móveis deve estar presente a preocupação com os componentes utilizados, buscando substâncias à base de água, tais como solventes e tintas, em substituição aos produtos derivados do petróleo.

O estudo dos impactos ambientais nas indústrias moveleiras do agreste Alagoano realizado por Rodrigues (2011) demonstrou que não existe preocupação por parte das empresas com relação às questões ambientais, destacando a ausência de um controle quantitativo dos resíduos, além da armazenagem ocorrer de forma inadequada, onde os resíduos perigosos são armazenados juntamente com os não perigosos. O referido estudo também destacou a inexistência de procedimentos implementados para uma correta destinação final e boa parte dos resíduos ainda é destinada para os lixões a céu aberto.

Os produtos devem estar o mais próximo possível de suas características naturais visando a fácil recuperação dos materiais, pois quanto maior a composição dos materiais, mais difícil se dá sua recuperação e reciclagem, considerando a complexidade para promover a separação dos seus componentes. A gama de resíduos originada durante o ciclo de vida dos produtos é muito vasta, o que se faz importante a adoção de tecnologias para recuperação dos mesmos, aproveitando ao máximo a matéria-prima e respectivos resíduos, auferindo com isso ganhos econômicos e principalmente ambientais. A recuperação das embalagens e futuro aproveitamento dos móveis em desuso, através da reutilização e da reciclagem, através de um processo de logística reversa a ser realizado pelos fabricantes também deve ser avaliada no estudo do ciclo de vida do produto (VENZKE, 2002).

Pereira (2003) cita que atualmente a grande concentração dos resíduos lignocelulósicos do setor de móveis diz respeito aos resíduos de painéis de madeira, em especial de fibras de média densidade (MDF), painéis de partículas de madeira de média densidade (MDP) e assemelhados, porém, estes ainda encontram muitas restrições para o aproveitamento energético, devido a presença de resinas fenólicas. Boa parte destes resíduos pode ser utilizada na fabricação de pequenos objetos, painéis, pastilhas ou para a geração de energia, através da queima direta ou via

*pellets* ou briquetes, todavia, a atual legislação ambiental estabelece restrições à queima de resíduos de painéis, considerando os compostos fenólicos advindos do processo de queima dos mesmos. Outra preocupação diz respeito à utilização da serragem oriunda de aglomerados de MDF com eventual contaminação de solventes, não sendo permitida em hipótese alguma sua utilização como adubo na agricultura ou como forração em granjas de frango (PEREIRA, 2003).

Kozak *et al.* (2008) descreveu estudo realizado em uma micro indústria de móveis de madeira estabelecida na cidade de Irati-PR, onde os resultados com base em um mês de trabalho demonstraram que 92,71% da geração de resíduos correspondem à madeira (pó, cepilhos e aparas de painéis), em segundo lugar na ordem de 3% encontra-se a geração dos resíduos de varrição, seguidos dos resíduos de plástico e metal, com 1,79% e 1,30%, respectivamente. A menor representatividade ficou com os resíduos orgânicos oriundos da alimentação dos funcionários, com 0,65% do total.

Schneider *et al.* (2003) com base em estudo realizado junto à 26 empresas do polo moveleiro de Bento Gonçalves destacaram uma geração de 2.709 m<sup>3</sup>/mês de resíduos lignocelulósicos, sendo que 16,5% desses resíduos ainda são descartados para queima, sem o devido aproveitamento.

A destinação final inadequada de resíduos também foi citada por Nascimento (2009), com base em estudo de caso de indústria de móveis de médio porte, onde os resíduos de cola e equipamentos de proteção individual são queimados a céu aberto, sem que haja preocupação ambiental.

Lima & Silva (2005) descreveram estudo realizado no ramo de móveis em Arapongas, onde os resíduos de madeira correspondem a 85% do total de resíduos gerados nas pequenas empresas e 97% nas empresas de médio porte, no âmbito do setor de estofados. O setor de móveis retilíneos (confeccionados com madeira aglomerada, faces lisas e sem detalhes complexos de acabamento) apresentou maior quantidade de resíduos de madeira, correspondendo a 95% nas pequenas empresas, 98% nas médias e 97% nas grandes empresas do setor.

O inventário de resíduos sólidos industriais do Estado do PR referente ao período de 2004 a 2009, segundo o IAP (2011) demonstrou que a indústria de móveis é responsável pela geração de 3,96% do total de resíduos industriais no Estado e também responsável pela parcela de 0,04 % do total de resíduos

perigosos. O inventário também apontou que 72% dos resíduos industriais perigosos (vários setores) foram destinados adequadamente e 28% apresentaram restrições na sua destinação final.

## **2.2 Aproveitamento dos resíduos de madeira**

Neutzling (2008) destacou que os cavacos de madeira maciça têm como principal utilização a fabricação de chapas de compensados e placas de partículas de madeira, em especial o MDF (Médium Density Fiberboard). O MDF é uma placa de fibra de madeira de média densidade, fabricada através da adição de resinas e outros aditivos às fibras de madeira, moldado em painéis lisos sob alta temperatura e pressão. Os cavacos podem ser classificados em 3 tipos, segundo Neutzling (2008): tipo I - cavacos formados à frente da aresta de corte da ferramenta e o cavaco se desprende da peça por ruptura a flexão; tipo II - formados quando ocorre a ruptura da madeira ao longo de uma linha desde a aresta de corte da ferramenta, se dando a ruptura através de cisalhamento diagonal. Este cavaco apresenta a melhor qualidade de superfície; tipo III - cavacos oriundos de ruptura por compressão paralela e cisalhamento longitudinal através das forças de corte.

No âmbito da produção mais limpa, Foelkel (2008) defendeu que para a redução no consumo de energia na produção de cavacos deve ser dada atenção à manutenção adequada em termos de balanceamento, regulagem e afiação das facas.

Segundo Neutzling (2008) com relação à utilização dos resíduos de madeira, em especial o pó de madeira e a serragem já existe inovação tecnológica conquistada pelas indústrias de extrusão, que permite a formulação de compostos de madeira com plástico, denominada internacionalmente de compostos termo-plásticos.

Olandoski (2001) relatou que os valores pagos pelos resíduos variam de acordo com o tipo e o teor de umidade e suas principais aplicações ainda dizem respeito ao aproveitamento energético e até mesmo na produção de chapas de madeira:

- a) Energia – devido sua elevada capacidade calorífica, os resíduos de madeira são bastante empregados na produção de energia, apresentando benefícios

ambientais tendo em vista economizar outras fontes de energia. Porém, os resíduos usados para este fim não devem possuir nenhum elemento químico adicional, caso contrário, podem emitir poluentes causando danos ambientais.

- b) Chapas de partículas e fibras – outra forma de utilização diz respeito ao uso dos resíduos de madeira na confecção de chapas de fibras ou partículas como o aglomerado, chapas duras, painéis de MDF, ressaltando a necessidade de observar o tamanho das partículas utilizadas, que devem ser adequadas para o processo influenciando diretamente a qualidade do produto.
- c) Polpa – os resíduos de madeira também podem ser utilizados como polpa na produção de papel, entretanto, existem algumas limitações quanto ao tipo de resíduo a ser utilizado, bem como a sua origem, podendo influenciar diretamente a qualidade do produto final.
- d) Cargas para compostos poliméricos – outra opção para aproveitamento dos resíduos de madeira é sua utilização na carga para compostos poliméricos, sendo bastante comum e existem vários tipos de cargas, como talco, carbonato de cálcio, e entre eles a farinha de madeira.

Brito (1995) constatou que as indústrias de aglomerados nos EUA utilizam os resíduos de madeira como fonte principal de matéria-prima, no entanto, o Brasil utiliza no máximo 15% dos resíduos.

Calderoni (1997) apontou que, de todos os setores, a indústria ainda é o segmento que auferir maiores ganhos com o processo de reciclagem, necessitando desta forma se engajar neste contexto de maneira a viabilizar o diagnóstico com a máxima transparência.

Coronel *et al.* (2007) estão convictos de que as indústrias que empregam a co-geração utilizando como biomassa resíduos florestais e de madeira permitem diversos benefícios, destacando a redução nas emissões de metano (CH<sub>4</sub>) da decomposição anaeróbica dos resíduos de madeira depositados a céu aberto. As emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (óxido nitroso) da combustão dos resíduos de madeira, emissões de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), entre outros durante o transporte dos resíduos de madeira e transporte das cinzas também foram reduzidos através da co-geração. Esta redução, a partir de uma análise técnica, possibilita ser comercializada na forma de créditos de carbono junto àqueles países signatários do tratado de

Quioto e que não estariam atingindo a redução da poluição determinada (CORONEL, 2007).

Os resíduos lignocelulósicos, de acordo com Teixeira (2005), normalmente têm dois modos de reaproveitamento básicos: como material para queima visando a produção de energia térmica e/ou elétrica, e o uso em granjas e currais como forragem de piso (cama de galinha), além de outros usos menos importantes, tais como a utilização dos mesmos como adubo e também na indústria de madeiras reconstituídas. O Quadro 01 apresenta algumas alternativas comuns para o reaproveitamento dos resíduos lignocelulósicos:

RESÍDUO	USO
Serragem em geral e madeira sólida picada	Adubo (in natura ou após processo de compostagem)
Serragem em geral	Cama de galinha (após o uso pode ser utilizada como adubo)
Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos	Carvão e combustíveis
Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos, briquetes de serragem prensada.	Energia elétrica (em usinas termoelétricas)
Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos, briquetes de serragem prensada.	Energia térmica (utilizada para obtenção de calor em fornos de padarias, pizzarias, olaria e caldeiras industriais)
Serragem em geral	Extração de óleos e resinas (utilização como combustível, resinas e essências)
Serragem em geral	Madeira reconstituída (fabricação de chapas)

QUADRO 01: REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA MADEIRA (FONTE: Adaptado de Teixeira, 2005).

### **2.2.1 Aproveitamento de resíduos de madeira via briquetagem**

A briquetagem, segundo Flores & Yamaji (2010) se apresenta como um processo eficiente, concentrando em um pequeno volume, uma grande quantidade de energia oriunda da biomassa, na proporção de no mínimo cinco vezes mais energia que os resíduos que os originaram. A grande quantidade de resíduos lignocelulósicos exige grandes áreas para armazenagem, podendo ser reduzidas a dimensões bem inferiores, promovendo ganho de espaço, bem como menores custos com a logística de transporte e principalmente maior ganho de energia (FLORES & YAMAJI, 2010).

O quadro 02 demonstra diferentes materiais e respectivas reduções de volume após a briquetagem:

Material	Volume antes da briquetagem (V1)	Volume depois da briquetagem (Vf)	Redução de volume (V1/Vf)
<i>Eucaliptus</i> sp.	125 cm <sup>3</sup>	20,01 cm <sup>3</sup>	6,25
<i>Pinus</i> sp.	100 cm <sup>3</sup>	18,95 cm <sup>3</sup>	5,27
Cana de açúcar	166,67 cm <sup>3</sup>	24,34 cm <sup>3</sup>	6,84
Resíduos de nativas	86,96 cm <sup>3</sup>	21,61 cm <sup>3</sup>	4,02

QUADRO 02 - COMPARAÇÃO DA REDUÇÃO DE VOLUME DOS MATERIAIS UTILIZADOS (FONTE: Adaptado de Flores & Yamaji, 2010).

Silva (2007) comentou que a briquetagem converte as fibras de diferentes resíduos vegetais, tais como casca de arroz, serragem, bagaço e outras fibras em cilindros ou retângulos através da compactação à alta pressão, sem aglutinantes químicos, aumentando a densidade, permitindo desta forma maior conteúdo energético e conseqüente maior valor comercial aos mesmos. Quanto ao teor energético dos briquetes, estes podem ter densidade calorífica por unidade de volume (em m<sup>3</sup>) de até quatro vezes comparado com os materiais utilizados na sua composição. Os briquetes apresentam elevação rápida da temperatura, devido sua baixa umidade, além de produzirem menor quantidade de fumaça. Na fase da compactação por elevadas pressões, provoca-se um incremento térmico ao redor de 100°C, promovendo a plastificação da lignina. Um aspecto importante nesta fase diz respeito ao teor de umidade do material o qual deve conter em torno de 8 a 15% e o tamanho das partículas de 5 a 10 mm (SILVA, 2007).

Conforme a NAC Briquetes (2011), um dos primeiros passos para a instalação de uma montadora de briquetes, diz respeito ao estudo da região onde se intenciona montar a fábrica, bem como a oferta de matéria prima na região (serragem, sobras de madeiras, outros) que deve ser de pelo menos vinte toneladas dia para viabilizar o empreendimento. Já o espaço físico deve ser em média 4.000 m<sup>2</sup>, sendo no mínimo 1.000 m<sup>2</sup> de área coberta e um investimento financeiro na ordem de R\$ 600.000,00 em equipamentos (briquetadeira; secador de tambor; ventilador de exaustão; silo úmido; picador; pá-carregadeira; caminhões; fornalha). O consumo energético para a produção de briquetes fica entre 20 e 60 kWh/t (NAC, 2011).

Segundo José Marchesini Neto *et al.* (2008) para possibilitar o comparativo entre diferentes substâncias energéticas, o Ministério de Minas e Energia utiliza como unidade básica, a tonelada equivalente de petróleo (TEP) e desde 2003 visando a adoção de critérios internacionais que consideram o petróleo como referencia pode-se afirmar que 1 ton de briquete é igual a 0,480 TEP. A umidade próxima de 8% é ótima, sendo importante a remoção da umidade para evitar a degradação do produto durante a fase de estocagem, bem como diminuir custos com transporte. Quanto à densidade energética, enquanto um metro cúbico estéreo ( $m^3st$ ) de lenha comercial possui 1.209.000 kcal, este mesmo volume de lenha se picado e transformado em briquetes terá aproximadamente 4.800.000 kcal, ou seja, o briquete apresenta uma densidade energética quatro vezes acima da lenha comercial. Na questão do transporte e estocagem, 1  $m^3st$  de lenha comercial possui 390 kg, enquanto o mesmo volume de briquetes tem 1 tonelada.

Paula (2006) citou os principais aspectos comparativamente entre os briquetes e a lenha, onde os briquetes apresentam diversas vantagens, conforme demonstrado no quadro 03.

BRIQUETE	LENHA
Alto poder calorífico e maior temperatura de chama	Baixa temperatura da chama, quebra de partes internas da fornalha
Otimização na armazenagem	Maiores áreas para armazenamento
Redução da mão de obra no manuseio	Maior mão de obra
Redução de volume na estocagem e no transporte	Sujeira no local de estocagem e no transporte
Menos poluição com mais energia	Maior quantidade de cinzas
Isento de licenças especiais	Licenças especiais
Baixo teor de cinzas	Baixa uniformidade de calor

QUADRO 03 – QUADRO COMPARATIVO ENTRE O BRIQUETE E A LENHA (FONTE: Adaptado de PAULA, 2006).

A composição química dos briquetes, considerando base seca, demonstra que a quantidade de materiais voláteis nos briquetes de madeira é um pouco superior ao briquete de bagaço de cana ou pé de milho. Quanto ao carbono fixo, as quantidades são muito próximas entre os materiais, conforme quadro a seguir (FUPEF, 2007).

MATERIAL	Média (%)		
	Materiais voláteis	Carbono fixo	Cinzas
Briquete de madeira (100 mm)	77,60	20,99	1,41
Briquete de bagaço de cana (100 mm)	72,11	19,85	8,03
Briquete de pé de milho (100 mm)	71,99	23,58	4,43

QUADRO 04 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE BRIQUETES. (FONTE: Adaptado da FUPEF, 2011).

### 2.2.2 Aproveitamento de resíduos de madeira via peletização

Os *pellets* têm aspecto uniforme e cilíndrico, apresentando-se como um excelente combustível ecológico, já que deriva do aproveitamento de resíduos. Normalmente não são utilizados aditivos aglutinantes, sendo necessários somente à alta pressão e calor. Depois de triturados e secos os resíduos são transformados em pó para serem comprimidos, sendo a conversão na ordem de 6 a 8 m<sup>3</sup> de cavacos de madeira e/ou serragem para cada m<sup>3</sup> de *pellets*. Após processados, os *pellets* apresentam densidade acima de 650 kg/m<sup>3</sup> e poder calorífico na média de 5,2 kWh/kg, tendo umidade máxima de 8%. (LIPPEL, 2011).

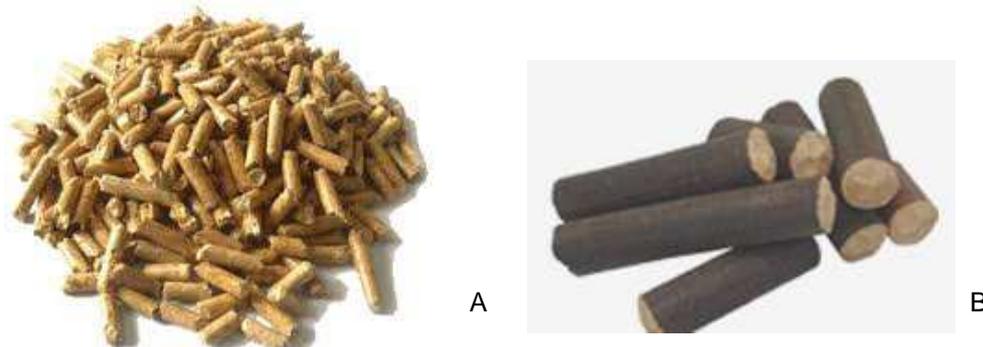


FIGURA 01 – PELLETS E BRIQUETES DE ORIGEM LIGNO-CELULÓSICA. A) pellets; B) briquetes.

Segundo Rocha (2011) a energia gasta em média na produção de *pellets* é de 85,7 kWh/t de *pellets*, sendo 60 kWh/t no processo de peletização e 25 kWh/t no transporte, moagem, resfriamento, entre outros.

Dias (2002) destacou que as principais diferenças entre o briquete e o *pellet* de madeira dizem respeito à dimensão (granulometria) e o processo de fabricação, onde o comprimento do briquete varia de 10 cm a 40 cm e diâmetro de 4 cm a 10 cm, enquanto o comprimento do *pellet* é de até 4 cm com diâmetro entre 0,4 cm a 1,8 cm. O processo de produção do *pellet* é por extrusão contínua em uma matriz de furos e o briquete com pistão mecânico de pulso.

Serrano (2009) salientou que o mercado de *pellets*, a nível mundial encontra-se em pleno crescimento, considerando a crescente demanda energética mundial, sendo que o principal mercado está concentrado nos países mais desenvolvidos, em especial na Europa, onde existe necessidade latente de alterar suas matrizes energéticas. O autor também ressaltou as vantagens dos *pellets* em relação aos briquetes, uma vez que os *pellets* podem ser facilmente manipulados e sua facilidade de combustão, além do processo de peletização apresentar menor consumo energético e menores custos de manutenção.

O processo de fabricação de *pellets*, segundo Lippel (2011) pode ser dividido em oito fases:

- a) *Recepção*: a matéria prima é descarregada em moegas para fins de dosagem dos materiais que entram no processo, tais como cavacos de madeira, pó de madeira, serragem, entre outros, com dimensões inferiores a 10 cm.
- b) *Classificação*: nesta etapa, torna-se importante a observação do tamanho dos materiais a serem utilizados e também identificar possíveis contaminações dos materiais, podendo utilizar-se de peneiras rotativas para sua separação.
- c) *Secagem*: a umidade da biomassa é um importante parâmetro na produção dos pellets, devendo promover a secagem quando necessária antes da trituração fina.
- d) *Separação*: depois de secos, tanto o produto como os gases são separados através de ciclones.
- e) *Moagem*: recomenda-se a utilização de moinhos de martelos na trituração da biomassa, a fim de obter *pellets* homogêneos (2 mm), considerando a grande superfície de fibras abertas.
- f) *Peletização*: a qualidade do *pellet* deve ser assegurada e sua alta produtividade, aliado ao baixo consumo energético de sua produção, o qual deve corresponder de 2,5 a 3% do conteúdo energético da madeira.
- g) *Resfriamento*: o resfriamento é necessário, tendo em vista o aquecimento obtido pelos materiais durante o processo de fricção em todo o processo, retirando-se o ar ambiente, promovendo uma temperatura entre 5 a 10 °C acima da temperatura ambiente.

h) *Armazenagem*: a última etapa diz respeito ao armazenamento do produto acabado, podendo ocorrer em forma de silos ou até mesmo empacotados em sacos.

O consumo de *pellets* em 2006 nos principais países consumidores europeus superou 5 milhões de toneladas, em grande parte direcionados para a geração termoelétrica e consumo residencial (Ministério da Economia e da Inovação de Portugal, 2008).

A publicação nº 18670/2008 do Ministério da Economia e da Inovação de Portugal (2008) apresenta os fatores de conversão para tonelada equivalente de petróleo (tep), os teores de energia nos combustíveis e os fatores de intensidade carbônica pela emissão dos gases de efeito estufa (GEE), demonstrando que tanto os *pellets* como os demais combustíveis renováveis têm emissão nula de gases de efeito estufa, conforme quadro abaixo.

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (TEP/t)	FE (kgCO <sub>2</sub> e/GJ)
Pellets/briquetes de madeira	16,8	0,401	0
Carvão vegetal	29,5	0,705	0
Biodiesel	27	0,645	0
Madeira/ resíduos de madeira	13,8 – 15,6	0,330 – 0,373	0
Outra biomassa primária sólida	11,6	0,277	0
Diesel	42,3 – 43,3	1,010 – 1,034	74
Petróleo bruto	42,3	1,01	73,3
Gasolina	44 - 45	1,051 – 1,075	69,2
Coque de carvão	28,2	0,674	94,5
Gás natural	45,1	1,077	64,1

PCI – poder calorífico inferior; TEP – tonelada equivalente de petróleo; FE – fator de emissão.

QUADRO 05 – COMPARATIVO DA DENSIDADE ENERGÉTICA E O FATOR DE EMISSÃO DE GEE (FONTE: Adaptado do Ministério da Economia e da Inovação de Portugal, 2008).

Serrano (2009) afirma que o uso de *pellets* combustível é uma alternativa para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), em substituição aos combustíveis fósseis, todavia, a viabilidade econômica requer criteriosa análise, até mesmo para projetos no âmbito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), face o baixo preço de mercado dos óleos combustíveis derivados do petróleo. Os *pellets* tem se apresentado como uma excelente alternativa como combustível para o setor residencial e industrial para os países que necessitam cumprir metas no âmbito do Protocolo de Quioto, em especial os países europeus.

### 2.3 Características do setor moveleiro

Conforme informações da ABIMÓVEL (2011) existem vários polos produtores de móveis no país, mas as indústrias produtoras de móveis estão fortemente concentradas no Sul e Sudeste, onde se encontram 81,7% do total de empresas. Já na região Nordeste encontra-se 1% das empresas e no centro oeste e norte 8%. Quanto às características de produção, 85,4 % das empresas produzem móveis de madeira, 8,7% móveis de metal, 4,8% móveis estofados e apenas 1,1% outros móveis (plástico, metal, outros). Em 2009 os investimentos no setor remontam em R\$ 490 milhões, sofrendo uma redução em relação ao valor de 2008 (-22%). Entretanto, para 2010, as estimativas das empresas apontaram para um aumento de 10% sobre os valores de 2009.

O Sindicato da Indústria do Mobiliário e Marcenaria do Estado do Paraná (SIMOV) cita que atualmente existem cerca de 1400 empresas cadastradas no referido Sindicato, pulverizadas em Curitiba e Região Metropolitana, tendo como principal característica a elaboração de móveis sob medida, desde micro empresas, inclusive familiares, até indústrias de médio porte.

O SIMOV (2010) destaca que na região metropolitana de Curitiba predominam pequenas empresas, normalmente abaixo de 40 funcionários e uma pequena incidência de empresas têm elaborado ou implementado o plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS).

Os produtos do setor são bastante diversificados, tendo maior incidência cozinhas, quartos, e salas, todavia existe uma subdivisão, conforme segue:

- a) Móveis de vime e assemelhados: se caracteriza por uma produção mais artesanal sendo pequena a preocupação ambiental no processo produtivo.
- b) Móveis sob medida: incipiente utilização de madeira maciça e grande utilização de painéis de madeira (MDF, MDP, etc.), onde também são utilizados outros tipos de materiais, em especial os metais, principalmente na linha de móveis para escritórios.

## 2.4 Painéis compensados multilaminados

Iwakiri & Prata (2008) salientam que os painéis de madeira hoje representam a principal matéria-prima para o setor de móveis, diante da necessidade volumétrica de produtos, conciliada aos fatores de qualidade e custos. A matéria-prima base para a fabricação dos painéis é oriunda de florestas plantadas e de rápido crescimento, em especial o pinus e eucalipto. A utilização das espécies de eucaliptos apresentam limitações devido às elevadas tensões internas de crescimento, que se manifestam através de fendas a partir do topo, que em consequência prejudicam sua utilização através de madeira sólida. Desta forma, uma das principais alternativas é a produção de painéis e compensados multilaminados.

Koch *et al.* (1987) estão convictos de que a grande preocupação quando se trata dos resíduos de painéis de madeira diz respeito aos adesivos sintéticos empregados na sua fabricação, destacando-se o fenol-formaldeído, o resorcinol-formaldeído, a uréia-formaldeído e a melamina-formaldeído. Estas resinas compõem, aproximadamente, 90% de todas as resinas adesivas em painéis de madeira, sendo todas elas derivados de combustíveis fósseis.

As principais propriedades do fenol, resorcinol, a uréia, a melamina e o formaldeído são a resistência à umidade e imunidade ao ataque de microorganismos, razão pela qual são amplamente empregadas na indústria de móveis. O adesivo uréia-formaldeído possui como desvantagem a liberação de formaldeído na prensagem a quente, e vem sendo muito combatido por órgão de controle ambiental, tendo em vista o formaldeído ser altamente tóxico (Koch *et al.* 1987).

A ABIPA (2011) citou os tipos mais empregados de painéis de madeira, conforme apresentados a seguir:

- a) Painéis de Partículas de Média Densidade - MDP (*Medium Density Particleboard*): elaborado a partir de madeira reconstituída, onde suas partículas são posicionadas de forma diferenciada, com as maiores

dispostas ao centro e as mais finas nas superfícies externas formando três camadas. Estas camadas são aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética através da ação conjunta de pressão e calor em prensa contínua de última geração. A sua principal aplicação ainda é a fabricação de móveis, com 89% de participação, demonstrando que o setor moveleiro é o potencial mercado absorvedor do referido produto. O consumo per capita de MDP no Brasil sofreu elevação no período de 2006 para 2009, passando de 3% para 5%, no âmbito do mercado internacional, ou seja, quase dobrando o consumo interno (ABIPA, 2011).

- b) Painéis de partículas orientadas – OSB (*oriented strand board*): estes painéis utilizam como principal matéria-prima as tiras orientadas de *pinus*, oriundas de madeira de pequena dimensão, o que promove um ganho ambiental. A fabricação ocorre mediante ajuntamento, onde os painéis são prensados com emulsão de poliuretano, permitindo uma aderência que confere boa resistência mecânica ao conjunto, mais sólida que uma estrutura de configuração semelhante de madeira. Como exemplo, um painel de 115 mm de espessura equivale à resistência térmica de um muro de ladrilho de 1,26 metros de espessura. Esta resistência permite ao painel de muro um excelente desempenho em qualquer zona geográfica, devido a sua capacidade de isolamento térmico (CORRAL, 2007).
- c) Painéis de fibras de média densidade – MDF (*Medium density fiber board*): as fibras de madeira são aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética, cuja característica principal é sua capacidade de usinagem, tanto nas bordas, quanto nas faces. A produção do MDF utiliza como matérias-prima a emulsão de parafina, resina fenólica, uréia formol e melamina (MUPF) e água (ABIPA, 2011).

O MDF vem sendo cada vez mais empregado na indústria moveleira e na construção civil, ocupando mercado da madeira maciça e de outros painéis reconstituídos, sendo que até 1996 o Brasil importava todo o MDF de que necessitava, já em 2007 a produção já estava em cerca de 1,88 milhões m<sup>3</sup>, com um consumo interno de 2 milhões de m<sup>3</sup> (Torquato, 2010).

## 2.5 O formaldeído e seus efeitos tóxicos

Segundo Willians (2010) e a Agencia Nacional de Pesquisa em Câncer (IARC, 1995), o formaldeído possui propriedades irritantes e carcinogênicas ao ser humano e atualmente uma série de normatizações estão sendo criadas com o intuito de estabelecer limite aceitável para as chapas de material constituído. Estes efeitos toxicológicos do formaldeído também são ressaltados pelos autores Washington (1981), Bernstein (1984), Salthammer (1994) e o HSDB (2009), podendo ocorrer problemas respiratórios, infecções crônicas e efeitos mutagênicos, entre outros problemas, quando inalado em altas concentrações.

O Instituto Nacional de Combate ao Câncer (INCA, 2009) citou que o formaldeído na forma gasosa é a mais perigosa, podendo provocar lacrimejação, severa sensação de queimação, tosse, permitindo ser tolerada por apenas alguns minutos (proporção de 10 a 20 ppm).

As principais resinas a base de formaldeído utilizadas no setor da madeira e móveis, segundo Iwakiri (2005) são:

- a) Uréia-formaldeído: esta resina é composta basicamente de uréia e formaldeído, sendo a primeira produzida pela reação de dióxido de carbono e amônia e o formaldeído obtido pela oxidação do metano, a partir de monóxido de carbono e hidrogênio, ou de petróleo.
- b) Fenol-formaldeído: uma das características da resina fenol-formaldeído é a alta resistência à umidade tendo maior aplicabilidade o uso externo, tais como produção de compensados à prova de água, painéis de fibras duras e OSB.
- c) Resorcinol-formaldeído: esta resina possui reatividade bem mais elevada que o fenol, porém, devido ao elevado custo, normalmente é misturado na mesma proporção com o fenol, adicionando a esta composição o paraformaldeído.

## 2.6. Situação energética no Brasil com foco na biomassa

O Ministério de Minas e Energia (MME, 2011) destaca que o Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, incluindo também as importações (Itaipu) pode-se afirmar que no Brasil 85% da eletricidade é originária de fontes renováveis, sem considerar parte da geração térmica e originária de biomassa. A estrutura do balanço energético nacional compõe-se de quatro partes: energia primária; energia secundária; transformação; consumo final.

A energia primária é caracterizada por produtos energéticos oriundos da natureza em sua forma direta, tais como o gás natural, carvão mineral, petróleo, lenha, produtos da cana de açúcar, resíduos animais e vegetais, além da energia eólica, solar e outros, conforme pode ser visto na figura 02 (MME, 2011).

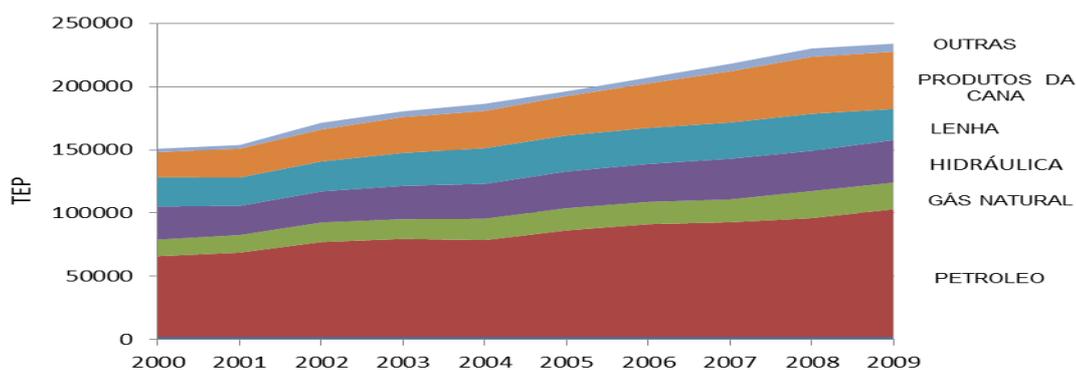


FIGURA 02: PRODUÇÃO DE ENERGIA PRIMÁRIA NO BRASIL (FONTE: MME,2011).

O Balanço Energético Brasileiro de 2010, segundo o MME (2010) demonstrou que a energia secundária contempla produtos energéticos resultantes dos diferentes centros de transformação. O setor transformação agrupa todos os centros de transformação onde a energia que entra (primária e/ou secundária) se transforma em uma ou mais formas de energia secundária com suas correspondentes perdas na transformação.

Segundo o MME (2011), a oferta interna de energia no Brasil apresenta uma parcela de 52,7 % oriunda de fontes não renováveis e 47,3% tem origem em fontes renováveis sendo que no mundo essa taxa é de 9,8%. A parcela de energia renovável contempla 28,3% com origem na biomassa e 15,2% dizem respeito à energia hidráulica. O restante (3,8%) é oriundo de outras fontes renováveis.

Os principais consumos de energia oriunda de biomassa, dizem respeito ao setor industrial com 47,5%, acompanhado do setor energético (18,8%), setor de transportes (etanol) com 17,7% e consumo das residências com 12,2%. O consumo brasileiro de lenha em 2009 foi de 79 milhões de toneladas, sendo 26 milhões de toneladas para transformação (produção de carvão vegetal e geração elétrica) e 53 milhões de toneladas para consumo final, onde as residências consomem 24 milhões de toneladas, acompanhada do setor industrial que também consumiu 21 milhões de toneladas em 2009, conforme pode ser visualizado na figura 03 (MME, 2011).

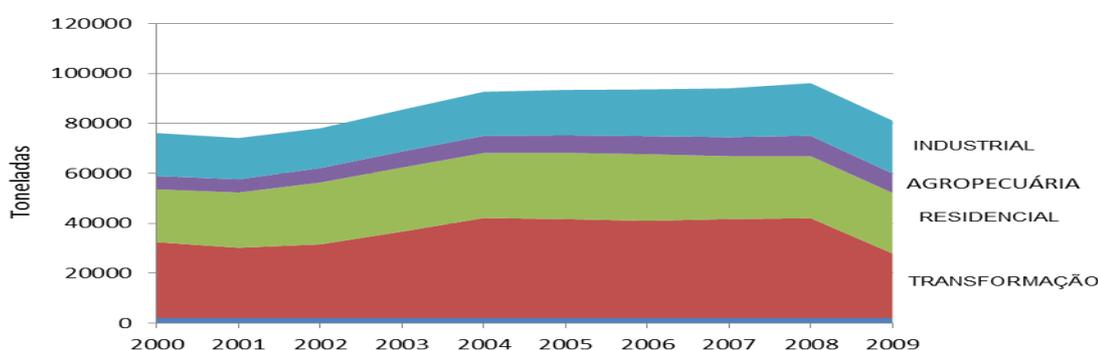


FIGURA 03: CONSUMO DE LENHA NO BRASIL EM 2009 (FONTE: MME 2011).

A biomassa é uma das fontes de energia mais abundantes em nosso país, sendo de grande utilização no setor industrial. Atualmente o potencial econômico dos vegetais tem sido mais bem aproveitado, utilizando-se a biomassa para inúmeros processos em usinas, serrarias e indústrias diversas como aproveitamento da matéria-prima ou obtenção de energia, porém muitas indústrias de base florestal ainda apresentam baixo índice de aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos, apesar da grande quantidade gerada. Conforme pode ser visualizado na figura 04, o consumo energético no setor industrial em 2009 aparece com grande participação o bagaço da cana (21,2%) sendo 16,3 milhões de toneladas, seguido da lenha (8,6%) com 6,5 milhões de toneladas e do carvão vegetal (4,3%) representando 3,3 milhões de toneladas, totalizando 26,1 milhões de toneladas (MME, 2011).

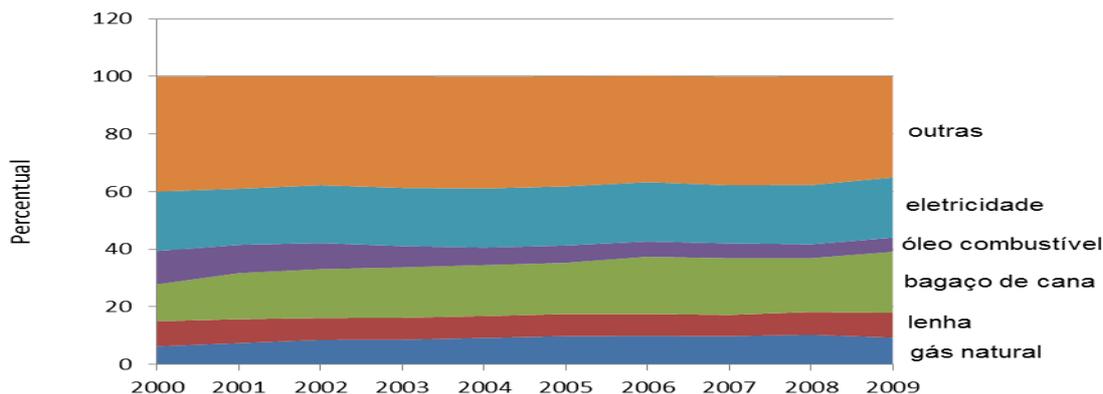


FIGURA 04: CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR INDUSTRIAL (FONTE: MME 2011).

O setor de cerâmicas no Brasil consumiu 2 milhões de toneladas de lenha em 2009, correspondendo a 50,7% do total de energia consumida, acompanhado do gás natural (24,4%), óleo combustível (7,8%), eletricidade (7,3%) e outras fontes (9,8%). A dependência do Brasil quanto aos recursos naturais renováveis, com base neste cenário fica evidente, com ênfase ao carvão vegetal, produtos da cana-de-açúcar e lenha (MME, 2011).

## 2.7. As emissões de CO<sub>2</sub>, os riscos das mudanças climáticas e algumas oportunidades de mitigação

Neves (2008) destacou que uma das maiores preocupações ambientais da atualidade diz respeito às mudanças climáticas, onde a destinação inadequada de resíduos de madeira, seja através do processo de degradação dos mesmos diretamente no solo, ou processos de queima sem controle, contribuem para o aumento deste impacto, considerando as emissões de CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono e metano na atmosfera. A elevação de 2 graus resulta em uma alteração no sistema de seca e chuvas, porém, as formas de vida ainda conseguem se adaptar. A elevação de 5 graus prevê-se um colapso no clima da Terra e a provável elevação do nível do mar em até 12 metros em face de fraturas na capa de gelo, provocando desmoronamento em larga escala, em centenas de quilômetros de extensão. Já previsões mais moderadas para o país sugerem elevação de 58 centímetros no nível do mar, o que provocaria ressacas mais intensas e ondas de 3 metros, podendo

aumentar a erosão em grande faixa litorânea do país e conseqüente extinção de boa parte das praias (NEVES, 2008).

De acordo com Dodman (2011), o governo local é capaz de moldar o comportamento dos cidadãos e indústrias por meio de uma combinação de incentivos e regulamentos, de maneira a contemplar os condutores de emissões de GEE. Além disso, há uma necessidade de maior conscientização dos indivíduos, particularmente os cidadãos ricos de países de alta renda, relativos aos hábitos de consumo, formas de transporte e nas emissões embutidas nos produtos que escolhem para comprar. Quando as emissões de GEE e as alterações climáticas são vislumbradas em um contexto global, ao invés de uma simples questão de cumprimento de metas de redução é possível abordar e avaliar estas variáveis que adquirem vital importância (DODMANN, 2011).

Mader (2009) salientou que o aumento nos níveis de GEE e consequentes mudanças climáticas apontam para um cenário rural nos EUA com reflexos negativos, projetando-se uma redução na produção de leite, assim como na suinocultura onde o tempo necessário para atingir o peso de venda poderia aumentar até 74% e 16% mais tempo para engordar o gado, ao menos que sejam tomadas ações efetivas pelos produtores. Se as estratégias de mitigação não forem incorporadas nos sistemas de produção animal, são projetadas perdas econômicas resultantes de reduções na produção, vitimadas pelo aumento na temperatura. O autor apontou como ações de mitigação, práticas de gestão, a instalação de sprinklers ou dispositivos de resfriamento, que se justificam dependendo da região e da natureza da mudança climática. Os animais domésticos podem adaptar-se mais facilmente às pequenas mudanças de temperatura no ambiente, no entanto, um aumento de eventos adversos de calor pode exigir outras intervenções além da facilidade de modificações na base genética dos rebanhos (MADER, 2009).

Peters *et al.* (2009) indicaram que a maioria dos inventários nacionais de emissões de gases de efeito estufa incluem apenas um, ou no máximo dois fatores, todavia, são quatro os fatores principais para descrever o impacto de um país sobre o estoque de dióxido de carbono na atmosfera. Esses quatro fatores estão relacionados às emissões internas oriundas de processos industriais e a queima de combustíveis fósseis, as emissões pertinentes à produção de bens e serviços para o comércio internacional, as emissões relativas ao transporte internacional e vários

níveis das fontes ou sumidouros de carbono em ecossistemas. Peter *et al.* (2009) afirmaram que existem grandes variações entre os países quando avaliados esses fatores e uma tendência geral de que a predominância de emissões domésticas de combustíveis fósseis está diminuindo em relação aos outros fatores e que podem interferir nas definições de responsabilidades pelo CO<sub>2</sub>. Os autores também citaram que para definir as responsabilidades aos países e permitir focar os esforços na redução das emissões, necessita-se conhecer mais a respeito das emissões de GEE e possibilidades de mitigação e a compreensão de como o estilo de vida e os padrões de consumo afetam o comércio, o transporte e os ecossistemas extrapolando as fronteiras nacionais.

A importação de produtos florestais também se traduz em uma transferência de carbono entre as nações e pode afetar a biodiversidade das florestas em outros lugares. O desafio é desenvolver um quadro político que possa conduzir à uma maior compreensão do funcionamento do sistema climático de forma sistêmica, onde as políticas consideradas ineficazes na proteção do clima ou que oferecem incentivos que não se traduzam na mitigação de GEE devem ser evitados. Caso a política climática seja focada apenas nas emissões fósseis da produção interna, tal estudo pode levar a falsas soluções, que por muitas vezes somente transferem as emissões para outras regiões do globo (PETERS *et al.* 2009).

Segundo Fussel (2009) os dados mais recentes sobre as emissões de GEE demonstraram que o aumento nas emissões e concentrações de CO<sub>2</sub> acelerou substancialmente de 1,3% ao ano na década de 90 para 3,3% ao ano no período de 2000 a 2006. O autor descreveu que a maior parte dessa aceleração tem sido atribuída a um crescimento acelerado da economia mundial, mas 17% são causados pelo recente aumento na intensidade de carbono da economia mundial e um declínio na eficiência dos oceanos na absorção das emissões antrópicas. A previsão da continuação na trajetória de crescimento econômico observado a partir do período 2000-2007 levaria a uma maior aceleração do crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> na ausência de políticas de mitigação rigorosas.

As mudanças climáticas antropogênicas e a acidificação dos oceanos atualmente estão sendo avaliadas de maneira mais efetiva, conforme citado por Fussel (2009) incluindo os riscos que poderiam ser denominados de “interferência antropogênica perigosa com o sistema climático”. Este cenário demonstrou uma

situação cada vez mais desconfortável em que os riscos das mudanças climáticas crescem enquanto o tempo de ações mais eficazes de mitigação está se esgotando rapidamente, apontando para a urgência maior na implementação de políticas de mitigação e de adaptação global e equitativa (FUSSEL, 2009).

Read (2009) citou que há gases de efeito estufa em excesso na atmosfera e nas camadas superficiais dos oceanos com ameaças de sérios e irreversíveis danos, onde as taxas estimadas de mudanças na temperatura são de 0,2°C por década, resultando em um aumento da temperatura (2°C acima da fase pré-industrial).

Lenton *et al.* (2008) descreveram que no âmbito das mudanças climáticas há muitas irreversibilidades urgentes, onde destacaram o metano oriundo do descongelamento das tundras, perda do gelo marinho do verão ártico e das camadas de gelo da base da terra, as quais poderão desencadear grandes desastres naturais .

Read (2009) citou que algumas ameaças das mudanças climáticas irreversíveis, não podem ser evitadas somente pela redução de emissões, onde o sistema de emissões negativas que envolvem o aumento das remoções bióticas da atmosfera e a melhoria dos sumidouros de carbono terrestres é necessário.

A implementação de um sistema de emissões negativo implicaria na aplicação obrigatória de objetivos ambientais e sócio-econômicos pelos emissores de carbono, através de projetos de melhores práticas sustentáveis adaptadas às condições locais (READ, 2005).

Greene *et al.* (2004) e Moreira (2006) destacaram a implantação generalizada da produção sustentável da cana de açúcar e o processamento avançado de gramíneas de rápido crescimento, sendo que cada um desses processos envolve a co-produção de alimentos ou produtos de fibras, juntamente com material de biomassa, como matéria prima para produção de biocombustíveis ou bioenergia.

Segundo Read (2009), uma das opções é a arborização em todo o mundo em paisagens degradadas e desmatadas, em relação ao qual paira uma preocupação sobre a disponibilidade de terra e a competição com culturas alimentares. O autor destacou o potencial existente no uso da terra para gerenciamento de estoque de carbono, com sinergia, em vez de competição entre bioenergia de alimentos ou produção de fibras.

Cavalcanti *et al.* (2010) destacaram a crescente preocupação de alguns governos, especialmente europeus, no tocante aos impactos das mudanças climáticas que estão introduzindo políticas e taxações ambientais na busca de estimular o consumo dos biocombustíveis. A Alemanha já emprega imposto ambiental sobre o uso de combustíveis fósseis, onde parte deste imposto é direcionada para programas de biocombustíveis.

O Brasil foi o pioneiro mundial na produção do etanol como combustível para veículos e hoje é o segundo produtor mundial, contando com 38,2% do total produzido no mundo. A utilização do etanol como substituição aos combustíveis fósseis, segundo Cavalcanti *et al.* (2010) apresenta diversos benefícios ambientais, com a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, considerando que os gases oriundos da queima são compensados por meio da fotossíntese durante o crescimento da cana-de-açúcar, onde cada litro de etanol anidro consumido reduz as emissões líquidas em torno de 2,1 kg de CO<sub>2</sub> em relação ao consumo de gasolina.

A prática de usar incentivos fiscais para encorajar determinado combustível alternativo afeta o governo, face redução das receitas que poderiam ser empregadas em programas sociais, por exemplo, ou pela maior carga de impostos sobre outros produtos. A idéia, segundo os autores é proceder uma revisão na política de incentivos fiscais, sendo que o maior consumo de etanol no Brasil ainda ocorre em veículos particulares e em contrapartida a maioria da população não só do Brasil, mas dos países em desenvolvimento ainda necessita de investimentos públicos para o transporte coletivo, a fim de assegurar a sua mobilidade (CAVALCANTI *et al.*, 2010).

Fearnside (1999) descreveu que o processo de adaptação ao cumprimento dos limites das capacidades impostas pelas mudanças climáticas tende a ser doloroso e estes desafios devem ser tratados com a mesma ou até maior velocidade das iminentes mudanças climáticas. As ações relacionadas à silvicultura apresentam excelente resposta e potencial significativo na redução de emissões, no âmbito do aquecimento global, mantendo ou aumentando os estoques de carbono. Os modelos de circulação globais utilizados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) indicam a uma queda de precipitação no Brasil, que pode afetar as plantações florestais e diminuir os rendimentos. A opção a ser adotada de uma maior resposta para o aquecimento global pode ser a subvenção da silvicultura,

onde a paisagem de grande parte do Brasil poderia ser bastante alterada. Há uma necessidade urgente de critérios mais efetivos para avaliar os impactos do aquecimento global.

Através do estudo de Henriques *et al.* (2010) considerando o potencial de redução de CO<sub>2</sub> na utilização de energia pelo setor industrial brasileiro em um cenário de baixas emissões de carbono, avaliou-se uma projeção para 2030, onde a redução estimada das emissões de CO<sub>2</sub> pode chegar a 43%. Tal redução é possível, mediante o incremento na reciclagem de materiais e a adoção de medidas de eficiência energética e co-geração, substituindo as fontes de energia de combustíveis fósseis para energias renováveis ou menos poluentes, a eliminação dos desmatamentos, bem como a utilização da biomassa. Os autores citaram ainda que com este conjunto de medidas, projeta-se uma redução de emissões de aproximadamente 1,5 bilhões de tCO<sub>2</sub> em um período de 20 anos.

A reciclagem de materiais vem evoluindo de forma independente entre as empresas do setor, estimulada pela percepção de ganhos econômicos, além de outras vantagens da reutilização de materiais, todavia, ainda existem algumas barreiras tais como a escassez de fornecimento de materiais, baixa participação dos governos municipais, além da flutuação de preços de algumas commodities e outras matérias-primas. O Brasil já vem realizando diversas ações voltadas a mitigação de GEE, destacando a utilização da biomassa renovável (lenha e carvão vegetal de florestas plantadas) a fim de reduzir as emissões, porém, analisando a demanda, ainda são insuficientes os mecanismos de mercado para promover a biomassa renovável em substituição aos combustíveis fósseis (HENRIQUES *et al.* 2010).

Lampreia *et al.* (2011) citaram que o fornecimento de energia deve ser acessível e ambientalmente saudável, como um pré-requisito para o desenvolvimento social e econômico em todo o mundo, bem como a necessidade de intensificar as pesquisas rumo ao avanço tecnológico de processos que permitam a produção livre de CO<sub>2</sub>, além do avanço na compreensão e estudo dos ciclos de vida dos materiais, buscando o uso mais eficiente e a reciclagem. Os autores destacaram que o setor de transporte tem um potencial de redução ao redor de 25% em 2030 ou 69 MtCO<sub>2</sub>e e uma média de custos de 12 euros tCO<sub>2</sub>e devido a melhoria de tecnologias e uma utilização efetiva de biocombustíveis, onde 80% da frota poderia ser movida a etanol até 2020 e sendo compulsória uma inserção de 5% de biodiesel

no diesel comum. O setor industrial tem uma expectativa de incremento de 180 MtCO<sub>2</sub>e por ano em 2005 para 360 MtCO<sub>2</sub>e/ano em 2030.

A biomassa, em uma perspectiva de longo prazo é uma opção potencial como fonte renovável para o abastecimento de energia, caracterizada por sua diversidade de possibilidades seja em termos de origem ou de conversão de tecnologias em produtos energéticos (LAMPREIA *et al.* 2011). Em 2009, do total de oferta de energia no Brasil, 47,3% são de fontes renováveis, em função da cana de açúcar, fontes de biomassa, além da energia hidrelétrica que representou 76,7% desse total.

Segundo Lampreia *et al.* (2011), caso um conjunto de medidas de mitigação seja adotado, se prevê um cenário de emissões anuais de 167 MtCO<sub>2</sub> para 2030, empurrando a linha para baixo descrevendo como um cenário de baixo carbono, contra 291 MtCO<sub>2</sub>, se nada for feito. O Governo Brasileiro já criou diversos programas de baixo carbono, porém, na medida em que avança, é afetado por uma diversidade de situações de estrangulamento, em especial quanto à falta de incentivos, inércia cultural, quadro político desunido e restrições tecnológicas.

Apesar da existência de programas com amparo legal, muitas vezes os investidores ainda enxergam o desenvolvimento sustentável, de baixo carbono, gestão de resíduos e sistemas alternativos de energia como um fardo (LAMPREIA *et al.*, 2011).

Rosa *et al.* (2003) descreveram que, do ponto de vista ambiental, a utilização do biodiesel (100% de biodiesel - B100), em substituição ao diesel mineral podem reduzir significativamente as emissões dos poluentes, permitindo atingir 30% a redução de aromáticos, 50% de material particulado, 98% de enxofre e uma redução mínima de 78% na emissão de GEE.

A EPA (2003) também confirmou o decréscimo de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e material particulado (MP) relativamente proporcional à participação do biodiesel em relação ao diesel mineral.

## **2.8 Legislação ambiental brasileira pertinente aos resíduos sólidos**

Considerando a vasta relação de dispositivos legais que versam sobre o tema, foram destacados os principais que abordam os resíduos de madeira, conforme subtópicos a seguir.

### **2.8.1 Resolução CONAMA 313/2002**

Esta resolução define todos os procedimentos para elaboração do inventário de resíduos sólidos pelas empresas, bem como elenca códigos padronizados para os tipos de resíduos, forma de armazenagem, tratamento, recuperação e/ou destinação final, conforme anexo 2.

### **2.8.2 Lei Federal 9605/98 – Lei de Crimes Ambientais**

A referida Lei, no que tange à poluição, inclusive oriunda da destinação final inadequada de resíduos sólidos salienta em seu art. 54: “Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora: Pena – reclusão de um a quatro anos e multa”.

O artigo 56 da Lei 9605/98 (MMA, 1998) também destacou: “produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou em regulamentos: pena – reclusão de um a quatro anos e multa”.

### **2.8.3 Normas para o armazenamento e transporte de resíduos sólidos**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou uma série de normas técnicas relacionadas ao armazenamento e transporte de resíduos sólidos, as quais devem ser observadas no gerenciamento dos resíduos, destacando a NBR 13.221 – Transporte de resíduos; NBR 12.235/88 – Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos; NBR 11.174/89 – Armazenamento de Resíduos Classe II e Classe III.

O Ministério do Trabalho também elaborou alguns instrumentos legais, destacando as portarias MT 204/97 e 101/98, as quais dispõem sobre transporte rodoviário e ferroviário de produtos perigosos, podendo neste caso, incluir também o transporte de resíduos sólidos perigosos.

#### 2.8.4 Resolução CONAMA nº 382/2006

Esta resolução estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas (fontes novas), cuja licença de instalação venha a ser solicitada aos órgãos licenciadores após a data da referida resolução.

Outra definição interessante da referida resolução diz respeito ao “processo de geração de calor por combustão externa”, sendo o processo de queima de derivados de madeira, realizado em qualquer forno ou caldeira, cujos produtos de combustão não entram em contato direto com o material ou produto processado.

De acordo com o CONAMA 382, fica a critério do órgão ambiental licenciador, para processos de combustão externa de derivados de madeira com potência de até 10 MW, alternativamente aos limites da tabela 4, poderá ser aceito o monitoramento periódico de monóxido de carbono. A avaliação periódica da concentração de material particulado através da opacidade poderá ser aceita, sendo o valor máximo permissível de 20% equivalente ao padrão 1 da escala de Ringelmann.

O anexo IV da referida resolução apresenta os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira, definindo derivados de madeira como: madeira em forma de lenha, cavacos, serragem, pó de lixamento, casca, aglomerado, compensado ou MDF e assemelhados, que não tenham sido tratados com produtos halogenados, revestidos com produtos polimerizados, tintas ou outros revestimentos, conforme pode ser visualizado no quadro 06 a seguir:

Potência térmica nominal (MW)	MP <sup>(1)</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>(1)</sup> (como NO <sub>2</sub> )
Menor que 10	730 mg/Nm <sup>3</sup>	N.A.
Entre 10 e 30	520 mg/Nm <sup>3</sup>	650 mg/Nm <sup>3</sup>
Entre 30 e 70	260 mg/Nm <sup>3</sup>	650 mg/Nm <sup>3</sup>
Maior que 70	130 mg/Nm <sup>3</sup>	650 mg/Nm <sup>3</sup>

<sup>(1)</sup> Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio.

QUADRO 06 – LIMITES DE EMISSÃO PARA POLUENTES ATMOSFÉRICOS A PARTIR DA COMBUSTÃO DE DERIVADOS DA MADEIRA (FONTE: CONAMA, 2011).

### **2.8.5 Lei Estadual 12493/99 – Paraná**

A Lei 12493/99, segundo o IAP (2011) estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais. A lei em referência contempla os diferentes tipos de resíduos, tais como agrícolas, urbanos, industriais, de serviços de saúde, entre outros e apresenta os principais aspectos relacionados ao gerenciamento dos mesmos.

### **2.8.6 Resolução SEMA nº 041/02 - Paraná**

A SEMA 41, em seu artigo 14 proíbe a queima a céu aberto, de qualquer tipo de material, exceto nos seguintes casos: quando for praticada após autorização do Instituto Ambiental do Paraná; treinamento de combate a incêndio; em situações de emergência sanitária assim definida pela Secretaria de Estado da Saúde ou pela Secretaria de Estado da Agricultura (IAP, 2011).

O artigo 47 da SEMA 41 estabelece o padrão de emissão em 150 mg/Nm<sup>3</sup> (material particulado total) para os sistemas de exaustão de pó de madeira (IAP, 2011).

### **2.8.7 Lei Federal 12.305/10 e Decreto nº 7.404/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos**

A lei 12.305/10 e o decreto 7.404/10 citam que os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos são responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos, criando a responsabilidade compartilhada, a ser implantada de forma individualizada e encadeada. Desta forma, o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas diretrizes (BRASIL-MMA, 2010).

A coleta seletiva deverá ser aplicada em todo serviço público de limpeza urbana, bem como em qualquer atividade de manejo de resíduos sólidos e deverá estabelecer, no mínimo, a separação de resíduos secos e úmidos e, progressivamente, ser estendido à separação dos resíduos secos em suas parcelas específicas, segundo metas estabelecidas nos respectivos planos (BRASIL-MMA, 2010).

A logística reversa será colocada em prática, estabelecendo as responsabilidades para todos os atores envolvidos, promovendo o desenvolvimento econômico atrelado à responsabilidade social, envolvendo um conjunto de ações e procedimentos a fim de viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, visando o aproveitamento futuro, seja em seu próprio ciclo ou em outros ciclos produtivos, no âmbito de uma destinação final ambientalmente adequada. O sistema de logística reversa prevê em sua implementação e operacionalização, três principais instrumentos, sendo os acordos setoriais, os regulamentos expedidos pelo Poder Público e os termos de compromisso.

A participação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis constituídas por pessoas físicas de baixa renda será priorizada em todas as etapas da gestão dos resíduos sólidos (BRASIL-MMA, 2010).

Outro aspecto de destaque na referida legislação diz respeito à destinação final, devendo ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Nesse caso, os geradores deverão adotar medidas que promovam a redução da geração dos resíduos, principalmente os resíduos perigosos, na forma prevista nos respectivos planos de resíduos sólidos e nas demais normas aplicáveis.

Quando do processo de aprovação do PGRS, será assegurada a utilização dos subprodutos e resíduos de valor econômico não descartados, de origem animal ou vegetal, tais como insumos de cadeias produtivas, destacando ainda o aproveitamento da biomassa na produção de energia e o rerrefino de óleos lubrificantes usados, sendo assegurados nos termos da legislação vigente.

Cabe ressaltar a inserção no artigo 62 do Decreto 6514/08 pela Lei 12305/2010, considerando como infração: queimar resíduos sólidos a céu aberto ou

equipamentos não licenciados; recuperação energética sem comprovação da viabilidade técnica e ambiental e sem monitoramento das emissões.

### **2.8.8 Norma ABNT NBR ISO 14064/2007**

A norma NBR ISO 14064 é dividida em duas partes, sendo que a primeira parte especifica e orienta as organizações para a quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. A parte 2 da norma 14064 especifica e orienta os projetos para quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios das reduções de emissões ou da melhoria das remoções de gases de efeito estufa (ABNT, 2007).

## **2.9 Central de Resíduos para a Indústria Moveleira da RMC**

O projeto desta central está sendo concebido para iniciar com os resíduos do setor moveleiro, mas com grandes chances de ampliação para os setores de madeira e construção civil, permitindo absorver os resíduos de madeira dos mesmos. A estrutura da central de resíduos está sendo planejada para atender praticamente todos os resíduos das empresas geradoras, exceto os rejeitos, através de uma estrutura física de 15.000 m<sup>2</sup> e área construída de 3.000 m<sup>2</sup> (SIMOV, 2010).

### **2.9.1 Logística na coleta de resíduos**

O principal objetivo da Central de Resíduos é a solução para a questão dos resíduos sólidos das indústrias, com a idéia de que a mesma forneça para os grandes geradores, os principais equipamentos necessários para o acondicionamento (*big bags*) dos resíduos de madeira e para os demais resíduos recicláveis, promovendo a remoção dos mesmos com frequência a ser definida. Quando se tratar de pequenos geradores, a remoção via Central realizar-se-á com frequência previamente estabelecida, sendo de responsabilidade dos geradores o acondicionamento dos resíduos. A princípio está previsto o transporte através de frota de veículos própria, onde a Central assume o compromisso de promover as remoções desde os geradores até sua sede, absorvendo os custos com este

serviço. Como uma segunda opção poder-se-á definir áreas de transbordo, concentrando os volumes de resíduos para que o transporte seja menos oneroso. (SIMOV, 2010).

Segundo o SENAI-SIMOV (2010) foram divididos os resíduos em grupos, a fim de organizar a logística de transporte, conforme segue:

a) Resíduos especiais (perigosos): para os resíduos especiais, caracterizados como perigosos (tintas, solventes, vernizes, entre outros) foi contemplada coleta específica proporcionada aos pequenos e grandes geradores, através de veículo apropriado da Central de Resíduos. Os resíduos de tintas, solventes e vernizes serão processados na própria Central, já os demais resíduos perigosos (lâmpadas fluorescentes, eletrônicos, entre outros) serão destinados via central para os fabricantes (se for o caso) ou para outra destinação ambientalmente correta (aterro industrial de terceiros, co-processamento e demais formas de tratamento). Estes custos de tratamento e/ou disposição serão repassados para os geradores.

b) Resíduos recicláveis, exceto de madeira: nem todos os resíduos serão reciclados pela Central, como é o caso do grupo de papel, papelão, plásticos, entre outros, os quais, após sua remoção via Central sofrerão triagem secundária, prensagem e enfardamento, para doação futura junto às Cooperativas de Catadores. Está prevista a remoção destes materiais em big bag específico utilizando-se a mesma coleta dos resíduos de madeira, otimizando os custos com transporte.

c) Resíduos de madeira: estes resíduos também serão removidos dos geradores até a sede da Central utilizando-se caminhão carroceria alta ou caçamba dotado de equipamento munk para içamento dos big bags com serragem, maravalha, madeira, etc. Os geradores serão remunerados pelo material que tenha valor agregado, sendo deduzidos os custos com a destinação final dos resíduos perigosos.

### 2.9.2 Formas de destinação dos resíduos sólidos pela Central

A Central de Resíduos da RMC visando a solução para a situação ambiental relacionada aos resíduos sólidos do setor de móveis se propõe a absorver o total de resíduos sólidos dos geradores, exceto os rejeitos, os quais poderão ser encaminhados diretamente para os aterros industriais, sem que haja a intervenção da mesma. Os resíduos de madeira (lignocelulósicos), o principal foco da central, serão utilizados na fabricação de briquetes, considerando o mercado consumidor deste produto, sempre aliando a viabilidade econômica com responsabilidade social e ambiental da central, além de atender todos os preceitos Legais no tocante à destinação final, conforme pode ser observado no quadro abaixo (SIMOV, 2010).

<b>Resíduos</b>	<b>Processo adotado na Central de Resíduos</b>
De madeira (cavacos, serragem, maravalha, pedaços maciços, painéis)	Trituração, briquetagem, peletização (futura)
Outros recicláveis (papel, plástico, metal, embalagens cartonadas, etc.)	Separação secundária, prensagem e destinação p/ reciclagem
Tintas, solventes	Destilação (reator) e reciclagem
Contaminados (com óleo, graxas, tintas, etc.); Perigosos (eletrônicos, pilhas, baterias;	Armazenagem e destinação para outros sistemas de disposição e/ou tratamento
Tecidos, napa, corino, couro, espuma	Separação e destinação para Cooperativa de Catadores (reciclagem)

QUADRO 07 – PROCESSOS ADOTADOS E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PELA CENTRAL DE RESÍDUOS. (FONTE: SENAI/SIMOV, 2010).

### 2.9.3 Dimensionamento do sistema de briquetagem

Inicialmente está sendo contemplada uma máquina briquetadeira, com capacidade de produção de até 1,5 toneladas/hora, considerando que a Central estima um potencial de oferta de resíduos de madeira na ordem de 24.460 kg/dia. Nesse caso, considerando uma produção durante 10 horas/dia, têm-se uma capacidade instalada de produção de 15 t/dia, ou seja, abaixo da demanda em potencial, prevendo-se para uma segunda fase a ampliação do setor de briquetagem contemplando pelo menos dois equipamentos, tendo com isso garantia de fluxo de trabalho nos casos em que ocorram problemas de manutenção em alguma máquina (SENAI/SIMOV, 2010).

#### **2.9.4 Análise do mercado consumidor da Central de Resíduos**

Segundo o SIMOV (2010) estima-se que existam pelo menos 260 empresas formais do segmento de cal e cerâmica da RMC como demandantes para os produtos oriundos da Central de Resíduos. O município de Curitiba aparece em primeiro lugar com 81 empresas, seguida de São José dos Pinhais com 62 empresas, além da região central do Estado do PR, que também demonstra potencial de empresas consumidoras. O mercado da região central está previsto para ser explorado em um segundo momento, face apresentar maiores custos de logística, principalmente no tocante ao transporte.

#### **2.9.5 Investimentos iniciais**

Para atender a demanda de resíduos prevista no projeto da Central, foi previsto investimento total de R\$ 2.394.000,00 (dois milhões, trezentos e noventa e quatro mil reais), todavia, sem contemplar a aquisição do terreno, o que elevaria em 50% o investimento total, sendo que a idéia inicial é de que as Prefeituras ou o próprio Sindicato sejam parceiras cedendo o terreno (SIMOV, 2010).

#### **2.9.6 Receitas previstas**

As receitas previstas para a Central de Resíduos serão obtidas principalmente da comercialização dos briquetes, que é o foco principal da referida Central, além da comercialização de solvente e tinta, totalizando R\$ 2.320.937,42 no primeiro ano (SIMOV, 2010).

Quanto aos demais resíduos recicláveis (papel, papelão, plásticos, metais), apesar de ser computada a receita, a idéia é a doação para Cooperativa de Catadores, objeto de futura parceria (SIMOV, 2010).

#### **2.9.7 Custos operacionais**

Os custos fixos previstos no projeto remontam em R\$ 756.359,00 (setecentos e cinquenta e seis mil, trezentos e cinquenta e nove reais) no primeiro ano, tendo maior participação a depreciação da construção. Os custos variáveis foram também estudados no projeto, resultando em R\$ 764.656,00 (setecentos e sessenta e quatro mil, seiscentos e cinquenta e seis reais) para o ano 1 (SIMOV, 2010).

### **2.9.8 Resultado operacional bruto**

O resultado operacional bruto, com base na receita prevista, deduzindo as despesas fixas e variáveis foi projetado ao longo dos primeiros cinco anos de instalação da Central, obtendo sempre resultados positivos, o que demonstra a viabilidade econômica na implantação da mesma, sendo que já no primeiro ano o estudo demonstrou lucro líquido de R\$ 607.941,00 (seiscentos e sete mil, novecentos e quarenta e um reais) segundo SIMOV (2010).

### **2.9.9 Prognóstico socioambiental**

Considerando um cenário em que atualmente 40% dos resíduos lignocelulósicos das indústrias de móveis ainda vem sendo destinadas inadequadamente, sendo direcionados para lixões à céu aberto, queima irregular e sem critérios de proteção, a central de resíduos apresenta-se como uma grande aliada na redução dos impactos ambientais.

Segundo o SENAI-SIMOV (2010) os principais tipos de resíduos perigosos oriundos da indústria moveleira e que podem ser absorvidos pela central de resíduos estão descritos na tabela 01

TABELA 01 – RESÍDUOS PERIGOSOS RECEBIDOS PELA CENTRAL

<b>Resíduos perigosos</b>
Plásticos contaminados
Papel contaminado
Lâmpadas fluorescentes e/ou com vapor metálico
Pilhas diversas
Vernizes, solventes e assemelhados
Produtos químicos
Pó de tinta
Lodo com metais
Sucata eletro-eletrônica
Resíduos mistos contaminados com óleo, graxa e produtos perigosos
trapos de malha contaminados
graxa mineral
Total

FONTE: SENAI – SIMOV (2010).

A classe de resíduos potencialmente recicláveis, considerando a hipótese de que 30% ainda sofrem destinação final inadequada, incluindo a disposição em aterros, comprometendo a vida útil destes, prevê-se o aproveitamento, através da Central de Resíduos. A reciclagem destes materiais será priorizada, através da doação para Cooperativas de Catadores, no âmbito da responsabilidade sócio-ambiental do projeto (SENAI-SIMOV, 2010).

A tabela 02 demonstra os tipos de resíduos com potencial de aproveitamento.

TABELA 02 – RESÍDUOS RECICLÁVEIS RECEBIDOS PELA CENTRAL

<b>Resíduos recicláveis</b>
Papel misto, papelão
Plásticos dvs.
Metais ferrosos
Metais não ferrosos
Vidros diversos
Têxtil, espuma
Embalagens cartonadas
Outros resíduos mistos
<b>Total (Kg/ano)</b>

FONTE: PGRS – SIMOV (2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais e métodos adotados para a realização do presente trabalho compreenderam análise documental das empresas, entrevistas e visitas técnicas, bem como a utilização de normas internacionais, conforme elencado nos itens a seguir.

#### 3.1 Tipos de resíduos gerados com base no CONAMA 313/02 e quantidade média anual

O levantamento foi realizado através de processo de amostragem, avaliando o “PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos” de 20 empresas do setor de móveis da região metropolitana de Curitiba (RMC), realizados entre 2008 e 2010.

Empresa (código)	nº empregados			Área construída (m <sup>2</sup> )			Atividade principal
	1-20	21-50	> 50	até 1000	1001-3000	> 3000	
O	x			x			móveis sob medida
J	x			x			móveis artesanais (vime, junco, ratan, outros)
Q	x				x		móveis sob medida e estofaria
A	x				x		marcenaria, estofaria, pintura, espuma
C	x			x			móveis sob medida
S	x				x		móveis sob medida
D	x				x		móveis sob medida
E	x				x		móveis sob medida
N	x				x		móveis sob medida
M		x		x			móveis artesanais (vime, junco, ratan, outros)
L		x			x		móveis de madeira (cadeiras, estantes, mesas)
R		x		x			móveis artesanais (vime, junco, ratan, outros)
B		x			x		móveis de escritório
F		x			x		escadas de madeira
H		x			x		móveis sob medida
T		x			x		marcenaria, estofaria, metalurgia
P			x		x		móveis e estofados
I			x			x	móveis de madeira (cadeiras, estantes, mesas)
G			x			x	poltronas
K			x			x	móveis educacionais e corporativos
Total	9	7	4	5	12	3	

QUADRO 08 – CARACTERÍSTICAS DAS EMPRESAS AMOSTRADAS.

As empresas, fruto da amostragem, foram divididas em três portes, considerando a quantidade de empregados, sendo que 9 empresas dispunham de 1 a 20 funcionários, 7 empresas apresentando de 21 a 50 e 4 empresas com mais de 50 funcionários. A área construída de cada empresa também foi dividida em três níveis, onde 12 delas apresentaram de 1.001 a 3.000 m<sup>2</sup>, 5 empresas com até 1.000 m<sup>2</sup> e 3 empresas com área edificada acima de 3.000 m<sup>2</sup>. As atividades das empresas foram diversificadas contemplando móveis sob medida, móveis artesanais, entre outros, buscando uma amostra mais condizente com a realidade do setor na região, conforme pode ser observado no quadro 08.

A partir dessa amostragem, os valores quantitativos foram extrapolados com base nas estatísticas do total de empresas do Sindicato das Indústrias do Mobiliário e Marcenaria do Estado do Paraná (SIMOV). A amostragem contemplou somente 20 empresas, face a dificuldade em obter as informações, tendo em vista que a maioria das empresas do setor ainda não dispõe do PGRS, documento este que norteou a análise, todavia, mesmo ciente que a amostragem não foi tão representativa, a mesma permitiu um retrato da gestão de resíduos sólidos do setor moveleiro na RMC.

O resumo quantitativo dos resíduos sólidos foi elaborado de acordo com a resolução CONAMA 313/02, sendo utilizados os códigos padrões para todos os tipos de resíduos.

A fim de preservar a confidencialidade não foram citados os nomes das empresas contempladas no processo de amostragem, descrevendo-as através de códigos alfabéticos.

### **3.2 Aspectos relacionados com resíduos sólidos gerados nas empresas moveleiras na RMC**

O levantamento dos aspectos da gestão de resíduos sólidos foi elaborado utilizando-se amostragem de empresas (20 empresas da RMC) através do Plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) das mesmas, conforme elencado no item 3.1. A referida análise enfocou principalmente questões relacionadas ao armazenamento e a destinação final atualmente praticada dos resíduos lignocelulósicos e perigosos, considerando a criticidade destes dois grupos, sejam

pela quantidade ou pelo aspecto de periculosidade. A análise foi efetuada com base no diagnóstico da situação atual, ou seja, no momento em que foi elaborado o referido plano de cada empresa.

- a) Armazenagem: a metodologia adotada identificou o percentual de empresas que se utilizam das modalidades de armazenamento previstas na Resolução CONAMA 313/2002 e posteriormente o percentual de resíduos correspondente a cada modalidade de armazenamento, tanto para os resíduos lignocelulósicos, como para os perigosos.
- b) Destinação final: a metodologia utilizada também levantou o percentual de empresas e as modalidades de destinações finais adotadas nas mesmas, de acordo com o CONAMA 313/2002 e na seqüência os percentuais de resíduos destinados em cada uma das modalidades identificadas.
- c) Controles: a metodologia adotada levantou se as empresas geradoras de resíduos (amostragem) mantinham controle sobre as quantidades de resíduos geradas e destinadas, bem como a existência de monitoramento sobre as empresas receptoras e transportadoras de resíduos sólidos, utilizando também os planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Os nomes das empresas também não foram citados, com o intuito de preservar a confidencialidade das mesmas.

### **3.3 Identificação de algumas centrais de resíduos e principais características de gestão**

As centrais de resíduos identificadas e visitadas contemplaram 5 unidades, sendo 2 específicas do setor de madeira e móveis (PR), 1 do segmento de calçados (RS), 1 do setor de bebidas (PR), que se encontra em fase de instalação e 1 que absorve resíduos em geral (Alemanha), as quais promovem o gerenciamento de resíduos sólidos. Através dessas visitas foram levantados aspectos relacionados à gestão, aproveitamento dos resíduos, mercado e responsabilidade sócio ambiental das mesmas.

As visitas técnicas tiveram uma duração de 2 a 4 horas por visita e na ocasião foram realizadas entrevistas com os responsáveis pelas centrais, abrangendo questões abertas, tais como a distância da central até o centro fornecedor e

consumidor; o sistema de governança adotado; a sustentabilidade econômica; o envolvimento de catadores organizados; a amplitude e principais tipos de serviços; o sistema de transporte empregado (próprio ou terceirizado) e o fator motivacional para a constituição da central, a fim de fornecer mais informações para o projeto da Central de Resíduos do Setor Moveleiro da RMC.

Em algumas situações não foram citados os nomes das centrais, preservando a confidencialidade das mesmas, como é o caso da empresa “C”.

Além das visitas técnicas junto às centrais de resíduos, também foram entrevistados técnicos de 2 sindicatos que representam os principais setores consumidores de resíduos de madeira (segmento da cal e cerâmica), aplicando as seguintes questões: a) quantidade de empresas do setor; b) principais combustíveis utilizados; c) dificuldades na obtenção do combustível; d) interesse na utilização de briquete ou *pellet*.

### **3.4. Cálculo da estimativa de emissões de GEE da central de resíduos moveleira da RMC**

Os cálculos foram realizados, utilizando-se como subsídios dados do projeto da Central de Resíduos da RMC, levando em consideração as atividades que serão realizadas, equipamentos utilizados, bem como localização geográfica.

Todos os cálculos seguiram os procedimentos internacionalmente aceitos pelo Programa brasileiro *GHG Protocol* e os fatores de emissões foram identificados junto ao Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*), bem como utilizada a norma ABNT NBR 14064/2007, partes 1 e 2.

O dióxido de carbono equivalente – CO<sub>2</sub>e foi utilizado para comparar a intensidade de radiação de um GEE ao do dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, sendo calculado utilizando a massa de um gás de efeito estufa multiplicado pelo seu potencial de aquecimento global (fator de emissão).

As fontes de GEE foram identificadas, sendo divididas em emissões diretas e indiretas:

- Emissão direta de GEE pertencente ou controlada pela organização, sendo emitidas dentro de seus limites (escopo 1).

- Emissão indireta de GEE pela geração e utilização de eletricidade, calor ou vapor adquiridos pela organização para seu próprio consumo (escopo 2).
- Outras emissões indiretas, sendo aquelas associadas às atividades da organização, porém, advindas de fontes que pertencem ou são controladas por organizações externas (escopo 3).

### 3.4.1 Cálculo das emissões diretas

O cálculo das emissões diretas foi realizado, contemplando o consumo de gás liquefeito de petróleo (GLP) utilizado no preparo das refeições dos funcionários da Central da RMC, na base de 0,06 kg GLP/refeição, além dos combustíveis de todos seus veículos, seguindo a equação fornecida pelo IPCC, para fins de cálculo de emissão, conforme figura 05.

**EQUATION 3.2.1**  
**CO<sub>2</sub> FROM ROAD TRANSPORT**

$$Emission = \sum_a [Fuel_a \cdot EF_a]$$

Emission = Emissions of CO<sub>2</sub> (kg); Fuel<sub>a</sub> = fuel sold (TJ); EF<sub>a</sub> = emission factor (kg/TJ). This is equal to the carbon content of the fuel multiplied by 44/12; a = type of fuel (e.g. petrol, diesel, natural gas, LPG etc)  
 FIGURA 05 – FÓRMULA PARA CÁLCULO DAS EMISSÕES DE GEE (FONTE: IPCC, 2006).

Os fatores de emissão encontram-se no quadro 08 abaixo extraído do IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (2006).

TABLE 3.2.1 ROAD TRANSPORT DEFAULT CO <sub>2</sub> EMISSION FACTORS AND UNCERTAINTY RANGES <sup>a</sup>			
Fuel Type	Default (kg/TJ)	Lower	Upper
Motor Gasoline	69 300	67 500	73 000
Gas/ Diesel Oil	74 100	72 600	74 800
Liquefied Petroleum Gases	63 100	61 600	65 600
Kerosene	71 900	70 800	73 700
Lubricants <sup>b</sup>	73 300	71 900	75 200
Compressed Natural Gas	56 100	54 300	58 300
Liquefied Natural Gas	56 100	54 300	58 300

Source: Table 1.4 in the Introduction chapter of the Energy Volume.  
 Notes:  
<sup>a</sup> Values represent 100 percent oxidation of fuel carbon content.  
<sup>b</sup> See Box 3.2.4 Lubricants in Mobile Combustion for guidance for uses of lubricants.

Kg/TJ = emissões de CO<sub>2</sub> (kg) por terajoule de energia  
 QUADRO 09 – FATORES DE EMISSÃO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO (FONTE: IPCC, 2006)

O consumo de combustível para os veículos envolvidos na Central de Resíduos seguiu a tabela abaixo, de acordo com as opções de combustível.

TABELA 03 – ESTIMATIVA DE CONSUMO DE COMBUSTIVEL DOS VEÍCULOS DA CENTRAL DE RESÍDUOS.

Veículo	Consumo por tipo combustível (km/L)					
	gasolina	etanol	diesel	diesel (B20)	diesel (B100)	GNV <sup>(1)</sup>
utilitário (pickup)	10,0	7,5				
caminhão de médio porte			6,0	5,5	4,5	7,0
Ônibus			3,0			
Van			8,0			
caminhão compactador			3,0			
automóveis de passeio	10,0					
caminhão grande porte			5,0			

(<sup>1</sup>) consumo em km/m<sup>3</sup>  
(gás natural veicular)

O cálculo do transporte rodoviário levou em consideração uma atividade de 8 horas/dia (de segunda à sexta-feira) permitindo atender quatro empresas/dia, além de 4 horas no sábado, permitindo atender mais duas empresas para os três tipos de coleta: resíduos lignocelulósicos, recicláveis e perigosos, conforme tabela 04 abaixo.

TABELA 04 – CÁLCULO DA DISTÂNCIA DIÁRIA PERCORRIDA NA BUSCA DE RESÍDUOS.

*cálculo para coleta diária*

<i>Segunda à Sábado</i>							
horário	08:00 - 09:00	09:00 - 09:30	09:30 - 10:15	10:15 - 10:45	10:45 - 11:45	11:45 - 12:00	km/dia
ação	percurso até empresa 1	carregamento 1	percurso até empresa 2	carregamento 2	percurso até central	descarga 1 e 2	
distância	30	0	15	0	30	0	75

<i>Segunda à sexta-feira</i>							
horário	13:00 - 14:00	14:00 - 14:30	14:30 - 15:15	15:15 - 15:45	15:45 - 16:45	16:45 - 17:00	km/dia
ação	percurso até empresa 1	carregamento 1	percurso até empresa 2	carregamento 2	percurso até central	descarga 1 e 2	
distância	30	0	15	0	30	0	75

A extrapolação desses números para distâncias mensais estimou que cada veículo percorra uma média de 4500 km/mês, conforme tabela 05 a seguir.

TABELA 05 – CÁLCULO DA DISTÂNCIA MENSAL PERCORRIDA NA BUSCA DE RESÍDUOS POR MODALIDADE DE TRANSPORTE TERRESTRE.

<b><i>distância média mensal percorrida por veículo de coleta</i></b>			
Período	Km/dia	km/semana	km/mês
segunda a sexta	150	750	3000
sábado	75	375	1500
TOTAL			4500

<b><i>distância média mensal percorrida por veículo e modalidade</i></b>	
a) Coleta de resíduos lignocelulósicos	4500
b) coleta de recicláveis	4500
c) coleta de resíduos perigosos	4500
d) utilitário (cálculo: 120 km/dia x 20 dias)	2400

A tabela abaixo demonstra os fatores de emissão que também subsidiaram os cálculos.

TABELA 06 – FATORES DE EMISSÃO.

Combustível	Unidades	Poder calorífico inferior (GJ / t)	Densidade (kg/unidade)	CO <sub>2</sub> (kg/un.)
Óleo Cru	Litros	42,3	0,8	2,480
Orimulsão	Toneladas	27,5	1000	2.117,500
Gás Natural Líquido	Toneladas	44,2	1000	2.837,640
Gasolina A	Litros	44,3	0,74	2,272
Gasolina de aviação	Litros	44,3	0,71	2,202
Jet gasoline	Toneladas	44,3	1000	3.101,000
Jet kerosene	Litros	44,1	0,79	2,491
Outro Querosene	Litros	43,8	0,8	2,519
Óleo de Xisto	Litros	38,1	1	2,793
Óleo Diesel	Litros	43	0,84	2,676
Óleo Combustível residual	Litros	40,4	0,94	2,939
Gases liquefeitos de petróleo	Litros	47,3	0,54	1,612
Etano	m3	46,4	1,3	3,716

FONTE: Adaptado do Programa Brasileiro GHG Protocol (2011).

Tendo em vista as opções atuais de combustível, foram calculados quatro cenários para as emissões diretas da Central de Resíduos da RMC, empregando diferentes tipos de combustível, conforme segue:

- a) Cenário 1 - De alta emissão de CO<sub>2</sub>e: nesse caso, foi concebida a utilização somente de combustíveis fósseis, tendo a gasolina como combustível para o veículo utilitário e diesel mineral para os caminhões de uso da central.

O cálculo das emissões relativas ao transporte rodoviário da frota própria considerou o PCI de 10400 kcal/kg para a gasolina e 10100 kcal/kg para o diesel, com fator de emissão de 72,3 e 75,4 respectivamente.

- b) Cenário 2 – De baixa emissão de CO<sub>2</sub>e: neste cenário houve substituição de combustíveis, passando à utilização do etanol para o veículo utilitário e biodiesel (B20) para os caminhões de coleta. O biodiesel B20 apresenta em sua composição 20% de biodiesel (elaborado à partir de óleos vegetais) e 80% de diesel mineral (derivado de fontes fósseis).

O combustível estimado para o veículo utilitário da central no transporte rodoviário resultou no consumo anual de 3.600 litros de etanol sendo considerado o PCI de 6750 kcal/kg e fator de emissão de 0,4.

A utilização do biodiesel B20 nos caminhões de coleta considerou um adicional de 15% de óleo vegetal em sua composição, já que 5% é compulsório e está presente no diesel mineral, utilizando-se os mesmos fatores do etanol, por tratar-se de um produto de origem vegetal. Nesse caso, foram considerados os 36.00 litros de biodiesel, com PCI de 10100 kcal/kg e fator de emissão de 75,4.

- c) Cenário 3 – De baixa emissão de CO<sub>2</sub>e: no cenário em questão, o veículo utilitário continua utilizando etanol e os caminhões de coleta passam a utilizar o biodiesel (B100) ou o próprio etanol. O biodiesel B100 apresenta em sua composição somente óleos de origem vegetal, segundo Rosa *et al.* (2003).

A quantidade estimada de combustível/ano continua sendo de 3.600 litros de etanol (veículo utilitário) além de 43.200 litros de biodiesel – B100 (caminhões de coleta) onde foi considerado o PCI de 6750 kcal/kg e fator de emissão de 0,4.

- d) Cenário 4 – De baixa emissão de CO<sub>2</sub>e: neste cenário foi previsto utilização do etanol como combustível para o veículo utilitário e gás natural veicular (GNV) para os caminhões de coleta.

A quantidade estimada de GNV foi de 30.857 m<sup>3</sup>, sendo considerado o PCI de 9930 kcal/kg e fator de emissão de 59,0.

### 3.4.2 Cálculo das emissões indiretas de GEE (energia)

O cálculo da energia consumida pela central contemplou cada equipamento da produção relacionado ao número de horas de utilização, bem como o sistema de iluminação, além dos equipamentos básicos de escritório e do refeitório, levando em consideração que a central importará a energia consumida (tabela 07).

TABELA 07 – CONSUMO ENERGÉTICO ESTIMADO.

Consumo energético	Transporte	Moagem	Briquetagem	Diversos	consumo total	t/ano (briquetes)	consumo anual (kwh)
Briquetagem	5 kwh/t	18 kwh/t	56 kwh/t	3 kwh/t	82 kwh/t	4068	333.576
<b>Demais equipamentos</b>							
	consumo	horas/dia	dias/mês	kwh/mês	meses/ano	quantidade	
Prensa (recicláveis): Considerado prensa vertical capac. 15 ton, motor 7,5 cv	5,5 kwh	4	20	440	12	1	5280
Balança (capac. 30 ton)	1,1 kwh	2	20	220	12	1	2640
Sistema de código de barras	80 w	5	30	12	12	1	144
computador/imprensa/nobreak	180 w	3	30	16,2	12	5	972
iluminação (lâmpadas fluorescentes): Base 1 lâmpada/10m <sup>2</sup> x 3.000 m <sup>2</sup>	40 w	8	20	6,4	12	300	23040
	40 w	4	4	0,64	12	300	2304
geladeira	90 w	24	30	64,8	12	1	777,6
forno microondas	1200 w	2	20	48	12	1	576
Outros	400 w	8	20	64	12	1	768
Total							370.078

O fator de emissão de GEE da energia considerado foi de 0,0512 tCO<sub>2</sub>e por MWh.

### 3.4.3 Cálculo das outras emissões indiretas de GEE

As emissões indiretas foram calculadas contemplando todos os transportes que não são de responsabilidade da central, normalmente efetuados por terceiros ou pelos próprios clientes. A primeira situação diz respeito ao transporte dos resíduos recicláveis, os quais passam por processo de triagem, prensagem e enfardamento na central, seguindo na seqüência para destinação final, ou a reciclagem propriamente dita, sendo estimado um total de 4280 km/mês (tabela 08). A estimativa em km/mês deu-se em função da distância média entre a Central e o principal centro consumidor para cada tipo de resíduo, considerando 4 viagens/mês,

por exemplo, para o papel/papelão foi considerada distância de 160 km (ida e volta) da Central até o centro consumidor.

Quanto ao cálculo do transporte de resíduos perigosos da central de resíduos até a unidade de tratamento ou disposição final, foi considerada a distância para cada um dos 4 destinos, seguindo o mesmo raciocínio dos recicláveis (1 viagem/semana) resultando em uma média de 1260 km/mês para os caminhões de terceiros.

TABELA 08 – CÁLCULO PARA TRANSPORTE RODOVIÁRIO DOS RESÍDUOS PÓS PROCESSAMENTO NA CENTRAL.

Grupo	Resíduo	km/semana	km/mês
Recicláveis	papel/papelão	160	640
	Plástico	220	880
	Metal	80	320
	óleo vegetal	110	440
	Tecidos	140	560
	Vidro	240	960
	Outros	120	480
	Total (recicláveis)	1070	4280
resíduos perigosos	latas contaminadas, lâmpadas/outros sujeitos à logística reversa	140	560
	óleo mineral (lubrificante)	20	80
	contaminados para co-processamento	80	320
	contaminados para aterro industrial	75	300
	Total (perigosos)	315	1260

O transporte do produto final, no caso, os briquetes também foi calculado, com base na produção da central aliada à capacidade de transporte dos caminhões, considerando que esta produção seja absorvida na própria região, resultando em deslocamentos curtos em média 90 km de distância, totalizando 2034 km/mês (tabela 09 abaixo).

TABELA 09 – CÁLCULO PARA TRANSPORTE RODOVIÁRIO DOS BRIQUETES.

<b>cálculo para transporte dos produtos</b>		produção (ton/ano)		4068
Produto	produção/mês (ton)	capacidade carga do caminhão (ton)	quant. Mensal cargas	km/mês
briquetes	339,00	15	22,60	2034
	Total (briquetes)		22,6	2034

A quantidade estimada de combustível para prover os serviços de transporte rodoviário indireto foi calculada de acordo com os consumos descritos na tabela 3 resultando em 1.536 litros de gasolina com um PCI de 10400 kcal/kg e fator de

emissão de 72,3, além de 21.109 litros de diesel com PCI de 10100 kcal/kg e fator de emissão de 75,4.

O cálculo das emissões de metano (GEE) levou em consideração o processamento de 20 refeições/dia e 0,4 kg de alimento por refeição, gerando 15% de resíduos, sendo 60% deste montante composto por resíduo orgânico. O fator de emissão do metano foi igual a 21.

As quantidades estimadas de materiais utilizados pela central durante o ano foram baseadas em inventários de emissões de outras empresas com porte e atividades similares, resultando em 334 kg de plástico, sendo considerado fator de emissão de 3,14 tCO<sub>2</sub>e/t plástico utilizado. Quanto ao papel, foi considerado 456 kg/ano, com um fator de emissão de 0,44 tCO<sub>2</sub>e/t papel. Já o cálculo dos tecidos considerou um consumo de 330 kg, principalmente em função dos EPI's, sendo considerado emissão de 1 kg CO<sub>2</sub>e/camiseta (dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os itens a seguir detalham os resultados em consonância a cada objetivo proposto neste estudo, os quais foram obtidos seguindo a metodologia de trabalho prevista, seja através de pesquisa científica, visitas técnicas e discussões com especialistas, entre outras.

### 4.1 Tipos de resíduos gerados com base no Conama 313/02 e geração anual

A análise dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos de 20 empresas do setor de móveis da Região Metropolitana de Curitiba permitiu identificar os tipos de resíduos gerados e respectivas quantidades. O estudo da quantidade de empresas do setor moveleiro na RMC foi elaborado com base nos subsídios fornecidos pela FIEP e SIMOV, a partir de seus cadastros de empresas, estimando em 1.400 empresas cadastradas no SIMOV. A descrição e o código de cada resíduo seguiram a nomenclatura padronizada do CONAMA 313/02.

A partir de uma média por empresa, estes valores (quantitativos) foram extrapolados abrangendo o universo das empresas deste segmento situadas em Curitiba e Região Metropolitana (1.400 empresas), a fim de levantar o potencial de geração de resíduos do setor moveleiro na região citada. Os cálculos resultaram em 38.013 t/ano, de acordo com cada classe observada, conforme pode ser visualizado na tabela 10.

TABELA 10 – POTENCIAL DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DO SETOR DE MÓVEIS NA RMC.

Classe II - Não Perigosos (¹)			
Descrição	Resíduo		Quantidade
	Código (²)	Tipologia	(t/ano)
Resíduos gerados fora do processo industrial	A 002	Papel misto	207,56
		Embalagens cartonadas	0,01
		Restos de alimentos; poda de jardim	78,98
		Copos plásticos	9,19
		Rejeitos em geral	323,91
Resíduos de varrição de fábrica	A 003	Rejeitos	755,79

Continua

continuação

<b>Classe II - Não Perigosos (¹)</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Resíduo</b>		<b>Quantidade</b>
	<b>Código (²)</b>	<b>Tipologia</b>	<b>(t/ano)</b>
Sucata de metais ferrosos	A 004	Metais ferrosos	1.767,36
Sucata de metais não ferrosos	A 005	Metais não ferrosos	81,45
Papel e Papelão	A 006	Papelão	327,04
Resíduos de plásticos polimerizados de processo	A 007	Plásticos diversos	290,69
Resíduos de madeira contendo substâncias não tóxicas	A 009	Maravalha; serragem; pó madeira	17.239,17
		Madeira em geral	15.048,90
Resíduos de materiais têxteis	A 010	Têxtil	1.163,50
Resíduos pastosos de estações de tratamento de efluentes contendo substâncias não tóxicas	A 022	Lodo com metais	146,48
Resíduos de vidros	A 117	Vidros diversos	99,26
Espumas	A 308	Espuma	4,39
Outros resíduos não perigosos	A 099	Outros resíduos mistos	8,52
		Resíduos utilizados como agregados na construção civil	7,44
<b>SUBTOTAL</b>			<b>37.559,65</b>

<b>Classe I - Perigosos (¹)</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Resíduo</b>		<b>Quantidade</b>
	<b>Código (²)</b>	<b>Tipologia</b>	<b>(t/ano)</b>
Solventes contaminados	F105	Solventes e vernizes	65,00
Restos e borras de tintas e pigmentos	K 053	Pó de tinta	38,91
Lâmpadas com vapor de mercúrio	F 044	Lâmpadas fluorescentes	5,59
Outros resíduos perigosos	D 099	Pilhas e baterias	0,19
		Sucata eletro-eletrônica	11,76
		Produtos químicos	27,06
		Resíduos mistos contaminados	78,02
		trapos de malha contaminados	216,67
		graxa mineral	4,60
		Papel contaminado	0,65
		Plásticos contaminados	5,83
<b>SUBTOTAL</b>			<b>454,28</b>
<b>TOTAL (classes I e II)</b>			<b>38.013,93</b>

(¹) Conama 313/2002 e ABNT-NBR 10004/04 (²) Conama 313/2002

Considerando que a totalidade das empresas não enviará seus resíduos para a Central, situação esta que progressivamente deve crescer, a partir do momento que a Central torne-se conhecida e que os empresários vislumbrem os reais benefícios de destinar seus resíduos para uma central, foi considerado de início apenas 20% do total de empresas como potenciais fornecedores para a Central. Neste caso, os cálculos foram pautados com base em 280 empresas, obtendo-se como resultado 7.603 t/ano de resíduos, conforme pode ser vislumbrado na tabela 11, onde os resíduos foram divididos por classes (não perigosos e perigosos).

TABELA 11 – QUANTIDADE DE RESÍDUOS DESTINADAS À CENTRAL DE RESÍDUOS.

Classe II - Não Perigosos (¹)		Resíduo	Quantidade	
Descrição	Código (²)	Tipologia	(ton/ano)	(kg/dia)
Resíduos gerados fora do processo industrial	A 002	Papel misto	41,51	157,25
		Embalagens cartonadas	0,00	0,01
		Restos de alimentos; poda de jardim	15,80	59,83
		Copos plásticos	1,84	6,96
		Rejeitos em geral	64,78	245,39
Resíduos de varrição de fábrica	A 003	Rejeitos	151,16	572,57
Sucata de metais ferrosos	A 004	Metais ferrosos	353,47	1.338,91
Sucata de metais não ferrosos	A 005	Metais não ferrosos	16,29	61,70
Papel e Papelão	A 006	Papelão	65,41	247,76
Resíduos de plásticos polimerizados de processo	A 007	Plásticos diversos	58,14	220,22
			0,00	-
Resíduos de madeira contendo substâncias não tóxicas	A 009	maravalha; serragem; pó madeira	3447,83	13.059,98
		Madeira em geral	3009,78	11.400,68
Resíduos de materiais têxteis	A 010	Têxtil	232,70	881,44
Resíduos pastosos de estações de tratamento de efluentes contendo substâncias não tóxicas	A 022	Lodo com metais	29,30	110,97
Resíduos de vidros	A 117	Vidros diversos	19,85	75,19
Espumas	A 308	Espuma	0,88	3,32
Outros resíduos não perigosos	A 099	outros resíduos mistos	1,70	6,46
		Resíduos utilizados como agregados na construção civil	1,49	5,64
SUBTOTAL			7.511,93	28.454,28

(¹) Conama 313/2002 e ABNT-NBR 10004/0

(²) Conama 313/2002

Classe I - Perigosos (¹)		Resíduo	Quantidade	
Descrição	Código (²)	Tipologia	(ton/ano)	(Kg/dia)
Solventes contaminados	F105	Solventes e vernizes	13,00	49,24
Restos e borras de tintas e pigmentos	K 053	Pó de tinta	7,78	29,48
Lâmpadas com vapor de mercúrio	F 044	Lâmpadas fluorescentes	1,12	4,23
Outros resíduos perigosos	D 099	Pilhas e baterias	0,04	0,15
		Sucata eletro-eletrônica	2,35	8,91
		Produtos químicos	5,41	20,50
		Resíduos mistos contaminados	15,60	59,11
		trapos de malha contaminados	43,33	164,14
		graxa mineral	0,92	3,48
		Papel contaminado	0,13	0,49
		Plásticos contaminados	1,17	4,42
<b>SUBTOTAL</b>			90,86	344,15
<b>TOTAL (classes I e II)</b>			7.602,79	28.798,43

(¹) Conama 313/2002 e ABNT-NBR 10004/0

(²) Conama 313/2002

A geração de resíduos apurada na tabela 11 também foi desmembrada na geração diária (kg/dia), considerando um ano civil de 264 dias de trabalho. A quantidade de resíduos diária teve o intuito de facilitar o planejamento da logística de coleta e processamento de resíduos, estimando dessa forma uma geração de 28,80 t/dia de resíduos, levando em conta a parcela de 20% do universo de empresas moveleiras da RMC.

#### 4.2 Aspectos relacionados com resíduos sólidos gerados nas empresas moveleiras do PR

Os principais aspectos estudados nos planos de gerenciamento das 22 empresas do setor moveleiro, dizem respeito àquelas situações compreendidas como merecedoras de maior atenção na gestão de resíduos, tais como armazenamento e destinação final, já que podem ser indutoras de passivos ambientais. A falta de atenção dos geradores quanto aos aspectos citados tornam as empresas mais vulneráveis à problemas de co-responsabilidade por contaminações ou destinações finais indevidas.

Nesse sentido, foram avaliados os procedimentos adotados nas empresas no momento de elaboração de seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos pertinentes aos dois principais grupos de resíduos, sendo o grupo de

lignocelulósicos e o grupo de resíduos perigosos. Estes grupos de resíduos foram escolhidos, considerados mais impactantes, seja pela quantidade gerada ou pelo potencial de poluição dos mesmos, com base em quatro aspectos: composição gravimétrica, armazenamento, destinação final e controles na gestão dos resíduos.

#### **4.2.1. Aspecto 1: Composição gravimétrica**

A classificação dos resíduos seguiu o CONAMA 313 e também a NBR 10004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), onde os resíduos de madeira (serragem, maravalha, sobras de chapas e lâminas, madeira maciça, etc.), bem como os resíduos de tecidos, espumas, metal, plásticos e papel são classificados como classe II-A (não inertes).

Os resíduos classificados como perigosos – classe I, segundo a norma ABNT-NBR 10.004/04 são aqueles que possuem características de inflamabilidade, combustibilidade, toxicidade, patogenicidade e reatividade. No setor de móveis, os principais resíduos perigosos identificados são aqueles contendo solventes, restos de tintas e vernizes, lâmpadas fluorescentes, pelo fato de possuírem em sua composição vapores de mercúrio, bem como as sucatas eletrônicas, as quais apresentam em sua composição diversos tipos de metais pesados. Este grupo de resíduos perigosos merece atenção especial no tocante ao manejo, armazenagem e destinação final.

Além das características de periculosidade elencadas na norma ABNT-NBR 10.004/04, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12305/2010), complementou as seguintes características que também conferem a periculosidade a um resíduo, tais como carcinogenicidade, teratogenicidade, mutagenicidade.

Os resultados do levantamento gravimétrico demonstram que o resíduo predominante é de origem lignocelulósica, representando a maior parcela dos resíduos do setor, seguido do grupo de recicláveis com 14,72%, onde cabe um destaque para o grupo de resíduos perigosos, que apesar de representar pouco mais de 3%, é merecedor de especial atenção no que tange ao manejo e direcionamento (figura 06).

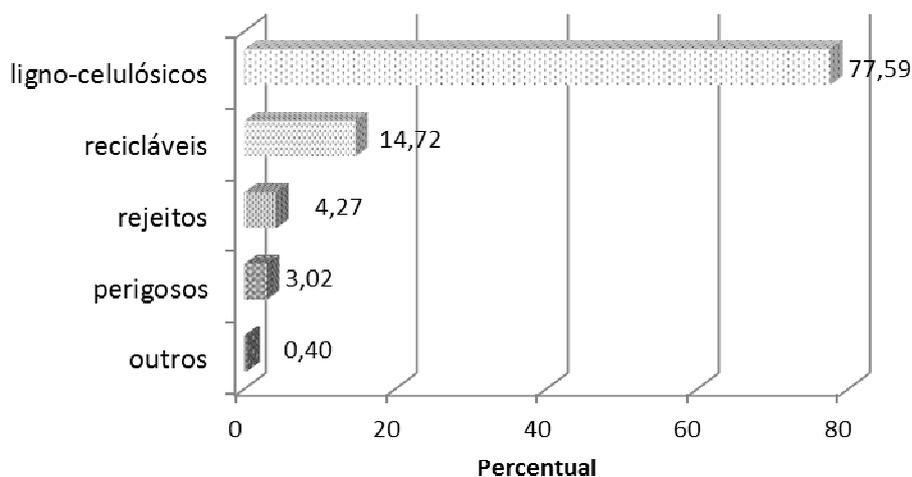


FIGURA 06 - COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA.

A quantidade de resíduos lignocelulósicos obtida neste levantamento foi de 78% apresentando-se abaixo do índice de 92,71% apurado por Kozak (2008), com base em uma indústria de móveis no interior do Paraná. Os índices apurados por Lima & Silva (2005) através de um estudo no setor de estofados em Arapongas - PR também foram superiores aos resultantes desta amostragem, obtendo-se 97% de resíduos de madeira nas médias empresas e 85% nas pequenas empresas de estofados. Nas empresas de móveis retilíneos, Lima & Silva (2005) ressaltaram que os resíduos de madeira representaram a maior quantidade, sendo que nas pequenas empresas estes resíduos correspondem a 95% do total, nas médias empresas 98% e nas grandes empresas 97%.

Em ambos os casos, os percentuais foram superiores aos resultantes desta amostragem, porém, deve ser levado em consideração que diversos setores do ramo moveleiro foram contemplados na amostragem, tais como móveis de vime, móveis de aço, entre outros.

## 4.2.2 Aspecto 2: Armazenamento

### 4.2.2.1 Armazenagem de resíduos lignocelulósicos;

Conforme a figura 07 se verifica que a modalidade mais utilizada na armazenagem é o código S31 – tambor em solo, área descoberta, com 25% das empresas. O segundo maior índice diz respeito ao código S01 – tambor em piso

impermeável área coberta. Nesse caso, as empresas contempladas na amostragem demonstraram maior preocupação no armazenamento de seus resíduos, em especial quanto às intempéries.

A armazenagem em silos (grupo S08) praticamente sua maior parte engloba a serragem e maravalha. Já os resíduos de madeira (cavacos) permanecem armazenados a granel ou em tambores. Cabe destaque para o grupo S32 – a granel em solo, área sem cobertura, com um índice de 5%, onde a amostragem indicou vulnerabilidade no processo (figura 07).

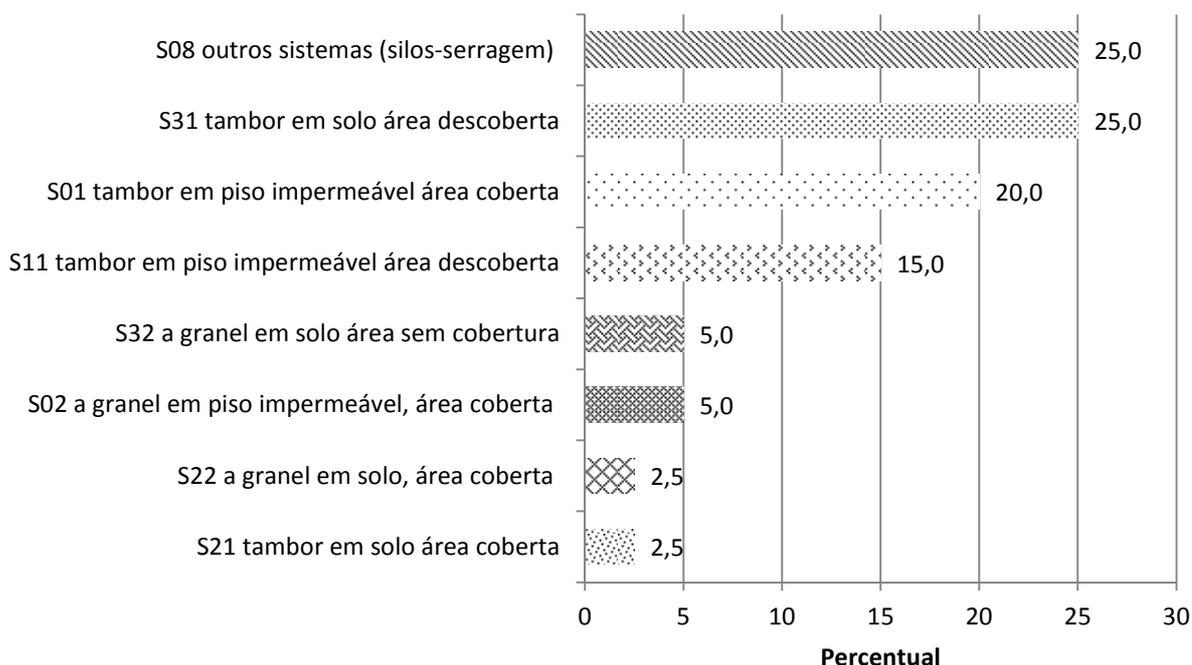


FIGURA 07 – PORCENTAGEM DE EMPRESAS COM ARMAZENAGEM DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS.

O grupo de maior relevância na armazenagem dos resíduos lignocelulósicos foi o S31 (tambor em solo, área descoberta), abrangendo mais de 30% do total de resíduos deste grupo, conforme demonstrado na figura 08, seguido do grupo S08 (silos), considerando nesse caso, a serragem e maravalha.

A modalidade de armazenagem dos resíduos lignocelulósicos com menor incidência foi a granel, em solo área sem cobertura (S32), com 0,16%, baseando-se também no volume gerado.

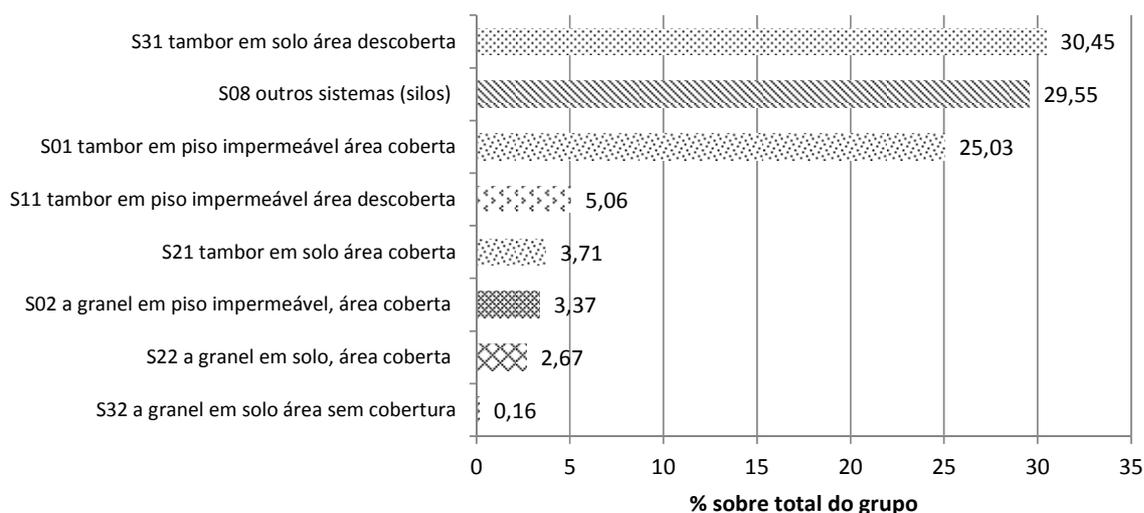


FIGURA 08 - PORCENTAGEM DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS ARMAZENADOS.

A análise dos itens acima, considerando a quantidade de empresas, objeto da amostragem, indicou que 40% delas armazenam os resíduos lignocelulósicos em conformidade com as normas de segurança e meio ambiente, em especial a norma ABNT-NBR 11174. Em contrapartida 25% não estão conformes, onde a armazenagem dos resíduos de madeira ocorre a céu aberto e/ou diretamente sobre o solo. O restante (35% das empresas) armazena adequadamente seus resíduos, em especial a serragem e maravalha, as quais permanecem nos silos, enquanto os cavacos de madeira ficam armazenados diretamente sobre o solo.

Haja vista o número de empresas moveleiras da RMC (1400 empresas) estima-se que 40 % delas (560) realizam o armazenamento de resíduos lignocelulósicos de forma adequada, ou seja, em local coberto, com base impermeabilizada e que contemplem dispositivos de combate à incêndio, todavia, aproximadamente 914 t/ano de resíduos do referido grupo ainda vem sendo armazenada de forma incorreta, sem os devidos cuidados no cumprimento dos critérios de segurança.

#### 4.2.2.2 Armazenagem de resíduos perigosos;

A análise quanto à armazenagem de resíduos perigosos indicou que mais de 47% das empresas utiliza a modalidade “tambor em piso impermeável, área coberta (S01)”, ou seja, apresenta menores riscos de uma eventual contaminação do solo ou

lençol freático. A situação mais vulnerável e merecedora de destaque diz respeito ao armazenamento em tambor diretamente sobre o solo em área descoberta (S31), com 27,5%, ou seja, grande vulnerabilidade quanto à eventuais derramamentos e vazamentos, trazendo riscos de passivos ambientais para os geradores, conforme figura 09 a seguir.

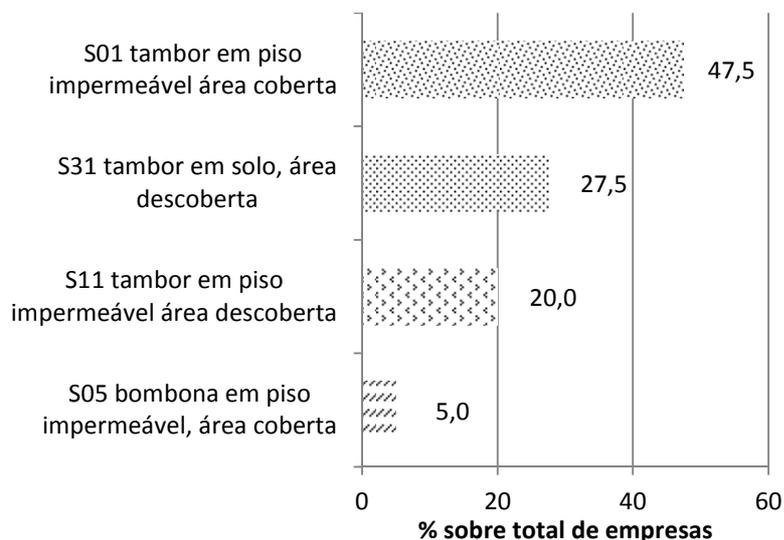


FIGURA 09 – PORCENTAGEM DE EMPRESAS COM ARMAZENAGEM DE RESÍDUOS PERIGOSOS.

A figura 10 com base na quantidade de resíduos perigosos, fruto da amostragem, apresenta um cenário menos impactante, onde a maior parte dos resíduos perigosos (79%) do total do grupo está sendo armazenada em tambores, em piso impermeável e área coberta. A existência de área coberta e piso impermeável, além de atender aos critérios das normas de armazenagem, também reduzem os riscos de uma possível contaminação do local. Todavia, se faz necessário um olhar sobre a parcela de 9,3% do montante de resíduos perigosos que ainda permanece armazenado em tambores diretamente sobre o solo, em área descoberta, com potencial de gerar um passivo ambiental para a empresa geradora.

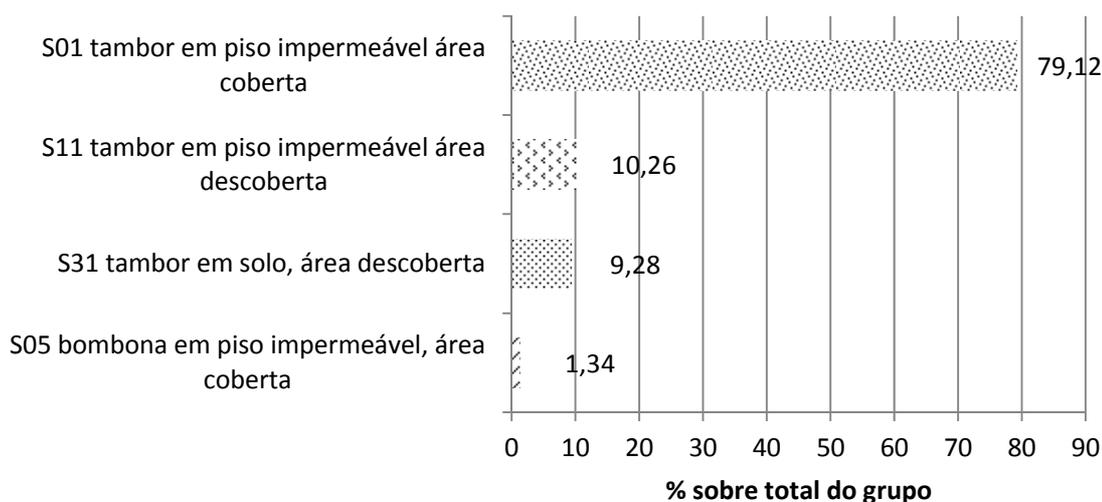


FIGURA 10 – PORCENTAGEM DE RESÍDUOS PERIGOSOS ARMAZENADOS.

A análise da armazenagem dos resíduos perigosos permitiu concluir que 52,5% das empresas amostradas realizam o armazenamento de forma adequada, conservando os resíduos em área dotada de cobertura e base impermeabilizada, bem como contemplam dispositivos de combate à incêndio junto às áreas de armazenagem. A parcela correspondente a 5% das empresas armazena parte de seus resíduos perigosos em conformidade às normas de segurança, mas não na totalidade dos resíduos. As situações mais críticas observadas dizem respeito à armazenagem de pó e borra de tinta e principalmente trapos de malha contaminados com tintas e solventes, sem os cuidados necessários no armazenamento, destacando a inexistência de sistema de impermeabilização de base e de contenção. Neste caso, o índice é de 42,5% das empresas que não estão armazenando adequadamente seus resíduos perigosos, podendo atingir o solo ou até mesmo os recursos hídricos em eventuais derramamentos ou vazamentos.

A extrapolação desses índices, quando considerado o número de empresas do setor moveleiro da RMC permite projetar um cenário onde 58% das empresas (812) armazenam-os de forma adequada, porém, salienta-se que 89 t/ano continuam sendo armazenadas inadequadamente, vulnerabilizando as empresas a riscos de passivos ambientais.

Considerando que 19,5% dos resíduos perigosos estão sendo armazenados em locais desprovidos de impermeabilização do piso, ausência de cobertura e de um sistema que permita conter eventuais vazamentos, pode-se afirmar que esta prática

está em desacordo com a norma ABNT-NBR 12.235/99 (armazenagem de resíduos perigosos) e lei federal 9605/98, em especial quanto ao artigo 56 – no tocante à armazenagem, podendo trazer riscos de contaminação ambiental e conseqüentes penalizações para as empresas geradoras.

Este resultado ficou muito próximo do apurado por Nascimento (2009), em indústria moveleira do interior de SP, relatando que 29% dos resíduos perigosos eram armazenados de maneira inadequada.

### **4.2.3 Aspecto 3 - Destinação final**

A destinação final, sem sombra de dúvida é um dos aspectos mais importantes na gestão de resíduos sólidos, pois, qualquer descuido nesse processo pode levar a empresa à sérias preocupações e a obrigatoriedade de recuperar áreas degradadas, motivadas pela disposição ou outro tipo de destinação indevida de qualquer substância perigosa, além dos custos relacionados às sanções legais e administrativas.

#### **4.2.3.1 Destinação final dos resíduos lignocelulósicos**

A maior parcela das empresas destina seus resíduos lignocelulósicos para fornos da indústria de cal (R01) situados na região próxima dos geradores, representando aproximadamente 37% das empresas. A utilização em caldeira e a queima em forno nas próprias instalações dos geradores ou direcionado para fogões domésticos encontram-se com índices idênticos (20%). A utilização em fogões ocorre normalmente através de doações para a comunidade de entorno das indústrias, conforme pode ser visualizado na figura 11 a seguir.

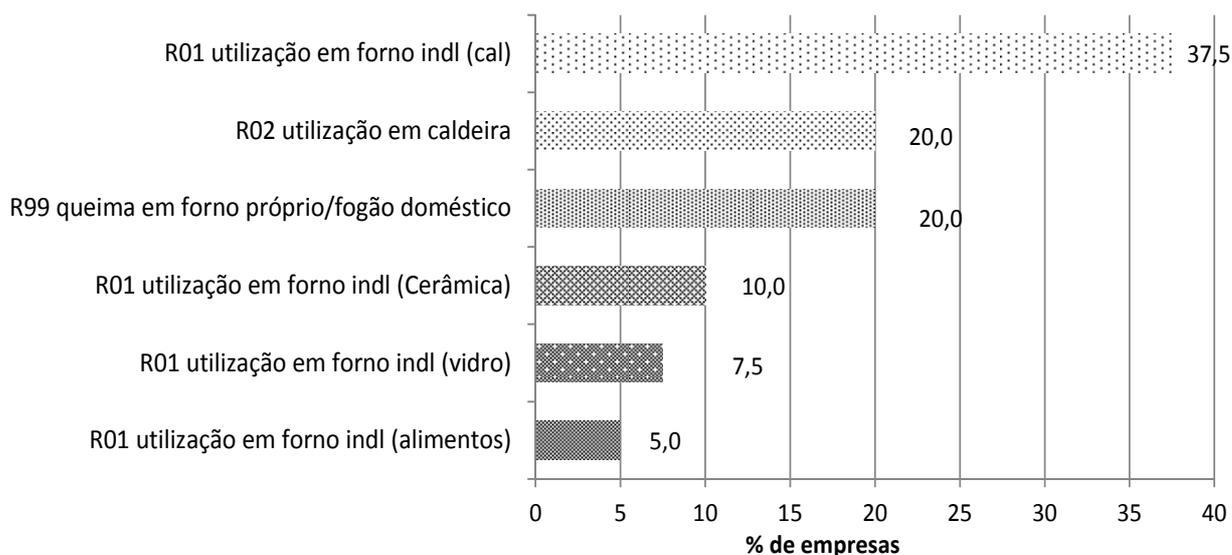


FIGURA 11 – PORCENTAGEM DE EMPRESAS COM DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS.

A destinação final dos resíduos lignocelulósicos quando avaliadas as quantidades observa-se que praticamente 50% dos mesmos são direcionados para os fornos de cal seguido do setor de cerâmica (olarias), o qual absorve 25,5% do total de resíduos gerados no referido grupo para utilização como combustível alternativo em seus fornos.

A situação que merece destaque diz respeito à parcela de resíduos (8,4%) que está sendo queimada em fornos próprios ou fogão doméstico, somada à parcela de 0,2% que está sendo direcionada ao setor de alimentos (padarias, pizzarias, entre outros), fator preocupante, considerando a presença das resinas fenólicas na composição dos resíduos de painéis de madeira. Esta prática pode trazer danos relacionados à saúde ocupacional e ao meio ambiente, além do que, a legislação ambiental em vigor não autoriza a queima de resíduos de painéis para fins alimentícios (figura 12).

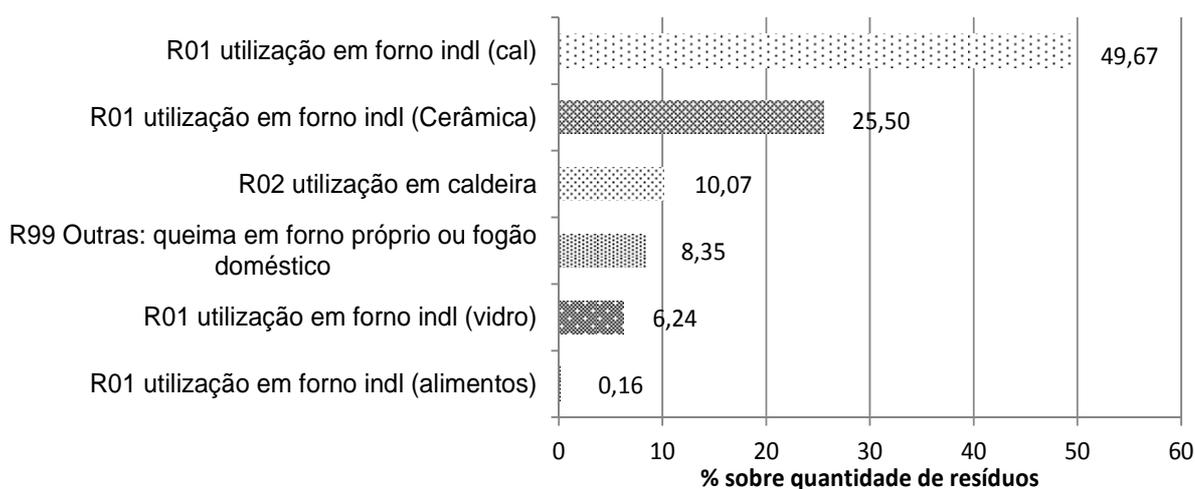


FIGURA 12 – PORCENTAGEM DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DESTINADOS.

As modalidades de destinação final elencadas anteriormente demonstram um cenário onde 75% das empresas destinam corretamente seus resíduos lignocelulósicos, porém, 25% das empresas amostradas ainda dispõem os mesmos de forma inadequada, não se apresentando em conformidade com as normas de segurança. A situação se ameniza quando considerada a quantidade de resíduos destinada, estimando que 91,5% dos resíduos lignocelulósicos estejam sendo destinados de forma ambientalmente correta e somente 8,5% dos resíduos apresentam destinação de forma irregular.

Segundo entrevistas junto às empresas do segmento de móveis e as visitas técnicas realizadas junto ao Sindicato da Cal (Sindical) e Sindicato da Cerâmica (Sindicer) em Curitiba, as principais destinações dadas aos resíduos lignocelulósicos dizem respeito ao aproveitamento para fins energéticos, sendo as indústrias de cal e indústrias cerâmicas (olarias) os principais consumidores.

Os resíduos de MDF não são passíveis de serem aproveitados na construção de novos painéis, segundo informações dos fabricantes de painéis, devido à dificuldade da transformação em novas fibras. Nesse caso somente o MDP poderia sofrer a logística reversa, aproveitando os resíduos do mesmo na fabricação de novos painéis, já que o MDP é confeccionado com partículas de madeira. Mesmo para a fabricação de painéis de OSB, onde as chapas são confeccionadas a partir de lascas de madeira, os resíduos de MDF e MDP não podem ser usados, considerando que estes são fragmentos de menores dimensões que aqueles utilizados na fabricação de OSB.

As pesquisas e visitas junto ao Sindicato da Cal, Sindicato das Cerâmicas do PR, entre outros Sindicatos, reforçaram as informações apresentadas pelo MTE/IBGE (2010), que as principais empresas com potencial de utilização dos produtos derivados dos resíduos de madeira, tais como briquetes, pellets, pó de madeira, etc. para a RMC são os fabricantes de cerâmica e cal.

O Sindical PR cita a existência atualmente de 60 empresas de produção de cal em Curitiba e Região Metropolitana, as quais consomem 655 mil t/ano de serragem ou pó de madeira. Segundo o referido Sindicato, o setor pode estar utilizando também o briquete ou pellet como combustível principal, necessitando de pequenas alterações técnicas no alimentador dos fornos.

O Sindicer ressaltou que o setor de Cerâmica (Olarias) da RMC atualmente utiliza como combustível aos fornos, diversos tipos de resíduos de madeira, inclusive painéis (MDF, MDP, entre outros). As indústrias cerâmicas pagam hoje em torno de R\$ 38,00/ m<sup>3</sup> de resíduos de madeira.

A destinação final dos resíduos lignocelulósicos segundo a amostragem realizada ocorre para fins energéticos, sendo a indústria de cal a mais representativa, absorvendo quase metade dos resíduos gerados na RMC, além da utilização na indústria cerâmica (25,5%) entre as demais opções energéticas, o que vem de encontro ao citado pelo Ministério de Minas e Energia - MME (2011), referente a dependência do Brasil no tocante aos recursos naturais renováveis na produção de energia, com destaque para a biomassa.

O aproveitamento dos resíduos de madeira para fins energéticos continua sendo assegurado conforme destacado na política nacional de resíduos sólidos (Lei 12305/10), quando da aprovação dos planos de gerenciamento dos resíduos sólidos que contemplarem esta opção de destinação, o que transmite maior segurança de continuidade para o setor de *pellets* e briquetes.

Conforme citado por Pereira (2003) e Olandoski (2001), a queima dos resíduos lignocelulósicos oriundos dos painéis apresentam restrições do ponto de vista legal, face presença das resinas sintéticas, onde Koch *et al.* ressaltaram que a maioria delas são derivadas de combustíveis fósseis e sua queima sem controle além de contribuir para o aquecimento global pode provocar danos à saúde humana (WILLIANS, 2010). Esta modalidade de destinação está sendo praticada por parte

das empresas, conforme amostragem realizada, sendo que 8,5% dos resíduos de madeira ainda são queimados em fornos domésticos ou de indústrias alimentícias.

Haja vista o número de empresas do setor de móveis da RMC, quanto a destinação final dos lignocelulósicos, estima-se que 75% das empresas (1050) destina-os de forma adequada, por outro lado estima-se que 350 empresas estejam destinando de forma inadequada seus resíduos, correspondendo a 2.748 t/ano de resíduos lignocelulósicos.

O diagnóstico apurou um cenário onde os resíduos lignocelulósicos são enviados para aproveitamento energético, já o cenário de Schneider (2003) relativo ao setor moveleiro em Bento Gonçalves - RS revelou que 16,5% dos resíduos ainda são descartados para queima, sem que haja aproveitamento.

A densidade energética dos briquetes, em média quatro vezes superior à lenha foi destacada por diversos autores, em especial por Marchesini Neto (2008), além da otimização nos processos de armazenagem e transporte, onde o volume da lenha é em média 150% superior ao dos briquetes, demonstrando alguns dos benefícios no uso dos briquetes, dados estes que incentivam a produção de briquetes pela Central de resíduos da RMC.

O sistema de pelletização até então não foi contemplado no projeto da Central de resíduos da RMC e apresenta mercado em pleno crescimento a nível mundial, conforme citado por Serrano (2009) entre outros autores, os quais também ressaltaram a maior amplitude na utilização dos *pellets* em relação aos briquetes, menor consumo energético no processo de fabricação. A facilidade na distribuição dos pellets também foi destacada, face sua granulometria que permite utilizar a estrutura logística graneleira. Esta situação indica uma boa oportunidade para que o sistema de pelletização também seja implementada na Central de resíduos da RMC, como complemento à briquetagem já contemplada no projeto.

#### 4.2.3.2 Destinação final dos resíduos perigosos

A análise da destinação dos resíduos perigosos, quando avaliado o percentual de empresas, observa-se que 49% das mesmas destinam seus resíduos perigosos para os aterros sanitários e 22% delas utilizam os aterros industriais, conforme pode ser visualizado na figura 13 a seguir.

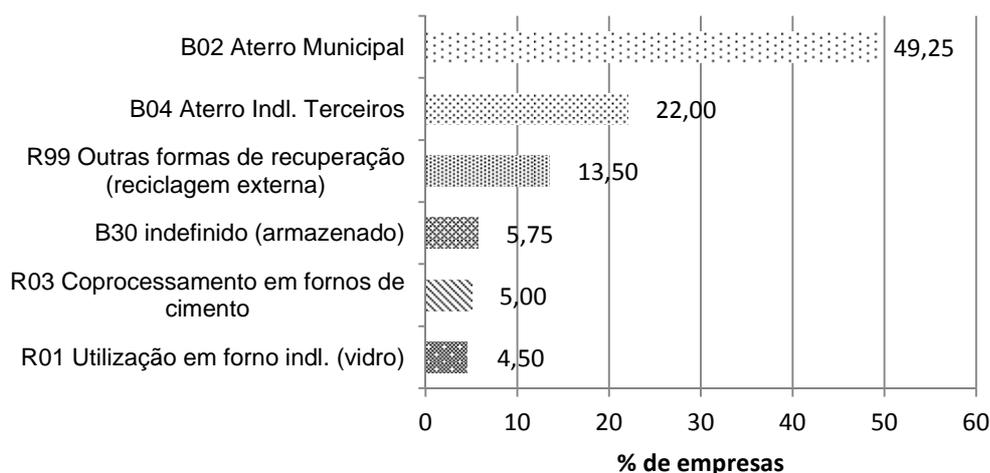


FIGURA 13 – PORCENTAGEM DE EMPRESAS COM DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS PERIGOSOS.

Apesar do reduzido nº de empresas, quando avaliadas as quantidades de resíduos perigosos, o quadro não é tão ruim, onde 16% apenas do total de resíduos perigosos estão sendo direcionados indevidamente aos aterros sanitários e 77% estão sendo direcionados aos aterros industriais (figura 14).

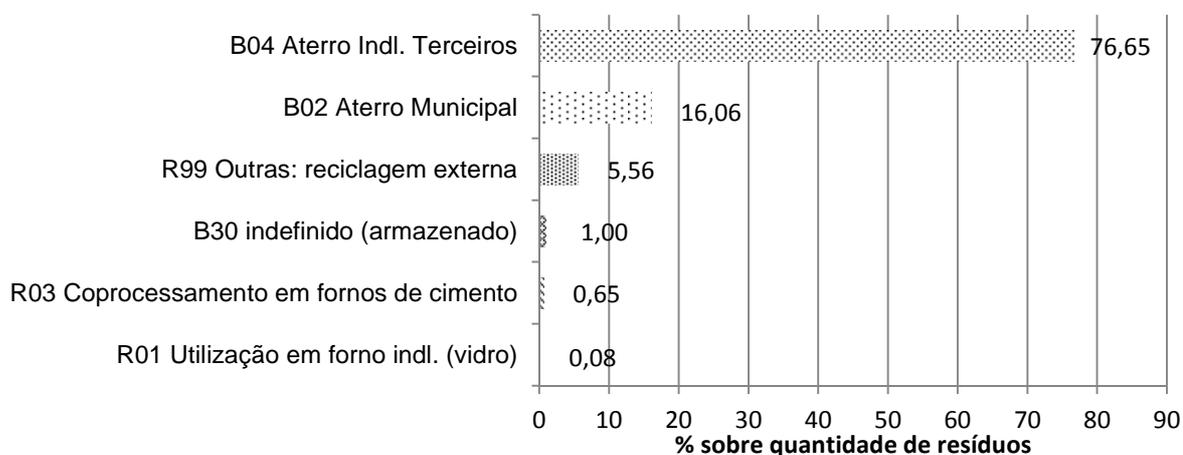


FIGURA 14 – PORCENTAGEM DE RESÍDUOS PERIGOSOS DESTINADOS.

Parte das empresas da amostragem (5,7%) ainda conserva seus resíduos perigosos armazenados, a espera de uma definição pela melhor alternativa de destinação final, fator positivo, mas que leva a uma preocupação para que estes não venham a transformar-se em passivos ambientais, quando armazenados por muito tempo, sendo que o órgão ambiental recomenda um tempo máximo de armazenagem de um ano.

Os resultados quanto ao atendimento às normas de segurança e legislações ambientais pertinentes, no que tange à destinação final de resíduos perigosos, apontaram que 20% das empresas atendem as normas e preceitos legais na íntegra, 30% atendem as normas de forma parcial e 50% das empresas apresentam-se de forma inadequada. Se consideradas as quantidades de resíduos perigosos, 84% do total de resíduos perigosos está sendo destinado em conformidade com as normas de segurança e 16% sofrem destinação final inadequada, destacando os resíduos contaminados com tintas e solventes, como é o caso dos trapos de malha.

Considerando o número de empresas de móveis da RMC, observa-se que 51% (714) das empresas realizam a destinação final dos resíduos perigosos de forma correta, entretanto, 690 não o fazem de maneira adequada, o que corresponde a 73 t/ano.

A reciclagem, quando permissível, também deve ser priorizada para os resíduos perigosos, desde que atendidos os procedimentos para evitar qualquer tipo de contaminação, todavia, para aqueles que não hajam possibilidades de reciclagem, têm-se como opções os aterros industriais ou tratamento térmico via co-processamento em fornos de clínquer.

O diagnóstico demonstrou um cenário onde 16% dos resíduos perigosos, destacando os trapos de malha entre outros contaminados com tintas e solventes estão sendo dispostos em aterros sanitários, situação esta que não atende os preceitos de redução da poluição e a destinação final ambientalmente adequada previstas na Lei 12493/99 – PR. Os aterros sanitários foram concebidos para receber apenas os resíduos classe II – não perigosos de origem doméstica. Este resultado apresenta-se superior se comparado com o cenário apurado por Nascimento (2009), em indústria moveleira no Estado de SP, onde apenas 6% dos resíduos perigosos são destinados de forma inadequada, todavia, de forma mais impactante ao meio ambiente, no caso, a queima a céu aberto da cola para madeira.

O índice de 16% apurado neste estudo ficou abaixo do apresentado pelo relatório do IAP (2009) relativo ao inventário estadual de resíduos sólidos industriais do Paraná, do período de 2009 onde 28% do total de resíduos industriais perigosos (diversos setores) foram destinados com restrição, ou seja, queima a céu aberto, lixão, rede de esgotos, entre outras destinações com grande potencial de provocar contaminações e consequentes passivos ambientais. Este fato demonstra

preocupação por parte do setor moveleiro na destinação de seus resíduos perigosos.

#### **4.2.4 Aspecto 4: Controle na gestão dos resíduos**

O controle e monitoramento também são de relevada importância no âmbito da gestão dos resíduos sólidos, em especial quanto aos tipos e quantidades e formas de destinação final, verificando as condições das empresas transportadoras e receptoras de resíduos, com destaque para os resíduos perigosos, em face de possibilidade de co-responsabilidade em situações de transporte e destinação inadequada dos mesmos.

Os resultados demonstraram que 85% das empresas não mantêm nenhum sistema de controle e monitoramento, 10% delas dispõem de controle parcial, normalmente focando apenas determinado resíduo perigoso, como exemplo, resíduos de tintas e 5% das empresas dispõem de controles fidedignos, transmitindo maior segurança para os geradores. A baixa preocupação das empresas do setor moveleiro da RMC com as questões ambientais, sendo que somente 15% delas realizam a gestão dos resíduos sólidos, ocorre de maneira similar em outras regiões do país, conforme citado por Rodrigues (2011) quanto ao referido segmento no Agreste Alagoano.

A necessidade de uma maior avaliação dos geradores quanto ao processo de reciclagem, identificando os sucateiros e recicladores, bem como as principais formas de destinação dos resíduos, em especial os perigosos, também foi destacado pelo IAP (2011) no inventário de resíduos sólidos industriais do Estado do Paraná (2004-2009) corroborando com a situação apresentada neste diagnóstico.

A perspectiva da Central de resíduos do setor moveleiro da RMC em ampliar suas atividades futuramente, recebendo também os resíduos do setor da madeira da RMC sugere uma maior preocupação das empresas no sentido de elaborarem seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos e uma conduta com maior responsabilidade socioambiental.

A inserção dos catadores de materiais, de forma organizada no processo de gestão e operacionalização dos resíduos sólidos, inclusive no âmbito das centrais de resíduos é imprescindível, considerando a nova Política Nacional dos Resíduos

Sólidos (lei 12.305/10), bem como a inserção da educação ambiental junto aos geradores de resíduos, possibilitando um cenário de desenvolvimento econômico, com maior inclusão social e respeito ao meio ambiente.

A tabela 12 a seguir apresenta uma matriz de opções para a destinação final dos resíduos sólidos do setor de móveis, sempre priorizando ações de aproveitamento, no âmbito da hierarquia da gestão de resíduos, conforme preconizado por Calderoni (1997), permitindo auferir os ganhos econômicos e ambientais. A hierarquia a ser obedecida na gestão de resíduos é a redução, seguida da reutilização, reciclagem, aproveitamento energético, buscando agregar valor aos resíduos e em última instância sua disposição em aterros licenciados. As alternativas de tratamento e disposição final normalmente significam maiores custos para os geradores, além da co-responsabilidade que permanece durante a existência dos resíduos.

TABELA 12 – MODELO DE MATRIZ PARA DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.

Classe II - Não Perigosos (¹)								
Resíduo			R99 Devolução fabricante	R99 Reciclagem	R01 Utilização em forno industrial R02-Utilização em caldeira	R03 Co- processamento em fornos cimento	T16 compostagem	B04 aterro industrial (Terceiros)
Descrição	Código (²)	Tipologia						
Resíduos gerados fora do processo industrial	A 002	Papel misto		1				
		Embalagens cartonadas		1				
		Restos de alimentos; poda jardim					1	2
		Copos plásticos		1				
		Embalagens, papéis de sanitários						1
Resíduos de varrição de fábrica	A 003	Rejeitos (terra, areia, poeira)						1
Sucata de metais ferrosos	A 004	Metais ferrosos		1				
Sucata de metais não ferrosos	A 005	Metais não ferrosos		1				
Papel e Papelão	A 006	Papelão		1				
Resíduos de plásticos polimerizados de processo	A 007	Plásticos diversos		1				
Resíduos de borracha	A 008	Resíduos de borracha em geral		1				
Resíduos de madeira contendo substâncias não tóxicas	A 009	Maravalha; serragem; pó madeira			1		2	
		Madeira em geral			1			
Resíduos de materiais têxteis	A 010	Têxtil		1				
Resíduos pastosos de ETE contendo substâncias não tóxicas	A 022	Lodo com metais						1
Resíduos de vidros	A 117	Vidros diversos		1				2
Espumas	A 308	Espuma		1				
Outros resíduos não perigosos	A 099	Outros resíduos mistos						1
		Agregados na construção civil		1				

Classe I - Perigosos (¹)								
Resíduo			R99 Devolução fabricante	R99 Reciclagem	R01 Utilização em forno industrial R02-Utilização em caldeira	R03 Co- processamento em fornos cimento	T16 compostagem	B04 aterro industrial (Terceiros)
Descrição	Código (²)	Tipologia						
Solventes contaminados	F105	Solventes e vernizes		1		2		3
Restos e borras de tintas e pigmentos	K 053	Pó de tinta		1		2		3
Lâmpadas com vapor de mercúrio	F 044	Lâmpadas fluorescentes	1	2				
Outros resíduos perigosos	D 099	Pilhas e baterias	1	2				
		Sucata eletro-eletrônica	1	2				
		Produtos químicos	2					1
		Resíduos mistos contaminados				1		2
		trapos de malha contaminados				1		2
		graxa mineral / óleo mineral		1				
		Papel contaminado					1	
Plásticos contaminados			1				2	

(¹) Conama 313/2002 e ABNT-NBR 10004/04

(²) Conama 313/2002

Legenda: (1) = prioridade; (2) 2ª opção

### **4.3 Identificação de algumas centrais de resíduos e principais características de gestão**

As visitas realizadas junto à 5 centrais de resíduos no Brasil e no exterior, permitiram levantar os principais aspectos de gestão e de atuação das mesmas, não se limitando apenas àquelas específicas para resíduos de madeira e móveis, mas também outras unidades que contemplam gama maior de resíduos e que permitam contribuir com subsídios visando a estruturação da Central de Resíduos do Setor de Móveis da RMC, conforme descrito abaixo:

#### **4.3.1 Central de Valorização de Materiais - Setor de Bebidas – RMC**

A criação da central de resíduos para o setor de bebidas da RMC encontra-se em fase de projeto, através do Sindibebidas PR, todavia, o estudo já proporciona uma série de informações, sendo sua instalação definida no Município de Pinhais (PR). A instalação prevê um barracão de 2.000 m<sup>2</sup> e no estágio de completo funcionamento está prevista mão de obra de até 170 pessoas, envolvida direta e indiretamente com a central, beneficiando aproximadamente 3.000 famílias.

Os catadores de materiais recicláveis serão parceiros da Unidade, principalmente no tocante às coletas de resíduos, contemplando a participação de trinta associações ou cooperativas de catadores da RMC. Nesse sentido, propõe-se por uma forma de gestão compartilhada entre as empresas participantes e a organização dos catadores.

O Sindicato do Leite e outras entidades congêneres estão se juntando ao processo fortalecendo a unidade. Todo o projeto está sendo viabilizado através de recursos das empresas participantes, rateado via cotas de participação, sendo que só os investimentos referentes à equipamentos, veículos, entre outros, ultrapassam um milhão de reais.

Segundo o Sindibebidas – PR, além de todos os ganhos ambientais, a unidade proporcionará aumento no ganho dos catadores de materiais recicláveis, elevando os valores praticados, face aos volumes e estrutura disponibilizados, bem como existe propensão de realizar o beneficiamento de plásticos na própria central de resíduos, galgando um passo a mais na logística da reciclagem dos materiais.

O principal diferencial desta central, comparada com as demais unidades visitadas é que a mesma será operacionalizada e em parte gerida pelos catadores organizados, conforme preconiza a política nacional de resíduos sólidos. Além do que as empresas participantes estão injetando recursos para sua instalação.

#### **4.3.2 Empresa “C” processadora de resíduos de madeira da RMC**

A empresa visitada pelo autor em 2010 é um dos principais receptores de resíduos de madeira da região e fica situada na Região Metropolitana de Curitiba.

A Empresa possui 60 alqueires e é licenciada para receber resíduos de madeira, inclusive oriunda da construção civil, os quais são picados na empresa para posterior comercialização (figura 15).



A



B



C



D

FIGURA 15 – EMPRESA “C” - CENTRAL DE RESÍDUOS DE MADEIRA DA RMC: A) galpão do picador; B) resíduos de painéis de madeira a serem processados; C) pátio de madeiras; D) cavacos já processados.

O mercado fornecedor atual diz respeito às indústrias de madeira (serrarias) as quais fornecem 400 m<sup>3</sup>/mês de cavacos de madeira. A empresa tem capacidade para processar (picar) até 60 m<sup>3</sup>/dia e adquire os resíduos ao valor médio de R\$ 30,00/m<sup>3</sup> e comercializa os resíduos picados a uma razão de R\$ 45,00/m<sup>3</sup> colocado no cliente. Além de comercializar os cavacos de madeira, a empresa também utiliza parte deste material no processo de queima em olaria própria.

As olarias utilizam predominantemente os cavacos (80% das empresas), todavia, os fornos podem queimar tanto os briquetes como os pellets. Quanto ao comparativo da queima dos tijolos no forno, se usada a serragem sem processo de compactação, o tempo de queima é de 30 horas, já utilizando os cavacos, o tempo de queima cai para 24 horas.

A empresa “C” tem potencial para ser um grande fornecedor de cavacos para a central de resíduos da RMC visando futura fabricação de briquetes e pellets. A prática desta central no direcionamento dos cavacos oriundos de painéis de madeira para a indústria cerâmica, apesar de licenciada, não apresenta a melhor destinação do ponto de vista ambiental e legal, considerando as emissões oriundas das resinas fenólicas e o incipiente controle de emissões atmosféricas pelo setor de olarias.

#### **4.3.3 Centro de Tecnologia em Ação e Desenvolvimento Sustentável (CETEC)**

Segundo visita realizada, o centro foi criado em 2001, tendo como objetivo absorver todos os resíduos oriundos das indústrias moveleiras a ele vinculadas (140 empresas), recebendo aproximadamente 350 t/dia sendo 90% de resíduos lignocelulósicos (madeira, serragem, pó-de-serra), conforme figura 16.



FIGURA 16 - VISTA AÉREA DO CETEC (FONTE: CETEC, 2010).

O CETEC trabalha em regime de parceria com as empresas moveleiras do Município de Araçongas (PR), pagando pelos resíduos recicláveis e cobrando aqueles que necessitam de um destino ambientalmente correto, como é o caso dos perigosos (solventes, tintas, entre outros), sendo auto-suficiente economicamente.

A central do CETEC emprega os resíduos lignocelulósicos, em especial o pó e cavacos de MDF na produção de briquetes e *pellets*, sem a utilização de nenhuma espécie de aglomerantes, sendo sua capacidade produtiva na ordem de 270 t/dia de briquetes e 60 t/dia de pellets. Estes produtos são direcionados a fornos industriais não voltados à alimentação humana, face à toxicidade das resinas sintéticas.

Os demais resíduos recicláveis, como é o caso do papel, plásticos, tecidos, estes por sua vez sofrem separação secundária, prensagem, enfardamento e são direcionados para a indústria da reciclagem. Os resíduos perigosos tais como borras de tintas e solventes, passam por um processo de reciclagem na própria Central, sendo o solvente separado da borra por destilação a uma temperatura acima de 150°C até chegar ao nível de pureza adequado. Após este processo, o solvente acaba sendo vendido para as próprias indústrias filiadas. Quanto à sobra de tinta remanescente, esta é direcionada para a produção de uma tinta de segunda linha, de coloração escura, normalmente comercializada para pintura de pisos.

A central do CETEC possui frota própria de caminhões para as remoções de resíduos e fornecem caçambas estacionárias para o armazenamento temporário dos resíduos junto às empresas.

Além da destinação final dos resíduos, esta central fornece às empresas um serviço de avaliação e certificação ambiental focada principalmente na gestão dos resíduos, variando dos conceitos “A” (exemplar) até conceito “E” (inadequado). As auditorias são realizadas anualmente e mesmo longe de uma certificação nos padrões ISO, auxiliam às mesmas na sua regularização ambiental.

#### **4.3.4 Central de Resíduos da Indústria Calçadista de Três Coroas - RS**

O Sindicato da Indústria Calçadista de Três Coroas constituiu uma central de resíduos para atender o segmento calçadista da região, contemplando a central de triagem e aterro de resíduos industriais perigosos (ARIP), conforme figura 17.

Atualmente são recebidas 250 t/mês de resíduos de 93 empresas filiadas, sendo 68% em condições de reaproveitamento e os demais são direcionados ao aterro industrial próprio. O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e o licenciamento ambiental são exigidos das empresas filiadas.



A



B

FIGURA 17 - CENTRAL DE RESÍDUOS DE TRÊS COROAS: A) vista aérea; B) interior do barracão.

Além dos resíduos das indústrias, esta central também recebe resíduos recicláveis da população do município através das escolas municipais, com coletas semanais.

Os resíduos são segregados diretamente nas empresas geradoras e transportados até a central através de frota terceirizada. A central de Três Coroas além de efetuar treinamentos periódicos para colaboradores das empresas parceiras na separação correta dos resíduos, também desenvolve treinamentos que abrangem questões pedagógicas e psicológicas, auxiliando em uma efetiva gestão de resíduos.

A pesagem dos resíduos é realizada quando da sua chegada à esta central, sendo efetuados os registros através de sistema de código de barras presente nas etiquetas que acompanham os resíduos, onde o sistema registra informações sobre a procedência, o tipo do resíduo e respectivo peso. As empresas filiadas recebem antecipadamente relação de etiquetas, abrangendo todos os resíduos gerados pela mesma para que estes sejam direcionados à esta central devidamente identificados (figuras 18-A e 18-B). Desta forma existe um controle fidedigno do estoque de resíduos, bem como facilita o processo de gestão das entradas e saídas de material.

As edificações desta central foram construídas de forma a aproveitar as águas de chuva que alimentam região de banhado anexo ao barracão, no âmbito de

um projeto focado na sustentabilidade, auxiliando na preservação da área citada, conforme pode ser observado nas figuras 18-C e 18-D.



A



B



C



D



E



F

FIGURA 18 – CENTRAL DE RESÍDUOS DE TRÊS COROAS E CRIADOURO CONSERVACIONISTA: a) sistema de código de barras; b) pesagem dos resíduos; c) área de banhado preservada; d) aproveitamento das águas pluviais; e) criadouro conservacionista; f) animais em recuperação.

A central de Três Coroas, além da gestão de resíduos, ainda dispõe de um Criadouro Conservacionista, licenciado pelo IBAMA, que tem o objetivo de recolher animais vítimas de maus tratos ou apreendidos em ações de combate ao tráfico de animais. O criadouro abriga diversas espécies da fauna, servindo de local para

educação ambiental junto às Escolas do Município e para a sociedade em geral (figuras 18-E, 18-F).

O aterro industrial foi concebido dentro das mais rigorosas normas técnicas e atualmente tem a função de armazenar os resíduos enquanto não surgem novas tecnologias para tratamento e recuperação (figuras 19-A, 19-B, 19-C).



A



B



C



D



E



F

FIGURA 19 – CENTRAL DE RESÍDUOS DE TRÊS COROAS E ARIP; A) valas cobertas para resíduos perigosos; B) interior das valas do ARIP; C) valas preenchidas do ARIP; D) marketing ambiental; E) jogos educativos nas embalagens dos produtos; F) selo de responsabilidade socioambiental.

O processo de educação ambiental foi ampliado, onde os filiados têm a possibilidade de utilizar imagens e informações deste trabalho junto às embalagens de seus produtos enfatizando a responsabilidade sócio ambiental empregada por todos os atores envolvidos neste trabalho, permitindo extrapolar parte das informações para a Sociedade (figuras 19-D e 19-E).

A central de Três Coroas realiza processo de certificação das empresas, com caráter voluntário para fins de obtenção da marca “Produção Consciente = Amanhã mais Feliz”. A concessão desta marca (selo) ocorre mediante auditoria externa, onde as empresas necessitam cumprir com todos os requisitos previstos em regulamento específico, contemplando no escopo a separação, identificação, armazenagem e destinação dos resíduos, bem como a mão de obra utilizada pela empresa deve estar regularizada, onde não é permitida mão de obra infantil. A marca citada deve indicar existência de responsabilidade socioambiental junto às empresas participantes (figura 19-F).

#### **4.3.5 Experiências na gestão de resíduos de madeira em Tübingen-Dusslingen (Alemanha)**

A Central de Resíduos da cidade de Tübingen dispõe de um aterro sanitário, área para triagem de resíduos e também recepção de outros resíduos que não são processados no local, mas estão contemplados na logística reversa, conforme legislação ambiental da Alemanha.

Os resíduos são classificados em aproximadamente 20 (vinte) grupos, sendo somente 4 (quatro grupos) relacionados à madeira. Os grupos de resíduos e a destinação final empregada encontram-se descritos no quadro abaixo:

GRUPO	ESPECIFICAÇÃO	DESTINAÇÃO FINAL
1	Madeira de obras (madeira maciça)	Utilizada na fabricação de painéis de MDF
2	Madeira impregnada com material não perigoso	Aproveitamento energético (geração de energia – incinerador comum)
3	Madeira com resina (indústria de móveis)	Aproveitamento energético (geração de energia – incinerador especial)
4	Madeira impregnada com Hg (mercúrio);	Aproveitamento energético (geração de energia – incinerador especial)

QUADRO 10 – GRUPOS DE RESÍDUOS E DESTINAÇÃO FINAL NA ALEMANHA.

Além desses grupos (madeira), a unidade também recebe resíduos eletroeletrônicos, sendo divididos em 10 novos grupos, porém, para estes, os custos com a reciclagem e tratamento são de responsabilidade dos fabricantes, conforme preconiza a legislação local.

A figura 20 ilustra a separação dos resíduos de madeira, conforme sua composição e as caçambas de grande porte ficam posicionadas em desnível, a fim de facilitar a movimentação manual dos resíduos, conforme se pode observar na figura 20-C.



A



B



C

FIGURA 20 - CENTRAL DE RESÍDUOS – ALEMANHA; A) resíduos de madeira sólida; B) resíduos de painéis; C) caçamba em desnível.

A recepção de parte dos resíduos ocorre inclusive através dos próprios geradores, sem ônus para o gerador, conforme pode ser visualizado na figura 21-A.

A central também possui sistema próprio de coleta com frequência semanal junto aos bairros da cidade, removendo em especial os resíduos eletroeletrônicos, conforme ilustrado na figura 21-B.



A



B

FIGURA 21 – LOGÍSTICA DE TRANSPORTE - CENTRAL DE RESÍDUOS – ALEMANHA; A) transporte voluntário de resíduos; B) transporte público dos resíduos.

Outra experiência verificada na Alemanha, no que tange ao aproveitamento energético dos resíduos de madeira diz respeito à produção de pellets para produção de calor junto às residências, hotéis e demais estabelecimentos comerciais. Os *pellets* são fornecidos à granel, eliminando qualquer tipo de embalagem, utilizando sistema de caminhão tanque e bombeamento, conforme ilustrado na figura 22.



A



B

FIGURA 22 – BOMBEAMENTO DE PELLETS – ALEMANHA; A) transferência dos pellets via bombeamento; B) veículo de transporte.

Esta visita demonstrou a importância da união do setor público e privado na solução dos problemas relacionados aos resíduos sólidos, já que a administração da central ocorre de forma consorciada. Outra situação de destaque diz respeito à comunidade, a qual também participa entregando parte dos resíduos diretamente nas centrais. Esta situação tende a ser alterada no Brasil frente à política nacional de resíduos sólidos (Lei 12305/10), fortalecendo a questão da responsabilidade compartilhada e a logística reversa.

#### **4.3.6 Resumo das centrais de tratamento de resíduos**

Quanto à localização, 80% das centrais visitadas situam-se próximas do mercado fornecedor e 40% próximas do mercado consumidor dos produtos finais, atendendo ao citado por NAC Briquetes (2010).

O sistema de governança que mais tem dado certo, de acordo com as visitas realizadas, diz respeito à criação de uma ONG, com o envolvimento do sindicato que representa a categoria.

A sustentabilidade econômica em 60% das centrais demonstrou que as mesmas têm autonomia na questão financeira, sem necessitar da injeção de recursos de seus filiados. Todavia, com o advento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12305/10), em especial quanto à logística reversa e a responsabilidade compartilhada ambas previstas na referida legislação, a questão de sustentabilidade passa a ser secundária, já que para muitos resíduos toda esta logística e tratamento passam a ser obrigatórios.

Além de processar parte dos resíduos, a central deve atuar como unidade de transbordo, auxiliando na logística reversa a exemplo do óleo lubrificante, embalagens, resíduos eletrônicos, entre outros, já previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12305/2010).

Outra característica observada e que hoje se vislumbra como uma necessidade é de que a central de resíduos sólidos amplie seu leque de atividades, onde além dos serviços de coleta e processamento dos resíduos, também extrapole seus serviços, ofertando consultoria ambiental para as empresas filiadas, sendo observado em 40% das centrais visitadas. As principais consultorias dizem respeito

à elaboração do PGRS, processos de certificação e educação ambiental, como uma solução para os problemas com os resíduos sólidos das empresas.

O selo ambiental, identificado em 20% das centrais visitadas tem sido recebido de maneira muito positiva entre os empresários locais, os quais já vislumbraram o selo/certificação como um diferencial no mercado cada vez mais competitivo.

O transporte dos resíduos (sistema de coleta) nas centrais visitadas demonstrou que 30% ocorrem através de frota própria, sendo que o estudo de caso da RMC vislumbra 100% do transporte sendo realizado em sistema próprio. Apesar do transporte próprio não ser o mais usual, esta opção além de reduzir custos operacionais, também facilita a inserção de sistemas de baixo carbono, com a utilização de combustíveis alternativos, já que a frota encontra-se sob controle da própria organização. Todavia, uma das centrais visitadas já contemplou os catadores organizados como responsáveis pela coleta dos materiais, o que é uma tendência em médio prazo segundo a Lei federal nº 12305/10.

As visitas técnicas e entrevistas com pessoal diretamente envolvido nas cooperativas, reuniões com Órgãos Ambientais e Ministério Público evidenciaram a necessidade da inserção de uma cooperativa de catadores como parceira na central de resíduos. Esta cooperativa pode atuar na triagem, prensagem e beneficiamento dos resíduos recicláveis (papel, plástico, espumas, couros, tecidos, metais, etc.) além de poder absorver parte do sistema de transporte dos resíduos dos geradores até a Central.

Neste âmbito, em 60% das centrais estudadas foi contemplada a inclusão social, mediante o envolvimento das cooperativas de catadores, atuando de forma ambientalmente correta e socialmente justas. Esta prática vem de encontro à política nacional de resíduos sólidos que prioriza a participação dos catadores, principalmente na fase da coleta seletiva e logística reversa.

O resumo comparativo abaixo foi elaborado com base nas visitas técnicas efetuadas junto às centrais de resíduos, obtendo-se alguns subsídios para a estruturação da Central de Resíduos do Setor Moveleiro, objeto desta dissertação.

Aspecto observado	Central de Resíduos				
	Três Coroas	Cetec	Empresa "C"	Alemanha	Sindibebidas
Localização	Prox. Centro fornecedor	Prox. Centro fornecedor	Prox. Centro consumidor	Prox. Centro fornecedor	Prox. Centro fornecedor e consumidor
Sistema de governança	Sindicato	ONG	Instituição privada	Instituição pública/privada	Mista (empresas e Organizações de Catadores)
Sustentabilidade econômica	Injeção recursos dos filiados	Autonomia financeira	Autonomia financeira	Autonomia financeira	Injeção recursos dos filiados (instalação)
Envolvimento Cooperativa Catadores	Sim (transporte dos resíduos)	Sim (triagem, prensagem, destinação recicláveis)	Não	Não	Sim (transporte, triagem, beneficiamento dos resíduos)
Amplitude dos serviços	Setor industrial e urbano (parcial)	Setor industrial	Setor industrial	Setor industrial e urbano	Setor industrial e urbano
Principais serviços	Prensagem; aterro industrial; educação ambiental; reserva ecológica; consultoria ambiental;	Prensagem; briquetagem; reciclagem tintas e solventes; Consultoria ambiental;	picotadeira	Triagem; aterro; incinerador	Triagem, prensagem, beneficiamento, destinação final,
Sistema transporte utilizado	Terceirizado	Próprio	Terceirizado	Próprio e terceirizado	Organizações dos catadores
Motivação para constituição da Central	Negócio	TAC – Termo de Ajustamento de Conduta	Negócio	Negócio	Negócio TAC

QUADRO 11 – RESUMO COMPARATIVO DAS CENTRAIS DE RESÍDUOS.

A utilização de um software para controle e gerenciamento dos resíduos foi outro fator observado e que facilita grandemente a operacionalização, inclusive com a adoção do sistema de código de barras. Tal sistema também já vem sendo utilizado na logística reversa de óleo lubrificante no PR, através do programa “Jogue Limpo” e da logística reversa de medicamentos.

#### **4.4 Estimativa de emissões de GEE oriundos da central de resíduos da indústria moveleira da RMC**

Apesar da central de resíduos do setor moveleiro da RMC ainda apresentar-se em fase de projeto, já se pode estimar a quantidade de gases de efeito estufa que serão originados em função de sua atividade, com base nos dados do projeto. A estimativa das emissões contempla todas as fontes emissoras, consideradas unidades físicas ou processos que liberam um GEE na atmosfera, em especial o transporte rodoviário, energia, consumo de gás liquefeito de petróleo (GLP), geração de metano, assim como o fornecimento de parte dos materiais que serão utilizados na Central.

##### **4.4.1 Inventário de emissões de GEE – Emissões diretas (escopo 1)**

As emissões diretas (escopo 1) conforme mencionado contemplam as emissões oriundas do transporte rodoviário dos veículos utilizados pela central de resíduos da RMC, bem como as emissões relativas ao gás liquefeito de petróleo (GLP) utilizado no preparo das refeições dos funcionários.

A estimativa de consumo do gás liquefeito de petróleo (GLP), considerando 5280 refeições/ano com base em um consumo de 317 kg de GLP os cálculos resultaram na emissão anual de 0,95 tCO<sub>2</sub>e.

Quanto às emissões relacionadas ao transporte rodoviário, foram contemplados 4 cenários, utilizando diferentes tipos de combustíveis.

- a) Cenário 1 – De alta emissão de CO<sub>2</sub>e: uso de gasolina no veículo utilitário e diesel mineral nos veículos de coleta.

Considerando o combustível a ser utilizado diretamente pela central no transporte rodoviário resultou no consumo anual de 2.880 litros de gasolina, além de 36.000 litros de diesel, principal combustível utilizado, estimando 103,05 tCO<sub>2</sub>e.

O total das emissões de GEE com base no escopo 1, em um cenário de alta emissão é de 104 tCO<sub>2</sub>e.

A figura 23 demonstra que a principal emissão de GEE tem origem no transporte rodoviário.

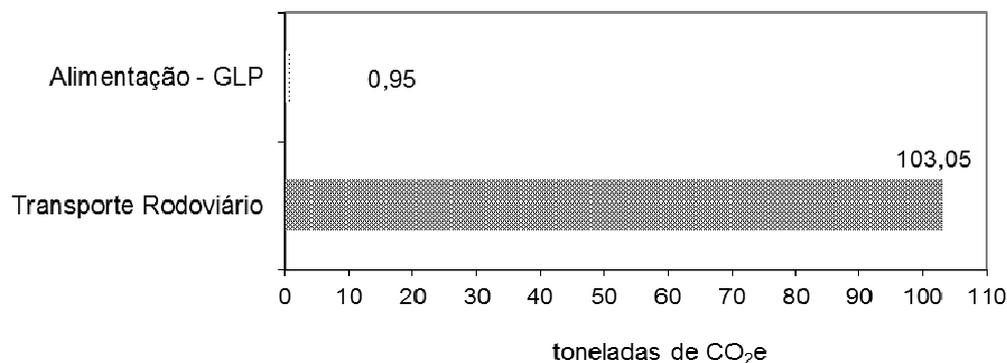


FIGURA 23 – EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 1 – CENÁRIO 1.

- b) Cenário 2 – De baixa emissão de CO<sub>2</sub>e: considerando a substituição de combustíveis, passando à utilização do etanol para o veículo utilitário e biodiesel (B20) para os caminhões de coleta.

O combustível estimado para o veículo utilitário da central no transporte rodoviário resultou no consumo anual de 3.600 litros de etanol, estimando a emissão de 0,03 tCO<sub>2</sub>e. Quanto aos veículos de coleta de resíduos, em face da utilização do biodiesel B20, considerando os 36.00 litros de biodiesel, estima-se 81,92 tCO<sub>2</sub>e já embutida a redução de 15%.

O total das emissões diretas de GEE com base no cenário 2 - baixa emissão é de 82,87 tCO<sub>2</sub>e, conforme figura 24.

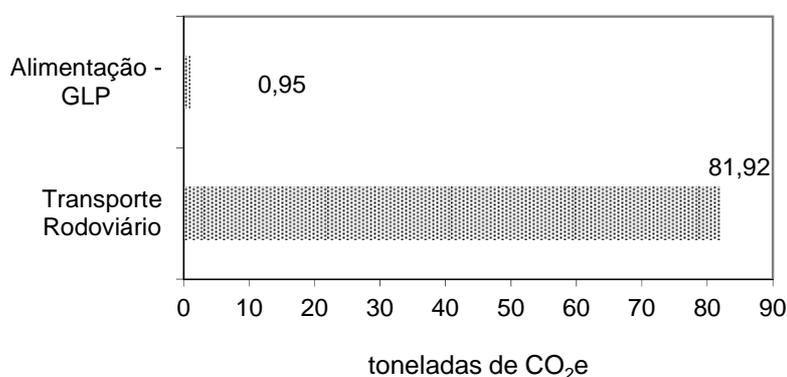


FIGURA 24 – EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 1 – CENÁRIO 2.

O fato de utilizar etanol como combustível em parte da frota de veículos da central de resíduos permitiu reduzir as emissões de GEE, corroborando com o citado por Cavalcanti *et. al.* (2010) os quais destacaram os diversos benefícios ambientais do uso do etanol, com a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, em função de que os gases oriundos da queima acabam sendo compensados por meio da fotossíntese durante o crescimento da cana-de-açúcar.

Cavalcanti *et. al.* (2010) citaram uma redução das emissões em torno de 2,1 kg de CO<sub>2</sub>e em relação ao consumo de gasolina para cada litro de etanol anidro consumido, comparado com os resultados deste trabalho onde estima-se uma redução de 2,32 kg de CO<sub>2</sub>e para cada litro de etanol, quando substituída a gasolina.

- c) Cenário 3 – De baixa emissão de CO<sub>2</sub>e: veículo utilitário utilizando etanol e os caminhões de coleta passam a utilizar o biodiesel (B100) ou o próprio etanol.

A quantidade estimada de combustível/ano foi de 43.200 litros de biodiesel – B100 (caminhões de coleta), além de 3.600 litros de etanol (veículo utilitário) resultando em 0,34 tCO<sub>2</sub>e.

O total das emissões diretas de GEE com base no cenário 3 - baixa emissão é de 1,29 tCO<sub>2</sub>e, conforme demonstrado na figura 25.



FIGURA 25 – EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 1 – CENÁRIO 3.

O uso de biodiesel em substituição ao diesel mineral na frota de veículos de carga da Central de Resíduos da RMC demonstrou possibilidade de redução de até 56% das emissões de GEE, comparado com a possibilidade de um decréscimo de 78% de GEE descritos por Rosa *et al.* (2003).

d) Cenário 4 – De baixa emissão de CO<sub>2</sub>e: etanol como combustível para o veículo utilitário e gás natural veicular (GNV) para os caminhões de coleta.

O cálculo de consumo para o GNV resultou em 30.857 m<sup>3</sup> estimando as emissões de 57,45 tCO<sub>2</sub>e, somada à emissão do etanol (0,03 tCO<sub>2</sub>e) e do GLP (0,95 tCO<sub>2</sub>e), têm-se um total para o escopo 1 de 58,43 tCO<sub>2</sub>e, conforme ilustrado na figura 26.

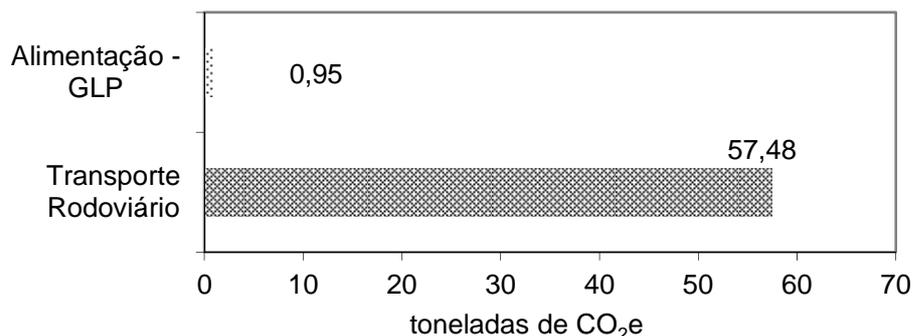


FIGURA 26 – EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 1 – CENÁRIO 4.

As atividades com baixa emissão de CO<sub>2</sub> vêm de encontro ao citado por Sachs (2000) no tocante à sustentabilidade ecológica, considerando a substituição de combustíveis fósseis por combustíveis renováveis, bem como ao citado por Dodmann (2011), com a necessidade de maior conscientização dos indivíduos, no tocante aos hábitos de consumo, formas de transporte e nas emissões embutidas nos produtos que escolhem para comprar.

#### 4.4.2 Emissões indiretas de GEE (energia):

Considerando um consumo de energia pela central de resíduos da RMC de 370.078 kWh ao longo de um ano, estima-se a emissão de 18,95 tCO<sub>2</sub>e. Neste cálculo foram contempladas todas as fontes consumidoras de energia, tais como os equipamentos relacionados à produção, equipamentos de escritório, refeitório, bem como o sistema de iluminação.

#### 4.4.3 Outras Emissões indiretas de GEE (escopo 3)

Os cálculos das emissões contemplando todos os transportes que não são de responsabilidade da central, consideraram a necessidade de percorrer 4280 Km/mês no transporte dos resíduos recicláveis (pós processamento na central). Alguns inclusive, sujeitos à logística reversa, sofrem apenas separação, armazenagem adequada, seguindo para o destino final, conforme estabelecido na legislação. Nesse caso, a central é utilizada apenas para facilitar a logística de coleta, atuando como uma unidade de transbordo.

A logística de transporte para os resíduos perigosos foi estimada em 1260 Km/mês, com percursos da central até as unidades de recebimento e tratamento de resíduos sólidos, enquanto o transporte do produto final (briquetes) foi estimado em 2034 km/mês.

Considerando uma estimativa de consumo de 1.536 litros de gasolina e 21.109 litros de diesel para prover os serviços de transporte rodoviário indireto estima-se emissão de 60,07 t CO<sub>2</sub>e.

Os principais materiais utilizados pela Central durante o ano, principalmente dos setores administrativos, além dos produtos têxteis (EPI's) resultaram em 1,048 tCO<sub>2</sub>e correspondente aos plásticos acrescido de 0,202 tCO<sub>2</sub>e relativo ao papel, além de 1,58 tCO<sub>2</sub>e do material têxtil.

A tabela 13 e figuras 27 e 28 apresentam um resumo das atividades e estimativas das emissões indiretas (escopo 3), tanto em quantitativo, como percentual, totalizando em 62,27 tCO<sub>2</sub>e.

Tabela 13 - Resumo das emissões de CO<sub>2</sub>e – escopo 3.

ATIVIDADES (ESCOPO 3)	tCO <sub>2</sub> e
Transporte-saída recicláveis	22,91
Transporte-briquetes	13,06
Transporte - colaboradores	8,56
Transporte-saída perigosos	6,74
Transporte-saída rejeitos+orgânicos	4,01
Consumo de materiais	1,58
Transporte-fornecedores	1,20
Transporte aéreo	0,59
Resíduos orgânicos (metano)	0,03
Transporte-visitantes	3,58
<b>TOTAL (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>62,27</b>

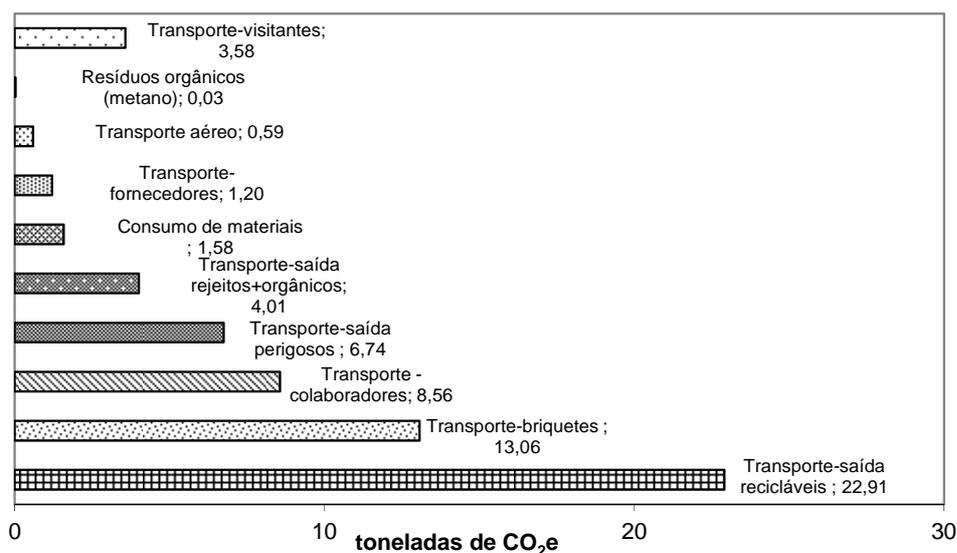


FIGURA 27 – EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 3.

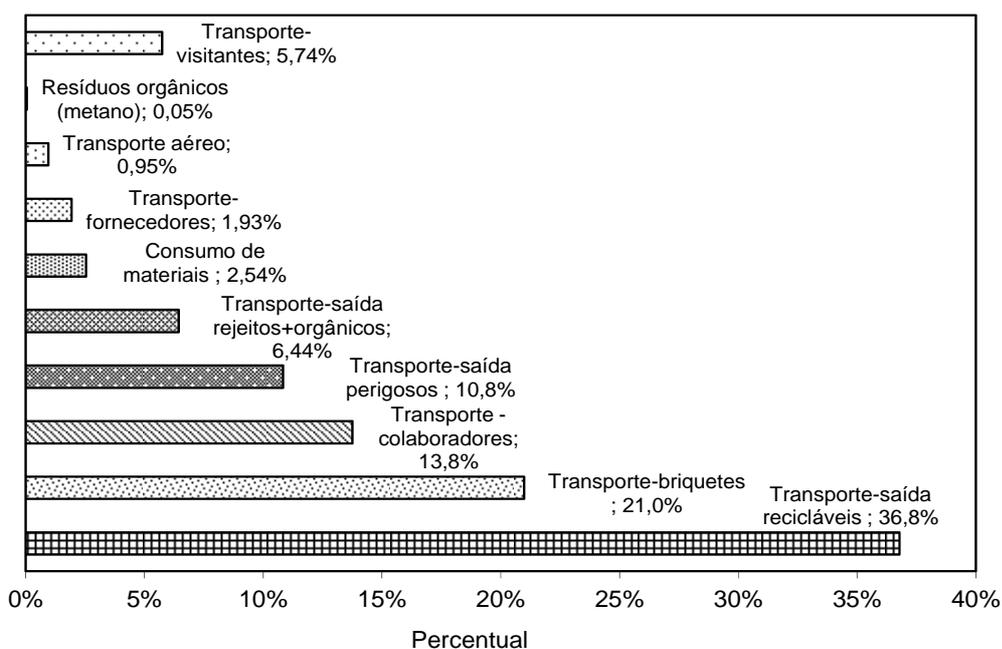


FIGURA 28 – PERCENTUAL DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – ESCOPO 3.

#### 4.4.4 Total das emissões de GEE

a) Total de emissões, com base no cenário 1 – Alta emissão de carbono:

Considerando a estimativa de todas as emissões, tanto diretas, como indiretas, tem-se como resultado final uma média de 185,21 tCO<sub>2</sub>e a cada ano, conforme pode ser visualizado na tabela 14 a seguir.

TABELA 14- RESUMO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e – ESTIMATIVA TOTAL – CENÁRIO 1.

ATIVIDADES	tCO <sub>2</sub> e
Transporte Rodoviário	163,11
Energia elétrica	18,95
Materiais	1,58
Alimentação - GLP	0,95
Transporte aéreo	0,59
Resíduos - metano	0,03
<b>TOTAL (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>185,21</b>

A maior fonte emissora de GEE é o setor de transporte rodoviário, representando 88% do total de emissões, conforme pode ser observado na figura 29

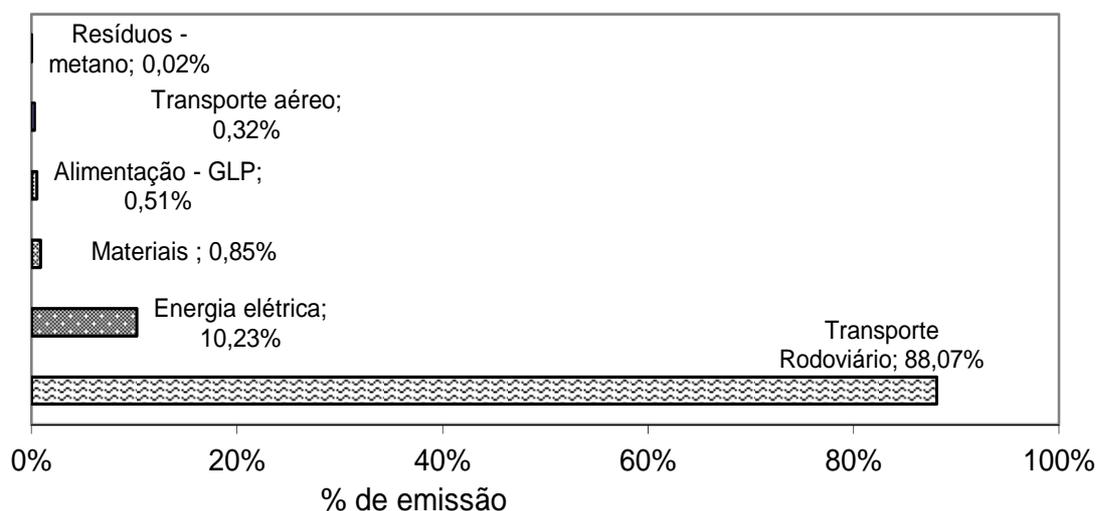


FIGURA 29 – PERCENTUAL DE EMISSÕES TOTAIS DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – CENÁRIO 1.

b) Total de emissões, com base no cenário 2 – baixa emissão de carbono

A estimativa do total de emissões (diretas e indiretas), se avaliado o cenário 2 – baixa emissão de carbono é de 164,09 tCO<sub>2</sub>e a cada ano, conforme pode ser visualizado na tabela 15.

TABELA 15 - RESUMO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e – ESTIMATIVA TOTAL – CENÁRIO 2.

ATIVIDADES	tCO <sub>2</sub> e
Transporte Rodoviário	141,99
Energia elétrica	18,95
Materiais	1,58
Alimentação - GLP	0,95
Transporte aéreo	0,59
Resíduos - metano	0,03
<b>TOTAL (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>164,09</b>

Nesse caso, a maior fonte emissora de GEE continua sendo o setor de transporte rodoviário, representando 86,5% do total de emissões, conforme ilustrado na figura 30.

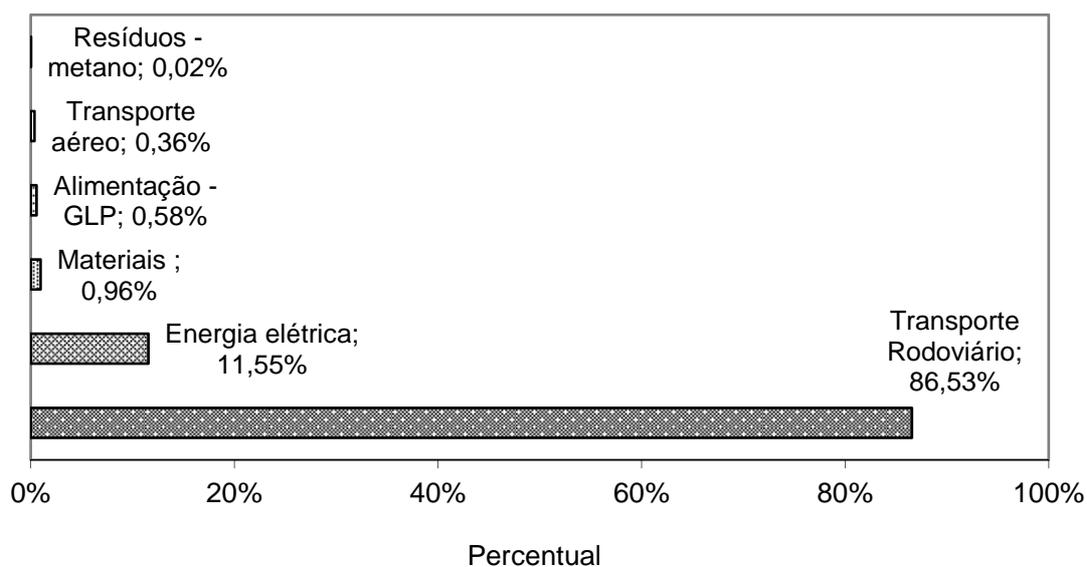


FIGURA 30 – PERCENTUAL DE EMISSÕES TOTAIS DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – CENÁRIO 2.

c) Total de emissões, com base no cenário 3 – baixa emissão de carbono

O cenário 3 apresenta uma estimativa total de emissões (diretas e indiretas) de 82,51 tCO<sub>2</sub>e a cada ano, conforme pode ser visualizado na tabela 16 a seguir.

TABELA 16- RESUMO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e – ESTIMATIVA TOTAL – CENÁRIO 3.

ATIVIDADES	tCO <sub>2</sub> e
Transporte Rodoviário	60,41
Energia elétrica	18,95
Materiais	1,58
Alimentação - GLP	0,95
Transporte aéreo	0,59
Resíduos - metano	0,03
<b>TOTAL (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>82,51</b>

A maior fonte emissora de GEE no cenário 3 continua sendo o setor de transporte rodoviário, porém, reduzindo para 73% do total de emissões, conforme demonstrado na figura 31.

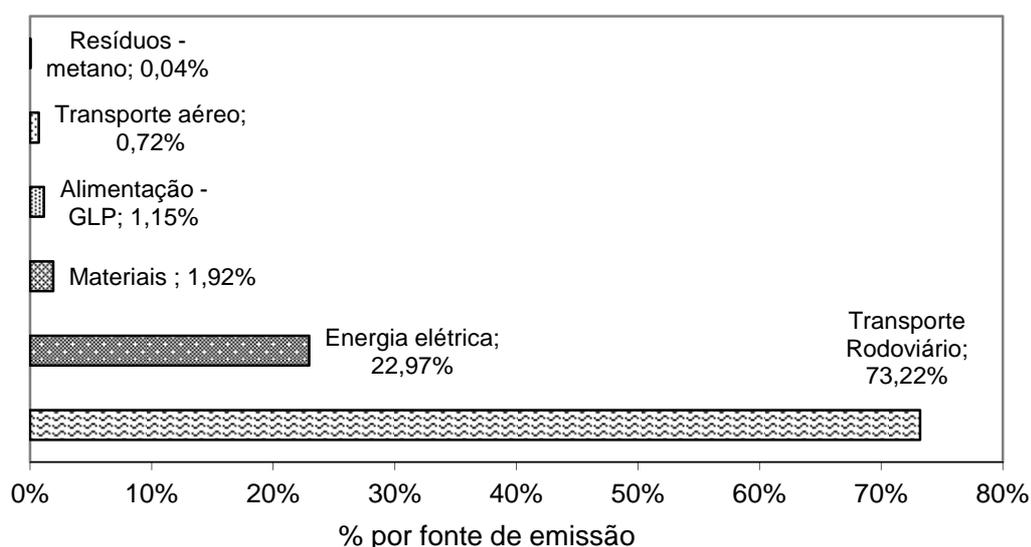


FIGURA 31 – PERCENTUAL DE EMISSÕES TOTAIS DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – CENÁRIO 3.

d) Total de emissões, com base no cenário 4 – baixa emissão de carbono

A estimativa do total de emissões (diretas e indiretas), de acordo com o cenário 4 é de 139,65 tCO<sub>2</sub>e a cada ano, conforme tabela 17 a seguir:

TABELA 17- RESUMO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e – ESTIMATIVA TOTAL – CENÁRIO 4.

ATIVIDADES	tCO <sub>2</sub> e
Transporte Rodoviário	117,55
Energia elétrica	18,95
Materiais	1,58
Alimentação - GLP	0,95
Transporte aéreo	0,59
Resíduos - metano	0,03
<b>TOTAL (tCO<sub>2</sub>)</b>	<b>139,65</b>

A figura 32 demonstra que o transporte rodoviário continua sendo a maior fonte de emissões, com 84% de participação.

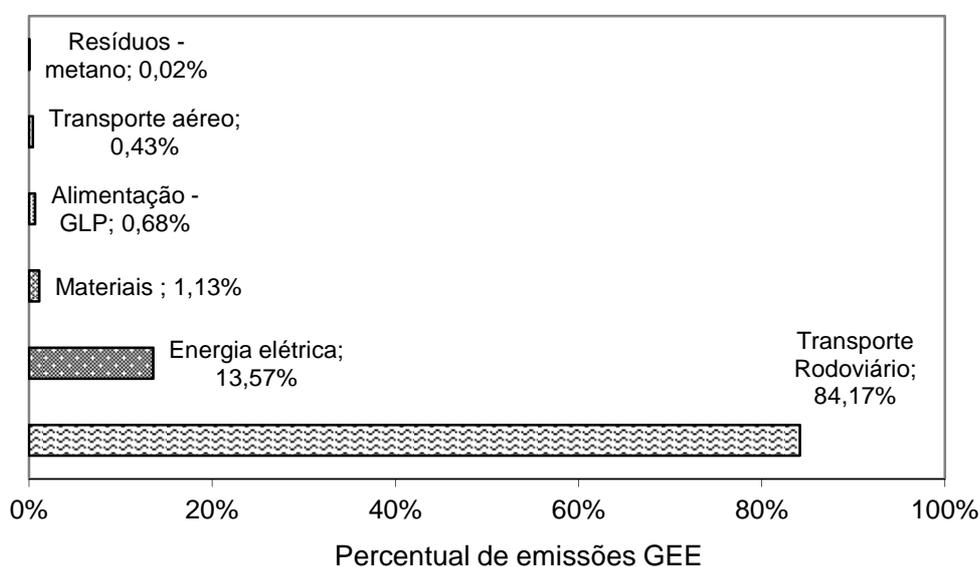


FIGURA 32 – PERCENTUAL DE EMISSÕES TOTAIS DE CO<sub>2</sub>e POR FONTES GERADORAS – CENÁRIO 4.

e) Comparativo do total de emissões, considerando os 4 cenários de emissões diretas

A comparação entre os quatro cenários de emissões de GEE permite observar as reduções das emissões diretas, face utilização de combustíveis renováveis ou de menor impacto ambiental (tabela 18).

TABELA 18 – COMPARATIVO DAS EMISSÕES DE GEE ENTRE OS QUATRO CENÁRIOS.

Cenários (variável no abastecimento da frota própria)			Emissões por escopo (em toneladas de CO <sub>2</sub> e)			
			escopo 1 (emissões diretas)	escopo 2 (energia)	escopo 3 (outras emissões indiretas)	Total
alto carbono	cenário 1	utilitário (gasolina); caminhões (diesel comum)	104	18,95	62,27	185,22
baixo carbono	cenário 2	utilitário (etanol); caminhões (biodiesel B20)	82,87			164,09
	cenário 3	utilitário (etanol); caminhões (biodiesel B100 ou etanol)	1,29			82,51
	cenário 4	utilitário (etanol); caminhões (GNV)	58,43			139,65

Através deste comparativo os cálculos demonstram que pequenas alterações nos combustíveis empregados podem provocar grandes mudanças nas emissões ao longo do tempo. Neste exemplo, relacionado à central de resíduos do setor de móveis da RMC, as variáveis (cenários) apenas foram aplicadas junto à frota de veículos da própria central ou que seja controlada pela mesma.

Os cenários estudados permitem mitigar as emissões, no âmbito das emissões de baixo carbono, rumo à uma performance mais sustentável do empreendimento. Ressalta-se que alguns cenários apresentados, em especial quanto à utilização do biodiesel B100 ainda depende de ações governamentais e do setor energético nacional, visando promover a tecnologia e a oferta do produto a nível nacional, questão que ainda não está bem definida.

A análise da tabela 18, se comparado o cenário 1 com os demais, nota-se uma redução de 11,4% no cenário 2, 24,6% no cenário 4 e 55,45% no cenário 3, ou seja, permite-se uma redução drástica nas emissões de GEE somente com ações mitigadoras na frota própria da central.

A utilização dos biocombustíveis, conforme estudado neste trabalho vem de encontro ao citado por Peter *et al.* (2009) que destacaram a queima de combustíveis fósseis, como um dos principais fatores de impacto de um país sobre o estoque de dióxido de carbono na atmosfera.

A substituição de parte dos combustíveis fósseis pelos biocombustíveis atende ao destacado por Cavalcanti *et al.* (2010) em que alguns governos, especialmente europeus vem se preocupando cada vez mais com os impactos das mudanças climáticas, onde taxações ambientais estão sendo introduzidas com o objetivo de estimular o consumo dos biocombustíveis, ressaltando o imposto ambiental sobre o uso de combustíveis fósseis, já empregado na Alemanha.

#### 4.4.5 Neutralização ou compensação de emissões de GEE

A neutralização dos gases de efeito estufa pode realizar-se utilizando reservatórios capazes de armazenar ou acumular um gás, seja por intermédio de um sumidouro de GEE ou um GEE capturado de uma fonte específica. Duas opções são apresentadas neste trabalho, sendo a primeira delas referente ao sequestro de GEE através do plantio de novas árvores de espécies nativas, que ao longo de seu crescimento serão responsáveis pela absorção desses gases.

A segunda opção dispõe sobre o projeto REDD – Redução das emissões por desmatamento e degradação florestal. O projeto REDD consiste na manutenção de uma floresta nativa, conservando os GEE's já absorvidos intactos, evitando que a derrubada desta floresta venha a liberar o CO<sub>2</sub> na atmosfera, o que implicaria no aumento dos gases de efeito estufa.

A tabela 19 apresenta alguns subsídios para uma estimativa da quantidade de árvores necessárias para neutralizar ou compensar as emissões de GEE, bem como os custos relacionados com cada processo.

TABELA 19 – SUBSÍDIOS PARA A NEUTRALIZAÇÃO OU COMPENSAÇÃO DOS GEE.

Dados	Neutralização				Compensação
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Média	Projeto REDD
Quant.árvores/tCO <sub>2</sub>	4,13	4,5	4	4,21	6
custo por árvore (R\$)		10	9	9,5	
custo por ton CO2 (R\$)	17	45	36	40,5	45

Nesse caso, foi calculada uma média de valores entre três empresas consultadas, as quais realizam este tipo de serviço. A quantidade de árvores varia em função do local e espécie a ser plantada, as quais apresentam diferentes potenciais de absorção de carbono. Neste exemplo a média ficou em 4,21 árvores por tonelada de CO<sub>2</sub> emitido. Já o investimento financeiro encontra-se em torno de R\$ 9,50/árvore plantada e mantida.

As quantidades e valores médios apurados na tabela 19 permitem calcular o total de árvores e respectivos investimentos financeiros para proceder a neutralização ou a compensação dos GEE emitidos ao longo de 1 ano, no âmbito de cada cenário apresentado (tabela 20).

TABELA 20 – CÁLCULO PARA NEUTRALIZAÇÃO OU COMPENSAÇÃO DOS GEE COM BASE NOS CENÁRIOS.

Cenário	Emissão	Neutralização		Compensação (REDD)	
	(ton CO <sub>2</sub> e)	Quantidade de árvores	custo total estimado (R\$)	Quantidade de árvores	custo estimado (R\$)
cenário 1	185,21	780	7.407	1111	8334
cenário 2	164,09	691	6.563	985	7384
cenário 3	82,51	347	3.300	495	3713
cenário 4	139,65	588	5.585	838	6284

A quantidade necessária de árvores para promover a neutralização situa-se entre 347 a 780 árvores ou de 495 a 1111 árvores, caso a opção seja pela compensação, via projeto REDD. No tocante aos investimentos financeiros estima-se de R\$ 3.300,00 a R\$ 8.334,00 para a prática da neutralização ou a compensação, respectivamente.

Conforme pode ser observado, qualquer que seja a opção tomada na neutralização ou compensação dos GEE, conjuntamente deve ser empregada a mitigação dos gases, conforme os cenários apresentados, como exemplo neste trabalho.

Cabe ressaltar que para ambas as aplicações, deve ser realizado o georeferenciamento, bem como o monitoramento das plantas novas deve ser realizado pelo menos ao longo de seus dois primeiros anos de vida, efetuando a reposição, se necessário.

A adoção de práticas sustentáveis na Central de Resíduos da RMC, em especial, na neutralização ou compensação dos GEE originários de sua atividade, conforme previsto neste trabalho reforçam o sugerido por Read (2009), onde uma das opções para minimizar o impacto sobre o clima é a arborização dos locais degradados e desmatados a nível mundial.

Esta ação também foi reforçada por Fearnside (1999) que destacou a silvicultura como potencial significativo na redução das emissões de GEE, mantendo ou aumentando os estoques de carbono no âmbito do aquecimento global.

A adoção de atividade com baixa emissão de carbono corrobora com as projeções de Henriques *et al.* (2010) para 2030, onde a redução estimada das emissões de CO<sub>2</sub> pode chegar a 43%, mediante o incremento na reciclagem, na eficiência energética e na substituição de combustíveis fósseis por energias renováveis ou menos poluentes.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que na composição gravimétrica do setor de móveis da RMC 77,6% do total de resíduos são de origem lignocelulósica e 75% das empresas praticam a destinação final ambientalmente correta, todavia, estabelecendo-se uma projeção para o potencial de geração de resíduos na RMC pode-se admitir que 2.748 t/ano ainda são destinadas em desconformidade à legislação. O aproveitamento de resíduos no setor ainda é muito incipiente e quanto aos resíduos perigosos, apesar de representar apenas 3% do total, 42,5% das empresas não atendem as normas de armazenamento e 51% das empresas fazem a destinação final ambientalmente adequada, porém, se observado o volume de resíduos, estima-se que 16% do grupo de resíduos perigosos ainda seja destinado em desacordo com as normas vigentes.

A gestão dos resíduos sólidos no setor ainda se apresenta muito incipiente, onde 85% das empresas não dispõe de controles, principalmente quanto à destinação final dos resíduos, vulnerabilizando as empresas à problemas de co-responsabilidade.

As constatações junto às centrais de resíduos apontaram que 80% delas situam-se próximas ao centro fornecedor de resíduos, 40% possuem autonomia financeira e 60% das centrais contemplam sindicatos, cooperativas de catadores ou ONG'S em seu processo de governança. Além da atividade principal, 20% das centrais mantém programas de educação ambiental extrapolando para a comunidade e 40% delas fornecem algum tipo de assessoria ambiental aos seus filiados.

No que diz respeito à execução de uma atividade mais sustentável da central de resíduos e com baixa emissão de carbono, o estudo demonstrou que pequenas alterações na utilização do combustível, no caso, trocando a gasolina pelo etanol e o diesel comum pelo biodiesel somente na sua frota de veículos por si só já é capaz de provocar um nível de redução de CO<sub>2</sub> acima de 50%.

Com este cenário, conclui-se a necessidade de uma efetiva gestão de resíduos sólidos junto ao setor, maximizando o aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos, além de rigoroso controle de armazenagem e destinação final dos resíduos perigosos, controlando e monitorando todo processo, permitindo reduzir o

impacto ambiental e a vulnerabilidade das empresas, além de permitir o desenvolvimento de uma atividade de baixo carbono, trazendo melhorias ao meio ambiente e a qualidade de vida.

Os resultados obtidos apontam que estudos subseqüentes enfoquem o aproveitamento dos resíduos de madeira da construção civil e do setor de madeira, o estabelecimento de um layout de uma central de resíduos construída de forma “sustentável” bem como a possibilidade de obtenção de créditos de carbono, pelo sistema de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para as centrais de resíduos lignocelulósicos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (EPA). **A comprehensive analysis of biodiesel impacts on exhaust emissions**. Oct. 2002. EPA 420-P-02-001. Disponível em: < <http://www.epa.gov/otaq/models/analysis/biodsl/p02001.pdf> > acesso em 09 out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÓVEIS – ABIMÓVEL. **Panorama do setor moveleiro no Brasil: informações gerais**. São Paulo, 2010. Disponível em: < <http://www.abimovel.com.br> > Acesso em 05 dez. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS – ABIPA. Disponível em: < [http://www.abipa.org.br/Panorama\\_do\\_mercado\\_de\\_paineis\\_de\\_madeira.pdf](http://www.abipa.org.br/Panorama_do_mercado_de_paineis_de_madeira.pdf) > Acesso em 09 out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004**, de 30 de novembro de 2004. **Classificação de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11.174**. **Armazenamento de resíduos classe II e classe III**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13.221**, **Transporte terrestre de resíduos**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12.235**. **Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14.064-1**, de 05 de dezembro de 2007. **Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14.064-2**, de 05 de dezembro de 2007. **Especificação e orientação a projetos para quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios das reduções de emissões ou da melhoria das remoções de gases de efeito estufa**. Rio de Janeiro, 2007.

BCSD PORTUGAL. **Protocolo de Gases com Efeito de Estufa - Normas Corporativas de Transparência e Contabilização**, Portugal, 2003. Disponível em: < <http://www.bcsdportugal.org/protocolo-gee/454.htm> >. Acesso em 09 out. 2011.

BERNSTEIN, R.S.; Stayner L.T.; Elliot L.J.; Kimbrough R.; Falk H. **Inhalation Exposure to Formaldehyde: An Overview of its Toxicology, Epidemiology, Monitoring, and Control**. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. v. 11, n.45, p.778-785, 1984. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6391129> > acesso em 07 out. 2011.

BRASIL – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA: **Balço energético nacional**. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2010.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf). Acesso em 20 jul. 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **RAIS 2010**. Disponível em: <http://www.rais.gov.br>. >Acesso em 10 out. 2010.

BRASIL. **Decreto 7404**, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta a política nacional de resíduos sólidos**. D.O.U. 23 de dezembro de 2010.

BRASIL. **Lei Federal nº 6938**, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação e dá outras Providências**. D.O.U., Brasília, 02 de setembro de 1981.

BRASIL. **Lei nº 9605**, de 12 de fevereiro de 1998. **Lei de Crimes Ambientais**. D.O.U., Brasília, 13 de Fevereiro de 1998.

BRASIL. **Lei nº 12305**, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. D.O.U., Brasília, 03 de Agosto de 2010.

BRITO, E.O., **Estimativa da produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação de madeira**. Revista da Madeira, Curitiba, V.9, nº 26, p.34-39, 1995.

CALDERONI, S., **Os bilhões perdidos no lixo**. Universidade de São Paulo. SP: Humanitas Livraria, 1997.

CAVALCANTI, M.; SZKLO, A.; MACHADO, G.; AROUCA, M. **Taxation of automobile fuels in Brazil: Does ethanol need tax incentives to be competitive and if so, to what extent can they be justified by the balance of GHG emissions?** Renewable Energy 37: 9-18. Elsevier – 2011. Disponível em [http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url\\_ver=Z39.88-2004&url\\_ctx\\_fmt=info/fmt:kev:mtx:ctx&ctx\\_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx\\_ver=Z39.88-2004&rfr\\_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore\\_date\\_threshold=1&rft.object\\_id=954925579088&svc.fulltext=yes](http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rfr_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=954925579088&svc.fulltext=yes) > acesso em 09 ago. 2011.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 313**, de 29 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais**. D.O.U., Brasília, 22 nov. 2002.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 382**, de 26 de Dezembro de 2006. **Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas**. D.O.U., Brasília, 28 dez. 2006.

CORONEL, D.; LAGO, A.; LENGLER, L.; SILVA, T., **O aproveitamento dos resíduos do setor florestal de Lages**. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Londrina, 2007.

CORRAL, J. B., **Painel de OSB oferece maior resistência para uso em estruturas**. Revista da Madeira, Caxias do Sul-RS, nº 108 – pg. 44, Lettech Editora e Gráfica Ltda. Out 2007.

DIAS, J. **Utilização da biomassa: avaliação de resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas**. Tese de Doutorado-Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2002. Disponível em: <<http://www.enersilva.org/areasubir/articulos/Tesis%20Mestrado%20Joao%20Dias.pdf>> acesso em 28 out. 2011.

DODMAN, D. **Forces driving urban greenhouse gas emissions**. Environmental Sustainability 2011, 3: 121-125. ScienceDirect. Elsevier B.V. 2011. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MiamiImageURL&\\_cid=278668&\\_user=687303&\\_pii=S1877343510001521&\\_check=y&\\_origin=gateway&\\_coverDate=31-May-2011&view=c&wchp=dGLbVlk-zSkWz&md5=438491634e9b9fd8054e788060c64ff2/1-s2.0-S1877343510001521-main.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MiamiImageURL&_cid=278668&_user=687303&_pii=S1877343510001521&_check=y&_origin=gateway&_coverDate=31-May-2011&view=c&wchp=dGLbVlk-zSkWz&md5=438491634e9b9fd8054e788060c64ff2/1-s2.0-S1877343510001521-main.pdf)> acesso em 07 out. 2011.

FEARNSIDE, P. **Plantation forestry in Brazil: the potential impacts of climatic change**. Biomass and Bioenergy 16: 91-102. Pergamon – Elsevier Science 1999. Disponível em: <[http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url\\_ver=Z39.88-2004&url\\_ctx\\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx\\_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx\\_ver=Z39.88-2004&rfr\\_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore\\_date\\_threshold=1&rft.object\\_id=954925579116&svc.fulltext=yes](http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rfr_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=954925579116&svc.fulltext=yes)> acesso em 09 ago. 2011.

FGV. **Programa Brasileiro - GHG PROTOCOL**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/CapaSecao&id=1>> acesso em 30 ago. 2011.

FLORES, W.; YAMAJI, F., **Redução do volume de biomassa no processo de briquetagem**. Revista da Madeira, n.121, ano 20, Lettech Editora e Gráfica Ltda., Caxias do Sul-RS, janeiro, 2009.

FOELKEL, C., **Oportunidades para ecoeficácia, ecoeficiência e produção mais limpa na fabricação de celulose Kraft de eucalipto**. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2008. Disponível em: <[www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT10\\_ecoeficiencia.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT10_ecoeficiencia.pdf)> acesso em 12 set. 2011.

FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PR – **FUPEF**. Disponível em: <[http://bripell.com/analises/Analise%20Briquetes\\_Universidade%20Federal%20do%20Paran%E1.pdf](http://bripell.com/analises/Analise%20Briquetes_Universidade%20Federal%20do%20Paran%E1.pdf)>. Acesso em 03 jul. 2011.

FUSSEL, H.M. **Na updated assessment of the risks from climate change base on research published since the IPCC Fourth Assessment Report**. Climatic Change 97: 469-482. Springer Science + Business Media B.B. 2009. Disponível em <[http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url\\_ver=Z39.88-](http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url_ver=Z39.88-)

2004&url\_ctx\_fmt=infofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx\_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx\_ver=Z39.88-

2004&rfr\_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore\_date\_threshold=1&rft.object\_id=954925480588&svc.fulltext=yes> acesso em 09 ago. 2011.

GREENE, N.; CELIK, F.E.; DALE, B.; JACKSON, M.; JAYAWARDHANA, K.; JIN, H.; LARSON, E.; LASER, M.; LYND, L.; MACKENZIE, D.; JASON, M.; BRIDE, J.; LAUGHLIN, S.; SACCARDI, D. **Growing energy: how biofuels can help end America's oil dependence**. NRDC Report. 2004. Disponível em: <http://www.nrdc.org/air/energy/biofuels/biofuels.pdf>> acesso em 07 out. 2011.

HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK – HSDB. **Formaldehyde**. Disponível em <<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~QjVwjx:1>> acesso em 10 mai 2011.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP, **Inventário de resíduos sólidos industriais do Estado do Paraná, período jan/2004 a mai/2009**. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/RESIDUOS\\_INDUSTRIAIS\\_INVENTARIO\\_RELATORIO\\_FINAL\\_200809.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/RESIDUOS_INDUSTRIAIS_INVENTARIO_RELATORIO_FINAL_200809.pdf)> acesso em 30 set. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **Formaldeído**. Disponível em: <[http://www1.inca.gov.br/conteudo\\_view.asp?id=795](http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=795)> acesso em 18 dez. 2010.

IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 2006. Disponível em <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>> acesso em 30 ago. 2011.

IWAKIRI, SETSUO. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba-PR: FUPEF, 2005.

IWAKIRI, S., PRATA, J. G., **Produção de painéis compensados multilaminados de Eucalyptus**. Revista da Madeira, Caxias do Sul-RS, nº 111 – pg. 88, Lettech Editora e Gráfica Ltda. Março 2008.

JR HENRIQUES, M. F.; DANTAS, F.; SCHAEFFER, R. **Potential for reduction of CO<sub>2</sub> emissions and a low-carbon scenario for the Brazilian industrial sector**. Energy Policy 38: 1946-1961. Elsevier (2010). Disponível em <[http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url\\_ver=Z39.88-2004&url\\_ctx\\_fmt=infofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx\\_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx\\_ver=Z39.88-2004&rfr\\_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore\\_date\\_threshold=1&rft.object\\_id=954921387911&svc.fulltext=yes](http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=infofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rfr_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=954921387911&svc.fulltext=yes)> acesso em 09 ago. 2011.

KOCH, G.S., KLAREICH, F., EXSTRUM, B. **Adhesives for the composite wood panel industry**. Editora Noyes Data Corporation. New Jersey. U.S.A. 1987

KOZAK, P. A; CORTEZ, A.M.; SCHIRMER, W.N.; CALDEIRA, M.V.W.; BALBINOT, R. Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis. **Revista Acadêmica Ciência Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.6 n.2, p.203-212, 2008.

LAMPREIA, J.; ARAÚJO, M. S. M.; CAMPOS, C. P.; FREITAS, M. A. V.; ROSA, L. P.; SOLARI, R.; GESTEIRA, C.; RIBAS, R.; SILVA, N. **Analyses and perspectives for Brazilian low carbon technological development in the energy sector.** Renewable and Sustainable Energy Reviews 15: 3432-3444. Elsevier Science. 2011. Disponível em: <[http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url\\_ver=Z39.88-2004&url\\_ctx\\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx\\_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx\\_ver=Z39.88-2004&rft\\_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore\\_date\\_threshold=1&rft.object\\_id=954926248597&svc.fulltext=yes](http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rft_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=954926248597&svc.fulltext=yes)> acesso em 09 ago. 2011.

LENTON T.M.; HELD, H.; KREIGLER, E.; HALL J.W.; LUCHT, W.; RAHMSDORF, S.; SCHELLNHUBER, H.J. **Tipping elements in the Earth's climate system.** PNAS 105/6:1786-1793. 2008. Disponível em : <<http://www.pnas.org/content/105/6/1786.full.pdf+html>> acesso em 19 set. 2011.

LIMA, E. G.; SILVA, D. A., **Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no polo moveleiro de Araçatuba-PR.** Paraná, 2005.

LIPPEL. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br/br/briquetagem/briquetes.html> > acesso em 20 jan. 2011.

MADER, T. L.; FRANK, K. L.; JR. HARRINGTON, J. A; HAHN G. L.; NIENABER, J. A. **Potential climate change effects on warm-season livestock production in the Great Plains.** Climatic Change 97: 529-541. Springer Science + Business Media B.V. 2009. Disponível em <[http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url\\_ver=Z39.88-2004&url\\_ctx\\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx\\_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx\\_ver=Z39.88-2004&rft\\_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore\\_date\\_threshold=1&rft.object\\_id=954925480588&svc.fulltext=yes](http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rft_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=954925480588&svc.fulltext=yes)> acesso em 09 ago. 2011.

MOBILE FORNECEDORES **Setor Moveleiro em Décadas de Expansão.** Paraná: IAFP, n.200, p. 30-32, Maio. 2008.

MOREIRA, R.J., **Mitigation and adaptation strategies for global change**, vol 11, number 2, pp 313-333. Springer Science. 2006. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/c77g51562315147v/>> acesso em 19 set. 2011.

NAC BRIQUETES. Disponível em: < <http://www.nacbriquetes.com.br/main.html> > acesso em 04 fev. 2011.

NAHUZ, M. A. R. III seminário de produtos sólidos de madeira de eucalipto e tecnologias emergentes para a indústria moveleira **MADETEC** 2005. Disponível em: <<http://www.universoambiental.com.br/Arquivos/ResiduosSolidos/RESIDUOS%2520DA%2520INDUSTRIA%2520MOVELEIRA.ppt> > acesso em 01 jul. 2011.

NASCIMENTO, N. C. **Geração de resíduos sólidos em uma indústria de móveis de médio porte.** Ribeirão Preto-SP, 2009. Dissertação de mestrado em tecnologia ambiental . UNAERP Ribeirão Preto-SP, 2009.

NETO, M.J.; BALBINOT, R.; MIRANDA, G.; SCHIRMER, N.W. **Estudo de Viabilidade de implantação de uma usina de briquetagem**. Disponível em <[http://www.google.com.br/#q=jose+marchesini+neto&hl=pt-BR&rlz=1R2SKPT\\_pt-BRBR416&prmd=ivnso&ei=wcEQTpr3H4XfgQfN\\_MnzDQ&start=0&sa=N&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.&fp=c49af8742f8396d4&biw=1366&bih=498](http://www.google.com.br/#q=jose+marchesini+neto&hl=pt-BR&rlz=1R2SKPT_pt-BRBR416&prmd=ivnso&ei=wcEQTpr3H4XfgQfN_MnzDQ&start=0&sa=N&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.&fp=c49af8742f8396d4&biw=1366&bih=498)>. Acesso em 03 jul. 2011.

NEUTZLING, F.– **Aproveitamento de cavacos atrai interesse internacional**. Revista da Madeira, Caxias do Sul-RS, nº 111, pg. 68, Lettech Editora e Gráfica Ltda. Março 2008.

NEVES, C. F. **O Mundo contra o aquecimento global**. Revista da Madeira, Caxias do Sul-RS, nº 111, Lettech Editora e Gráfica Ltda. Março 2008.

OLANDOSKI, D.P., **Rendimento, resíduos e considerações sobre melhorias no processo em indústria de chapas compensadas**. Curitiba, 2001. Dissertação de mestrado, UFPR, 2001.

PARANÁ. Secretaria de Meio Ambiente. **Lei Estadual 12493/99**. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=895>> Acesso em 19 set. 2011.

PARANÁ. Secretaria de Meio Ambiente. **Resolução nº 041**, de 09 de dezembro de 2002. **Define critérios para o controle da Qualidade do Ar**. D.O.U., 17 dez.2002.

PAULA, J. C. M., **Aproveitamento de resíduos de madeira para confecção de briquetes**. Rio de Janeiro, 2006. Monografia de graduação, engenharia Florestal UFRRJ, 2006.

PEREIRA, A.F. **Ecodesign na Indústria moveleira**. Revista da Madeira, Caxias do Sul-RS, v. 77, p.32-37. Novembro. 2003.

PETERS, G. P.; MARLAND, G.;HERTWICH, E. G.; SAIKKU, L.; RAUTIAINEN, A.; KAUPPI, P. E. **Trade, transport, and sinks extend the carbon dioxide – responsibility of countries: An editorial essay**. Climatic Change 97: 379-388. Springer Science + Business Media B.V. 2009. Disponível em: <[http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url\\_ver=Z39.88-2004&url\\_ctx\\_fmt=infofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx\\_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx\\_ver=Z39.88-2004&rfr\\_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore\\_date\\_threshold=1&rft.object\\_id=954925480588&svc.fulltext=yes](http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=infofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rfr_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=954925480588&svc.fulltext=yes)> acesso em 09 ago. 2011.

PIRES, V. A. V., **“Viabilidade Econômica de Implantação de uma Unidade Integrada de Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Pólo de Ubá – MG**. Viçosa, 2007. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <[http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc\\_viabilidade\\_mg\\_1777.pdf](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_viabilidade_mg_1777.pdf)> acesso em 10 out. 2011.

PORTUGAL. Ministério da Economia e da Inovação – Direção Geral de Energia e Geologia. **Diário da República**, 2.<sup>a</sup> série, n. 122, 2008, 2p.

READ, P. **Reducing CO<sub>2</sub> levels – so many ways, so few being taken**. Climatic Change 97: 449-458. Springer Science + Business Media B.V. 2009. Disponível em: <[http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url\\_ver=Z39.88-2004&url\\_ctx\\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx\\_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx\\_ver=Z39.88-2004&rft\\_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore\\_date\\_threshold=1&rft.object\\_id=954925480588&svc.fulltext=yes](http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl3?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rft_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=954925480588&svc.fulltext=yes)> acesso em 09 ago. 2011.

READ, P. **Carbon cycle management with increased photo-synthesis and long-term sinks**. CUP, PP 347-354. 2005. Springer Science. Disponível em: <<http://meetings.copernicus.org/www.cosis.net/abstracts/EGU05/11082/EGU05-J-11082-2.pdf>> acesso em 07 out. 2011.

ROCHA, J. **Workshop tecnológico sobre BTL (*biomass to liquids*)**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <[http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/apresentacao\\_wks\\_btl\\_painel1\\_josedilcio.pdf](http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/apresentacao_wks_btl_painel1_josedilcio.pdf)> acesso em 15 ago. 2010.

RODRIGUES, G., **Resíduos sólidos nas indústrias moveleiras do agreste Alagoano: Impactos ocupacionais e ambientais**. Fundacentro, Recife, 2011. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/SemanaDaPesquisa/TrabalhosApresentadosNaFormaDePoster/Gilson%20L%20Rodrigues\\_Residuos%20solidos%20nas%20industrias%20moveleiras%20do%20agreste%20alagoano.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/SemanaDaPesquisa/TrabalhosApresentadosNaFormaDePoster/Gilson%20L%20Rodrigues_Residuos%20solidos%20nas%20industrias%20moveleiras%20do%20agreste%20alagoano.pdf)> acesso em 10 out. 2011.

ROSA, L.P. *et al.* **Geração de Energia a partir de Resíduos Sólidos Urbanos e Óleos Vegetais**. In: TOLMASQUIM, M.T (Coord) *Fontes Alternativas de Energia no Brasil - CENERGIA*. 1<sup>a</sup> Ed. Editora Interciência. 515 p. 2003

SACHS, I., **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Editora Garamond. Rio de Janeiro, 2000.

SALTHAMMER, T. Effect of The Air Exchange on Formaldehyde Concentrations indoor Air, **Indoor Air International**. ULM, p-451-463, 1994.

SCHNEIDER, V.E.; HILLIG, E.; PAVONI, E.T.; RIZZON, M.R.; BERTOTTO FILHO, L.A. **Gerenciamento ambiental na indústria moveleira – estudo de caso no município de Bento Gonçalves**. XXIII Enegep, Ouro Preto-MG, 2003. Disponível em:<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003\\_TR1004\\_1263.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1004_1263.pdf)> acesso em 10 out. 2011.

SERRANO, C.M.D. **Avaliação do potencial de produção e exportação de pellets combustível no pólo florestal da região Sul do Brasil**. Dissertação de mestrado. Universidade de Campinas, SP. 2009. Disponível em: <

<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000471207> > acesso em 10 out. 2011.

SILVA, C.A. **Estudo técnico-econômico da compactação de resíduos madeireiros para fins energéticos**. Dissertação de mestrado. Unicamp, Campinas, SP, 2007. Disponível em <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000418418&fd=y>> acesso em 12 set. 2011.

SENAI – SIMOV. **Projeto de viabilidade econômica para implantação de uma central de resíduos para a indústria moveleira de Curitiba e região metropolitana**. Curitiba, 2010.

TEIXEIRA, M.G. **Aplicação de conceitos da ecologia para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira**. Dissertação de mestrado Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005. Disponível em: <[http://teclim.ufba.br/site/material\\_online/dissertacoes/dis\\_marcelo\\_g\\_teixeira.pdf](http://teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_marcelo_g_teixeira.pdf)> acesso em 10 out. 2011.

TORQUATO, P.L. **Caracterização dos painéis de MDF comerciais produzidos no Brasil**. Dissertação de mestrado, UFPR, Curitiba, PR, 2008. Disponível em:<[http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf\\_ms/2008/d515\\_0712-M.pdf](http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2008/d515_0712-M.pdf)> acesso em 10 out. 2011.

VENZKE, C.S. **A situação do ecodesign em empresas moveleiras da região de Bento Gonçalves, RS: análise da postura e práticas ambientais**. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre 2002. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2086/000314080.pdf?sequence=1>> acesso em 10 out. 2011.

WASHINGTON, D. C. **Formaldehyde and other Aldehydes**. NATIONAL Academy Press, 1981 Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?id=W0QrAAAAYAAJ&pg=PA5&lpg=PA5&dq=NATIONAL+RESEARCH+COUNCIL.+Comitee+on+Aldehydes,+Formaldehyde+and+Other&source=bl&ots=-hByjAW9Q4&sig=G22GOQK\\_KrDcBD-tqw6zvDRsElw&hl=pt-BR&ei=6BnvSuiFNJPGIAfX9YmABQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAoQ6AEwAA#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.com.br/books?id=W0QrAAAAYAAJ&pg=PA5&lpg=PA5&dq=NATIONAL+RESEARCH+COUNCIL.+Comitee+on+Aldehydes,+Formaldehyde+and+Other&source=bl&ots=-hByjAW9Q4&sig=G22GOQK_KrDcBD-tqw6zvDRsElw&hl=pt-BR&ei=6BnvSuiFNJPGIAfX9YmABQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAoQ6AEwAA#v=onepage&q=&f=false)> acesso em 23 nov. 2010.

WILLIANS, D.; VARGAS, E. **Métodos de análise de formaldeído e otimização da reação de hantzsch**. TCC, UFPR, Curitiba, PR, 2010. Disponível em:<<http://www.madeira.ufpr.br/tccpublicados/tccdenisemerson.pdf>> acesso em 10 out. 2011.

## GLOSSÁRIO

**ATERRO INDUSTRIAL** – É uma alternativa de destinação de resíduos industriais, que se utiliza de técnicas que permitem a disposição controlada destes resíduos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública, e minimizando os impactos ambientais.

**ATERRO SANITÁRIO** – Método que utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário.

**BIOMASSA** - recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos.

**COMPENSADO** – madeira compensada é um tipo de madeira feita de finas placas de entalho de madeira, e também chamada de contraplacado, onde as camadas são coladas umas às outras cada uma com seu grão perpendicular às camadas adjacentes para maior força.

**CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL** – implica na abordagem holística do projeto, construção e operação do empreendimento, considerando economia e eficiência de recursos, o ciclo de vida do empreendimento e o bem estar do usuário.

**LIGNOCELULÓSICO** – Materiais que têm em sua composição celulose, hemicelulose e lignina.

**METRO CÚBICO ESTÉREO (m<sup>3</sup>st)** – Medida de volume para a lenha, equivalente a um metro cúbico, porém, de maneira desuniforme.

**PODER CALORÍFICO** – quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa da madeira. No sistema internacional é expresso em joules por grama ou quilojoules por quilo, mas pode ser expresso em calorias por grama ou quilocalorias por quilograma.

## ANEXOS

### ANEXO I – CÓDIGOS LER – LISTA EUROPEIA DE RESÍDUOS DE MADEIRA

A relação abaixo apresenta os códigos utilizados pela Comunidade Europeia para a classificação dos resíduos de madeira, segundo a Lista Europeia de Resíduos – LER (RENASCIMENTO, 2011):

#### Códigos LER - lista Europeia de resíduos

##### **03 RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE MADEIRA E DO FABRICO DE PAINÉIS, MOBILIÁRIO, PASTA PARA PAPEL, PAPEL E CARTÃO**

##### **03 01 Resíduos do processamento de madeira e fabrico de painéis e mobiliário:**

**03 01 01** Resíduos do descasque de madeira e de cortiça.

**03 01 04** (\*) Serradura, aparas, fitas de aplainamento, madeira, aglomerados e folheados, contendo substâncias perigosas.

**03 01 05** Serradura, aparas, fitas de aplainamento, madeira, aglomerados e folheados não abrangidos em 03 01 04.

**03 01 99** Outros resíduos não anteriormente especificados.

##### **03 02 Resíduos da preservação da madeira:**

**03 02 01** (\*) Produtos orgânicos não halogenados de preservação da madeira.

**03 02 02** (\*) Agentes organoclorados de preservação da madeira.

**03 02 03** (\*) Agentes organometálicos de preservação da madeira.

**03 02 04** (\*) Agentes inorgânicos de preservação da madeira.

**03 02 05** (\*) Outros agentes de preservação da madeira contendo substâncias perigosas.

**03 02 99** Agentes de preservação da madeira não anteriormente especificados.

##### **03 03 Resíduos da produção e da transformação de pasta para papel, papel e cartão:**

**03 03 01** Resíduos do descasque de madeira e resíduos de madeira.

**03 03 02** Lamas da lixívia verde (provenientes da valorização da lixívia de cozimento).

**03 03 05** Lamas de destintagem, provenientes da reciclagem de papel.

**03 03 07** Rejeitados mecanicamente separados do fabrico de pasta a partir de papel e cartão usado.

**03 03 08** Resíduos da triagem de papel e cartão destinado a reciclagem.

**03 03 09** Resíduos de lamas de cal.

**03 03 10** Rejeitados de fibras e lamas de fibras, fillers e revestimentos, provenientes da separação mecânica.

**03 03 11** Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 03 03 10.

**03 03 99** Outros resíduos não anteriormente especificados.

**ANEXO II**  
**CÓDIGOS DOS RESÍDUOS, FORMAS DE ARMAZENAGEM E DESTINAÇÃO**  
**FINAL DE RESÍDUOS – CONAMA 313**

CÓDIGO DO RESÍDUO	DESCRIÇÃO DO RESÍDUO
	CLASSE II OU CLASSE III
A001	Resíduos de restaurante (restos de alimentos)
A002	Resíduos gerados fora do processo industrial (escritório, embalagens, etc.)
A003	Resíduos de varrição de fábrica
A004	Sucata de metais ferrosos
A104	Embalagens metálicas (latas vazias)
A204	Tambores metálicos
A005	Sucata de metais não ferrosos (latão, etc.)
A105	Embalagens de metais não ferrosos (latas vazias)
A006	Resíduos de papel e papelão
A007	Resíduos de plásticos polimerizados de processo
A107	Bombonas de plástico não contaminadas
A207	Filmes e pequenas embalagens de plástico
A008	Resíduos de borracha
A108	Resíduos de acetato de etil vinila (EVA)
A208	Resíduos de poliuretano (PU)
A308	Espumas
A009	Resíduos de madeira contendo substâncias não tóxicas
A010	Resíduos de materiais têxteis
A011	Resíduos de minerais não metálicos
A111	Cinzas de caldeira
A012	Escória de fundição de alumínio
A013	Escória de produção de ferro e aço
A014	Escória de fundição de latão
A015	Escória de fundição de zinco
A016	Areia de fundição
A017	Resíduos de refratários e materiais cerâmicos
A117	Resíduos de vidros
A018	Resíduos sólidos compostos de metais não tóxicos
A019	Resíduos sólidos de estações de tratamento de efluentes contendo material biológico não tóxico
A021	Resíduos sólidos de estações de tratamento de efluentes contendo substâncias não tóxicas

Continua

## Continuação

A022	Resíduos pastosos de estações de tratamento de efluentes contendo substâncias não tóxicas
A023	Resíduos pastosos contendo calcário
A024	Bagaço de cana
A025	Fibra de vidro
A099	Outros resíduos não perigosos
A199	Aparas salgadas
A299	Aparas de peles caleadas
A399	Aparas, retalhos de couro atanado
A499	Carnaça
A599	Resíduos orgânico de processo (sebo, soro, ossos, sangue, outros da indústria alimentícia, etc)
A699	Casca de arroz
A799	Serragem, farelo e pó de couro atanado
A899	Lodo do caleiro
A999	Resíduos de frutas (bagaço, mosto, casca, etc.)
A026	Escória de jateamento contendo substâncias não tóxicas
A027	Catalisadores usados contendo substâncias não tóxicas
A028	Resíduos de sistema de controle de emissão gasosa contendo substância não tóxicas (precipitadores, filtros de manga, entre outros)
A029	Produtos fora da especificação ou fora do prazo de validade contendo substâncias não perigosas
	CLASSE I
C001 a C009	Listagem 10 - resíduos perigosos por conterem componentes voláteis, nos quais não se aplicam testes de lixiviação e/ou de solubilização, apresentando concentrações superiores aos indicados na listagem 10 da Norma NBR 10004
D001	Resíduos perigosos por apresentarem inflamabilidade
D002	Resíduos perigosos por apresentarem corrosividade
D003	Resíduos perigosos por apresentarem reatividade
D004	Resíduos perigosos por apresentarem patogenicidade
D005 a D029	Listagem 7 da Norma NBR 10004: resíduos perigosos caracterizados pelo teste de lixiviação
K193	Aparas de couro curtido ao cromo
K194	Serragem e pó de couro contendo cromo
K195	Lodo de estações de tratamento de efluentes de curtimento ao cromo
F102	Resíduo de catalisadores não especificados na Norma NBR 10.004
F103	Resíduo oriundo de laboratórios industriais (produtos químicos) não especificados na Norma NBR 10.004
F104	Embalagens vazias contaminadas não especificados na Norma NBR 10.004
F105	Solventes contaminados (especificar o solvente e o principal contaminante)
D099	Outros resíduos perigosos - especificar
F001 a F030 <sup>1</sup>	Listagem 1 da Norma NBR 10004- resíduos reconhecidamente perigosos - Classe 1, de fontes não-específicas

Continua

## Continuação

F100	Bifenilas Policloradas - PCB`s. Embalagens contaminadas com PCBs inclusive transformadores e capacitores
P001 a P123	Listagem 5 da Norma NBR 10004 - resíduos perigosos por conterem substâncias agudamente tóxicas (restos de embalagens contaminadas com substâncias da listagem 5; resíduos de derramamento ou solos contaminados, e produtos fora de especificação ou produtos de comercialização proibida de qualquer substância constante na listagem 5 da Norma NBR 10.004
K001 a K209	Listagem 2 da Norma NBR 10004- resíduos reconhecidamente perigosos de fontes específicas
K053	Restos e borras de tintas e pigmentos
K078	Resíduo de limpeza com solvente na fabricação de tintas
K081	Lodo de ETE da produção de tintas
K203	Resíduos de laboratórios de pesquisa de doenças
K207	Borra do re-refino de óleos usados (borra ácida)
U001 a U246	Listagem 6 da Norma NBR 10004- resíduos perigosos por conterem substâncias tóxicas (resíduos de derramamento ou solos contaminados; produtos fora de especificação ou produtos de comercialização proibida de qualquer substância constante na listagem 6 da Norma NBR 10.004

Observação: Se o Resíduo for classificado como F030 utilizar:

F130 para Óleo lubrificante usado;

F230 para Fluido hidráulico;

F330 para Óleo de corte e usinagem;

F430 para Óleo usado contaminado em isolamento ou na refrigeração;

F530 para Resíduos oleosos do sistema separador de água e óleo.

No tocante à armazenagem, tratamento, reutilização, reciclagem e disposição final, a resolução 313/02 do CONAMA definiu os seguintes códigos:

CÓDIGO		ARMAZENAMENTO
Z01	S01	tambor em piso impermeável, área coberta
Z11	S11	tambor em piso impermeável, área descoberta
Z21	S21	tambor em solo, área coberta
Z31	S31	tambor em solo, área descoberta
Z02	S02	a granel em piso impermeável, área coberta
Z12	S12	a granel em piso impermeável, área descoberta
Z22	S22	a granel em solo, área coberta
Z32	S32	a granel em solo, área descoberta
Z03	S03	caçamba com cobertura
Z13	S13	caçamba sem cobertura
Z04	S04	tanque com bacia de contenção
Z14	S14	tanque sem bacia de contenção
Z05	S05	bombona em piso impermeável, área coberta
Z15	S15	bombona em piso impermeável, área descoberta
Z25	S25	bombona em solo, área coberta
Z35	S35	bombona em solo, área descoberta
Z09	S09	lagoa com impermeabilização
Z19	S19	lagoa sem impermeabilização
Z08	S08	outros sistemas (especificar)

<b>CÓDIGO</b>	<b>TRATAMENTO</b>
T01	Incinerador
T02	Incinerador de Câmara
T05	Queima a céu aberto
T06	Detonação
T07	Oxidação de cianetos
T08	Encapsulamento/fixação química ou solidificação
T09	Oxidação química
T10	Precipitação
T11	Detoxificação
T12	Neutralização
T13	Adsorção
T15	Tratamento biológico
T16	Compostagem
T17	Secagem
T18	"Landfarming"
T19	Plasma térmico
T34	Outros tratamentos (especificar)
<b>CÓDIGO</b>	<b>REUTILIZAÇÃO/RECICLAGEM/ RECUPERAÇÃO</b>
R01	Utilização em forno industrial (exceto em fornos de cimento)
R02	Utilização em caldeira
R03	Coprocessamento em fornos de cimento
R04	Formulação de "blend" de resíduos
R05	Utilização em formulação de micronutrientes
R06	Incorporação em solo agrícola
R07	Fertirrigação
R08	Ração animal
R09	Reprocessamento de solventes
R10	Re-refino de óleo
R11	Reprocessamento de óleo
R12	Sucateiros intermediários
R13	Reutilização/reciclagem/recuperação internas
R99	Outras formas de reutilização/reciclagem/recuperação (especificar)
<b>CÓDIGO</b>	<b>DISPOSIÇÃO FINAL</b>
B01	Infiltração no solo
B02	Aterro Municipal
B03	Aterro Industrial Próprio
B04	Aterro Industrial Terceiros
B05	Lixão Municipal
B06	Lixão Particular
B20	Rede de Esgoto
B30	Outras (especificar)