

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR FÁTIMA APARECIDA
DE MORAIS LINO..... E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 27, 05, 2009.....



.....
ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**Consumo de energia no transporte da coleta
seletiva de resíduo sólido domiciliar no
município de Campinas (SP)**

Autora: Fátima Aparecida de Moraes Lino
Orientador: Prof. Dr. Waldir Antonio Bizzo

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

**Consumo de energia no transporte da coleta
seletiva de resíduo sólido domiciliar no
município de Campinas (SP)**

Autora: Fátima Aparecida de Moraes Lino
Orientador: Prof. Dr. Waldir Antonio Bizzo

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2009
SP. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

L649c Lino, Fátima Aparecida de Morais
Consumo de energia no transporte da coleta seletiva de resíduo sólido domiciliar no município de Campinas (SP) / Fátima Aparecida de Morais Lino. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Waldir Antonio Bizzo.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Energia. 2. Veículos de coleta de lixo. 3. Cooperativas. 4. Transportes. 5. Reciclagem. I. Bizzo, Waldir Antonio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Fuel consumption transportation of the recycling collection for
Campinas municipality, São Paulo State, Brazil

Palavras-chave em Inglês: Energy, Solid waste collection vehicles, Cooperative,
Transportation, Recycling

Titulação: Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: Ennio Peres da Silva, Sônia Regina da Cal Seixas, Emília
Wanda Rutkowski

Data da defesa: 27/05/2009

Programa de Pós Graduação: Planejamento de Sistemas Energéticos

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Consumo de energia no transporte da coleta
seletiva de resíduo sólido domiciliar no
município de Campinas (SP)**

Autora: Fátima Aparecida de Moraes Lino
Orientador: Prof. Dr. Waldir Antônio Bizzo

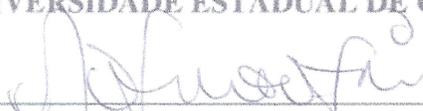
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Ennio Peres da Silva - Presidente
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



Profa. Dra. Sônia Regina da Cal Seixas
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



Profa. Dra. Emília Wanda Rutkowski
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Campinas, 27 de maio de 2009

Dedicatória:

Dedico este trabalho a Ricardo, Ricardo Jr., Isabela, Marjoly e Enzo

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

Agradeço primeiramente à Deus por ter-me dado saúde e disposição.

Ao Ricardo pelo suporte financeiro.

Aos meus filhos por compreenderem minha ausência, às vezes, em suas vidas.

Ao meu orientador Prof. Bizzo, pelo voto de confiança que concedeu-me, fazendo com que eu não desistisse de realizar o meu sonho sintetizado neste trabalho que foi escrito no momento mais difícil da minha vida. Meu eterno agradecimento.

Ao Prof. Ennio que se dispôs à condição de mestre, amigo e conselheiro sempre presente, inclusive exercendo informalmente, na ausência do prof. Bizzo, a função de co-orientador, trazendo sua valiosa contribuição para este trabalho e para a minha vida pessoal e acadêmica.

Ao Prof. Kamal meu grande mestre e amigo.

Aos Profs. Sinclair, Ganzarolli (FEM/UNICAMP) e Alexandre Perinotto (UNESP/Rio Claro) pela participação e incentivo.

Ao Eng. João Roberto Balduino, diretor do Departamento de Limpeza Urbana, ao coordenador da coleta domiciliar, o Eng. Adhemar Fernandes Jr., ao coordenador da coleta seletiva, Francisco Evandro Farias, ao Moacir e Ireno e todos os funcionários do DLU que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização da pesquisa.

Ao pessoal das cooperativas: Srs. Cheda, Nilce, Ana, Evanir, Ronaldo e Valdecir.

Ao pessoal do setor de informática da Unicamp – Sifem em especial ao Sr. Carlos.

Aos colegas de sala e do corredor, Paulo, Lázaro, Valdelis, Túlio, André, Milene, Flávio, Renata e Eugênio, às secretárias Cleusa e Neusa, todo o pessoal da secretaria da Pós-Graduação e do Departamento de Engenharia Térmica e de Fluídos e à Hélia.

“É preciso olhar para além daquilo que existe hoje....”

Nyles V. Reinfeld

Resumo

LINO, Fátima Aparecida de Moraes, *Consumo de energia no transporte da coleta seletiva de resíduo sólido domiciliar no município de Campinas (SP)*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 154 p. Dissertação (Mestrado).

Nesta dissertação foi estudado a coleta seletiva de resíduo sólido na cidade de Campinas (SP), classificada como terceiro município do Estado de São Paulo em população, com 1.039.297 habitantes, e também, em geração de resíduo sólido domiciliar. O objetivo consiste em quantificar o consumo de energia no transporte da coleta seletiva executada pelo setor público e pelo sistema cooperativo. Diariamente, o poder público coleta em média 655 toneladas das quais 99% tem como destino o aterro sanitário. Em 2005, a prefeitura e duas cooperativas, juntas recolheram seletivamente uma média de 329 toneladas/mês de resíduo sólido reciclável. Na coleta foram utilizados 14 caminhões que percorreram a distância de 31.200 km/mês e o consumo estimado de 10.900 litros de óleo diesel. No balanço energético correspondente à quantidade de energia gasta no transporte e a evitada com a reciclagem, estima-se que, com o reaproveitamento na indústria do montante de reciclável coletado para produção de novos produtos foi possível evitar o uso de cerca de 12.552 GJ de energia. Essa quantidade de energia evitada representa cerca de 32,5 vezes superior a energia consumida no transporte da coleta seletiva. Com relação ao CO₂, a queima de óleo diesel no transporte dos recicláveis emitiu na atmosfera cerca de 29 tCO₂/mês e a reciclagem dos recicláveis coletados evitou a emissão de cerca de 901,2 tCO₂/mês.

Palavras-chave

- Energia, transporte, coleta seletiva, resíduo sólido, cooperativa

Abstract

LINO, Fátima Aparecida de Morais, Energy consumption in the transport of selective collection of household solid waste in the municipality of Campinas (SP), Brazil. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009, 154 p. Dissertação (Mestrado).

In this dissertation, we studied the selective collection of solid waste in the city of Campinas (SP), ranked as the third city in the state of Sao Paulo in population, with 1,039,297 inhabitants, and also in household solid waste generation. The objective is to the energy gain due to selective collection and recycling realized by the public sector and the cooperative system. Daily, the municipal government collects an average of 655 tons of which 99% goes to landfill. In 2005, the public service and two cooperatives together selectively collected an average of 329 tons per month of recyclable solid waste. In the collection 14 trucks were used and traveled the distance of 31,200 kilometers per month at an estimated consumption of 10,900 liters of diesel fuel. Energy balance corresponding to the amount of energy spent in transportation and avoided from recycling, it is estimated that with the recycling the amount of recyclable collected it is possible to avoid the use of approximately 12,552 GJ of energy. This amount of energy avoided is about 32.5 times the energy consumed in transporting the collection. With regard to CO₂, the consumption of diesel fuel in the transport of recyclables emitted to the atmosphere about 29 tCO₂/month and recycling of recyclable materials collected avoided the emission of about 901.2 tCO₂ per month.

Keywords

- Energy, transportation, recycling collect, solid waste, cooperative

Índice

Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas	xiv
Nomenclatura	xvi
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Estrutura da dissertação	5
Capítulo 2 - Revisão da literatura	6
2.1 Energia, transporte e resíduo sólido urbano	6
2.1.1 Energia: definição e conceito	6
2.1.2 Energia e homem	7
2.1.3 Combustível fóssil: conceito e definição	10
2.1.4 Impactos energéticos provenientes da produção e consumo de combustível fóssil	14
2.2 Transporte de resíduo sólido urbano	17
2.2.1 Tipo de veículo	17
2.2.2 Seleção do veículo	18
2.2.3 Consumo de combustível	19
2.3 Consumo de energia nos processos produtivos	22
2.4 Resíduo sólido urbano	27
2.4.1 Conceito, definição e classificação	27
2.4.2 Geração de resíduo sólido	28
2.4.3 Resíduo sólido na contemporaneidade	29
2.4.4 Composição do resíduo sólido	31

2.4.5 Destinação	32
2.5 Coleta seletiva e reciclagem	35
2.5.1 Coleta seletiva: conceito, definição e classificação	35
2.5.2 Aspecto legal	36
2.5.3 Identificação e simbologia da reciclagem	38
2.5.4 Reciclagem no contexto histórico	40
2.5.5 Geração de resíduo reciclável	40
2.5.6 Coleta seletiva e reciclagem em países desenvolvidos	41
2.5.7 Coleta seletiva e reciclagem em países em desenvolvimento	50
2.5.8 Sistema de Economia Solidária: Cooperativa e Associação	62
2.6 Região Metropolitana de Campinas	69
2.6.1 O município de Campinas (SP) e o resíduo sólido urbano	70
2.6.2 Resíduo sólido em Campinas: aspecto legal	71
2.6.3 Histórico da limpeza urbana	72
2.6.4 Geração de resíduo sólido	74
2.6.5 Minimização do resíduo sólido por ação dos catadores informais	75
2.6.6 Histórico da coleta seletiva	77
2.6.7 Sistematização da coleta seletiva	78
2.6.8 Programa de geração de trabalho e renda	82
2.6.9 Cooperativa Aliança	85
2.6.10 Projeto Reciclar	85
2.6.11 Cooperativa Antônio da Costa Santos	86
Capítulo 3 – Metodologia	87
3.1 Estudo da coleta seletiva	87
3.2 Caracterização dos sistemas de coleta seletiva	87
3.3 Coleta de dados	88
3.4 Caracterização das grandezas	88
3.5 Análise dos resultados	92
Capítulo 4 – Apresentação e análise dos resultados	93

4.1 A pesquisa	93
4.1.1 Sistematização da coleta seletiva domiciliar	94
4.1.2 Sistematização da coleta de reciclável pontual	95
4.1.3 Sistematização da coleta seletiva pontual da Cooperativa Aliança	96
4.1.4 Sistematização da coleta seletiva pontual da Cooperativa Reciclar	97
4.2 Veículos de transporte da coleta de recicláveis	97
4.3 Quantidade de reciclável coletado e distância percorrida	99
4.3.1 Cálculo das grandezas básicas	100
4.4 Cálculo das grandezas energéticas	106
4.5 Cálculo das grandezas ambientais	111
4.6 Discussão dos resultados obtidos	113
Capítulo 5 - Conclusão e sugestões para próximos trabalhos	117
5.1 Conclusão	117
5.2 Sugestões para os próximos trabalhos	121
Referências bibliográficas	122
Anexo I	131
Anexo II	135

Lista de Figuras

2.1	Matriz energética mundial em 2006	8
2.2	Consumo mundial de energia por fonte em 1973	9
2.3	Consumo mundial de energia por fonte em 2006	9
2.4	Matriz de oferta de energia do Brasil e do mundo	11
2.5	Matriz de consumo final de energia	11
2.6	Matriz energética do transporte	12
2.7	Simbologia da reciclagem	39
2.8	Localização do município de Campinas	71
2.9	Composição do resíduo domiciliar em Campinas	74
2.10	Bota-fora localizado no Jardim Santa Genebra em Campinas	75
2.11	Catadora cata reciclável em lixeira residencial em Campinas	76
2.12	Catadora acomoda os recicláveis no carrinho do tipo supermercado	76
2.13a	Sistema de transporte de reciclável utilizado por catadores	76
2.13b	Sistema de transporte de reciclável utilizado por catadores	76
2.14	Mapa com a divisão setorial da coleta seletiva domiciliar	79
2.15	Percentual da coleta seletiva da prefeitura em Campinas	81
2.16	Cooperados durante coleta em bairro próximo à cooperativa	83
2.17	Cooperados ajeitam os recicláveis nos carrinhos para transportá-los até a cooperativa	83
4.1a	Roteiro da coleta seletiva domiciliar diurna	94
4.1b	Roteiro da coleta seletiva domiciliar noturna	94
4.2	Roteiro da coleta seletiva pontual	95
4.3	Roteiro da coleta de rejeito	96
4.4	Roteiro da coleta seletiva pontual da Cooperativa Aliança	97
4.5	Caminhão da marca Ford Cargo, modelo Sita, tipo compactador, ano 2000, durante pesagem na balança da PMC/DLU	98

4.6	Caminhão Ford, modelo F-4000, ano 1981	98
4.7	Caminhão Ford, modelo F-4000, ano 1978	98
4.8	Caminhão gaiola, marca Ford, ano 2002	99
4.9a	Pesagem do reciclável no DLU	103
4.9b	Pesagem do reciclável no DLU	103

Lista de Tabelas

2.1	Oferta de energia por localidade	8
2.2	Oferta interna de energia e consumo de óleo diesel no transporte brasileiro	13
2.3	Indicadores de emissão de CO ₂ no ano de 2004	14
2.4	Padrão brasileiro de controle da poluição do ar	15
2.5	Fatores de emissão de motores	16
2.6	Limites de emissão para veículos pesados novos	16
2.7	Consumo de combustível em caminhões de carga comum e de resíduo sólido	20
2.8	Consumo de energia elétrica nos processos produtivos	22
2.9	Consumo de energia total nos processos produtivos	23
2.10	Energia primária e elétrica consumida na cadeia produtiva	24
2.11	Síntese da média de consumo de energia primária e energia evitada	25
2.12	Quantidade de CO ₂ emitido e evitado nos processos produtivos	26
2.13	Histórico da geração de resíduo sólido urbano em países desenvolvidos	30
2.14	Geração de resíduo sólido urbano em países em desenvolvimento	31
2.15	Composição do resíduo sólido urbano em países desenvolvidos	31
2.16	Composição do resíduo sólido urbano em países em desenvolvimento	32
2.17	Destinação do resíduo sólido em países desenvolvido e em desenvolvimento	33
2.18	Índice de reaproveitamento de resíduo sólido urbano	35
2.19	Dispositivos legais do resíduo sólido no Brasil	38
2.20	Percentual de geração de reciclável por tipo de material	41
2.21	Reciclagem de resíduo sólido urbano nos EUA	42
2.22	Percentual de reciclagem por tipo de material nos EUA	42
2.23	Dados comparativos da coleta seletiva em duas cidades nos EUA	43
2.24	Evolução da coleta seletiva em Portugal	46

2.25	Participação dos cidadãos no processo de separação dos recicláveis	47
2.26	Evolução da coleta seletiva em Taiwan	54
2.27	Quantidade de reciclável coletado por catador em Delhi	56
2.28	Triagem do reciclável na AREsp	65
2.29	Indicadores sócio-econômico e ambiental da RMC	70
2.30	Aspectos legais do resíduo sólido e reciclagem em Campinas	71
2.31	Avaliação do aterro sanitário municipal Delta A	73
2.32	Programação diária da coleta seletiva domiciliar	80
2.33	Média diária da coleta de resíduo sólido da PMC no período de 10 anos	81
2.34	Potencial de reciclável na massa de resíduo sólido em 2005	82
4.1	Coleta seletiva nos sete primeiros meses do ano de 2005	100
4.2	Relação entre reciclável coletado por quilômetro no setor público	101
4.3	Relação entre reciclável coletado por quilômetro nas cooperativas	101
4.4	Densidade do reciclável sem compactação	102
4.5	Relação entre o peso da carga transportada e a capacidade do caminhão	104
4.6	Índice de rejeito proveniente da coleta seletiva municipal em 2005	105
4.7	Reciclável bruto coletado pelo setor público e entregue a Reciclar	105
4.8	Consumo médio de óleo diesel dos caminhões no setor público	107
4.9	Consumo médio de óleo diesel dos caminhões das cooperativas	107
4.10	Consumo de óleo diesel no transporte da coleta seletiva no setor público	108
4.11	Consumo de óleo diesel no transporte da coleta das cooperativas	108
4.12	Percentual típico de reciclável na massa da coleta seletiva	108
4.13	Estimativa de energia primária evitada com a reciclagem em Campinas	109
4.14	Balço energético da coleta seletiva em Campinas	110
4.15	Correção da energia evitada com a reciclagem	111
4.16	Estimativa do potencial de emissão de CO ₂ evitado com a reciclagem em Campinas	112
4.17	Quantidade de CO ₂ emitido e evitado com a coleta seletiva e a reciclagem em Campinas	113

Nomenclatura

Abreviaturas

ABAL – Associação Brasileira de Alumínio

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACS – Antônio da Costa Santos

ARESP – Associação dos Recicladores Esperança

BEN – Balanço Energético Nacional

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

Coopamare – Cooperativa de Catadores Autônomos de Papel, Aparas e Materiais Reaproveitáveis

Coopemare – Cooperativa de Material Reciclável

Cooprec – Cooperativa de Reciclagem

DEFRA – em inglês *Department for Environment, Food and Rural Affairs*

DLU – Departamento de Limpeza Urbana

DMLU – Departamento Municipal de Limpeza urbana

EDH – Ecologia e Dignidade Humana

Eurostat – em inglês *Statistical Office of the European Communities*

FARRS – Federação das Associações dos Recicladores do Rio Grande do Sul

FGV/SELUR – Fundação Getúlio Vargas/Associação das Empresas de Limpeza Urbana

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde

GTRS – Grupo de Trabalho de Resíduo Sólido

Hab. – habitante

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IEA – do inglês *International Energy Agency*

IPCC – do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IQR – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduo
NYC-DOS – do inglês - *New York City Department Office Service*
OCB – Organização das Cooperativas Brasileiras
OCE – Organização das Cooperativas Estadual
OIE – Oferta Interna de Energia
ONG's – Organizações Não-Governamentais
PEVS – Postos de Entrega Voluntária
PIB – Produto Interno Bruto
PMC – Prefeitura Municipal de Campinas
PMC/DLU – Prefeitura Municipal de Campinas/Departamento de Limpeza Urbana
Proconve – Programa de controle de poluição do ar por veículos automotores
SMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente
UNFPA – do inglês *United Nation Found Population Agency*
Unstat – do inglês *United Nation Statistic*
WWF- em inglês *World Wildlife Found*

Siglas

PT - Partido dos Trabalhadores
AR - Administração Regional
MME – Ministério de Minas e Energia
TEP – Tonelada Equivalente de Petróleo
SN – Seletiva Noturna
SD – Seletiva Diurna
RMC – Região Metropolitana de Campinas
MNCR – Movimento Nacional dos Catadores de Resíduos
NBR – Norma Brasileira
Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Símbolos

GJ – *Gigajoule*
m³ – Metro cúbico

CO₂ – Dióxido de carbono

CO – Monóxido de carbono

NO_x – Óxidos de nitrogênio

t – Tonelada

kg – Quilograma

km – Quilômetro

l – Litro

Capítulo 1

Introdução

As questões relacionadas à destinação final do resíduo sólido urbano surgem como um problema ambiental que tem despertado a atenção da comunidade científica no âmbito de sua multidisciplinariedade e também de diversos segmentos da sociedade em geral. Trata-se de um assunto de competência das autoridades públicas nacionais que, politicamente, decidem sobre sua ordem de prioridade. Em vista disso, debates são promovidos e, mesmo que pontuais, têm acontecido com o propósito de forçar a regulamentação do assunto no contexto das políticas públicas e, também, como tentativa de provocar a mudança de postura ambiental da sociedade.

A preocupação com o destino dos resíduos sólidos se deve ao aumento da quantidade gerada nos centros urbanos e sua tradicional forma de disposição. Com exceção de uma parcela das nações economicamente desenvolvida como Japão, Suécia, Suíça, Bélgica e Dinamarca, cuja taxa de reaproveitamento dos resíduos sólidos corresponde acima de 90%, comumente na maioria dos países predomina o sistema de aterramento. Nos países mais populosos do mundo como China e Índia e em outros como Croácia, Polônia, Turquia, México e Brasil, por exemplo, os dados mostram que a maior parte do resíduo sólido gerado tem como destino os lixões e os aterros (UNSTAT, 2007; OECD, 2007; EUROSTAT, 2005; IBGE, 2002).

Resíduo sólido constitui-se de matéria orgânica degradável, como restos de alimentos, papel e outros, matéria orgânica não degradável, como plásticos e por matéria inorgânica não degradável como vidro, metal e outros. Estes últimos, quando dispostos na natureza, podem demorar centenas de anos para se decompor; portanto, seu acúmulo contribui para a redução da vida útil dos aterros.

Em alguns municípios dos EUA, a falta de área destinada à implantação de aterros obrigou os governantes a implementarem, na década de 1970, programas de reciclagem para minimizar a quantidade de resíduo sólido aterrado (LOUIS, 2004). No Brasil, a reciclagem é uma prática antiga que, embora não se tenha registro, foi iniciada por ação dos catadores em ruas e lixões. No final da década de 1980, programas de coleta seletiva/reciclagem passaram a fazer parte das políticas públicas em alguns centros urbanos, localizados principalmente nas regiões Sul e Sudeste.

A reciclagem possibilita que os descartes provenientes de embalagem de papel, papelão, plástico, vidro e metal retornem à cadeia produtiva. Dessa forma, vários benefícios podem ser contabilizados, dentre os quais o uso de menor quantidade de matéria-prima na indústria e a conseqüente diminuição da extração dos recursos naturais; a diminuição do consumo de energia e de água; a geração de empregos e o aumento do tempo de vida útil de aterros (DIAS, 2001; MCDOUGALL *et al.*, 2001; FIGUEIREDO, 1995; TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 1993).

A obtenção desses benefícios, porém, depende da eficiência na execução de todas as etapas que antecedem a reciclagem, ou seja, da separação do reciclável na fonte (domicílio), da coleta, da triagem e do beneficiamento do material. Esse é um processo que impõe responsabilidade a todos os agentes envolvidos, principalmente o poder público como órgão gestor e a sociedade como fonte geradora e separadora do resíduo sólido (IPCC, 2007c; CETESB, 2005; IPT/CEMPRE, 2000).

Contudo, a implantação e a execução da coleta seletiva tem sido um grande desafio para os governos, devido à falta de adesão da população aos programas e a escassez de recursos públicos destinados aos mesmos. Segundo Reimer *et al.* (2006), Blat (1996) e Figueiredo (1995), a coleta de resíduo em geral consome entre 70% a 80% do orçamento municipal destinado à limpeza pública.

Estudos mostram que a coleta de resíduo tem sido menos onerosa aos cofres públicos e com melhor reaproveitamento dos recicláveis em alguns países da União Européia, Japão, Estados Unidos, Taiwan e outros, onde as políticas públicas atribuem algum tipo de responsabilidade aos produtores de embalagens e aos consumidores. Na Alemanha, por exemplo, a população tem duas opções: entregar seus recicláveis no local determinado ou pagar pelo serviço de retirada em seus domicílios (TALYAN *et al.*, 2008; TAYIBI, 2007; WOORDARD *et al.*, 2004).

As principais modalidades de coleta seletiva consistem na entrega do reciclável em postos de entrega voluntária ou coleta domiciliar. Na Espanha, uma inovação tecnológica permite o recolhimento dos recicláveis por sucção. A aspiração dos recicláveis acontece por meio de uma mangueira do caminhão coletor que é conectado ao duto instalado no local de armazenamento em grandes geradores (IRIARTE *et al.*, 2009).

Em países desenvolvidos o reciclável é separado na fonte pela população que o entrega em postos de coleta, em *containers* compartimentados instalados em locais públicos e em lixeiras específicas fixadas ao longo das ruas.

Nos países em desenvolvimento, ao contrário, a coleta seletiva é uma prerrogativa apenas de algumas capitais e grandes centros urbanos, onde predomina o sistema de coleta nos domicílios. A maior contribuição para a reciclagem tem sido pela ação dos catadores que trabalham na informalidade ou organizados em cooperativas e associações. Esses trabalhadores conseguem inserir na cadeia produtiva boa parte dos recicláveis que, pela falta da sistematização de dados, torna-se impossível ser mensurado com precisão. O mesmo acontece com a coleta seletiva oficial em alguns municípios (BRINGUENTI *et al.*, 2007; MEDINA 200, 1997).

No Brasil, a coleta seletiva oficial normalmente tem sido realizada com caminhões e equipes coletoras compostas de 3 a 4 trabalhadores. Para executá-la, o poder público utiliza a própria estrutura (caminhões e pessoal) ou a de empresas contratadas, enquanto que os catadores transportam o reciclável coletado de forma improvisada em carrinhos manuais, carroças, bicicletas, triciclos e veículos automotores.

Sob domínio público, tradicionalmente, a frota de veículo utilizada na coleta e transporte de recicláveis é movida a energia oriunda de combustível fóssil, especificamente por óleo diesel, cujo consumo contribui para aumentar a poluição atmosférica nos centros urbanos. Vários estudiosos entre eles Bizzo (2005); Goldemberg (2003); Jannuzzi (1997) e Figueiredo (1995) afirmam que tanto a produção quanto o consumo desse tipo de energia traz impactos ao ambiente.

A queima do óleo diesel em motores libera gás carbônico, gases tóxicos e particulados que se concentram na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global da Terra através do efeito estufa. Além disso, a saúde da população é afetada na medida em que diminui a resistência do aparelho respiratório, com tendência ao agravamento de doenças pré-existentes como asma e bronquite. Nas cidades poluídas é comum a pessoa queixar-se de dor de garganta, dor de cabeça,

sensação de cansaço e mal-estar, ardor e irritação nos olhos, coriza no nariz etc. (CETEA/CEMPRE, 2002; DIAS, 2001; FIGUEIREDO, 1995).

Por isso, toda e qualquer iniciativa que demanda o consumo de energia, principalmente a proveniente de combustível fóssil, deve ser bem planejada. Como a reciclagem é um processo que pode trazer benefícios energéticos, econômicos, sociais e ambientais à sociedade, entende-se que seja fundamental quantificar os ganhos.

Este trabalho quantifica os ganhos energéticos e ambientais na primeira etapa do processo de reciclagem que é a coleta seletiva de resíduo sólido urbano. A pesquisa centrou-se no consumo de óleo diesel no transporte da coleta seletiva executada no setor público e no sistema cooperativo no município de Campinas (SP), em 2005. Nesse ano, cerca de 11 caminhões realizaram a coleta pública de recicláveis para coletar apenas 1% da massa de resíduo sólido que é recolhida diariamente e enviada ao aterro sanitário. O montante recolhido foi insuficiente para fomentar as 11 cooperativas participantes do programa de geração de renda que inclui a Cooperativa de Materiais Recicláveis Santa Genebra. Esta foi implantada, em 2003, pela autora deste trabalho, que iniciou o projeto fazendo a coleta seletiva com cerca de 25 cooperados nas ruas dos três bairros no entorno da cooperativa.

Experiências com coleta independente realizada por duas cooperativas no município mostram que é possível criar mecanismos para se coletar mais reciclável consumindo menos combustível. No entanto, ressalta-se que o resultado deste estudo não deve servir como parâmetro de comparação entre o setor público e o sistema cooperativo no próprio município, tendo em vista os interesses institucionais das coletas. Acredita-se que a expansão dessa pesquisa em outros municípios pode contribuir como parâmetros de análise.

1.1 Objetivos

Os objetivos deste trabalho se dividem em geral e específico. O objetivo geral consiste em mostrar os ganhos energéticos e emissão evitada de CO₂ obtidos com a coleta seletiva de resíduo sólido domiciliar realizado pelo setor público e pelo sistema cooperativo no município de Campinas (SP).

Os objetivos específicos consistem em:

- quantificar o consumo de óleo diesel, a distância percorrida e a quantidade de reciclável coletado nas seletivas da PMC/Contratada; da PMC/DLU e das duas cooperativas;
- quantificar a carga de reciclável transportada e sua relação com a capacidade do caminhão;
- quantificar o índice de rejeito coletado na coleta seletiva pública;
- quantificar o potencial de energia evitada com a reciclagem dos recicláveis coletados;
- corrigir os dados de energia evitada por tonelada de recicláveis com base na literatura;
- quantificar o potencial de energia consumida no transporte e a quantidade de energia evitada com a reciclagem dos recicláveis coletados; e,
- quantificar o potencial de emissão de CO₂ proveniente da energia consumida na coleta e transporte do reciclável e a emissão de CO₂ evitada com a reciclagem dos recicláveis coletados.

1.2 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em 5 capítulos, conforme descrito:

Capítulo 1: apresentação do objeto de estudo, os objetivos e a estrutura da dissertação;

Capítulo 2: apresentação da revisão da literatura onde são abordados os assuntos relacionados à geração, coleta e disposição de resíduo sólido urbano; coleta seletiva; reciclagem e cooperativa de catadores; e o estudo sobre o município de Campinas (SP);

Capítulo 3: apresentação da metodologia utilizada na pesquisa de campo para obtenção dos objetivos propostos;

Capítulo 4: apresentação dos resultados. Este capítulo reúne os dados exploratórios sobre a média mensal de reciclável recolhido no município de Campinas, em 2005, pelo setor público e por duas cooperativas e o combustível consumido na coleta pelos caminhões coletores; a estimativa do potencial de energia evitada com a reciclagem e a respectiva quantidade de CO₂ que deixa de ser emitido na atmosfera.

Capítulo 5: apresentação da conclusão e sugestões para os próximos trabalhos.

Capítulo 2

Revisão da literatura

2.1 Energia, transporte e resíduo sólido urbano

2.1.1 Energia: definição e conceito

Na análise etimológica, energia origina do grego *enérgeia* e significa forças em ação. Nenhuma atividade ou ação (trabalho) pode ser exercida sem o consumo de energia. A produção de um trabalho ou o desenvolvimento de uma força pode ser realizado de forma mecânica, elétrica, térmica e química, nuclear e irradiante, a partir do calor, da eletricidade, da força e do movimento, da luz, etc. As fontes de energia compreendem: força muscular, carvão mineral, gás, urânio, hidráulica, petróleo, biomassa, eólica, solar, geotérmica, marés entre outras (MICHAELIS, 2002; BRANCO, 1990).

As fontes são classificadas em primárias e secundárias e renováveis ou não-renováveis. As fontes primárias não-renováveis e, portanto, esgotáveis, originam de recursos naturais como o petróleo, gás natural, carvão mineral e urânio, que precisam ser submetidos à transformação em energia secundária para consumo final, a exemplo da eletricidade, gasolina e outros. As fontes primárias de energia renovável provêm do Sol (energia solar); do vento (energia eólica); do rio e da corrente de água doce (energia hidráulica); do mar e do oceano (energia mareomotriz); da matéria orgânica (energia de biomassa) e do calor da Terra (energia geotérmica) ((MME, 2005; NEPAM/UNICAMP, 1994; BRANCO, 1990).

De acordo com o Primeiro Princípio da Termodinâmica, energia nunca se perde, transforma-se. O Segundo Princípio sintetiza que, uma vez usada para a produção de trabalho ou

movimento e não armazenada como potencial, energia se dissipa na forma de calor não podendo mais ser utilizada (NEPAM/UNICAMP, 1994; BRANCO, 1990).

2.1.2 Energia e homem

O homem tem seu primeiro contato com a energia por meio da ingestão dos alimentos. Para garantir sua vida no Planeta um ser humano necessita, no mínimo, de 1.000 kcal/dia (4.000 kJ/dia) o equivalente a 100 gramas de petróleo. Um adulto em atividades normais necessita de 2.000 kcal/dia (aproximadamente 8.000 kJ/dia) (GOLDEMBERG, 2003).

Há cerca de um milhão de anos, o homem primitivo, no Leste da África, dispunha apenas da energia dos alimentos que ingeria. Sua evolução na Europa, a cerca de cem mil anos após, possibilitou-lhe aumentar o consumo de energia com a ingestão de mais alimentos oriundos da caça e da pesca. Possibilitou-lhe, também, a queima da madeira para obtenção de calor e cozimento (GOLDEMBERG, 2003).

O homem agrícola primitivo na Mesopotâmia, cerca de cinco mil anos a. C., utilizava energia da tração animal. O homem agrícola avançado, no Nordeste da Europa, na Idade Média, utilizava o carvão para aquecimento, a força da água e a do vento e o transporte animal. O homem industrial, no século XVII, na Inglaterra, utilizava o carvão como energia para mover bombas a vapor para extração de água das suas próprias minas (GOLDEMBERG, 2003; BRANCO, 1990).

No final do século, os aperfeiçoamentos introduzidos por James Watt (1736-1819) permitiram o uso desses sistemas para movimentar máquinas industriais, embarcações e locomotivas. Posteriormente foi descoberta a energia elétrica. Em 1880, os primeiros veículos movidos por motores de combustão interna, marcaram o início do domínio da energia do petróleo (REDCLIFT, 1998; BRANCO, 1990).

O desenvolvimento energético originou o homem tecnológico, no século XX, cujo consumo médio de energia mundial corresponde a dez vezes ao do homem primitivo. Os precursores desse aumento foram o carvão, utilizado como fonte de calor e potência, o petróleo e seus derivados, utilizado em motor de explosão interna e, também, a eletricidade, gerada inicialmente em usinas hidrelétricas e depois em termelétricas (GOLDEMBERG, 2003; REDCLIFT, 1998).

O aumento do consumo de energia na sociedade moderna tem motivado a descoberta de novas fontes para suprir a demanda. No histórico de 33 anos, que corresponde ao período de 1973 a 2006, houve um aumento da oferta mundial de energia correspondente a 92%, ou seja, de 6.115 milhões de tep aumentou para 11.741 milhões de tep. A figura 2.1 mostra a composição da matriz energética mundial e seu respectivo percentual, em 2006.

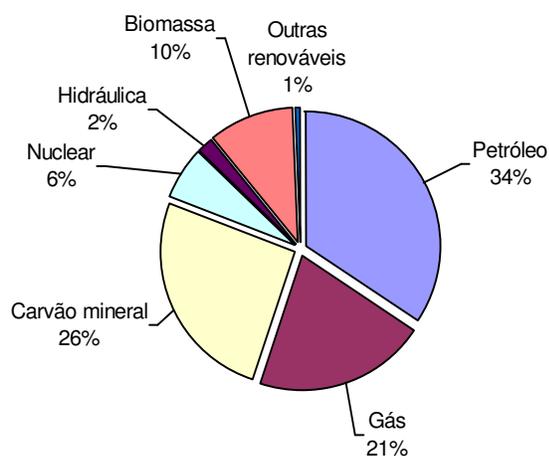


Figura 2.1 Matriz energética mundial em 2006

Fonte: Agência Internacional de Energia *apud* (MME, 2008)

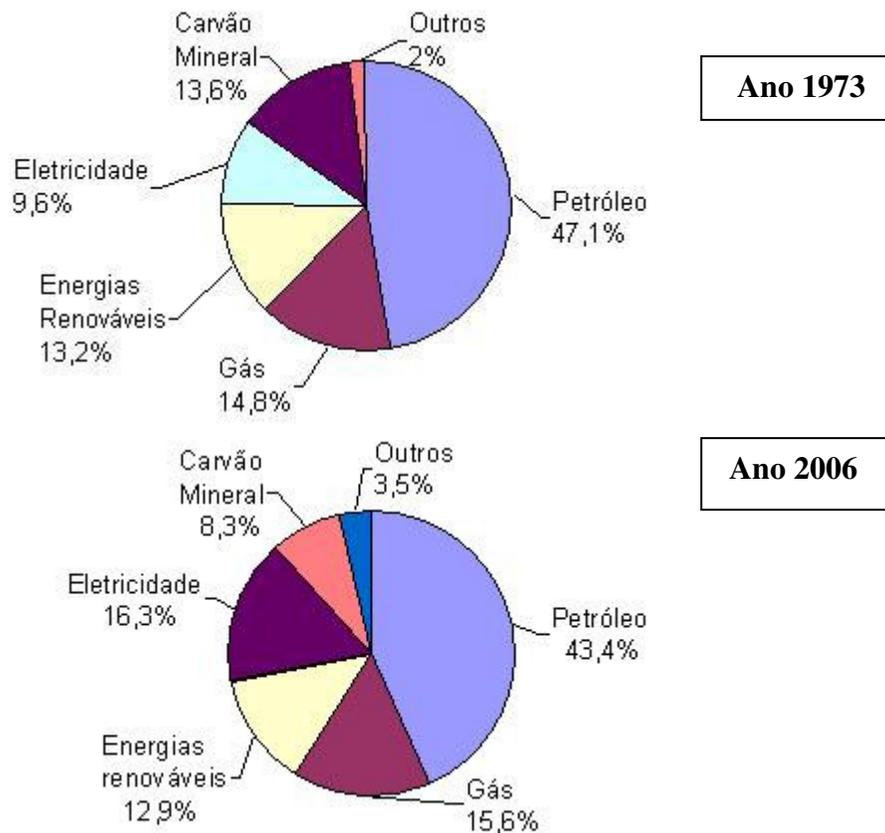
Os dados apresentados mostram a diversificação da matriz energética mundial, sendo que o maior percentual de energia, totalizado em 81% da composição da matriz, refere-se ao combustível fóssil, com predomínio do petróleo. A tabela 2.1 mostra a evolução da oferta de energia nos blocos dos países entre os anos de 1973 e 2006.

Tabela 2.1 Oferta de energia por localidade

Localidade	Percentual de energia em 1973 (%)	Percentual de energia em 2006 (%)
África	3,4	5,2
América Latina	3,7	4,5
Antiga União Soviética	14,3	8,7
Ásia (exceto China)	5,7	11,3
Bunker Marítimo	2,0	1,6
China	7,0	16,2
Europa (exceto OECD)	1,6	0,9
OECD	61,2	47,1
Oriente Médio	1,1	4,5

Fonte: Agência Internacional de Energia *apud* (MME, 2008).

Os dados apresentados mostram que os países pertencentes à OECD (Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica) dispõem da metade da oferta de energia mundial. Juntamente com a China, ambas dispõem de dois terços do total. O período de 1973 a 2006, registra um aumento de consumo de energia em 74%, ou seja, de 4.548 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo) aumentou para 7.912 milhões de tep (MME, 2008). As figuras 2.2 e 2.3 mostram o percentual de consumo de energia relativa à matriz energética mundial em 1973 e 2006.



Figuras 2.2 e 2.3 Consumo mundial de energia por fonte em 1973 e 2006

Fonte: Agência Internacional de Energia *apud* MME (2008)

Os dados de consumo de energia apresentados mostram que, em três décadas, o uso da eletricidade teve um aumento de 70%, enquanto que o petróleo e o carvão mineral tiveram diminuição de 8% e 39% respectivamente. Nesse período, o petróleo apresenta-se como a maior fonte de consumo de energia.

2.1.3 Combustível fóssil: conceito e definição

A palavra combustível significa qualquer substância que produz calor, chamas e gases através da reação com o oxigênio. Fóssil vem do latim *fossile*, restos de organismos ou partes deles preservados na rocha. Os principais combustíveis fósseis são: carvão mineral, petróleo e gás natural. Constituem-se basicamente de matéria orgânica decomposta e transformada (enriquecida), a qual contém energia em suas ligações químicas oriundas da energia solar absorvida durante anos pelas plantas no processo de fotossíntese (JUCY, 1994; BRANCO 1990).

A palavra petróleo origina do latim *petra* significa pedra e *olium* significa óleo. Constitui-se por uma mistura de hidrocarbonetos, compostos por átomos de carbono e hidrogênio, apresentado em estado líquido ou semi-líquido (Branco, 1990). Segundo esta mesma fonte, as jazidas descobertas até agora datam de 2 a 400 milhões de anos.

O petróleo e o gás natural têm a mesma origem e são encontrados, na maioria das vezes, nos mesmos depósitos. As principais reservas mundiais estão no Oriente Médio, Europa Ocidental, América do Norte e parte da América do Sul (MME, 2008).

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), em 2006, a produção mundial de petróleo atingiu 1.484 milhões de toneladas. Os três maiores produtores foram Arábia Saudita (507 milhões de toneladas) com 12,9%; Rússia (477 milhões de toneladas) com 12,1% e EUA (310 milhões de toneladas) com 7,9%. Os três maiores exportadores foram Arábia Saudita, Rússia e Irã (MME, 2008).

No Brasil, a oferta interna de energia (OIE), em 2007, totalizou-se em 238 milhões de tep. Comparando esse dado com a OIE brasileira de 1970, o aumento da oferta, registrado no Balanço Energético Nacional (BEN), corresponde a 3,5 vezes. A figura 2.4 mostra uma síntese de dados de energia do Brasil e dos países da OECD em comparação com o mundo.

Os dados apresentados mostram que, em 2007, a OIE brasileira corresponde a cerca de 2% da oferta mundial. Quase 50% do total refere-se à produção de energia renovável, ou cerca de 3,5 vezes à OIE mundial. A produção brasileira de petróleo vem atingindo sua auto-suficiência, desde 2005, e conforme registro de 2007, está totalizada em 89 milhões de tep.

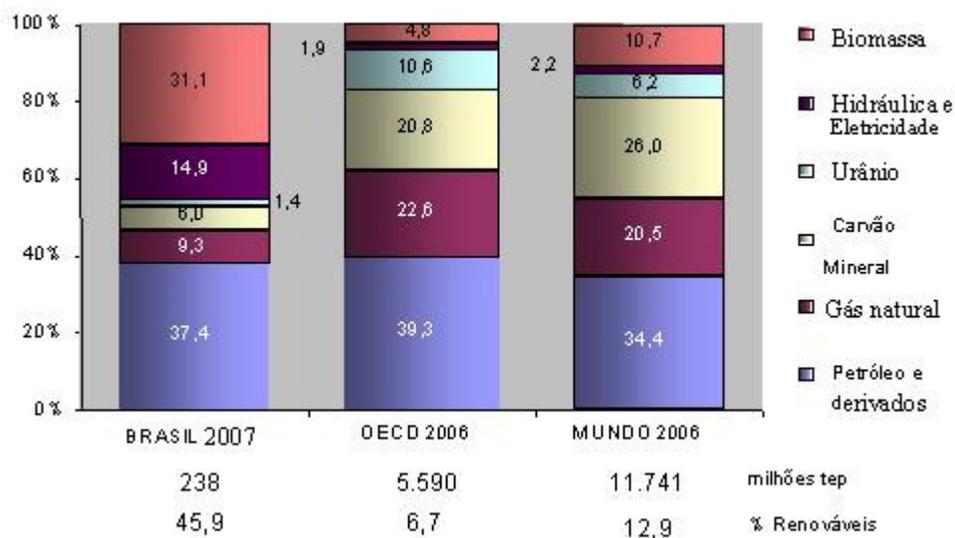


Figura 2.4 Matriz de oferta de energia do Brasil e do mundo

Fonte: Agência Internacional de Energia *apud* MME (2008)

A figura 2.5 mostra a matriz de consumo final de energia no Brasil, nos países da OECD e no restante do mundo.

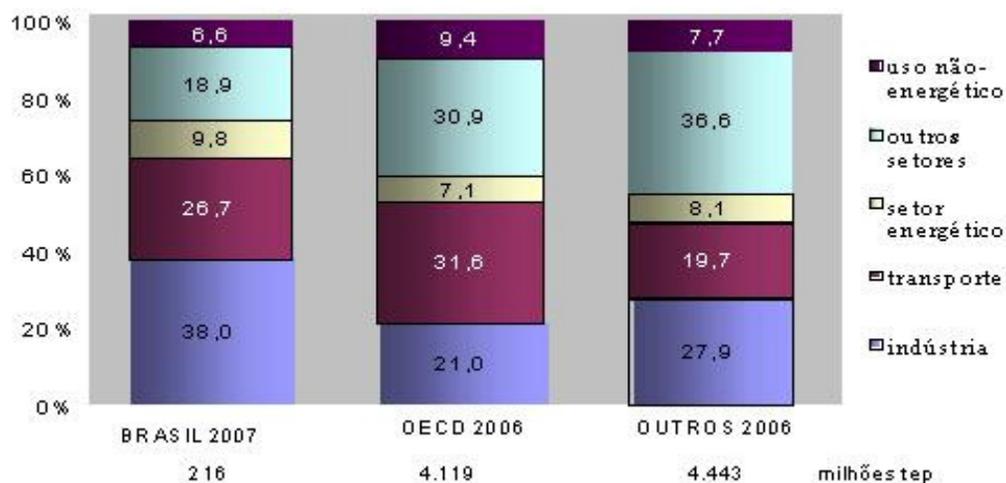


Figura 2.5 Matriz de consumo final de energia

Fonte: Agência Internacional de Energia *apud* MME (2008)

Os dados apresentados mostram que no Brasil, o setor industrial e o setor do transporte foram os dois maiores consumidores de energia, em 2007. Os países pertencentes à OECD

também apresentam maior consumo de combustível no setor de transporte, em 2006, como mostra a figura 2.6.

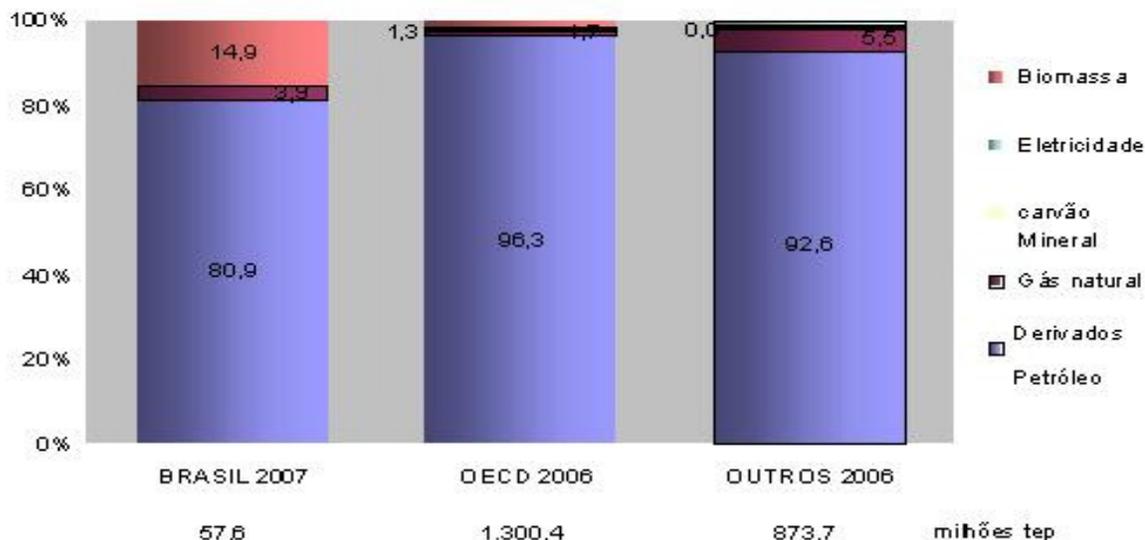


Figura 2.6 Matriz energética do transporte

Fonte: Agência Internacional de Energia *apud* MME (2008)

Os dados apresentados mostram que os derivados de petróleo (querosene, gasolina e óleo diesel) impulsionam o setor de transporte. No mundo, em 2006, o índice de consumo desses energéticos ultrapassou os 90% da matriz. Nos países da OECD, o consumo se aproxima dos 100% e no Brasil, em 2007, o índice foi menor, em torno de 80%, com predominância do uso do petróleo e derivados, principalmente do óleo diesel, no transporte de carga.

Na tabela 2.2 os dados mostram a representatividade do petróleo no transporte rodoviário, referente aos anos de 2005 a 2007, onde se verifica que no Brasil houve uma redução de 5% na OIE do petróleo e derivados, no ano de 2007, em relação ao ano anterior e, mesmo assim, o consumo no setor de transporte aumentou em 8%, representando 59% desses energéticos. O consumo de óleo diesel no transporte rodoviário correspondeu a 76,4% da OIE, em 2007. O aumento em relação a 2006 foi de 5,8%.

Tabela 2.2 Oferta interna de energia e consumo de óleo diesel no transporte brasileiro

Ano	2005	2006	2007
OIE (10 ⁶ tep)	218,7	226,1	238
OIE petróleo e derivados (%)	38,7	37,7	37,4
OIE de petróleo e derivados (10 ⁶ tep)	84,6	85,2	80,9
Consumo no transporte (10 ⁶ tep)	52,4	53,2	57,6
Percentual de consumo no transporte (%)	26,8	26,3	26,7
Consumo no transporte rodoviário (10 ⁶ tep)	48,0	49,0	52,9
Percentual de consumo no transporte rodoviário (%)	91,6	92,0	91,7
Produção de óleo diesel (10 ⁶ m ³)	38,4	38,7	39,5
Consumo total de óleo diesel (10 ⁶ m ³)	40,4	40,6	42,8
Consumo de óleo diesel no transporte (10 ⁶ m ³)	31,5	31,9	33,9
Consumo no transporte rodoviário (10 ⁶ m ³)	30,4	30,9	32,7

Fonte: Elaborado a partir de MME (2008)

O óleo diesel é um combustível comumente utilizado em motores de combustão interna e ignição por compressão (motor do ciclo diesel) para diversas finalidades, ou seja, em automóvel, furgão, ônibus, caminhão, embarcação marítima, máquina de grande porte, locomotiva e aplicação estacionária como gerador elétrico. Trata-se de um combustível constituído basicamente por hidrocarbonetos, ou seja, átomos de carbono, hidrogênio e em baixas concentrações por enxofre, nitrogênio e oxigênio. Tem como característica a inflamabilidade, nível médio de toxicidade, volatilidade, limpidez, isenção de material em suspensão e forte odor (BRANCO, 1990).

A eficiência energética da produção de óleo diesel na Europa é estimada em 76%, ou seja, a produção de 1 MJ de energia de óleo diesel requer 1,32 MJ de energia bruta (MCDOUGALL *et al.*, 2001).

Na análise de vários estudiosos do assunto, entre eles Bizzo (2005); Goldemberg (2003); Jannuzzi (1996) e Figueiredo (1995), energia é um insumo básico para o desenvolvimento econômico e para a melhoria da qualidade de vida humana, porém, tanto sua produção convencional quanto o seu consumo trazem sérias implicações ambientais e de saúde pública.

2.1.4 Impactos energéticos provenientes da produção e consumo de combustível fóssil

Segundo as mesmas fontes, a somatória de impactos que culmina com a alteração climática, decorre do acúmulo de gases liberados na atmosfera pela produção e queima de combustível fóssil, principalmente na indústria e nos motores de veículos.

O ozônio (O_3) é um gás resultante de reações fotoquímicas que ocorrem na presença de óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis que se acumula na troposfera (camada inferior da atmosfera). São poluentes emitidos em processos de combustão industrial e motor de combustão interna. Os compostos orgânicos voláteis, na maioria, hidrocarbonetos também são emitidos no processo de combustão e por atividades industriais associados ao armazenamento e processamento de derivados de petróleo (BIZZO, 2005).

Para Goldemberg (2003), a emissão dos gases de efeito estufa, dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4) produzidos pela ação do próprio homem, podem trazer efeitos irreversíveis para a humanidade. Sobre essa questão, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) publicou desde 1990, quatro relatórios (IPCC, 2007d). A tabela 2.3 mostra o panorama nacional e internacional sobre a emissão de CO_2 , em 2004.

Tabela 2.3 Indicadores de emissão de CO_2 no ano de 2004

Indicador	Brasil	China	Rússia	EUA	Japão	América Latina	Mundo
OIE/hab (tep) *	1,2	1,3	4,5	7,9	4,2		1,8
T CO_2 / hab **	1,8	3,7	10,3	19,7	3,7	1.9	4,2
T CO_2 / tep OIE ***	1,5	2,9	2,4	2,5	2.9	1.9	2,4

*Oferta Interna de Energia por habitante em tonelada equivalente de petróleo

** Tonelada de dióxido de carbono por habitante

*** Tonelada de dióxido de carbono por tonelada equivalente de petróleo referente a Oferta Interna de Energia

Fonte: MME (2005)

Os dados apresentados mostram que a maior emissão de CO_2 por habitante é a dos Estados Unidos, ou seja, cerca de 4,7 vezes maior que a média mundial. Comparada à esta, a emissão brasileira é inferior à 2,5 vezes. O uso de energia renovável, que desde 1970 vem apresentando participação importante na matriz energética brasileira, tem contribuído para minimização do indicador de emissão. As fontes renováveis provêm de hidroeletricidade, lenha e carvão vegetal além dos derivados de cana-de-açúcar e outras (MME, 2008).

De acordo com dados do Ministério de Minas e Energia (MME), em 2005, apenas o setor de transporte brasileiro foi o responsável pela emissão de 2,64 toneladas de dióxido de carbono por tonelada equivalente de petróleo. Em 2006, foram emitidas 750 milhões de toneladas de CO₂, sendo que 43% corresponderam a energia de combustíveis (MME, 2007).

A poluição do ar nos grandes centros urbanos brasileiros causados por particulados emitidos pelo consumo de energia em geral, principalmente de combustível fóssil, vem se tornando uma das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes (CETESB, 2007a).

Segundo Bizzo (2005), “a saturação da poluição atmosférica é uma equação de difícil solução”. Entretanto, os mecanismos de controle estabelecidos no Brasil têm limitado valores de emissão com base na Resolução CONAMA n° 03, de 28/06/1990, como mostra a tabela 2.4.

Tabela 2.4 Padrão brasileiro de controle da poluição do ar

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário (µg/m ³)	Padrão secundário	Método de medição
Partículas totais em suspensão	24h ¹	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA ²	80	60	
Partículas inaláveis	24h ¹	150	150	Separação inercial/filtração
	MAA ³	50	50	
Fumaça	24h ¹	150	100	Refletância
	MAA ³	60	40	
Dióxido de enxofre	24h ¹	365	100	Parasosanilina
	MAA ³	80	40	
Dióxido de nitrogênio	1h ¹	320	190	Quimiluminescência
	MAA ³	100	100	
Monóxido de carbono	1h ¹	40.000 - 35ppm	40.000 - 35ppm	Infravermelho não dispersivo
	8h ¹	10.000 - 9ppm	10.000 - 9ppm	
Ozônio	1h ¹	160	160	Quimiluminescência

1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano; 2) Média geométrica anual; 3) Média aritmética anual.

Fonte: CETESB (2007a)

Desde a década de 1980, a emissão veicular é normatizada pela Resolução CONAMA n° 18/1986, que instituiu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve, e outras Resoluções CONAMA. A tabela 2.5 mostra os valores obtidos da homologação e da produção segundo as Resoluções CONAMA n° 08/93 e 315/02 para veículos pesados do ciclo Diesel e a tabela 2.6 mostra os valores limites de emissão para veículos pesados definidos pela Lei Federal n° 8723, de 29 de outubro de 1993.

Tabela 2.5 Fatores de emissão de motores

Ano	Fase Proconve	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOX (g/kWh)	MP (g/kWh)
Resolução CONAMA nº 18/1986	I	(1)	(1)	(1)	(1)
	II	1,86	0,68	10,7	0,66
	III	1,62	0,54	6,55	0,318
Resolução CONAMA nº 315/2002	IV (parcial)	0,85	0,29	6,16	0,12
	V (parcial)	0,85	0,15	4,66	0,082

As fases I, II e III foram atendidas pelo cronograma das primeiras etapas do PROCONVE; e, as fases IV e V estavam previstas para 31/12/2006.

(1) Na fase I, nenhum desses parâmetros era controlado, apenas a emissão de fumaça em regime de carga.

Fonte: CETESB (2007a).

Tabela 2.6 Limites de emissão para veículos pesados novos ⁽¹⁾

Tipo de emissão	Data de vigência	Aplicação	Limite de emissão (g/kWh)				
			CO	HC	NOx	Partículas	K ⁽²⁾ fumaça
Escapamento	0/01/1987	Ônibus urbanos diesel	-	-	-	-	2,5
	1/01/1989	Todos os veículos diesel	-	-	-	-	
	1/01/1994	Todos os veículos importados ⁽⁵⁾	4,9	1,23	9,0	0,7 -0,4 ⁽³⁾	
	3/01/1994	80% dos ônibus urbanos nacionais ⁽⁵⁾	4,9	1,23	9,0	0,7-0,4 ⁽³⁾	
		20% dos ônibus urbanos 80% dos demais veículos diesel nacionais	11,2	2,45	14,4	-	
	1/01/1996	20% dos veículos nacionais ⁽⁵⁾	11,2	2,45	14,4	-	
		80% dos veículos nacionais ⁽⁵⁾ 20% dos ônibus urbanos nacionais ⁽⁵⁾	4,9	1,23	9,0	0,7 -0,4 ⁽³⁾	
	1/01/1998	80% dos ônibus urbanos nacionais ⁽⁵⁾ Todos os veículos importados ⁽⁵⁾	4,0 ⁽⁴⁾	1,10 ⁽⁴⁾	7,0 ⁽⁴⁾	0,25-0,15 ⁽⁴⁾	
	1/01/2000	80% dos veículos nacionais ⁽⁵⁾	4,0 ⁽⁴⁾	1,10 ⁽⁴⁾	7,0 ⁽⁴⁾	0,25-0,15 ⁽⁴⁾	
20% dos veículos nacionais ⁽⁵⁾		4,9	1,23	9,0	0,7-0,4 ⁽³⁾		
1/01/2002	Todos os veículos ⁽⁵⁾	4,0 ⁽⁴⁾	1,10 ⁽⁴⁾	7,0 ⁽⁴⁾	0,15 ⁽⁴⁾		
Cárter	1/01/1988	Ônibus urbanos diesel	Emissão nula em qualquer condição de operação do motor				
	1/01/1989	Todos os veículos Otto					
	07/01/1989	Todos os veículos diesel de aspiração natural					
	01/01/1993	Todos os veículos diesel turboalimentados	Emissão nula em qualquer condição de operação do motor ou incorporada à emissão de HC do escapamento				
	01/01/1996	Todos os veículos diesel turboalimentados	Emissão nula em qualquer condição de operação do motor ⁽⁴⁾				

1) Medição de acordo com as Normas MB-3295 e NBR nº 10813; 2) $k = C \cdot VG$ onde: C = concentração carbônica (g/m³) e G = fluxo nominal de ar (l/s). Aplicável apenas aos veículos Diesel; 3) 0,7 g/kWh para motores com potência até 85 kW e 0,4 g/kWh para motores de potência superior. Aplicável apenas em veículos Diesel; 4) 0,25 g/kWh para motores até 0,7 dm³/cilindro com rotação máxima acima de 3.000 RPM e 0,15 g/kWh para os demais. Aplicável apenas em veículos Diesel; 5) Veículos Otto e Diesel.

Fonte: CETESB (2007a).

Com base na experiência internacional dos países desenvolvidos, o Proconve “exige que os veículos e motores novos atendam aos limites máximos de emissão em ensaios padronizados e com combustíveis de referência. O programa impõe ainda a certificação de protótipos e de veículos da produção, a autorização especial do órgão ambiental federal para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento e reparo dos veículos ou motores encontrados em desconformidade com a produção ou o projeto e também proíbe a comercialização dos modelos de veículos não homologados segundo seus critérios”.

O sistema predominante de transporte no Brasil é o rodoviário, e o combustível mais utilizado tem sido o óleo diesel. Uma vez que a queima deste combustível implica em danos à saúde pública (IPCC, 2007a; EPA, 2002 e 1999; Figueiredo, 1995), toda e qualquer iniciativa que possibilite a redução do seu consumo deve ser considerada. Uma das atividades diárias nos municípios que envolvem o transporte e o consumo de óleo diesel é a coleta de resíduo sólido.

Segundo Bhat (1996), dependendo da densidade demográfica do município, nos Estados Unidos, diariamente uma frota acima de 2.000 caminhões movidos à óleo diesel nas categorias leve, semi-pesado e pesado, se deslocam de diferentes regiões para coletar os resíduos sólidos nos domicílios e transportá-los até o destino final. No Brasil, conforme o Censo 2000, divulgado pelo IBGE (2002), são utilizados acima de 5.000 unidades entre veículos e equipamentos para a realização da coleta.

2.2 Transporte de resíduo sólido urbano

2.2.1 Tipo de veículo

Para a execução da coleta e transporte de resíduo sólido urbano existem, basicamente, 4 tipos de carrocerias montadas sobre chassi de veículos (FUNASA, 2006; IPT/CEMPRE, 2000):

- Coletor Convencional Tipo Prefeitura (NBR n° 12980). Veículo de carroceria metálica fechada em forma de caixa retangular com tampa corrediça abaulada. Sua descarga acontece por basculamento. Esse modelo é utilizado em pequenas comunidades, com baixa densidade demográfica e em locais íngremes. A capacidade da caçamba comporta entre 4 m³ a 15 m³ cuja descarga ocorre por basculamento hidráulico. Esse sistema exige grande esforço físico dos coletores para elevar o resíduo já que sua borda está a 1,80 m de altura;

- Coletor compactador (NBR n° 12980). Veículo com carroceria fechada, contendo dispositivo mecânico ou hidráulico que possibilita a distribuição e compressão do resíduo no seu interior. O sistema de compactação pode ser contínuo ou intermitente e o carregamento pode ser traseiro, lateral ou frontal. Sua capacidade volumétrica varia entre 5 m³ a 25 m³ .
- Caminhão compactador com mecanismo para basculamento estacionário, próprio para estabelecimentos onde se concentra grande volume de resíduo; e,
- Caminhão poliguindaste contém pequeno guindaste móvel para remoção de container (conjunto de quatro recipientes agregados de cores diferentes) instalados em local publico, os denominados PEVs (Postos de Entrega Voluntária).

2.2.2 Seleção do veículo

Na seleção do veículo para uso da atividade relacionada à coleta e transporte de resíduo sólido municipal, tanto o método de coleta quanto a característica física do roteiro, bem como o volume de resíduo constituem-se em aspectos importantes a serem considerados (EPA, 2006).

O dimensionamento do veículo requer o levantamento de informações como (FUNASA, 2006):

- mapeamento geral do município;
- mapa cadastral ou semicadastral;
- mapa com definição do tipo de pavimentação das ruas;
- mapa indicativo das regiões ou ruas comerciais;
- mapa com localização das unidades de ensino, saúde, concentrações industriais, garagem municipal de veículos, localização da área de destino final dos resíduos ou indicativo do sentido;
- sentido do tráfego das avenidas e ruas; e,
- listagem dos veículos disponíveis da frota e respectivas capacidades.

O itinerário de coleta significa o percurso que o veículo faz dentro de um mesmo setor, em um espaço de tempo. A Funasa (2006) aponta três sugestões para facilitar o itinerário:

- início da coleta nas proximidades da garagem e término próximo à estação de transferência ou destino final;
- início da coleta em vias com declive, no sentido de cima para baixo; e,
- para cada itinerário é necessário um roteiro gráfico e descritivo do setor.

Na Suécia são utilizados caminhões compactadores com capacidade de carga para 13,5 m³. Na coleta seletiva, os caminhões utilizados são constituídos de dois compartimentos: um com 7 m³ para embalagem de metal e um com 6,5 m³ para papel ou embalagem plástica. O vidro é coletado em caminhão aberto sem compressão. O sistema de coleta inclui uma equipe composta no máximo por duas pessoas e dois tipos de veículo coletor (PETERSEN *et al.*, 2004; SONESSON, 2000; EVERETT *et al.*, 1998):

- caminhão totalmente automatizado para recebimento da carga pela lateral. Com esse veículo, a coleta é realizada apenas pelo motorista; e,
- caminhão semi-automatizado com sistema de dispositivo hidráulico para levantamento da lixeira e compactação do resíduo, requerendo mão-de-obra para engate da lixeira ao dispositivo do caminhão. Neste, a carga é inserida pela parte traseira.

Com relação ao combustível, Sonesson (2000) e Bhat (1996), afirmam que o consumo depende de vários fatores, dentre os quais, o tipo de caminhão e o combustível utilizado, tempo de acionamento do dispositivo mecânico disponível, distância percorrida e o número de paradas, condições geográficas, situação do tráfego, limite de velocidade e habilidade da equipe.

2.2.3 Consumo de combustível

Segundo Sonesson (2000), o cálculo do consumo de combustível na coleta e no transporte de resíduo sólido urbano compreende a soma de duas partes:

- distância percorrida incluindo paradas relacionadas ao tráfego etc; e,
- paradas extras e descarregamento das lixeiras.

Durante o percurso dois fatores influenciam o consumo:

- trajeto entre a área de coleta e o local de disposição (estação de transferência ou local de tratamento); e,
- distância percorrida durante a coleta.

Caminhões grandes e pesados, além de consumirem maior quantidade de combustíveis, causam danos às ruas residenciais e ao ambiente e, ainda, requerem trabalho adicional de operação e manutenção (REIMER *et al.*, 2006; BLAT, 1996).

Com base em dados disponíveis na literatura, relacionados em ordem cronológica de publicação, são apresentadas um total de doze médias de consumo de óleo diesel no transporte de carga comum e de resíduo sólido urbano, conforme tabela 2.7.

Tabela 2.7 Consumo de combustível em caminhões de carga comum e de resíduo sólido

Referência	Consumo médio (km/l)	Aplicação	Equipamento	Sistema de coleta	Origem
Johanson (1999)	2,81	Carga comum	Carroceria/caçamba	n/d	Suécia
Sonesson (2000)	4,0	Coleta de resíduo	Compactador	Mecânica	Suécia
FGV/ Selur (2001)	1,6	Coleta de resíduo	Compactador	Manual	Brasil
McDougall <i>et al.</i> (2001)	3,0	Coleta de resíduo	Carroceria/caçamba	n/d	Reino Unido
Fabi (2004)	2,5	Carga comum	Carroceria/caçamba	n/d	Brasil
Malzer (2005)	2,78	Carga comum	Carroceria/caçamba	n/d	Canadá
Agar <i>et al.</i> (2007)	0,9	Coleta de resíduo	Compactador	Manual	Canadá
Iriarte <i>et al.</i> (2009)	1,85	Coleta de resíduo	n/d	n/d	Espanha
	1,66	Coleta seletiva	n/d	n/d	Espanha
Iriarte <i>et al.</i> (2009)	2,0	Coleta de vidro	Carroceria/caçamba	n/d	Espanha
Graham <i>et al.</i> (2008)	2,4	Carga comum	Carroceria/caçamba	n/d	Canadá
Graham <i>et al.</i> (2008)	2,2	Carga comum	Carroceria/caçamba	n/d	Canadá
Média de consumo (km/l)	2,3 ou 0,433 l/km				

N/D = Informação não disponível

Johansson (1999) apresenta o consumo médio de diesel em caminhão de categoria pesada com tempo médio de vida útil de 10 anos com base na quilometragem percorrida de 35.000 km/ano.

Sonesson (2000) apresenta o consumo de energia em caminhão compactador com capacidade de carga para 15 a 20 m³, cujos dados correspondem ao exercício de 52 semanas, em 5 dias de operação e 7 horas diárias de coleta.

A FGV/Selur (2001) apresenta uma planilha de consumo de combustível em caminhão compactador para a coleta e transporte de resíduo sólido domiciliar.

McDougall *et al.* (2001) apresenta o consumo de óleo diesel em caminhão de coleta de resíduo sólido domiciliar.

Fabi (2004) apresenta o consumo de combustível em caminhão com capacidade para 10 toneladas de carga comum, com base em informações fornecidas por duas empresas de transporte.

Malzer (2005) apresenta o consumo médio de óleo diesel medido no período de maio de 1999 e setembro de 2004, em caminhão de carga comum com peso bruto estimado em 25 toneladas.

Agar *et al.* (2007) apresenta o consumo de combustível com base em dados fornecidos por GPS (*global positioning system*) instalados em 5 dos 40 caminhões coletores de resíduo no período de dezembro de 2003 a dezembro de 2004.

Iriarte *et al.* (2009) apresenta duas médias de consumo no transporte da coleta de resíduo (comum e seletiva).

Graham *et al.* (2008) apresenta o consumo médio de óleo diesel em caminhão pesado para transporte de carga comum.

Sob o aspecto econômico, a despesa com o transporte da coleta de resíduo sólido representa entre 70 a 80% do orçamento destinado à limpeza pública. Nos Estados Unidos, por exemplo, essa despesa excede os US\$ 4,5 bilhões/ano, dos quais 80% corresponde à coleta e transporte de resíduo sólido urbano. Entretanto, o aspecto econômico, tratado aqui de forma superficial, é abordado por vários autores como Reimer *et al.* (2006) e Blat (1996).

Sob o aspecto energético, uma tentativa de compensar os danos ambientais causados pelo consumo de energia no transporte da coleta de resíduo sólido consiste na implantação da coleta seletiva dos resíduos sólidos como papel, papelão, plástico, vidro e metal, que são matérias passíveis de reciclagem. O retorno dessas matérias ao processo produtivo pelas indústrias

recicladoras pode trazer vários benefícios, principalmente, energético (IPCC 2007; CABRAL, 2001; TEIXEIRA, 1999; FIGUEIREDO, 1995).

2.3 Consumo de energia nos processos produtivos

Nesta revisão, apresenta-se inicialmente um levantamento de dados apenas sobre a energia elétrica consumida nos processos produtivos com base em vários autores e, posteriormente, apresenta-se o consumo de energia primária ou energia total consumida em ambos processos. A tabela 2.8 mostra o consumo de energia elétrica em duas etapas do processo produtivo: a manufatura dos produtos (papel, papelão, plástico, vidro e metal) a partir de suas respectivas matérias primárias e a remanufatura com suas respectivas matérias recicladas ou matéria secundária.

Tabela 2.8 Consumo de energia elétrica nos processos produtivos

Material	Referência	Consumo de energia elétrica no processo produtivo a partir da matéria-prima virgem (GJel/t)	Consumo de energia elétrica no processo produtivo a partir de matéria reciclada (GJel/t)	Energia elétrica evitada com a reciclagem (GJel/t)
Papel	WWF (2008)	18	9	9
	Kanayama (1999)	18	5,4	12,6
	Calderoni (2003)	17,9	5,3	12,6
Alumínio	Schwartz <i>et al.</i> (2001)	57,6	1,8	55,8
	Abal (2008)	54,3	2,7	51,6
	Kanayama (1999)	57,6	2,9	54,7
	Calderoni (2003)	63,4	2,5	60,9
Vidro	Butler <i>et al.</i> (2005)	18	12	6
	Kanayama (1999)	17,3	15,1	2,2
	Calderoni (2003)	17,4	15,1	2,3
Plástico	Perugini <i>et al.</i> (2005)*	38,8	33,6	5,2
	Kanayama (1999)	18,0	5,4	12,6
	Calderoni (2003)	24,3	5,2	19,1
Metal ferroso	Kanayama (1999)	24,5	5,5	19,0
	Calderoni (2003)	24,6	6,4	18,2

(*) Consumo de energia referente à produção de plástico PET

Os dados apresentados são considerados parciais, porque se referem apenas ao consumo de energia elétrica nos processos produtivos. Nessa contabilidade, os autores não consideraram a energia inerente (contida) na matéria-prima, a exemplo do plástico, produzido a partir do petróleo e do papel/papelão, produzido a partir da madeira. Também deixaram de ser contabilizados, a energia térmica (combustível) utilizada no processo de aquecimento de fornos e caldeiras, bem como o combustível utilizado no transporte. De qualquer forma, a comparação de energia consumida nos dois processos produtivos resulta em energia elétrica evitada, ou seja, energia que deixa de ser consumida com a reciclagem.

Energia evitada, por definição, consiste na diferença entre o consumo de energia nos processos produtivos a partir da matéria-prima e da matéria reciclada, conforme a equação 2.3:

$$E_{ev} = E_{pp} + E_{iner} - E_{ps} \quad (2.1)$$

Sendo:

E_{ev} : Energia evitada

E_{pp} : Energia consumida no processo produtivo a partir de matéria primária

E_{iner} : energia inerente da matéria-prima

E_{ps} : Energia consumida no processo produtivo a partir da matéria reciclada

A tabela 2.9 mostra a média estimada de energia primária consumida nos dois processos produtivos para o plástico, papel/papelão, vidro e metal ferroso.

Tabela 2.9 Consumo de energia total nos processos produtivos

Material	Consumo de energia total a partir de matéria virgem (GJ/t)	Consumo de energia total a partir de matéria reciclada (GJ/t)	Energia evitada com a reciclagem (GJ/t)	Energia inerente à matéria-prima e evitada com a reciclagem (GJ/t)	Energia total evitada com a reciclagem (GJ/t)
Papel	27,84	22,25	5,6	30,3	35,9
Plástico	36,6	16,5	20,5	47,7	68,2
Vidro	14,5	11,04	3,5		
Metal ferroso	35,8	17,2	18,6		
Alumínio	182,8	8,24	174,6		

Fonte: Elaborado com base em McDougall *et al.* (2001).

Os dados apresentados mostram a quantidade de energia inerente contidas nas matérias-primas do papel e do plástico. Seus reaproveitamentos na reciclagem resultam em uma somatória de energia total evitada que inclui a energia inerente mais a diferença entre os dois processos produtivos, ou seja, com a utilização da matéria virgem e com a reciclada. Na contabilidade geral, segundo McDougall *et al.* (2001), a quantidade de energia evitada está suscetível à variação tendo em vista o consumo específico dos equipamentos utilizados nos processos bem como a quantidade de matéria reciclada inserida no processo.

Em seu estudo, Hekkert *et al.* (2000 a; 2000 b) fazem um balanço energético do papelão em duas categorias: o de camada simples e o de camada dupla e tripla e o plástico em diversas categorias para a mensuração de suas respectivas quantidades de energia inerente, conforme tabela 2.10.

Tabela 2.10 Energia primária e elétrica consumida na cadeia produtiva

Material	Energia inerente à matéria-prima (GJ/t)	Energia primária consumida na manufatura (GJ /t)	Energia elétrica consumida na manufatura (GJel/t)	Energia primária consumida para produção de energia elétrica* (GJel/t)	Total de energia primária (GJ/t)
Produção de plástico – PE ⁽¹⁾	47,7	30,1	7,9	19,8	97,6
Matéria reciclada - PE	0	0,6	0,6	1,5	2,1
Produção de plástico – PP ⁽²⁾	47,7	25,5	6,9	17,3	90,5
Matéria reciclada - PP	0	0,6	0,6	1,5	2,1
Produção de plástico – PET ⁽³⁾	45,8	29,0	9,0	22,5	97,3
Produção plástico – PVC ⁽⁴⁾	29,6	25,4	11,9	29,8	84,8
Produção plástico – PS ⁽⁵⁾	49,7	47,6	4,8	12	109,3
Produção papelão (simples)	15,9	11,4	1,2	3,0	30,3
Produção papelão (duro)	18,6	6	8,2	20,5	45,1
Produção embalagem multi-camada	16,8	24,8	11	27,5	69,1
Matéria reciclada - Papel	0	11,5	0,6	1,5	13
Vidro	0	9,6	3,1	7,8	17,4
Alumínio **	0	48,5	90,6	226,5	275
Metal ferroso **	0	25,9	6,8	17	42,9

* Para a produção de energia elétrica consumida no processo de manufatura por tonelada dos produtos, Hekkert *et al.* (2000) assumiu um valor percentual de 40% de energia primária.

** Calculado sobre a inserção de 20% de matéria reciclada.

(1) PE: Polietileno; (2) PP: Polipropileno; (3) PET: Polietileno Tereftalato; (4) PVC: Policloreto de Vinila; (5) PS: Poliestireno.

Fonte: Elaborado a partir de Hekkert *et al.* (2000a e 2000b).

Os dados mostram que do total de energia primária consumida no processo de manufatura do plástico Polietileno (PE), por exemplo, cerca de 39,6% corresponde à energia elétrica ou 7,9 GJel/t, enquanto que seu reaproveitamento na indústria consome cerca de 4,2 % de energia primária ou 0,6 GJel/t. No estudo, Hekkert *et al.* (2000a) assumem que, na reciclagem, a matéria secundária não contém energia inerente, por isso, seu valor corresponde a zero.

A tabela 2.11 mostra uma síntese dos dados da energia inerente da matéria-prima, da energia consumida no processo produtivo primário, da energia consumida na reciclagem e da energia evitada, com base em McDougall *et al.* (2001) e Hekkert *et al.* (2000a e 2000b). Energia inerente compreende o conteúdo energético da matéria-prima. No caso do plástico, refere-se ao conteúdo energético do petróleo e no caso do papel/papelão, refere-se ao conteúdo energético da madeira.

Tabela 2.11 Síntese da média de consumo de energia primária e energia evitada

Fonte	Material	Energia primária inerente à matéria-prima (GJ/t)	Energia primária consumida no processo produtivo a partir da matéria primária (GJ/t)	Total de energia primária inerente e consumida no processo produtivo primário (GJ/t)	Consumo de energia primária na produção a partir da matéria reciclada (GJ/t)	Energia primária evitada com a reciclagem (GJ/t)	Média de energia primária evitada com a reciclagem dos 4 tipos de material (GJ/t)
Hekkert et al (2000a; 2000b) McDougall et al. (2001)	Plástico	44,7	49,3	94,0	6,9	87,1	35,5
	Papel/papelão	20,4	30,3	50,7	17,8	32,9	
McDougall et al. (2001)	Vidro	0,0	14,5	14,5	11,0	3,5	
	Metal ferroso	0,0	35,8	35,8	17,2	18,6	

Fonte: Elaborado com base em McDougall *et al.* (2001) e Hekkert *et al.* (2000a e 2000b).

Os valores de consumo de energia no processo produtivo primário e de economia de energia na reciclagem podem apresentar variação, às vezes significativos, dependendo da tecnologia utilizada (McDougall *et al.*, 2001). Os avanços tecnológicos possibilitam o aumento da eficiência nos processos produtivos e a conseqüente redução no consumo de energia (ABAL,

2008). Sendo assim, divergências sobre dados de consumo de energia podem ocorrer, dependendo da época da obtenção dos dados.

Estendendo esta revisão para o benefício ambiental da reciclagem relacionado ao consumo de energia primária e sua correspondência na emissão de CO₂ nos processos produtivos (a partir da matéria primária e reciclada) é importante destacar a quantidade de CO₂ evitada devido à não utilização do material primário na produção de papel e plástico reciclados. A não utilização dos dois materiais-primários foi contabilizada como emissão de CO₂ evitada. A produção de 1 tonelada de papel virgem necessita de 2 toneladas de madeira e a produção de 1 tonelada de plástico necessita de 1,05 tonelada de petróleo (SHREVE *et al.*, 1977).

Esta contabilidade torna-se necessária, já que Mc Dougall *et al.* (2001) considera que a plantação de madeira para a produção de papel virgem produz um balanço de emissão de CO₂ negativo (emissão de CO₂ a partir da matéria reciclada maior que a emissão de CO₂ a partir do material primário). No entanto, os dados dos autores não incluem como emissão a energia inerente das matérias-primas, como mostra a tabela 2.12

Tabela 2.12 Quantidade de CO₂ emitido e evitado nos processos produtivos

Material	Estimativa de emissão de CO₂ na produção a partir da matéria primária (tCO₂/t)	Estimativa de emissão de CO₂ na produção a partir da matéria reciclada (tCO₂ /t)	Estimativa da emissão de CO₂ evitada devido à energia inerente da matéria-prima (tCO₂/t)	Estimativa de emissão evitada de CO₂ com a reciclagem TCO₂/t)
Papel	0,155	0,354	3,23	3,03
Plástico	2,19	1,36	3,27	4,1
Metal ferroso	2,970	1,090	0	1,88
Vidro	0,146	0,057	0	0,089

Fonte: Elaborado com base em McDougall *et al.* (2001) p. 452.

Os dados apresentados mostram que no balanço de emissão de CO₂, a reciclagem possibilita benefícios ambientais.

2.4 Resíduo sólido urbano

2.4.1 Conceito, definição e classificação

A palavra resíduo deriva do latim *residuu* e é definida como resto de substância. Sólido é seu diferencial das emissões gasosas e líquidas. Classifica-se segundo a zona de produção como sendo urbano ou rural e pela característica química como orgânico e inorgânico. Na etimologia da palavra, resíduo é entendida como lixo, ou *lix* em latim, que significa cinza ou lixívia (MICHAELIS, 2002; PMC, 1996).

A ABNT (2004), em sua norma NBR 10004, define resíduo sólido como os “resultantes das atividades: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, serviços e varrição em estados, sólido e semi-sólido”.

Na definição da CETESB (1997), “resíduo sólido domiciliar é produzido em residências, em estabelecimentos, comercial e industrial, em prestadores de serviços públicos e similares, com volume compatível ao de recipiente padronizado, apresentado à coleta regular com referência à produção máxima diária de materiais que, pelas suas características físico-químicas, exigem tratamento diferenciado”.

A ABNT (2004) classifica o resíduo sólido quanto ao seu potencial risco ao ambiente:

- a) Classe I - Perigosos: apresenta risco à saúde pública ou ao ambiente, por conter as propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade; e,
- b) Classe II - Não perigosos: classificam-se em duas categorias A e B.

Classe II A – aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduo classe I – Perigosos ou de resíduo classe II B – Inertes. Podem conter propriedade como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

Classe II B – Inertes: Aquelos resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Diversos tipos de resíduos podem ser gerados em um ambiente urbano, conforme PMC (1996):

- lixo domiciliar: composto basicamente de restos de alimentos, embalagens de plástico, de metal, de vidro e de papelão, jornais e revistas, originadas da atividade residencial;
- lixo comercial: inclui resíduo originário das atividades realizadas em escritório, hotel, loja, cinema, teatro, mercado, terminais e outros, composto basicamente de papel, papelão e embalagem em geral;
- lixo industrial: devido à sua diversidade e potencial risco à saúde pública, a coleta desse tipo de resíduo e disposição final é de responsabilidade da indústria geradora, a qual deve manipulá-lo adequadamente no sistema de tratamento correto ou reutilização dos resíduos;
- lixo hospitalar: também conhecido como séptico ou contaminado, origina-se dos sistemas de saúde. Legislação própria regulamenta a manipulação desde os procedimentos internos nos hospitais e clínicas até medidas de segurança quanto à sua destinação;
- varrição: inclui resíduo resultante da limpeza de via pública, praça e jardim. Compõe-se principalmente de papel, embalagem, resto de cigarro, folhagem e outros; e,
- lixo especial: resíduo que não pode ser removido pela coleta regular, inclui grande volume (animal, móvel, carro) ou o que exige coleta especial devido à sua toxicidade ou ainda, o resultante da construção civil, como entulho.

2.4.2 Geração de resíduo sólido

A história da geração do resíduo sólido surgiu com a civilização humana. Os primeiros homens eram nômades e em população minoritária na Terra. Moravam em cavernas, sobreviviam da caça e da pesca e vestiam-se de peles. Ao escassear seus alimentos, abandonavam o local e também os seus “lixos”, os quais a natureza se encarregava de decompô-los (FIGUEIREDO, 1995; MARCHIORI, 1995).

Em busca de conforto, o homem foi evoluindo, estendendo seu tempo de permanência no mesmo local onde se dedicava à construção da própria moradia, de peças como vasilhames de cerâmica, instrumentos para plantio e roupas apropriadas. Também desenvolveu hábitos de criação de animais e cultivo de alimentos. Essas condições propiciaram o aumento da população e, conseqüentemente, a produção de resíduo. A falta de saneamento, porém, marcou o século XIV

com a epidemia da peste bubônica na Europa, que dizimou milhares de pessoas (FIGUEIREDO 1995; MARCHIORI, 1995).

Com a Revolução Industrial, a partir do século XVIII, a produção industrial de alimentos e seu consumo trouxeram a predominância do resíduo sólido orgânico (degradável). De 1950 a 2008, os problemas relacionados ao resíduo sólido vêm se agravando com o aumento da população mundial em cerca de 2,6 vezes e a intensificação do desenvolvimento tecnológico. Esses dois fatores têm propiciado o aumento da quantidade de resíduo sólido gerado, bem como diversificado a composição da massa residual, incluindo nesta, a matéria não degradável representada principalmente por plástico, vidro e metal (UNFPA, 2007; WORDWACHT, 2004).

Para Layrargues (2002), os bens de consumo caracterizados pela resistência e durabilidade foram substituídos, a partir da segunda metade do século XX, por materiais descartáveis e de difícil decomposição na natureza, o que tem resultado no aumento da geração de resíduo sólido.

2.4.3 Resíduo sólido na contemporaneidade

A geração de resíduo proveniente do consumo na sociedade contemporânea e suas implicações ambiental, energética, econômica e social são temas abordados na literatura por Schumacher (1979), Sachs (1986) e outros mais recentes, como MORIN (1984); BUARQUE (1991); TCHOBANOGLIOUS (1993), FIGUEIREDO (1995); BARBOSA (1996); DIAS, (2001), FOLADORI (2001), ABREU (2001); LAYRARGUES (2002); BESSERMAN, (2003); FELDMANN, (2003); GOLDEMBERG (2003) e GRIMBERG (2004).

A década de 1980 foi denominada por Morin (1984) como o início da era do consumo e por Branco (1990) como a era da descartabilidade. Para Dias (2001), o consumo na sociedade moderna atende não somente as necessidades básicas, mas à lógica do capitalismo, cujo sistema sustenta-se na tríade produção, consumo e lucro. Em função dessa lógica, o ritmo da produção se acelera e seu consumo tem sido incentivado pela indústria, que cria atrativos como a valorização das embalagens dos produtos e investimento em publicidade (PNUD, 2004; WORLDWATCH, 2004; ABREU, 2001).

A tabela 2.13 mostra o aumento da quantidade de resíduo sólido em vários países. Na Itália, Irlanda e Portugal o aumento ultrapassou os 100% no período de 1980 a 2003.

Tabela 2.13 Histórico da geração de resíduo sólido urbano em países desenvolvidos

País	1980 (mil t)	1985 (mil t)	1990 (mil t)	1995 (mil t)	2003 (mil t)	Geração em 2003 (kg/hab)	PIB em 2007 (US\$/hab.dia)
Alemanha				44.390	52.627	640	29,2
Canadá			8.925	7.030	12.008	380	32,2
Espanha				18.373	26.596	650	25,8
EUA			205.200	238.300	239.400	740	42,0
França			26.220	28.253	33.467	540	30,5
Irlanda	640	1.100		1.848	3.001	760	34,7
Itália	14.041	15.000	20.000	25.780	30.038	520	28,8
Japão	43.995	43.450	50.441	50.694	52.097	410	31,4
Portugal	1.980	2.350	3.000	3.855	4.701	450	19,7
Reino Unido			27.100	28.900	36.841	610	32,7
Suécia	2.510	2.650	3.200	3.555	4.211	470	31,4

Fonte: Elaborado a partir de OECD (2007); UNFPA (2007); EPA (2006); EUROSTAT (2005).

Os dados mostram aumento da geração de resíduo sólido nos 11 países apresentados sendo que, no histórico de 23 anos, a Itália e Irlanda, neste último que apresenta a maior geração per capita, ambos quase quintuplicaram a quantidade gerada.

No período de 1995 e 2003, a União Européia aumentou sua geração de resíduo sólido urbano em cerca de 40 milhões de toneladas, ou seja, de 204 milhões de toneladas (457 kg/hab) aumentou para 243 milhões de toneladas (534 kg/hab). Proporcionalmente, os 15 países antigos da UE geraram mais do que os 10 países novos, respectivamente 574 kg/hab e 312 kg/hab (EUROSTAT, 2005; EEA/UNEP, 2007). Nos Estados Unidos, em 16 anos (1990 – 2006), houve um aumento populacional de cerca de 50 milhões de habitantes (249 milhões para 299 milhões) e um acréscimo de 128 mil toneladas/dia de resíduo sólido urbano, que corresponde a um aumento de 22%. Dos 205,2 milhões de toneladas aumentou para 251 milhões de toneladas (EPA, 2007).

Países como Turquia e México também apresentam aumento na geração de resíduo sólido. Apenas a Coreia apresenta diminuição de 12%, em 18 anos. Os dados apresentados na tabela 2.14, mostram que no histórico de 23 anos, a Turquia teve um aumento da quantidade coletada de resíduo sólido municipal acima de 100% e o México, em 13 anos, aumentou sua geração em cerca de 60%..

Tabela 2.14 Geração de resíduo sólido urbano em países em desenvolvimento

País	1980 (mil t)	1985 (mil t)	1990 (mil t)	1995 (mil t)	2003 (mil t)	Geração em 2003 (kg/hab)	PIB em 2007 (US\$/hab.dia)
Coréia		20.994	30.646	17.438	18.519	390	6,6
México			21.062	30.510	33.758	320	10,03
Turquia	12.000	18.000	22.315	20.910	25.611	360	8,42

Fonte: Elaborado a partir de UNFPA (2007)

Além do aumento da massa gerada, o resíduo sólido tem se caracterizado, conforme o grau de industrialização, a transformação tecnológica e o hábito de consumo da sociedade, que difere entre as nações e nestas, entre as classes econômicas (PIUNTI, 2001; TEIXEIRA, 2000; KANAYAMA, 1999; PORTILHO, 1997; PMC, 1996).

2.4.4 Composição do resíduo sólido

A massa de resíduo sólido urbano constitui-se de matéria orgânica degradável (resto animal ou vegetal), de matéria orgânica não degradável como plástico e de matéria inorgânica não degradável como vidro, couro, plástico, metal e outros (PMC, 1996). A tabela 2.15 mostra a composição do resíduo sólido em alguns países desenvolvidos da UE, Ásia e América do Norte.

Tabela 2.15 Composição do resíduo sólido urbano em países desenvolvidos

País	População em 2007 (milhões hab)	Ano	Matéria degradável (%)	Matéria não degradável (%)
Alemanha	82.7	2002	14	86
Áustria	8.2	2004	35	65
Bélgica	10.5	2003	39	61
Canadá	32.9	2004	24	76
Espanha	43.6	2002	49	51
EUA	303.9	2005	25	75
França	60.9	2002	32	68
Holanda	16.4	2004	35	65
Itália	58.2	2005	29	71
Japão	128.3	2000	34	66
Portugal	10.6	2001	34	66
Reino Unido	60.0	2000	40	60
Suíça	7.3	2002	29	71

Fonte: Elaborado a partir de UNFPA (2008); UNSTAT (2007); UNSD (2007).

Os dados apresentados mostram que no bloco dos 13 países desenvolvidos selecionados a geração de resíduo não degradável compõe a fração maior da massa residual. Alemanha, Canadá e Estados Unidos ultrapassam os 70%. Nos demais o percentual ultrapassa os 50%.

Nos países em desenvolvimento, ao contrário, predomina a geração de resíduo composto por matéria degradável. A tabela 2.16 mostra que no bloco dos cinco países selecionados, o México é o único país onde a geração de resíduo degradável e a de não degradável se aproximam dos 50%. Conforme EPA (1999), resíduo degradável consiste na maior fonte de gás metano (CH₄), e sua geração tem predominado em países com renda per capita/dia abaixo de US\$ 10.

Tabela 2.16 Composição do resíduo sólido urbano em países em desenvolvimento

País	População em 2007 (milhões hab)	Ano	Matéria degradável (%)	Matéria não degradável (%)
Índia	1.136	2004	35	65
México	110	2006	52	48
Turquia	75	2004	98	2
Brasil	191	2004	60	40
Croácia	5	2002	80	20

Fonte: UNFPA (2008); UNSTAT (2007).

2.4.5 Destinação

Parte do resíduo sólido gerado pela população mundial tem sido disposta no solo (ENSINAS, 2003; LINO, 2007), em aterro sanitário, aterro controlado e lixão. Na definição do IPT/CEMPRE (2000):

- Aterro sanitário: local de disposição de resíduo sólido no solo, construído sob critério de engenharia e normas operacionais específicas, de maneira que seja operacionalizado com segurança e sem o risco de causar danos à saúde pública;
- Aterro controlado: local de disposição de resíduo sólido, construído a partir de alguns critérios de engenharia que exclui o sistema de impermeabilização da base, tratamento de percolado e biogás. O resíduo sólido é confinado apenas com uma camada de material inerte ao final da operacionalização diária; e,
- Lixão: local de depósito de resíduo sólido a céu aberto sem proteção à saúde pública e ao ambiente.

As duas últimas formas são consideradas inadequadas pelo IBGE (2002), que caracteriza lixão como os estabelecidos em vazadouros a céu aberto, áreas alagadas, locais não fixos e outros destinos. Inclui, ainda, como tratamento inadequado, a queima indiscriminada do resíduo ao ar livre. O aterro controlado está incluído nesse conceito devido ao seu potencial poluidor representado pelo chorume, que deixa de ser coletado e tratado.

Na definição da ABNT (1992) em sua NBR 8419, chorume é um líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, caracterizado pela cor escura, forte odor e elevada DBO (demanda bioquímica de oxigênio).

Em países como Áustria, Dinamarca, Suíça e Japão o índice de aterramento do resíduo sólido é inferior a 10% enquanto que Turquia e México, por exemplo, os índices de aterramento estão acima de 90%, como mostra a tabela 2.17.

Tabela 2.17 Destinação do resíduo sólido em países desenvolvido e em desenvolvimento

País	População em 2007 (milhões hab)	Ano	Resíduo municipal coletado (mil t/ano)	População atendida pela coleta %	Disposição em aterro e ou lixão (%)	Reaproveitado (%)
Alemanha	82.7	2004	48.434	100	25	75
Áustria	8.2	2004	4.588	100	7	93
Bélgica	10.5	2003	4.608	100	10	90
Canadá	32.9	2004	13.375	99	74	26
Croácia	4.6	2004	1.079	86	96	4
Dinamarca	5.5	2003	3.618	100	5	95
Espanha	43.6	2004	22.735		52	48
EUA	303.9	2005	222.863	100	55	45
França	60.9	2005	33.963	100	36	64
Irlanda	4.3	2005	2.847	76	66	34
Japão	128.3	2003	54.367	99,8	9	91
México	109.6	2006	36.088	90	97	3
Noruega	4.7	2004	1.746	99	26	74
Polônia	38.5	2005	9.354		93	7
Portugal	10.6	2005	5.009	100	64	36
UK	60	2005	35.077	100	65	35
Suécia	9.1	2005	4.347	100	5	95
Suíça	7.3	2005	48.555	99	1	99
Turquia	75.2	2004	24.237	72,8	98	2

Fonte: Elaborado com base em UNFPA (2008); EEA (2007); UNSTAT (2007).

Os dados apresentados na tabela 2.17 mostram que no bloco de 19 países selecionados, pertencentes à União Européia, Ásia e América do Norte, na maioria, o índice de aterramento do resíduo sólido ultrapassa os 50%. Turquia, Polônia, México e Croácia dispõem no solo acima de 90%, enquanto a Suíça aterra apenas 1%.

Conforme Eurostat (2005), a União Européia diminuiu em 10% o total de resíduo sólido aterrado no período de 1995 a 2003. Das 131,4 milhões de toneladas, diminuiu para 118,5 milhões de toneladas. Do total coletado, o aterramento corresponde a cerca de 48,8%; a incineração corresponde a cerca de 17,3% e a reciclagem e compostagem, cerca de 33,9%.

Compostagem consiste em um método de tratamento de resíduo sólido onde a matéria degradável colocada em condições adequadas de temperatura, de umidade e de aeração é transformada num produto estável, denominado composto orgânico, que tem propriedades condicionadoras de solo de aplicabilidade na agricultura (SMA, 1998).

Incineração consiste na queima de resíduo sólido, desde que combustível, com o objetivo de reduzir peso e volume, em cujo processo possibilita o aproveitamento da energia que é liberada durante a queima para geração de vapor e eletricidade (SMA, 1998).

Reciclagem consiste no processo envolvendo várias etapas, que se inicia com a separação do resíduo na fonte (domicílio) até seu retorno à cadeia produtiva como matéria reciclada (SMA, 1998).

Para o IBGE (2002), esses três métodos de tratamento de resíduo sólido, incluindo o aterramento em aterro sanitário, constituem-se em formas adequadas de destinação.

A tabela 2.18 mostra a destinação do resíduo sólido em 12 países. Os dados apresentados no bloco de 12 países, sendo a maioria pertencente à União Européia, mostram que em apenas 4 países o índice de resíduo sólido municipal coletado e reaproveitado através da reciclagem corresponde a pouco mais de 30%. No entanto, conforme dados do EPA (2007), os Estados Unidos que são o maior gerador mundial de resíduo sólido (Worldwatch, 2004), seu índice de reciclagem, em 2006, correspondeu a 24%.

Tabela 2.18 Índice de reaproveitamento de resíduo sólido urbano

País	Ano	Resíduo municipal coletado (1000 t)	Aterro e ou lixão (%)	Incineração (%)	Reciclagem (%)	Compostagem (%)
Alemanha	2004	48.434	25	25	33	17
Áustria	2004	4.588	7	22	27	44
Canadá	2004	13.375	74	0	15	11
Dinamarca	2003	3.618	5	54	26	15
França	2005	33.963	36	34	16	14
Itália	2005	31.677	55	12	0	33
Japão	2003	54.367	9	74	17	0
Noruega	2004	1.746	26	25	34	15
Portugal	2005	5.009	64	21	9	6
UK	2005	35.077	64	8	17	11
Suécia	2005	4.347	5	50	34	11
Suíça	2005	48.555	1	50	34	15

Fonte: Elaborado com base em UNSTAT (2007); EUROSTAT (2005).

Com relação aos países em desenvolvimento, não se têm dados sobre o montante de resíduo sólido reciclado, uma vez que os programas municipais de coleta seletiva existentes são pontuais e concomitante à atuação informal dos catadores.

2.5 Coleta Seletiva e reciclagem

2.5.1 Coleta seletiva: conceito, definição e classificação

A coleta seletiva de resíduo é um processo que antecede a reciclagem, cujas experiências no mundo são diversificadas (Coltro *et al.*, 1995). Na definição do IPT/CEMPRE (2000) e Grippi (2001), trata-se de um sistema de recolhimento de materiais recicláveis, tais como papéis, plásticos, vidros e metais, previamente separados na fonte geradora. As principais modalidades de coleta seletiva são: porta-a-porta (domiciliar), postos de entrega voluntária (PEVs), postos de troca e a coleta realizada por catadores.

Na coleta seletiva porta-a-porta, os veículos coletores percorrem as residências em dias e horários diferentes da coleta rotineira. Normalmente, a coleta começa com caminhão e equipe composta de 1 a 4 trabalhadores (Bhat, 1996). No sistema PEVs, os caminhões coletam o reciclável dos *containers* colocados em pontos fixos, os quais são compartimentados e identificados por cores correspondentes a cada tipo de material. A coleta seletiva em posto de

troca consiste na troca do material por algum bem ou benefício e, por último, a coleta feita por catadores nas ruas e lixões (GRIPPI, 2001; IPT/CEMPRE, 2000).

Na definição etimológica da palavra reciclagem, o “re” é um prefixo latino que significa repetição: recomençar, ação retroativa. Ciclo é uma palavra grega, *kýklos*, e exprime a idéia de círculo. O que pode ser entendida como repetição de um círculo. Na acepção da palavra, reciclagem significa reaproveitar. Portanto, reciclagem de resíduo sólido pode ser entendido como todo o processo de transformação envolvendo alteração de suas propriedades físicas e físico-químicas para a criação dos mesmos ou de produtos novos (GRIPPI, 2001).

O IPT/CEMPRE (2000), define a reciclagem como resultado de uma série de atividades, pela qual o material que se tornaria lixo ou encontrado nessa condição, é desviado na coleta, separado e processado para ser usado como “matéria-prima” na manufatura de novos produtos.

Dias (2001); Grippi (2001) e Figueiredo (1995) definem a reciclagem como um processo que se inicia com a coleta de resíduo sólido, pré-separado ou não na fonte (domicílio), sua triagem e beneficiamento para posterior transformação na indústria recicladora em matéria-secundária. Dessa forma, resíduo como papel, papelão, plástico, vidro e metal proveniente do lixo pode retornar à cadeia produtiva.

Dentre os benefícios oferecidos, a reciclagem possibilita o aumento da vida útil do aterro; a preservação de recursos naturais; a redução do consumo de energia e água; a economia de recursos públicos destinados ao tratamento do resíduo sólido e a geração de renda (IPCC, 2007c; CABRAL, 2001; TEIXEIRA, 1999; DASKALOPOULOS *et al.*, 1997; FIGUEIREDO, 1995; TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 1993).

Em âmbito nacional e internacional, a reciclagem tem sido regulada por dispositivos legais federal, estadual e municipal.

2.5.2 Aspecto legal

Na União Européia, a reciclagem é orientada pela Recomendação 94/62/EC transposta para Lei Nacional em 30 de junho de 1996, e revisada em 2004, que estabelece obrigações para recuperação e reciclagem de resíduo em todos os seus 25 Estados Membros.

Em 2001 a lei exigia o índice mínimo de 25% de reciclagem de todas as embalagens colocadas no mercado e a queima com recuperação de energia de, pelo menos, 50% do resíduo

gerado nos municípios. Em 2004, esses índices aumentaram para 55% das embalagens e 60% dos resíduos gerados (DEFRA, 2007; EUROSTAT, 2005).

Em Portugal, a atualização da Lei 94/62/EC, em 2004, ainda não havia sido transposta na lei portuguesa, em 2006; entretanto, a meta nacional objetiva a recuperação mínima de 60% do peso dos resíduos de embalagens e a reciclagem de 60% do peso do metal, 22,5% do peso do plástico e 15% do peso da madeira (MAGRINHO *et al.*, 2006).

No Reino Unido, a regulação do resíduo sólido tem sido de competência da Agência Ambiental e dos Conselhos Municipais organizados regionalmente em todo o País de Gales e Inglaterra (WOODARD *et al.*, 2004).

Nos Estados Unidos, o gerenciamento de resíduo sólido municipal (coleta, transporte e destinação) tem sido regulado pela Lei Federal sobre Disposição de Resíduo de 1965. A reciclagem e a recuperação de energia estão inclusas na Lei de Recuperação e Reuso de 1970 (RRA – Lei Pública 95-112) e Lei de 1976, referente à Conservação de Recurso e Recuperação de Resíduo Sólido (LOUIS, 2004).

No Japão, a Lei de Reciclagem de Resíduo de Embalagem foi promulgada, em 1995 e, em 2002, uma nova lei foi criada para obrigar a reciclagem pelos governos locais. A mesma lei diversifica os tipos de resíduos sólidos bem como especifica o reciclável que pode ser separado pelos moradores (OKUDA *et al.*, 2007; TANAKA, 1999).

No Brasil, leis, decretos, portarias e normas técnicas, regulamentam as questões gerais associadas ao resíduo sólido. Em ordem cronológica, alguns dispositivos legais são mostrados na tabela 2.19. No Estado de São Paulo, a Lei Estadual nº 12.300, de 2006, institui a Política Estadual de Resíduo Sólido. Esta, define princípios e diretrizes, objetivos e instrumentos para gestão integrada e compartilhada de resíduo sólido com vistas a: prevenção e controle da poluição, proteção e recuperação da qualidade do meio ambiente e promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais (CETESB, 2008). Os dispositivos legais são, portanto, instrumentos de regulação de políticas públicas para o resíduo sólido urbano, que consiste em um dos grandes problemas ambientais enfrentados pelas nações na sociedade moderna (IPCC, 2007c; DIAS, 2001).

Tabela 2.19 Dispositivos legais do resíduo sólido no Brasil

Dispositivo legal	Objetivo
Lei nº 5.318 de 26.09.1967	Institui a Política Nacional de Saneamento e a criação do Conselho Nacional de Saneamento
Decreto-Lei nº 303 de 28.02.1967	Cria o Conselho Nacional de Controle de Poluição Ambiental
Decreto nº99.274 de 06.07.1990	Regulamenta a Lei nº 6.938 de 31/08/1981 que se refere à Política Nacional do Meio Ambiente
Resolução CONAMA nº 258 de 30.06.1999	Aprova as diretrizes para a formulação da política nacional de gestão de resíduo sólido.
Resolução CONAMA nº 275 de 25.04.2001	Trata do estabelecimento do código de cores para identificação dos coletores e transportadores de resíduo sólido.
Norma Técnica - NBR 10004:2004	Classificação dos resíduos sólidos.
Lei Federal nº 11.445, de 05.01./2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19/12/79, 8.036 de 11/05/90, 8.666 de 21/06/93, 8.987 de 13/02/95, revoga a Lei nº 6.528 de 11/05/78.

Fonte: MMA (2008); FUNASA (2006).

2.5.3 Identificação e simbologia da reciclagem

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 275/01 estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos a serem adotados na identificação de recipientes coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Conforme o MMA (2008), as cores são:

azul: papel/papelão; vermelha: plástico; verde: vidro; amarela: metal; preta; madeira; laranja: resíduos perigosos; branca: resíduo de procedimento de saúde; roxo: radioativo; marrom: orgânico; e, cinza: resíduo geral não reciclável ou contaminado não passível de ser separado.

O símbolo do material reciclado se forma sob três setas. A primeira representa o produtor; a segunda o consumidor e a terceira, o responsável pela coleta e sua inserção no mercado. A figura 2.7 mostra seis símbolos da reciclagem, sendo o primeiro (setas em forma de triângulo com fundo escuro) refere-se à embalagem produzida com material reciclado. Os demais símbolos referem-se ao papel, lata de alumínio, aço (metal ferroso), vidro e o plástico. Este último apresenta a numeração de 1 a 7 na parte interna do triângulo que corresponde a especificação de cada tipo de plástico.



Figura 2.7 Simbologia da reciclagem

Fonte: Abre (2008)

O plástico é um derivado de petróleo, fabricado a partir de resina sintética, denominada polímero. Conforme Jucy (1993), subdivide-se em:

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1 - PET: Polietileno Tereftalato | 2 - PEAD: Polietileno de Alta Densidade |
| 3 - PVC: Policloreto de Vinila | 4 - PEBD: Polietileno de Baixa Densidade |
| 5 - PP: Polipropileno | 6 - PS: Poliestireno |
| 7 - Outros | |

O papel é composto por fibras de celulose produzidas a partir de espécies vegetais. No Brasil, as espécies mais utilizadas são o eucalipto e o pinus que, desde 1993, vem sendo plantada pela indústria brasileira, cujo montante ultrapassa 135 milhões de árvores (GRIPPI, 2001).

O vidro é composto de areia, barrilha, calcário e feldspato, obtido pelo processo de fusão em altas temperaturas e resfriamento até um estado rígido, cujo principal componente é a sílica. Trata-se de um material com alto poder de reciclabilidade cujo retorno à cadeia produtiva pode acontecer infinitas vezes; portanto, é praticamente 100% reciclável, ou seja, o processamento na indústria de 1 kg de caco de vidro resulta em quase 1 kg da mesma matéria. Uma tonelada de vidro reciclado economiza 603 quilos de areia, 196 quilos de carbonato de sódio, 196 quilos de calcáreo e 68 quilos de feldspato. A inserção de cada 10% de caco utilizado na produção evita o consumo de 2,9% de energia. Disposto na natureza, o vidro tem seu tempo de decomposição indeterminado (FUNASA, 2006; GRIPPI, 2001).

O metal é classificado em dois grupos: ferroso e não-ferroso. O ferroso constitui-se por ferro e aço e o não-ferroso constitui-se por alumínio, cobre, chumbo, níquel e zinco. Assim como o vidro, o alumínio é praticamente 100% reciclável, ou seja, 1 kg de sucata de alumínio produz quase 1 kg do mesmo produto (GRIPPI, 2001).

2.5.4 Reciclagem no contexto histórico

Para Figueiredo (1995) e Marchiori (1995), o processo de reciclagem pode ser melhor compreendido em circunstâncias providas pela própria natureza ou simplesmente nas folhas que caem e nos animais que morrem, apodrecem e se transformam em adubo para as plantas reiniciarem seu novo ciclo.

A reciclagem de resíduo, proveniente de embalagem pós-consumo como papel, papelão, plástico, vidro e metal, foi iniciada nos países desenvolvidos como EUA, Japão e em países europeus após a Segunda Guerra Mundial. Durante esse conflito (1941-1945), a reciclagem foi estabelecida em muitas comunidades como importante programa promovido pelo Conselho de Guerra e recebido com grande participação e suporte público. O declínio perdurou no período pós-Guerra até a década de 1970. A partir de então, o reaparecimento de programas de reciclagem no cenário mundial surge como uma prática necessária principalmente em países onde há escassez de área para disposição do resíduo sólido (LOUIS, 2004; FIGUEIREDO, 1995; MARCHIORI, 1995).

2.5.5 Geração de resíduo reciclável

Os resíduos constituídos por papel, papelão, plástico, vidro e metal descartado no lixo, em sua maioria, originam-se de embalagens pós-consumo (Abreu, 2001). A tabela 2.20 mostra o percentual de geração de cada tipo de material na massa de resíduo sólido municipal em países desenvolvido e em desenvolvimento.

Os dados apresentados no bloco dos 20 países selecionados, sendo a maioria pertencente à União Européia, mostram que o papel e o papelão são os dois tipos de resíduo predominante na composição da massa residual da Suécia, Canadá, EUA, Alemanha, Finlândia e Japão, enquanto que Alemanha, Holanda, Hungria e Brasil são os maiores geradores de resíduo de plástico. Dos 39,2 milhões de toneladas de resíduo sólido recuperados pela União Européia, em 2001, cerca de 34,3 milhões de toneladas foram recuperados no processo de reciclagem. Essa quantidade aumentou, em 2003, para 82,3 milhões de toneladas (EUROSTAT, 2005).

Tabela 2.20 Percentual de geração de reciclável por tipo de material

País	Ano	Papel/ Papeloão (%)	Plástico (%)	Vidro (%)	Metal (%)	Material degradável (%)	Outros (%)
Alemanha	2002	34	22	12	5	14	13
Áustria	2004	22	11	8	5	35	19
Bélgica	2003	17	5	7	3	39	29
Brasil	2004	13	16	4	2	60	5
Canadá	2004	47	3	6	13	24	7
Espanha	2002	21	12	8	4	49	6
EUA	2005	34	12	5	8	25	16
Finlândia	2000	40	10	5	5	33	7
França	2002	20	9	10	3	32	26
Holanda	2004	26	19	4	4	35	12
Hungria	2005	15	17	2	2	29	35
Índia	2004	3	2	1	1	35	58
Itália	2005	28	5	13	2	29	23
Japão	2000	33	13	5	3	34	12
México	2006	15	6	6	3	51	19
Noruega	2001	33	9	4	4	30	20
Portugal	2001	21	11	7	4	34	23
Reino Unido	2000	18	8	7	8	40	19
Suécia	2005	68	2	11	2		17
Suíça	2002	20	15	4	3	29	29

Fonte: Adaptado de UNFPA (2007); DEFRA (2007); EPA (2006); EUROSTAT (2005).

2.5.6 Coleta seletiva e reciclagem em países desenvolvidos

Estados Unidos

Nos Estados Unidos, maior gerador mundial de resíduo sólido, a coleta seletiva começou no início da década de 1970, devido à redução da capacidade dos aterros. Alguns municípios, como os dos Estados de Nova York, estabeleceram políticas próprias, construindo instalações para recuperar o resíduo separado deixado pela população ao lado das lixeiras de resíduo degradável. Em 2005, havia 8.550 programas de reciclagem e de compostagem, sendo que os postos de entrega voluntária e a coleta seletiva comunitária eram os dois sistemas de recolhimento mais utilizados (EPA, 2006 e 2001; THEMELIS *et al.*, 2004; JENKINS *et al.*, 2003).

O país recicla e composta cerca de 82 milhões de toneladas de resíduo sólido municipal. Essa quantidade reduz a emissão de cerca de 6,5 milhões de toneladas métricas equivalentes de

CO₂. Por estimativa da EPA (2007), apenas com a reciclagem, os EUA economizam energia equivalente superior a 10 bilhões de galões de gasolina. Mais da metade do total gerado foi aterrado em 1.754 aterros, em 2006 (EPA, 2007). A tabela 2.21 mostra o aumento de 110% da reciclagem no histórico de 16 anos (1990-2006) naquele país.

Tabela 2.21 Reciclagem de resíduo sólido urbano nos EUA

Atividade/ano	1990	2000	2002	2004	2005	2006
Geração (10 ⁶ t)	205.2	238.3	239.4	249.2	248.2	251.3
Reciclagem (10 ⁶ t)	29	52.8	53.8	57.5	58.6	61
Reciclagem (%)	14,1	22,2	22,5	23,1	23,6	24,3
Compostagem (10 ⁶ t)	4.2	16.5	16.7	20.5	20.6	20.8
Incineração (10 ⁶ t)	29.7	33.7	33.4	34.4	33.4	31.4
Disposição em aterro (10 ⁶ t)	142.3	135.3	135.5	136.9	135.6	138.2

Fonte: Elaborado a partir de EPA (2007).

Em 2005, havia cerca de 504 instalações de recuperação de material nos EUA, onde foram recuperadas cerca de 50 mil toneladas/dia de material reciclável (EPA, 2007). A tabela 2.22 mostra a geração de reciclável e a quantidade reaproveitada, em 2006.

Tabela 2.22 Percentual de reciclagem por tipo de material nos EUA

Material	Geração de reciclável (10⁶ t)	Composição (%)	Reciclagem (10⁶)	Reciclagem (%)
Papel/papelão	85.3	34	44	51,6
Vidro	13.2	5	2.9	21,8
Metal em geral	19.1	8	6.9	36,3
Plástico	29.5	12	2.0	6,9
Total	147.1	59	55.9	29,15

Fonte: Elaborado com base em USEPA (2007)

Do total de resíduo sólido coletado, em 2006, mais da metade correspondera à massa de reciclável, mas apenas cerca de 1/3 foi reciclado. O resíduo composto por papel e papelão teve predominância na geração.

Alguns municípios coletam e comercializam seus materiais para beneficiar o próprio programa; com isso, segundo a EPA (1999), os empresários da reciclagem se expandem aumentando o trabalho e também a competitividade. Estudos desenvolvidos por essa mesma fonte mostram que em 10 Estados americanos o processamento e a remanufatura de material

reciclável, principalmente na região nordeste, emprega mais de 103 mil pessoas e o faturamento com a comercialização dos materiais ultrapassa os US\$ 7.2 bilhões.

Em 2000, a cidade de Nova Iorque aterrava cerca de 71% do seu resíduo sólido, reciclava cerca de 16,6% e recuperava para geração de energia cerca de 12,4%. Em 2001, um plano de contenção de despesas para o município suspendeu temporariamente a reciclagem de vidro e a de plástico devido à sua inviabilidade econômica no mercado de reciclagem. Com isso, cerca de 90% do plástico e vidro gerados eram coletados e transportados até os centros de triagem para prensagem e enfardamento e enterrado nos aterros sanitários. O vidro, maior parte do caco em cor misturada, era enviado ao aterro para ser usado como cobertura diária a uma taxa de aproximadamente US\$ 10 por tonelada, valor menor do que o custo do seu aterramento (THEMELIS *et al.*, 2004).

No município de Phoenix, a coleta tem sido realizada em dois sistemas: saco preto para resíduo geral enviado ao aterro e saco azul para papel, vidro, metal e plástico. Estes vão para duas modernas instalações de triagem e beneficiamento com capacidade para 100 mil toneladas/ano.

Numa comparação de dados realizada por Themelis *et al.* (2004), a recuperação de material nos dois municípios do Estado de Nova Iorque (Nova Iorque e Phoenix), principalmente o papel tem sido um bom negócio, durante mais de três décadas. Na Cidade de Nova Iorque, por exemplo, a quantidade de resíduo de papel coletado, em 1999, atingiu 431 mil toneladas. A tabela 2.23 mostra os dados de coleta referentes aos dois municípios.

Tabela 2.23 Dados comparativos da coleta seletiva em duas cidades nos EUA

Resíduo sólido municipal	Phoenix (2001)	Cidade de Nova Iorque (1999)
População em 2000 (habitante)	1.321.000	8.008.000
Total de resíduo sólido domiciliar coletado (t)	573.834	4.525.000
Coleta de reciclável (t)	106.970	672.000
Percentual do reciclável coletado em relação ao total de resíduo (%)	18,6	14,9
Total de recicláveis recuperado (t)	82.236	431.050
Resíduo recuperado para energia (t)	0	550.000

Fonte: Themelis *et al.* (2004)

Na cidade de Nova Iorque, conforme Themelis *et al.* (2004), a coleta seletiva domiciliar, executada pelo setor público, era submetida à constante avaliação. O departamento de limpeza

desenvolvia trabalho de conscientização junto às comunidades residenciais e escolas com o objetivo de aumentar a quantidade de material coletado seletivamente.

Themelis *et al.* (2004) considera que a reciclagem na cidade de Nova Iorque está longe de ser considerado o modelo ideal, embora os dois municípios tenham aparato tecnológico para produzir bons resultados com relação ao reaproveitamento do reciclável, que depende da participação dos cidadãos nos programas de reciclagem e do aumento do mercado de materiais separados como plástico e vidro.

Na Cidade de Village, Oklahoma (EUA), conforme Everett *et al.* (1998), a administração pública fornece ao morador lixeira plástica padronizada com capacidade em torno de 65 litros para os recicláveis misturados como jornal, latas de alumínio e de estanho, vidro claro e colorido e embalagem plástica de PET e PEAD. Os recicláveis colocados pelo morador na calçada são separados pelos coletores e colocados em seus respectivos compartimentos no caminhão.

Alemanha

A coleta seletiva na Alemanha está sob responsabilidade do consumidor que pode optar pela coleta em seu próprio domicílio mediante pagamento ou levá-lo até o local apropriado. Cerca de 85% dos 82,6 milhões de habitantes preferem pagar pela coleta a ter que se deslocar até centrais localizadas em pontos estratégicos para depositar seu reciclável (GONOPOLSKI, 2007).

França

Na França, cerca de 20% do resíduo reciclável, composto por papel, papelão, plástico, vidro e metal, é coletado separadamente. O vidro e o metal são depositados voluntariamente pelos cidadãos em container de reciclável instalado em local determinado. O plástico é coletado porta-a-porta e o papel / papelão coletado por empresa de triagem (WENISCH *et al.*, 2004).

Suécia

Na Suécia, desde 1972, a municipalidade tem sido responsável pela coleta e gerenciamento de resíduo sólido domiciliar incluindo reciclável não separado. A maior parte do reciclável separado é coletado no sistema de entrega voluntária ou centro de reciclagem (PETERSEN *et al.*, 2004).

Em Borlange, a coleta seletiva, desde 1994, passou a ser realizada por empresa pública e financiada pelos próprios produtores das embalagens, com base no princípio de responsabilidade

do produtor. Neste município, pioneiro no sistema de separação de resíduo na fonte, a coleta seletiva de jornal e embalagem de papel é atribuição do próprio produtor que, na ausência de um modelo específico, esquematiza seu sistema de coleta, custeada pelos impostos embutidos na própria embalagem (PETERSEN *et al.*, 2004).

No domicílio, o resíduo é coletado com intervalo de coleta entre 1 a 2 semanas. Descarte como jornal, revista e embalagem de papel eram entregues pelos consumidores em um dos 33 postos de coleta ou centro de reciclagem instalados em pontos centralizados no município, na proporção de um posto para cada 640 domicílios ou 1.500 habitantes. Cada posto dispõe de um container para papel e vidro e outro para os demais recicláveis, além da lixeira para fração residual coletada de 1 a 3 vezes por semana.

Na avaliação de Petersen *et al.* (2004), o sistema de coleta seletiva, em Borlange, tem sido conveniente para o coletor, no caso, os produtores ou suas empresas contratadas que apenas coletam o material dos postos de entrega.

Portugal

Portugal adota o princípio da redução, reuso e recuperação no gerenciamento de resíduo com base no Princípio do Poluidor-Pagador. Este sistema é muito comum na Europa, onde produtor de embalagem e consumidor são os responsáveis pelo custo do gerenciamento no pós-consumo (MAGRINHO *et al.*, 2006).

A coleta seletiva foi iniciada, em 1990, nos denominados Ecopontos que são *containers* colocados próximo à escola, parque, complexo esportivo, mercado, exposição etc., para recebimento de vários tipos de resíduo como papel, papelão, plástico, vidro e metal. O sistema inclui, ainda, a coleta seletiva domiciliar (MAGRINHO *et al.*, 2006).

Em 2002, foram gerados 4,7 milhões de toneladas de resíduo sólido municipal. Desse total, cerca de 4.6 milhões de toneladas ou 96% foram coletadas misturadas. Cerca de 192 mil toneladas ou 4% foram recuperadas no sistema de separação na fonte. A média de geração por habitante é de 1,32 kg/capita/dia (MAGRINHO *et al.*, 2006). A tabela 2.24 mostra um histórico da reciclagem no período de 1998 a 2002.

Tabela 2.24 Evolução da coleta seletiva em Portugal

Reciclável	1998	2001	2002	Aumento (nº de vezes)
Papel/papelão (t)	11.418	55.665	62.485	5,5
Vidro (t)	13.996	68.221	74.017	5,3
Plástico/metal (t)	781	11.807	13.717	17,5

Fonte: Elaborado com base em Magrinho *et al.* (2006).

Os dados apresentados mostram que, em três anos (1998 a 2001), a coleta seletiva apresenta aumento de quase 5 vezes. Magrinho *et al.* (2006), afirmam que nem todo material coletado é reciclado tendo em vista a contaminação propiciada pela coleta misturada. Em 2002, apenas 35% do papel/papelão e 49% do plástico coletado separadamente foram reciclados; o restante permaneceu rejeitado. Para aumentar o índice de reciclagem, o governo tem ampliado a instalação de Ecopontos, e promovido campanhas de conscientização pública sobre temas ambientais.

Espanha

Na Espanha, a coleta comum e a seletiva recolhem acima de 21 milhões de toneladas/ano de resíduo sólido municipal, dos quais cerca de 8% corresponde à coleta seletiva oriunda de cinco sistemas: lixeira domiciliar, lixeira coletiva, região de *container*, posto de entrega e sistema ponto limpo (TAYIBI *et al.*, 2007).

No sistema domiciliar, cada família recebe até duas lixeiras plásticas: uma para colocar o plástico e a outra para vidro e papel. O morador ainda é obrigado a contribuir no processo de separação desses materiais no ato da entrega. No dia da coleta, as lixeiras são colocadas pelo morador próximo à de refugo em geral. Este sistema, segundo González-Torre *et al.* (2003) implica num grande número de ponto de coleta que exige infra-estrutura, tempo e altos recursos públicos, mas, em contrapartida, tende a estimular a participação de moradores.

No sistema de *container* coletivo, os recipientes para reciclável são colocados próximos às lixeiras de lixo comum do apartamento onde cada família é a responsável pela entrega do resíduo (GONZÁLEZ-TORRE *et al.*, 2005; 2003).

Região de *container* consiste de grandes lixeiras colocadas em áreas centrais para diferentes tipos de resíduos com o objetivo de servir um ou vários moradores. Este sistema tem sido utilizado onde a coleta domiciliar inclui resíduo misturado em geral. São encontrados

principalmente em áreas públicas e outros locais de fácil acesso aos caminhões coletores (GONZÁLEZ-TORRE *et al.*, 2005; 2003).

Postos de entrega são locais onde estão instaladas grandes lixeiras para a coleta de diferentes itens. Funcionam em áreas públicas ou outros locais de fácil acesso ao caminhão coletor, porém, distantes da fonte geradora (GONZÁLEZ-TORRE *et al.*, 2005; 2003).

O Sistema Ponto Limpo, também conhecido como Ponto Verde, é um local designado para a disposição daqueles produtos seletivos que não são coletados nos sistemas convencionais como resíduo perigoso, material elétrico, equipamento de informática, roupa e outros (GONZÁLEZ-TORRE *et al.*, 2005; 2003).

Com o intuito de verificar o índice de adesão pública em programa de coleta seletiva, González-Torre *et al.* (2003) compararam programa de reciclagem em dois municípios pertencentes a países distintos: El Paso nos Estados Unidos e Astúrias na Espanha.

Em Astúrias, a população conta com recipientes de resíduo reciclável porta-a-porta que facilita a disposição dos recicláveis previamente separados na fonte. A maioria dos 1.087.885 habitantes dispõe de lixeira comum para resíduo geral coletada diariamente e as de reciclável coletadas uma vez por semana. Em El Paso, cidade com 700 mil habitantes, a coleta seletiva domiciliar é realizada três vezes por semana. O sistema comum compreende posto de entrega, localizado em escolas e departamentos públicos e centro de reciclagem. Com horário fixo de atendimento, este último recebe apenas alguns tipos de resíduo. Também há lixeira localizada em complexos de apartamento na proporção de uma para cada 20-40 apartamentos. Os cidadãos precisam deslocar-se até o centro de coleta. Os índices de adesão pública à reciclagem nas duas cidades são mostrados na tabela 2.25.

Tabela 2.25 Participação dos cidadãos no processo de separação dos recicláveis

Município	Adesão pública (%)	Vidro (%)	Papel (%)	Metal (%)
Astúrias	82,5	66,8	71,6	47,3
El Paso	69,1	40,4	53,4	53,6

Fonte: Elaborado com base em González-Torre *et al.*(2003)

Os dados apresentados mostram que, na comparação entre os dois municípios, Astúrias tem o maior índice de participação pública nos programas de coleta seletiva, onde a coleta de resíduo comum é realizada no período noturno e a coleta do reciclável, no período diurno.

Desse estudo comparativo, três fatores foram observados por González-Torre *et al.* (2005). O primeiro está associado à questão do tempo gasto pelo morador para separar seu resíduo e entregá-lo. Em Astúrias, o tempo gasto pelo cidadão com essa atividade tem sido menor por dois motivos: hábito da população em separar mais de um tipo de reciclável e recipiente de coleta instalado próximo às residências, enquanto que os habitantes de El Paso têm de percorrer longas distâncias para colocar seu reciclável no container. Além disso, em Astúrias a população rejeita a instalação de container em local público devido às inconveniências causadas pelo odor, barulho proveniente da coleta e também a degradação visual. Esses são fatores que, segundo González-Torre *et al.* (2005), podem influenciar a adesão pública aos programas de reciclagem.

Reino Unido

No Reino Unido, na Província Real de Kensington and Chelsea, a coleta seletiva foi implantada em 1993, e três anos após, a quantidade de resíduo coletado seletivamente aumentou de 107 toneladas semanais para 132 toneladas. O aumento do índice de participação dos cidadãos no programa de coleta seletiva teve como base o sistema de comunicação porta-a-porta, realizado paralelamente ao programa tradicional de ênfase do princípio dos 3 Rs “reduzir, reusar e reciclar” (READ, 1999).

Dezoito meses após o lançamento do programa de comunicação porta-a-porta, houve o aumento de 8% na participação dos domicílios. Em 4 semanas, pré e pós-programa, a taxa de adesão à coleta seletiva aumentou em 19%. A taxa de reciclagem passou de 9% em 1995 para 11% em 1996 e 13% em 1999.

Três vezes por semana, o caminhão compactador com duas separações, sendo uma parte com capacidade para 5 toneladas de refugo e a outra com capacidade para 2 toneladas de recicláveis, pertencente à empresa particular, passa nos domicílios recolhendo os recicláveis. O resíduo reciclável coletado é levado para o barracão particular que tem capacidade para triagem de 15 mil toneladas de resíduo por ano, enquanto o refugo é descarregado em aterros sanitários (READ, 1999).

Segundo Harder *et al.* (2006), a participação dos moradores do Reino Unido na reciclagem é voluntária. Autoridades locais fornecem-lhes caixas, lixeiras, sacos e os coletam semanal ou quinzenalmente. Os tipos de materiais variam. Algumas áreas coletam apenas o papel, em outras, este se diversifica com vidro e alumínio.

Nem todos os moradores colocam seu reciclável fora no dia da coleta. Para Harder *et al.* (2006) e Tonglet *et al.* (2004) “renda e educação” são fatores determinantes à adesão de programa de coleta seletiva. Woordard *et al.* (2006) abordam outros aspectos que influenciam os programas de reciclagem, como frequência da coleta, instalação de container, incentivo e densidade demográfica. Altas taxas de participação também estão relacionadas à variedade de materiais coletados, a exemplo de Londres e Japão.

A Província de Wealden no Reino Unido, na análise de Woodard *et al.* (2001) é uma referência no sistema de coleta seletiva. Entre 1997 e 1998, cerca de 60 mil toneladas de resíduo sólido foram coletadas pela autoridade municipal que fornece lixeiras para resíduo comum e para o reciclável, ambas coletadas semanalmente. Excesso de resíduo colocado fora da lixeira não é coletado.

Japão

Para Okuda *et al.* (2007) e Tanaka *et al.* (1999) a coleta municipal de resíduo separado na fonte é a principal forma de recuperação de metal e vidro, os quais são separados nos centros de triagem pertencentes a alguns municípios. Essa atividade também é desenvolvida por “Grupos de coleta”, constituídos por organismo não-governamental e membros de comunidade local, associação, escola e outros. Esses grupos levam o reciclável até um centro de coleta. Outro tipo de reaproveitamento consiste no sistema de depósito de garrafas de cerveja e vinho, retornáveis.

O Japão também busca solução para minimizar a disposição de resíduo em aterro. Voluntariamente, as atividades no setor privado contribuem para a recuperação de resíduo. O governo fornece subsídios em forma de infra-estrutura como equipamento e material de divulgação à comunidade como estímulo à prática da atividade de reciclagem.

A quantidade de papel, alumínio e garrafa coletada vem aumentando desde a revisão da Lei de Limpeza Pública e Disposição de Resíduo, em 1991. Os consumidores são obrigados a pagar, via imposto, pela coleta, transporte e custo da reciclagem. Além disso, o governo cobra

separadamente dos manufatureiros, o custo do transporte específico da coleta de cada item (OKUDA *et al.*, 2007; TANAKA *et al.*, 1999).

Na cidade de Kagoshima, capital do Estado de mesmo nome, entre 1995 e 2003, o governo conseguiu aumentar o índice da coleta seletiva de 2,7% para 14,3% com a diversificação dos itens coletados. Essa taxa ultrapassa, inclusive, à das grandes cidades, em torno de 12% (SAKATA *et al.*, 2007; OKUDA *et al.*, 2007).

O sistema de coleta seletiva, em 2001, recolhia 11 tipos de resíduo separadamente, sendo 8 tipos de recicláveis. Dessa forma, segundo Sakata *et al.* (2007), a cidade de Kagoshima demonstra que sob moldes regulares de separação em vários itens, a coleta seletiva pode ser uma alternativa viável para evitar o acúmulo de resíduo no domicílio.

2.5.7 Coleta seletiva e reciclagem em países em desenvolvimento

Em países da Ásia, México e América Latina, estudos mostram que nem todo o resíduo gerado é coletado e o maior percentual termina disposto de forma inadequada, sem tratamento em lixão. A coleta seletiva tem sido uma prerrogativa de capitais e grandes centros urbanos com predominância sobre a base dos catadores na informalidade ou organizados em cooperativas e associações. Registros pontuais mostram importantes iniciativas em alguns países em desenvolvimento.

A reciclagem de resíduo sólido municipal nos países em desenvolvimento, em maior escala, consiste na recuperação informal de material do lixo. O produto da coleta tem como destino a comercialização, o reuso ou a reciclagem e também o consumo próprio. Cerca de 2% da população, denominados “catadores”, “catadores de lixo” ou “lixeiros”, residentes em cidades da Ásia e América Latina executam a tarefa da coleta, e são os principais agentes responsáveis pela elevação da taxa de reciclagem. Pertencem a uma camada indesejada e vulnerável da população e, devido ao seu contato diário com o resíduo sólido, são associados à imundície, doença, miséria e percebido como nojento, símbolo de retardamento ou criminosos (MEDINA, 2000; 1997).

Turquia

Na Turquia, a municipalidade começou a estabelecer programas próprios de gerenciamento de resíduos sólidos desde a sua regulação, em 1991, que inclui apenas a coleta, o transporte e a disposição, não havendo regulamento para reciclagem e recuperação. O sistema de disposição

nos mais de 2.000 lixões existentes no país, segundo Kocasoy (2002) é a destinação menos onerosa aos cofres públicos.

Segundo Metin *et al.* (2003), a geração de resíduo sólido municipal corresponde a 1 kg por habitante/dia e a quantidade domiciliar corresponde a 0,6 kg/dia. Cerca de ¼ da quantidade gerada pode ser passível de reciclagem. Papel e papelão correspondem a 30% dos recicláveis, o vidro representa entre 20-25% e o plástico em torno de 15-20%. Programas de coleta seletiva municipal domiciliar, iniciado a cerca de 10 anos, existem em mais de 60 municípios. Estima-se que a recuperação ultrapasse 1,0 milhão de t/ano.

A Turquia é uma das maiores e mais importadoras nações de sucata de aço do mundo, recicla mais de 2 milhões de toneladas/ano. Tem sido também importante recicladora de metal não ferroso em escala industrial, incluindo alumínio, bronze chumbo e prata. A indústria recicladora compra sucata e materiais recicláveis, como papel, papelão, plástico, vidro e metal, de pequeno e médio comerciante, proveniente da coleta informal (METIN *et al.*, 2003).

China

Na China, país com 1,3 bilhão de habitantes, a coleta seletiva sustenta-se na informalidade. Até 1980, a compra de resíduo reciclável era realizada pelo governo. A partir de então, a negociação nos domicílios ou em depósitos passou a ser realizada diretamente entre pequenos compradores e catador informal. Este, denominado catador de ruas e lixões e comprador itinerante que compra material limpo em domicílio e comércio (WANG *et al.*, 2008; ZHANG *et al.*, 2007).

O reaproveitamento do resíduo de plástico para conversão em óleo tem sido uma forte atividade na China. No período de 1996 a 2005, a coleta triplicou de 10 mil toneladas para 30 mil toneladas. Existem pontos de coleta espalhados em várias cidades em parques e áreas residenciais cujo comércio tem alavancado a atividade de reciclagem no país. A atividade é regulada pelo Comitê Nacional de Reciclagem e Utilização de Resíduo de Plástico, fundado, em 1992. Em média, 1,92 tonelada de resíduo de plástico processado produz 1 tonelada de óleo. Uma instalação com capacidade de processamento de 3 toneladas/dia necessita de 1.728 toneladas/ano de resíduo de plástico (ZHANG *et al.*, 2007).

Na China, o plástico é utilizado em 34% das embalagens; em 13% na agricultura; em 25% em produtos de utilidade doméstica; em 12% na arquitetura e em 16% na indústria. Em 2004, a

produção de resíduo de plástico reciclado na China atingiu 6 milhões de toneladas (ZHANG *et al.*, 2007).

A coleta seletiva em Haidian, distrito localizado à noroeste de Beijing capital da China, abrangência 509 das 601 comunidades, em 2005 (WANG *et al.*, 2008). Cerca de 3 milhões de toneladas de resíduo reciclável são coletados por 417 empresas, sendo apenas uma pública, cujo valor estimado corresponde a 100 milhões de Yuan (em média US\$ 12,8 milhões). O sistema emprega cerca de 2.000 trabalhadores (WANG *et al.*, 2008; ZHANG *et al.*, 2007).

O morador tem duas opções para descartar seu reciclável: comercializando-o no próprio domicílio junto ao coletor da companhia credenciada ou entregá-lo diretamente em centros de reciclagem da sua comunidade (WANG *et al.*, 2008; ZHANG *et al.*, 2007).

Em países desenvolvidos, os moradores além de separar e entregar seus recicláveis em locais determinados, ainda pagam uma taxa para tratá-lo. Em países em desenvolvimento, a exemplo da China, os moradores separam seus recicláveis para troca comercial. De acordo com o estudo de Wang *et al.* (2008), cerca de 90% dos residentes no Distrito de Haidian comercializam seu resíduo para complementação da renda. Considerando o padrão de vida dos habitantes e sua consciência sobre reciclagem, a troca comercial se projeta como o mais eficiente modo de fazê-los participarem do sistema. Conforme o autor, a experiência em Haidian difere dos demais programas e tem como característica básica, três princípios: supervisão governamental; força do mercado e trabalhadores de baixa renda.

Hangzhou é a capital de Zhejiang na China, classificada entre as cidades mais desenvolvidas do país. Em 2005, um total de aproximadamente 1,4 milhões de toneladas de resíduo sólido municipal foi produzido na cidade, aumento médio de 2,3% nos últimos 5 anos. Cerca de 60% do total gerado foi disposto em apenas um aterro e 40% incinerado em duas plantas. A média diária per capita de geração corresponde a 0,92 kg.

O manuseio do reciclável é realizado por empresa contratada ou por indivíduo particular e transportado para o centro de beneficiamento. Desde a década de 1990, vários programas pilotos foram criados para separação de resíduo sólido municipal na fonte (ZHUANG *et al.*, 2008).

Em Hangzhou, o resíduo reciclável domiciliar é recuperado em dois sistemas: no comércio direto entre domiciliar e coletor e na separação e remoção dos recicláveis por catadores (ZHUANG *et al.*, 2008).

Taiwan

Em Taiwan, a economia tem crescido rapidamente durante os últimos 20 anos, e isso tem resultado em considerável aumento da quantidade de resíduo sólido municipal. Trata-se do segundo país mais denso do mundo. São 22.604 milhões de habitantes (2002) que vivem numa área de 35.967 km² ou 628 hab/km². Desde 1997, o governo vem aplicando políticas públicas para diminuir a quantidade de resíduo sólido gerada, chegando em 2002, com 27% a menos, diminuindo de 1,14 kg/dia por habitante para 0,81 kg/dia (LU *et al.*, 2006).

Por lei, a população é obrigada a entregar seus resíduos recicláveis para a equipe coletora ou para o processador de sucata. De acordo com a legislação local, pessoas que entregarem seus resíduos recicláveis misturados com resíduo geral podem ser multadas e os coletores podem também recusar a aceitá-los. A política de redução utilizada em Taiwan se baseia nos seguintes princípios (LU *et al.*; 2006):

- Combinação de sistema de coleta de resíduo sólido municipal com programas de reciclagem e de redução de resíduos; e,
- Implantação da Política de Responsabilidade do Produtor, implantado desde 1990. Este sistema obriga produtores e compradores a promover a reciclagem pública, conforme aplicado em países desenvolvidos.

Os produtores podem não ter envolvimento direto com o processo de reciclagem, mas são obrigados a pagar taxas de disposição do resíduo à Agência de Proteção Ambiental de Taiwan. O governo está diretamente envolvido com o gerenciamento da reciclagem tendo em vista que a coleta seletiva é realizada por empresa pública (LU *et al.*, 2006).

Antes da aplicação da política de responsabilidade do produtor, o governo dispunha de recurso apenas para coletar, transportar e tratar o resíduo sólido municipal. A partir de então, a receita do país destinada à coleta de resíduo sólido domiciliar aumentou de US\$ 62,5 milhões para US\$ 93,7 milhões por ano. Com a renda adicional, o governo em Taiwan passou a investir no programa de coleta seletiva. A tabela 2.26 mostra o histórico da coleta seletiva em Taiwan no período de 1998 a 2002.

Os dados mostram que no período de 5 anos, a geração de resíduo sólido em Taiwan diminuiu quase 24%. No mesmo período, o montante coletado seletivamente pelo governo

aumentou em quase 5 vezes mais.

Tabela 2.26 Evolução da coleta seletiva em Taiwan

Descrição da coleta seletiva	1998	1999	2000	2001	2002
Total de resíduo coletado seletivamente (t)	426.793	637.351	855.675	1.055.055	
Total da seletiva coletada pelo governo (t)	129.155	215.864	477.856	584.330	
Percentual de reciclagem total (%)	4,59	6,88	9,78	12,72	15,5
Percentual da coleta seletiva do governo (%)	1,25	1,94	5,75	7,47	
Quantidade resíduo sólido municipal coletado (t)	8.880.487	8.565.700	7.880.637	7.258.236	6.764.968
Geração de resíduo sólido (kg/hab.dia)	1,135	1,082	0,977	0,893	0,806

Fonte: Agência de Proteção Ambiental de Taiwan *apud* Lu *et al.* (2006).

A coleta seletiva, em 2001, era realizada 3 vezes por semana. A quantidade de material reciclável coletado representou 55% do total de reciclável gerado. A coleta de resíduo comum e reciclável tem sido executada de forma simultânea da seguinte maneira: dois caminhões coletores, sendo um para resíduo comum e o outro para seletivo estacionam nas ruas em pontos designados e esperam o próprio morador colocar seu resíduo dentro dos caminhões (LU *et al.*, 2006).

Esse sistema foi implantado primeiramente no município de Taipei, em 1996, e adotado no resto do país, em 1998. Além da coleta domiciliar, existiam 263 locais para recebimento de recicláveis. As equipes coletoras são obrigadas a separar os recicláveis em 12 tipos e são proibidas de misturá-los com resíduo geral (LU *et al.*, 2006).

Desde que o governo local assumiu a responsabilidade pelo gerenciamento do resíduo reciclável municipal (coleta, transporte e triagem), a Agência de Proteção Ambiental usa o recurso proveniente da reciclagem para subsidiar o programa. A Agência compra os caminhões, contabilizados em 2.050 veículos, em 2002, para execução da coleta seletiva. A renda proveniente da comercialização dos recicláveis também é utilizada para recompensar os grupos organizacionais, comunidades e equipe coletora que promovem o programa de reciclagem (LU *et al.*, 2006).

Índia

A Índia é o segundo mais populoso país do mundo com aproximadamente 1,2 bilhão de habitantes, onde vivem 345 pessoas/km². O PIB per capita/ano equivale a US\$ 784 e o IDH 0,61 (IBGE, 2008).

Em 1996, cerca de 742 milhões de pessoas viviam na área rural e 285 milhões nas áreas urbanas, estes geraram 114.548 t/dia de resíduo sólido municipal. O país produz cerca de 48 milhões de toneladas de resíduo sólido anualmente. Cerca de 70 a 80% do total gerado foi coletado, o restante permaneceu disposto nas ruas ou em pequenos lixões. No sistema de compostagem, como única opção de reaproveitamento, apenas 9% da coleta foi tratada. A geração de resíduo per capita varia entre 0,2 e 0,6 kg/dia e o índice urbano de resíduo sólido municipal corresponde a 0,49 kg per capita/dia (SHARHOLY *et al.*, 2008; TALYAN *et al.*, 2008; HAYAMI, *et al.*, 2006; ARGAWAL *et al.*, 2005).

A Lei 2000 criada pelo Ministério do Meio Ambiente e Floresta, estabelece critérios e procedimentos para autoridades municipais na coleta, segregação, estoque, transporte, processamento e disposição de resíduo sólido domiciliar. Essa atividade envolve vários setores do governo e empresas contratadas e está submetida à escassez de recurso público (HAYAMI, *et al.*, 2006; TALYAN *et al.*, 2008; SHARHOLY, *et al.*, 2008).

No panorama geral, a Índia recicla entre 40 e 80% do resíduo plástico, enquanto em nações desenvolvidas, a média corresponde entre 10% a 15%. Em Bangalore, o setor informal desvia cerca de 15% do resíduo sólido municipal dos locais de despejos. Os municípios no Estado de Pune tem economizado cerca de US\$ 200.000 por ano com a coleta dos catadores. No Estado de Hyderabad, o custo do gerenciamento por tonelada diminuiu nas áreas onde o setor privado atua comparado com as áreas servidas pela municipalidade (SHARHOLY *et al.*, 2008).

A coleta nos domicílios depende de catador que recolhe o reciclável, sob péssimas condições sanitárias, e o transporta até pequenos barracões onde são realizados os trabalhos de triagem e beneficiamento (SHARHOLY, *et al.*, 2008; TALYAN *et al.*, 2008; HAYAMI, *et al.*, 2006; ARGAWAL *et al.*, 2005).

Delhi (capital) é uma das maiores cidades da Índia. Trata-se do centro político do parlamento indiano onde está instalada a maioria das embaixadas estrangeiras e considerado pólo comercial e industrial e de atividades econômicas terciárias. Sua população foi contabilizada, em 2004, em 14 milhões de habitantes. Devido à rápida urbanização, algumas regiões são densamente povoadas, principalmente por migrantes de Estados vizinhos (ARGAWAL *et al.*, 2005).

Dois sistemas compõem a coleta em Delhi. O primeiro se baseia em lei de 1957, onde proprietários e moradores das residências, comércios e indústrias são responsáveis pela entrega do seu resíduo sólido nos recipientes providos pelas autoridades públicas. Com a implementação da Lei de 2000, a responsabilidade pela implantação da coleta porta-a-porta de resíduo segregado passou a ser atribuição do município que, até 2003, teria que implantar a coleta seletiva onde nem mesmo a coleta primária tem sido totalmente implantada (SHARHOLY, *et al.*, 2008; TALYAN *et al.*, 2008; HAYAMI, *et al.*, 2006; ARGAWAL *et al.*, 2005).

Mesmo em condições precárias, segundo Talyan *et al.* (2008) os dois sistemas coexistem. Onde existe a coleta porta-a-porta, os resíduos segregados são coletados das casas e transportados para lixeiras municipais por carrinho de mão com dois compartimentos, um para reciclável e o outro para não-reciclável. Um coletor formal ganha US\$ 2,50/dia. São cerca de 18 mil coletores de resíduo envolvidos na indústria da reciclagem em Delhi. A coleta seletiva tem sido realizada por pequeno, médio e grande comprador e também pela indústria. Esse trabalho tem também a adesão de moradores, ONG's e grupos particulares.

Do total estimado de 39 milhões de toneladas de resíduo sólido municipal gerado em Delhi, em 2001, entre 15 a 20% são reaproveitados na reciclagem. Parte é disposto em lixões e aterros sem controle sanitário e parte permanece sem coleta (SHARHOLY, *et al.*, 2008). O custo da disposição pago pelo governo, em média, corresponde a US\$ 6.15 por tonelada.

Para estimular a segregação dos resíduos nos próprios domicílios, o governo instituiu o *Bhagidari* ou “sociedade colaboradora”, com o intuito de despertar a consciência e participação pública. Os municípios fornecem os recipientes para resíduos aos moradores (HAYAMI, *et al.*, 2006; ARGAWAL *et al.*, 2005).

A coleta seletiva em Delhi também é realizada por catadores informais denominados recicladores ou *recyclists*, que pertencem à parte inferior da escala hierárquica da sociedade. Catam os resíduos ao redor dos domicílios, aterros e lixões, alguns inclusive, fazem a segregação para aumentar o valor na comercialização junto aos pequenos compradores que aceitam e compram todo o tipo de resíduo. Estes costumam empregá-los para trabalhar na triagem do reciclável e comercializá-lo junto aos médios ou grandes compradores (ARGAWAL *et al.* 2005).

Segundo Argawal *et al.* (2005), o catador tem sido o responsável por todo o processo que antecede a reciclagem. Homens, mulheres e crianças que compõem a camada pobre da Índia

trabalham nos lixões. Em torno de 80% são analfabetos e 20% possuem apenas a educação primária. As mulheres constituem uma pequena porcentagem da categoria. Seguem a regra de coletar os vários tipos de material e comercializá-lo diariamente. O catador anda à pé, bicicleta ou triciclo. A média de renda do catador equivale a US\$ 1,35 por dia, metade do ganho de um catador formal. Esse valor varia conforme o volume de resíduo coletado, que depende da faixa etária de idade e o transporte utilizado por catador, como mostra a tabela 2.27.

Tabela 2.27 Quantidade de reciclável coletado por catador em Delhi

Catador	Coleta à pé (kg/dia)	Coleta em bicicleta (kg/dia)	Coleta em triciclo (kg/dia)
Criança	8,5	14,0	
Mulher	12,0		
Homem	17,0	25,0	35,5

Fonte: Elaborado a partir de Argawal *et al.* (2005).

Os dados apresentados mostram que o uso do triciclo no transporte possibilita ao catador a coleta do dobro da quantidade de reciclável em relação ao catador à pé. Em geral, as condições de trabalho descritas são precárias, haja vista a presença de crianças na atividade de coleta e triagem em lixões. Isto já não é mais aceito por muitos países ainda em desenvolvimento, a exemplo do Brasil, em que o Fórum Lixo e Cidadania, uma entidade não governamental, criou o programa “Criança no lixo: nunca mais!”, a fim de erradicar o trabalho infantil em aterros e lixões.

Sharholly, *et al.* (2008) estima que acima de 100 mil catadores informais, em Delhi, sejam os responsáveis pela reciclagem de 17% do total de resíduo gerado, cerca de 7.405 t/dia, reduzindo o custo diário da coleta e disposição ao município em cerca de US\$ 13.700.

Na Cidade de Madras (Índia), uma Organização Não-Governamental (ONG) criou um programa de coleta seletiva para comunidade de baixa renda, incorporando os catadores como coletores de resíduos. São 900 unidades coletoras envolvendo catadores existentes em becos, favelas, bem como pessoas que necessitam de renda complementar. As comunidades obtêm empréstimos para comprar veículos como carroças e triciclos para trabalhar na coleta e recuperação dos recicláveis (MEDINA, 2000).

Os moradores pagam US\$ 0,30 por mês para terem seus refugos coletados. A taxa recolhida tem sido usada para pagamento de empréstimos e salários dos catadores. O programa,

segundo Medina (2000), trouxe uma série de benefícios, dentre os quais, dignificou a atividade dos catadores, aumentou a quantidade de reciclável coletado e, conseqüentemente a renda dos catadores, reduzindo sua rejeição pública, enquanto contribui para a limpeza urbana.

Filipinas

Filipinas, em 2007, tinha uma população contabilizada em 88 milhões de habitantes, onde vivem 282 pessoas/km². O PIB per capita anual equivale a US\$ 1,356 e o IDH correspondente a 0,77 (IBGE, 2008). Cerca de 45% dos recicláveis gerados são recuperados nos lixões por catadores e também por ações comunitárias (MEDINA, 2000).

Em Manila, Capital da Filipinas, um grupo denominado Movimento das Mulheres Balikatan criou o Programa Linis Ganda, em 1983, em 17 cidades da região Metropolitana de Manila. O programa compreende 897 compradores organizados em 17 cooperativas e um total de 1.500 catadores, denominados “assistentes ecos”. Cada catador tem uma rota fixada onde compra o reciclável separado na fonte, ou seja, no domicílio e na escola. O catador usa uniforme, carrinho de mão ou bicicleta em cor verde (MEDINA, 2000;1997).

Catadores afiliados ao programa recuperam 4.000 toneladas de materiais recicláveis por mês. Cada catador recebe entre US\$ 5 a US\$ 20 por dia, dependendo da renda da comunidade onde trabalha. As cooperativas com menos recurso podem obter empréstimo do Departamento de Comércio e Indústria e do Banco da Terra da Filipinas (MEDINA, 2000).

México

O México, em 2007, tinha uma população contabilizada em 107 milhões de habitantes. O PIB per capita anual equivalente a US\$ 7,875 e o IDH correspondente a 0,82. Cerca de 70% da população vive nas 10 maiores cidades do país. A coleta seletiva tem estado sob responsabilidade de pequenos monopólios formados por proprietários de terra e catadores (IBGE, 2008; BUENROSTRO, 2003).

Para Buenrostro (2003) e Medina (2000; 1997) a recuperação de reciclável feita por coletores durante a coleta oficial de resíduo domiciliar tem sido uma atividade comum em países como México, Colômbia, Tailândia e Filipinas. Os recicláveis são separados no próprio caminhão. Antes da descarga na estação de transferência ou local de disposição final, o reciclável separado é comercializado e a renda rateada entre o grupo. Esse trabalho demanda tempo, porém,

o estímulo surge em forma de incentivo monetário que pode dobrar os rendimentos dos trabalhadores.

Com relação ao catador, conforme Medina (2000; 1997), governos oficiais desenvolvem, às vezes, política clientelista de exploração e assistência mútua de benefício. Na cidade do México registra-se uma confusão entre autoridade e liderança de catadores que tem formado, nas últimas cinco décadas, uma complexa estrutura envolvendo relacionamento legal e ilegal em lixões, locais de controle dos conhecidos “caciques”, e catadores, varredores de rua, coletor de refugo, intermediário, indústria e autoridades locais.

Segundo a mesma fonte, a indústria recicladora encoraja e sustenta a existência de intermediário ou líder de catadores para assegurar a quantidade e a qualidade do material. A exigência refere-se à compra de quantidade mínima de reciclável beneficiado (material limpo, separado, prensado e enfardado) por seus fornecedores. Portanto, antes de chegar à indústria, o reciclável passa pelas mãos do catador que o comercializa junto ao intermediário, conhecidamente sucateiro ou aparista e, deste para a indústria.

O intermediário pode obter altos lucros com a comercialização do reciclável junto à indústria devido à sua representação no mercado monopólio. No México, os catadores nos lixões vendem seus materiais ao seu líder, e este, comercializa-os junto à indústria com obtenção de lucro superior a 300%. A formação de cooperativa de catadores, conforme Medina (2000; 1997) e outros estudiosos do assunto, por sua vez, evita o intermediário e, com isso, os membros da cooperativa podem obter um ganho maior.

Na cidade de Juarez, fronteira do México com El Paso/Texas nos Estados Unidos, a Sociedade de Seleccionadores de Materiais (Socosema), caracteriza-se, segundo Medina (2000), em uma das melhores cooperativas de catadores do país. Os associados recuperam 150 toneladas/mês de papel/papelão, vidro, borracha, plástico e metal totalizados em cerca de 5% do resíduo descarregado no depósito municipal.

Antes da criação da Socosema, os preços dos recicláveis era regulado por mercado de monopólio. Até que, em 1975, o descontentamento dos catadores sobre os preços, incentivou a criação da sociedade que, segundo Medina (2000), em poucos meses, possibilitou o aumento em dez vezes mais a renda dos catadores. Estes, participam de cursos de treinamentos e programas de

educação formal financiado pela própria associação. Esta, comercialmente, desenvolve boas relações com a indústria, apesar da inicial relutância dos empresários (MEDINA, 2000).

Organizadamente, em poucos anos, a criação de cooperativa e associação de catadores tem movimentado o mercado de reciclável na região da Colômbia, Venezuela, Peru, Equador, Guatemala e Costa Rica (MEDINA, 2000).

Colômbia

A Colômbia, em 2007, tinha uma população contabilizada em 46 milhões de habitantes. O PIB per capita anual equivalente a US\$ 2,874 e o IDH correspondente a 0,79 (IBGE, 2008). Em Medellín, segundo Medina (2000), está sediada a cooperativa de catadores mais movimentada do mundo. Trata-se da Cooperativa Recuperar, fundada em 1983, composta por 1.000 catadores, sendo cerca de 60% do sexo feminino. Sua atribuição consiste em gerenciar o serviço de limpeza urbana que corresponde a cerca de 300.000 toneladas/ano de resíduo sólido, dos quais foi coletados seletivamente, em 1998, cerca de 5.000 toneladas de recicláveis. (UNSTAT, 2007; MEDINA, 2000).

A formação de cooperativa na Colômbia foi o resultado de um trabalho desenvolvido pela Organização Não Governamental “Fundação Social”, desde 1986. Naquele ano, o aterro sanitário substituiu o lixão da cidade de Manizales, local onde 150 famílias tiravam seu sustento trabalhando na recuperação de reciclável. A Fundação ajudou os catadores a formar a cooperativa e sob impacto positivo, outros grupos e novas cooperativas foram surgindo, inclusive, em outras cidades.

Nenhuma nova cooperativa pode trabalhar no Programa Nacional de Reciclagem sem estar inserida na estrutura organizacional que inclui associação de cooperativas nacional, regional e local (MEDINA, 2000).

As cooperativas afiliadas ao Programa de Reciclagem Nacional da “Fundação Social” representam um modelo variado de condições de trabalho. Localizam-se próximas ao local de disposição do resíduo para facilitar o trabalho dos cooperados. Estes seguem rotas estabelecidas ao longo das ruas da cidade para recolher o reciclável de *containers* das calçadas e também os recicláveis que são jogados em espaços públicos pela população, utilizando como transporte, carrinho de mão, carroça ou camioneta (MEDINA, 2000).

Brasil

O Brasil, em 2007, tinha uma população contabilizada em 191,8 milhões de habitantes. Sua densidade demográfica é de 22 hab/km². O PIB per capita anual equivalente a US\$ 5,640 e o IDH correspondente a 0,79 (IBGE, 2008).

Os dados de resíduo sólido apresentados são os oficiais do último censo em 2000, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), quando a população brasileira correspondia a 169 milhões de habitantes, portanto, cerca de 20 milhões de habitantes a menos que a estimada em 2007 (IBGE, 2002, 2008).

O país coletou, em 2000, cerca de 228,5 mil toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos correspondentes aos tipos domiciliar, comercial e público. Cerca de 48,6 mil t/dia foram dispostos em lixões; 84,6 t/dia em aterro controlado; 83 mil t/dia em aterro sanitário; 1,2 mil deposto em local não fixo; 1,6 mil em locais não especificados; 1,0 mil t/dia incinerada; 6,5 mil t/dia direcionada à compostagem e 2,3 mil t/dia encaminhados para reciclagem (IBGE, 2002).

Das 125 mil toneladas/dia de resíduo sólido domiciliar geradas, cerca de 95,3% foi coletada e destas 59,5% destinada a lixão, aterro controlado e outros, distribuídos em 5.993 lixões; 63 lixões em áreas alagadas; 1.452 aterros sanitários; 1.868 aterros controlados, 810 aterros de resíduos especiais, 260 usinas de compostagem, 596 usinas de reciclagem e 325 incineradores O orçamento dos municípios destinado aos serviços de coleta e tratamento de resíduo varia entre 5% a mais de 20%. A produção per capita de resíduo sólido no Brasil é de 0,74 kg/dia (IBGE, 2002).

A coleta seletiva no Brasil foi iniciada no final da década de 1980. Em 2000, dos 5.507 municípios brasileiros apenas 451 haviam implantados programa de reciclagem. Por motivos diversos, cerca de 50 municípios desistiram de continuar seus programas (IBGE, 2002), os quais foram criados a partir de critérios locais (GRIPPI, 2001).

Segundo o IBGE (2002) foram coletadas seletivamente cerca de 4.290 toneladas por dia de recicláveis em 2.680.383 residências. A taxa de reciclagem do país corresponde a 1,9%.

A reciclagem no Brasil em 2000, segundo o IBGE (2002) envolvia cerca de 6.238 instituições, dentre as quais estão entidades religiosas, ONG's, como o Fórum Lixo e Cidadania, Associação Brasileira de Engenharia Ambiental (ABES) e o Movimento Nacional dos Catadores

de Resíduos (MNCR). Em âmbito nacional, cerca de 483 entidades pertenciam à região Norte, 1.933 na região Nordeste, 1.872 na região Sudeste e 480 na região Sul. O número de catadores trabalhando em unidades de disposição de resíduo, em 2000, correspondeu a 24.340.

Segundo Medina (2000; 1997) as instituições têm somado esforços importantes para a formação de cooperativas de catadores em vários Estados brasileiros, como no Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife e Salvador.

2.5.8 Sistema de Economia Solidária: Cooperativa e Associação

No Brasil, o sistema de economia solidária com base no cooperativismo tem sido incentivado pelos governos federal, estadual e municipal, juntamente com Organizações Não Governamentais (ONG's) como forma de geração de trabalho e renda principalmente na atividade de triagem e comercialização de resíduo reciclável (CRUZIO, 2000, MANCE, 2000; SINGER, 2000).

Pelos registros da Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB), o Brasil, em 2005, contabilizava 7.518 cooperativas em 13 ramos de atividades constituídas por 6.791.054 cooperados e outros 199.680 empregados. No Estado de São Paulo foram registradas 1.044 cooperativas, totalizadas em 2.642.685 associados e 30.593 empregados. No ramo da reciclagem são 425.181 associados e 6.506 empregados (OCB & OCE, 2007).

Entende-se por cooperativa uma união de pessoas, cujas necessidades individuais de trabalho, comercialização ou prestação de serviços em grupo, e respectivos interesses sociais, políticos e econômicos, fundem-se nos objetivos coletivos da associação (CRÚZIO, 2000).

Na acepção da palavra, colaboração deriva do verbo latim *collaborare*, significa trabalhar juntos; a palavra solidário deriva de *solidu*, significa algo forte, que dificilmente se deixa destruir por uma força externa (MANCE, 2000). No sentido mais amplo, a solidariedade vincula o indivíduo à vida, aos interesses e às responsabilidades de um grupo social, de uma nação ou da própria humanidade (MANCE, 2000).

Origem do cooperativismo

O sistema de cooperativa surgiu por volta de 1844, na Inglaterra, quando um grupo de tecelões desempregados, na luta pela sobrevivência após a Revolução Industrial, criou um armazém de produtos básicos. A partir desta, foram criadas novas cooperativas em diversas

regiões da Europa, cujo sistema, presente em todas as partes do mundo, abrange os mais variados ramos de atividades, dentre os quais, cooperativas de consumo, de crédito, de habitação, de serviços, de construção civil etc. (SINGER, 2000).

As cooperativas são sociedades de pessoas jurídicas próprias, de natureza civil, não sujeitas à falência, constituídas para prestar serviços aos associados.

A Política Nacional de Cooperativismo é definida pela Lei nº 5.764/71 e Lei complementar nº 8.949, que regulam as operações das Cooperativas de Trabalho ou de Serviços. Entre outras conformidades, fica estabelecido o número mínimo de 20 pessoas para a constituição da cooperativa.

Cooperativa tem isenção de imposto de renda porque não têm lucro e, sim, sobra líquida, resultante da receita proveniente da realização de ato cooperativo; subtraída a despesa, distribui-se a sobra proporcionalmente entre os associados, que a declara no seu imposto de renda de pessoa física (CRÚZIO, 2000).

No entanto, cooperativa não deixa de ser classificada como uma empresa. Em Crúzio (2000), o sucesso de uma cooperativa depende da sua organização e da qualidade de sua administração, para torná-la tão competitiva quanto uma empresa comum.

Segundo Mance (2000), trata-se de um seguimento do sistema de Economia Solidária que se consolida no processo de colaboração solidária. Colaboração solidária significa trabalho e consumo compartilhados, cujo vínculo recíproco entre as pessoas advém, principalmente, de um sentido moral de co-responsabilidade pelo bem-viver de todos e de cada um em particular.

A primeira cooperativa no Brasil foi fundada em 1887, em Campinas (SP) denominada Cooperativa de Consumo dos Empregados da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (SENAC, 1999).

Coleta seletiva em Porto Alegre

Em Porto Alegre (RS) os catadores são incorporados ao programa de coleta seletiva domiciliar onde coletam cerca de 79% do material reciclável gerado pela população contabilizada em 1,1 milhão de habitantes (PERIN, 2003; MEDINA, 2000).

No município, em 2002, eram geradas aproximadamente 1.600 toneladas/dia de resíduo municipal, das quais 970 t/dia eram domiciliares, cuja média de geração habitante/dia variava

entre 0,8 kg/dia a 0,9 kg. Cerca de 52% correspondia ao resíduo orgânico; papel 10%; plástico 10%; papelão 3%; lata 2%; embalagem longa vida 2%; vidro 2% e outros 19%. A proporção de reciclável estimada por Perin (2003), era de 30%.

A coleta seletiva em Porto Alegre foi implantada em 1990 e seis anos após já cobria 100% da cidade. Nos locais onde não passava a coleta foram instalados *containers*. A coleta era realizada uma a duas vezes por semana. Havia, ainda, 28 Postos de Entrega Voluntária (PVEs) (ANDERSON, 2005).

A coleta seletiva era realizada pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) com a estrutura de 80 funcionários, 29 caminhões que recolhiam cerca de 40 t/dia. O maior volume coletado foi no ano de 2001, cerca de 60 t/dia (CABRAL, 2001).

Perin (2003) estimou que mais de 150 toneladas de reciclável acrescida à taxa de 29% de rejeito eram coletadas diariamente por carrinheiros e carroceiros informais. Os recicláveis eram recuperados por catadores que trabalhavam em lixões e ruas, por carrinheiros, por cooperados ou empregados de depósitos e pela coleta seletiva oficial. O transporte utilizado variava entre veículo automotivo, carrinho de mão, e carroça (ANDERSON, 2005; CABRAL, 2001; MEDINA, 2000).

Os catadores coletavam nas lixeiras residenciais o resíduo reciclável antes do caminhão da coleta da prefeitura e também atuavam em locais onde a coleta não foi implantada. Os recicláveis eram comercializados junto a sucateiros ou indústrias (ANDERSON, 2005).

Nas unidades de triagem, os catadores formam a Associação dos Recicladores locais e, juntamente com outros grupos em todo o Estado, formam a Federação das Associações dos Recicladores do Rio Grande do Sul (FARRS) (ANDERSON, 2005; PERIN, 2003; CABRAL, 2001; MEDINA, 2000).

A primeira Associação surgiu em 1985, a partir do trabalho iniciado com apoio da Igreja Católica, dirigido especificamente às mulheres, as quais permaneciam no local de triagem enquanto os homens percorriam a cidade com carroça e carrinho catando resíduo (ANDERSON, 2005; MEDINA, 2000).

Com a implantação da coleta seletiva, a associação passou a receber o resíduo diretamente da prefeitura e, com isso, homens e mulheres se juntaram ao trabalho no galpão e, dessa forma,

criaram a Associação de Catadores de Material de Porto Alegre, conhecida como Ilha Grande dos Marinheiros. No total, Porto Alegre tem 13 associações de recicladores conveniadas com o governo municipal, as quais são constituídas de 20 até 130 pessoas (ANDERSON, 2005).

Florianópolis

Em Florianópolis, capital de Santa Catarina, são geradas cerca de 280 toneladas/dia de resíduo sólido municipal. O domiciliar é coletado pela municipalidade e disposto na estação de transbordo de onde uma empresa particular o encaminha ao aterro sanitário (CRUZ, 2002; PERIN, 2003).

Em 2001, das 110 mil toneladas coletadas cerca de 2,5 mil toneladas foram coletas seletivamente, o que corresponde à 2% do total. O reciclável recolhido pela municipalidade tem dois destinos: parte é comercializada e parte é doada à Associação dos Recicladores Esperança (AREsp) (Perin, 2003; Cruz, 2002). A tabela 2.28 mostra o histórico da triagem de reciclável entre 2000 e 2002.

Tabela 2.28 Triagem do reciclável na AREsp

Ano	2000	2001	2002
Triagem média (t)	610	660	564
Triagem média diária (t)	2,4	2,6	2,2
Rejeito (%)	12,9	15	14,4
Papel (%)		51	
Metal (%)		13	
Plástico (%)			12
Vidro (%)		8	
Renda média (R\$/dia)		9,49	7,46

Fonte: Elaborado com base em Perin (2003)

Os dados apresentados mostram que, em 2002, a diminuição de cerca de 100 toneladas de reciclável triado na Aresp, em comparação a 2001, reduziu o ganho diário do associado em cerca de 21%.

Curitiba

A coleta seletiva domiciliar em Curitiba, capital do Estado do Paraná, foi implantada em 1989, na campanha “O lixo que não é lixo” concomitante ao programa “Compra do Lixo”, para a população de baixa renda que reside fora do acesso aos caminhões de coleta. Nesse sistema, a prefeitura instala caçambas estacionárias e entrega quinzenalmente saco plástico para

acondicionamento do resíduo sólido. O programa integra 39 comunidades representadas por associações, constituídas por 2,7 mil catadores (PERIN 2003; CRUZ, 2002).

Cerca de 75% dessa população separa em casa os recicláveis dos orgânicos. Em 2001, foram recolhidas cerca de 378 mil toneladas das quais cerca de 20% foi reciclada. O resíduo é trocado por produtos hortifrutigranjeiros (PERIN, 2003; CRUZ, 2002).

O resíduo coletado seletivamente pela prefeitura tem como destino a Usina de Valorização de Resíduos Sólidos Recicláveis, localizada em Campo Magro, a 30 km de Curitiba, gerenciada pelo Instituto Pró-Cidadania. Após o beneficiamento, o reciclável era comercializado e a renda aplicada pelo Instituto Pró-Cidadania em obras assistenciais (PERIN 2003; CRUZ, 2002).

Programa Câmbio Verde

O Programa Câmbio Verde, segundo Perin (2003) e Cruz (2002), nasceu de uma derivação do Programa Compra do Lixo e do Programa Lixo que não é Lixo. Consiste basicamente na troca do material reciclável por produtos hortifrutigranjeiros. Os postos de troca são localizados em pátios de supermercados, órgãos municipais, associações de moradores, entre outros. Em 2002, haviam 61 postos. O reciclável entregue nos postos foram transportados para a usina de valorização de resíduos ou depósitos para ser separado, estocado e comercializado.

Também existe o Programa Câmbio Verde Especial realizado nas escolas públicas municipais, cujo objetivo consiste em orientar os estudantes para a importância da reciclagem. Nesse programa são trocados material reciclável por cadernos, brinquedos, chocolates, ingressos para shows, entre outros.

Em 1997 foi iniciado o trabalho de educação junto aos catadores com o objetivo de valorizar-lhes como agente ambiental e também prepará-los e fortalecê-los como categoria para a fundação da Cooperativa Recoopere, criada em setembro de 1998 (PERIN, 2003; CRUZ, 2002).

Nas residências dos bairros centrais, os catadores ajudam a recolher o resíduo já separado. Todos são cadastrados e trabalham com uniforme, máscara e luvas. O resíduo coletado é levado para a usina de valorização onde, em 2003, havia cerca de 75 funcionários para separar e prensar os recicláveis. No galpão da triagem foi reservado um espaço para exposição de peças antigas e uma biblioteca com mais de três mil livros que foram recolhidos no lixo e restaurados.

Goiânia

Em Goiânia, Capital do Estado de Goiás, a Cooperativa de Reciclagem (Cooprec) constituída por 50 cooperados, coleta junto com a prefeitura cerca de 7 toneladas por dia de resíduo sólido municipal misturado. A seletiva é realizada três vezes por semana (CRUZ, 2002).

Belo Horizonte

Em Belo Horizonte (MG), a Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Materiais Reaproveitáveis (Asmare) recolhe cerca de 600 toneladas de recicláveis por mês. Após a separação e o beneficiamento, o material é comercializado diretamente na indústria (PERIN, 2003).

Fundada em 1990, a Asmare constitui-se por 380 associados e 35 funcionários. Sua fundação foi resultado de um trabalho realizado pela Pastoral de Rua da Arquidiocese. A coleta seletiva é realizada em Locais de Entrega Voluntária (LEVs), num trabalho em conjunto entre a Associação e a Secretaria de Limpeza Urbana e, por catador com carrinho de mão em estabelecimentos comerciais, instituições públicas e privadas, principalmente na área central da cidade (PERIN, 2003).

Rio de Janeiro

Na cidade do Rio de Janeiro, cerca de 14 cooperativas agregavam 2.500 cooperados. A Cooperativa de Material Reciclável (Coopemare) coletava cerca de 100 toneladas de recicláveis/mês, cuja renda média/cooperado, correspondia a US\$ 300 por mês, que, em 2000, correspondia a três vezes o salário mínimo do Brasil (MEDINA, 2000; 1997).

São Paulo

Na cidade de São Paulo (SP) são geradas cerca de 13 mil toneladas/dia de resíduo sólido municipal (Cetesb, 2008). Por iniciativa da Organização Auxílio Fraternal da Igreja Católica, em 1989, um grupo de 20 moradores de rua fundou a Cooperativa de Catadores Autônomos de Papel, Aparas e Materiais Reaproveitáveis (Coopamare), a maior entre as 20 cooperativas existentes na cidade. Em 2002, a cooperativa instalada no bairro Pinheiros, contabilizava 80 catadores (cooperados e associados) e 120 catadores informais. Associados são aqueles que comercializam seu material na cooperativa (RIBEIRO *et al.*, 2009; PERIN, 2003; CRUZ, 2002).

A Coopamare recolhia cerca de 250 toneladas/mês de material reciclável transportada por caminhão próprio. O comércio direto entre a cooperativa e a indústria recicladora possibilitou a renda entre um a dois salários mínimos por mês/cooperado. Segundo Perin (2003), quando a tonelada de papel pago pela indústria era R\$ 159,00, o intermediário pagava à cooperativa o valor de R\$ 80,00/tonelada.

São Bernardo do Campo (SP)

Na cidade de São Bernardo do Campo, região do ABCD paulista, a prefeitura implantou 209 ecopontos, que funcionam como PEV (Posto de Entrega Voluntária) dotando-os de quatro coletores de cores diferenciadas para recepção separada de vidro, papel, papelão, plástico e metal. A população é incentivada a participar do programa de coleta seletiva através de campanhas educativas (GONÇALVES *et al.*, 2007).

O reciclável entregue pela população em ecopontos é doado a uma cooperativa que o comercializa após beneficiamento. Nesse município, até 2001, somavam-se quatro centros de triagem denominados Centros de Ecologia e Cidadania, onde 80 ex-catadores de lixão e de rua trabalhavam na triagem de cerca de 7 toneladas/dia de materiais recicláveis. A renda média obtida por cooperado corresponde à pelo menos um salário mínimo por mês (GONÇALVES *et al.*, 2007).

Diadema (SP)

No município de Diadema, região do ABCD paulista, em 2006, foram coletadas 237,6 toneladas/dia de resíduo sólido (Cetesb, 2008). O Departamento de Meio Ambiente implantou, em 2001, o Programa Vida Limpa sob o slogan “Coleta mais que Seletiva, Solidária”, com o objetivo de gerar renda, diminuir a quantidade disposta de resíduo sólido e preservar o meio ambiente (GONÇALVES *et al.*, 2007).

Dos treze postos de coleta seletiva projetado pelo programa original, cinco estão em funcionamento de onde as cooperativas, estruturada pela prefeitura, recolhem o reciclável para beneficiamento e comercialização. Estagiários da área multidisciplinar oferecem-lhe suporte técnico e incentivam a realização de parcerias com entidades, condomínios, empresas, escolas, repartições públicas e clubes, os quais implantam sua coleta seletiva interna e o reciclável é doado à cooperativa mais próxima (GONÇALVES *et al.*, 2007).

O trabalho das cooperativas estende-se, ainda, à divulgação da coleta seletiva porta-a-porta, visando ao aumento do volume de reciclável recolhido pelos catadores. Esta coleta é realizada em dias alternados à coleta normal. No total, cerca 72 toneladas/mês de recicláveis são triados por 42 cooperados pertencentes a cinco cooperativas. A prefeitura de Diadema promulgou uma lei que obriga a remuneração às cooperativas pelo resíduo coletado em proporção equivalente ao seu desvio do aterro sanitário (GONÇALVES *et al.*, 2007).

As cidades aqui apresentadas não compõem uma lista completa, sendo que existem mais alguns municípios com programas de coleta seletiva a se destacar tais como os das cidades de Londrina (PR) e Recife (PE).

2.6 Região Metropolitana de Campinas

Criada pela Lei Complementar nº 870, a RMC congrega 19 municípios com abrangência territorial de 3.348 km² e população de 2.634.100 habitantes. Sua representação no Estado corresponde respectivamente a 1,3 % da área territorial e 6,5% da população estimada do Estado, em 2007, em 40,8 milhões de habitantes. Conforme o SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, a maioria dos municípios da RMC apresenta Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - (IDH-M) acima de 0,800, o que significa bom padrão de qualidade de vida (IBGE, 2008, SEADE, 2008 e EMPLASA, 2008).

O IDH-M consiste em um parâmetro de avaliação que varia de 0 a 1. O município obtém seu IDH-M a partir da média aritmética de três indicadores como esperança de vida ao nascer (longevidade), educação e renda. O município de São Caetano do Sul ocupa o primeiro lugar no Estado com índice 0,919 (SEADE, 2008).

Com relação à geração e destinação de resíduo sólido urbano, no Estado os 40 milhões de habitantes geram, por dia, cerca de 20 mil toneladas (CETESB, 2008). Na RMC a geração, em 2007, está totalizada em 1.601,3 t/dia, das quais Campinas responde por quase 50%. Comparado à geração de 2006, esse volume apresenta aumento de 3%.

Os dados apresentados na tabela 2.29 mostra alguns indicadores relacionados à densidade populacional, PIB per capita, IDH e a geração de resíduo sólido na RMC e também na Capital. A referida tabela mostra o aumento da quantidade gerada de resíduo sólido urbano em todos os municípios da RMC, nos anos de 2005 a 2007. Em Campinas, onde se gera a maior quantidade, o aumento foi de 3%. Devido a grande quantidade gerada que diariamente precisa ser coletada e

tratada, essa questão tem sido abordada por vários estudiosos, entre os quais, RIBEIRO *et al.* (2009); LINO (2007); STREB (2004; 2001); ENSINAS (2003); PIUNTI (2001); PORTILHO (1997).

Tabela 2.29 Indicadores sócio-econômico e ambiental da RMC

Município	(IDH)	Classificação do município por ordem de IDH no Estado (SP)	População em 2007 (mil hab)	PIB em 2005 (R\$/hab)	Geração de resíduo		
					2005 (t/dia)	2006 (t/dia)	2007 (t/dia)
Vinhedo	0,857	4	57.4	42.152	22,3	23,2	24.1
Campinas	0,852	8	1.039	19.719	718,0	729,3	740.3
Paulínia	0,847	13	73.0	106.081	24,5	25,4	26.4
Valinhos	0,842	16	97.8	23.479	35,1	35,9	36.7
Americana	0,840	19	199.0	21.528	100,0	122,3	124.7
Jaguariúna	0,830	34	36.8	89.596	11,9	12,3	12.7
Indaiatuba	0,829	36	173.5	19.407	89,2	93,1	97.1
Itatiba	0,828	41	91.4	20.995	30,6	31,6	32.6
Holambra	0,827	42	9.1	38.725	1,9	1,9	2.0
Nova Odessa	0,826	45	45.6	17.763	18,5	19,0	19.4
S. Bárbara D'Oeste	0,819	68	174.3	13.539	91,5	93,2	94.8
Pedreira	0,810	104	38.1	10.353	15,5	16,0	16.4
Sumaré	0,800	174	228.7	20.862	139,8	145,1	150.6
Cosmópolis	0,799	177	53.5	10.985	19,1	19,6	20.0
Artur Nogueira	0,796	200	39.4	7.146	16,5	17,5	18.6
Engenheiro Coelho	0,791	234	12.7	9.453	3,6	3,8	3.9
S. Antônio de Posse	0,790	244	19.8	13.272	6,7	6,9	7.1
Hortolândia	0,790	246	190.7	14.677	125,6	134,0	142.9
Monte Mor	0,783	293	42.8	17.160	16,8	17,5	18.3
Capital (SP)	0,841	18	10.886,5	24.082		13000	12.7

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2009), CETESB (2008, 2007b, 2006); EMPLASA (2007); SEADE (2007).

2.6.1 O município de Campinas (SP) e o resíduo sólido urbano

Campinas é o terceiro município do Estado de São Paulo em densidade populacional, com 1.039.297 habitantes, em 2008, (Guarulhos e a Capital têm 1,2 milhão e 10,9 milhões respectivamente) dos quais 98,6% concentram-se na área urbana. Está localizada a 99 km da capital, com área territorial de 887 km². Trata-se do maior centro de desenvolvimento econômico do interior paulista, da segunda praça bancária do Estado e a terceira em concentração industrial do país (IBGE, 2008; Seade, 2008). A figura 2.8 mostra a localização do município no Estado.



Figura 2.8 Localização do município de Campinas

Fonte: Seade, 2006

Fundado em 14 de julho de 1774, o município é formado por 600 bairros administrativamente divididos em 14 regionais e quatro sub-prefeituras (Joaquim Egídio, Souza, Barão Geraldo e Nova Aparecida).

2.6.2 Resíduo sólido em Campinas: aspecto legal

A responsabilidade pela proteção do meio ambiente, pelo combate à poluição e pela oferta de saneamento básico aos cidadãos brasileiros está prevista na Constituição Federal. A limpeza urbana está sob responsabilidade dos municípios (PMC, 1996). Em Campinas, a regulamentação do resíduo tem base em leis e decretos, criados desde 1973, conforme a tabela 2.30.

Tabela 2.30 Aspectos legais do resíduo sólido e reciclagem em Campinas

Lei nº 6.726, de 06/11/1991; Lei nº 6.901, de 07/1992	Autoriza o executivo a criar o programa de reciclagem de resíduo de vidro e o programa de coleta seletiva de lixo.
Lei nº 7.098, de 24/07/1992	Dispõe sobre a colocação de coletores para reciclável em frente ou nas imediações das entidades assistenciais.
Lei nº 7.556, de 09/07/1993; Lei nº 8.436 de 25/07/1995 Lei nº 7.571, de 23/07/1993	Dispõe sobre o programa de ressarcimento do material domiciliar e criação do programa nas áreas periféricas “compra do lixo” reciclável.
Lei nº 7.601, de 08/07/1993 Lei nº 9.917, de 26/11/1998	Dispõe sobre a criação do programa “o lixo que não é lixo” sobre a educação ambiental nas escolas da rede municipal de ensino e do Programa Municipal de Material Reciclável a ser implantado em favelas, núcleos habitacionais e áreas de assentamentos.
Lei nº 11.074, de 30/11/2001	Institui a coleta seletiva interna de papel reciclável nos órgãos da administração pública
Lei nº 11.222, de 13/05/2002; Lei 11.251, de 24/05/2002	Dispõe sobre a colocação de recipientes de resíduo recicláveis domiciliares em áreas onde há coleta seletiva.
Decreto nº 14.265, de 21/03/2003	Dispõe sobre o programa de doação de material reciclável doméstico às cooperativas ou associações de trabalhadores em reciclagem.

Fonte: Elaborado a partir de PMC/ SMAJ (2008); PMC (1996).

2.6.3 Histórico da limpeza urbana

A partir da década de 1960, o município de Campinas passou por um processo acelerado de urbanização e crescimento populacional, impulsionados pelo desenvolvimento industrial. O serviço de limpeza urbana, que até então se restringia à coleta semanal de resíduo nos domicílios e à varrição de ruas, teve que ser reestruturado para incorporar novas demandas. O resíduo sólido coletado pela municipalidade não dispunha de local fixo para disposição sendo, portanto, destinado à recuperação de áreas públicas em processo de erosão (PMC, 1996).

Na década de 1970, o serviço de limpeza urbana se expandiu com a coleta de resíduo domiciliar realizada em dias alternados e, também, a execução de outros serviços como limpeza e conservação de boca-de-lobo, coleta de entulho, poda e remoção de resíduo vegetal, limpeza e desinfecção pós-feira, capinação, raspagem, varrição mecanizada de meio-fio, coleta de resíduo séptico. Todo o resíduo sólido coletado era disposto no primeiro local fixo denominado “Lixão da Pirelli”, implantado em 1972, e desativado em 1984 (PMC, 1996).

No final da década de 1980 foi desencadeado o processo parcial de contratação de serviços de coleta de resíduo sólido domiciliar, totalmente integralizado em 1994. O resíduo coletado era disposto no Aterro Santa Bárbara, localizado na região Oeste da cidade, que permaneceu em operação por 8 anos, sendo desativado em 1992 (PMC, 1996).

A partir da década de 1990, o município passou a ser dividido em 63 setores de coleta de resíduo sólido domiciliar, sendo que em 33 setores a coleta domiciliar tem sido realizada em dias alternados, ou seja, três vezes por semana. Nos demais setores a coleta tem sido realizada diariamente (PMC, 2005¹; PMC, 1996).

O trabalho de coleta de resíduo sólido domiciliar é realizado de segunda a sábado, nos períodos diurno e noturno, com abrangência de 100% da área urbana. Estima-se que o índice de adesão da coleta pelos domicílios seja de 98%, segundo informações do coordenador setorial da coleta domiciliar, o engenheiro Adhemar Fernandes Júnior².

Desde 1992, o resíduo sólido coletado tem sido disposto no Aterro Sanitário Municipal Delta A, localizado na região Oeste da Cidade, numa área de 257 mil m². Apenas no ano de 2005,

¹ Relatórios oficiais com 66 páginas referente ao mês de março de 2005, fornecido pela Coordenadoria da Limpeza Pública PMC/DLU.

² Entrevista pessoal concedida à autora nas dependências do DLU/Campinas em 18/06/2005.

foram dispostas 236.538 toneladas de resíduo sólido domiciliar. Deste, o aterro recebeu em seus 13 anos de funcionamento (1992 – 2005) cerca de $2,9 \times 10^6$ toneladas (PMC, 2006³; ENSINAS, 2003; PMC, 1996).

Além do resíduo sólido domiciliar, o Delta A também recebe resíduo sólido proveniente de estabelecimentos comerciais, de pequenas indústrias, de poda de árvore e capinação, de entulho de construção encaminhado por administração regional (AR) e de serviço hospitalar após ser submetido ao processo de inertização no forno microondas, instalado no próprio aterro (ENSINAS, 2003).

Com relação ao padrão de qualidade avaliado pelo Índice de Qualidade de Aterro de Resíduo (IQR), que é um critério estabelecido pela Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental (CETESB), o aterro sanitário Delta A foi classificado como lixão e aterro controlado. A partir de 2002, o Delta A passou a ser um aterro operacionalizado sob condições técnicas adequadas, como mostra a tabela 2.31.

Tabela 2.31 Avaliação do aterro sanitário municipal Delta A

Ano	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
IQR	7,5	4,4	5,6	6,5	6,6	8,2	8,5	8,7	8,8	8,6	8,6
Classificação	C	I	I	I	I	A	A	A	A	A	A

Fonte: Elaborado a partir de CETESB (2005, 2006, 2007).

Os dados apresentados mostram que, desde 2002, o Aterro Sanitário Delta A está sendo operacionalizado de forma adequada. Contudo, seu tempo de vida útil estava previsto para terminar em junho de 2006, quando esgotado a capacidade de receber resíduo (Ensinas, 2003), mas devido à falta de área no município para transformar em aterro⁴, o Delta A, conforme informação obtida junto à Coordenadoria de Limpeza Pública de Campinas⁵ teve suas células redimensionadas para continuar em operação. No entanto, o decreto nº 14.248 de 05.03.2003 da prefeitura de Campinas declara como área de utilidade pública, uma área contígua ao Aterro Delta com fins de ampliação do aterro (PMC/SMAJ, 2003). A continuidade das ações para viabilizar a ampliação do aterro não foi executada pelo governo municipal.

³ Relatórios do período 1993-2005, fornecido pela Coordenadoria da coleta domiciliar no Departamento de Limpeza Urbana da prefeitura de Campinas (PMC/DLU).

⁴ Informações obtidas pelo ex-diretor do DLU, o eng. Wanderlei Meira durante entrevista pessoal concedida à autora em 17/04/2004.

⁵ Entrevista pessoal concedida à autora nas dependências do DLU/Campinas em 12/08/2007.

Para aumentar o tempo de vida útil dos aterros sanitários e, portanto, minimizar a questão da falta de área para transformar em local de disposição dos resíduos sólidos, cujo problema tem sido comum na maioria das capitais e grandes centros urbanos brasileiros, vários estudiosos do assunto entre eles Teixeira *et al.* (1999) e Figueiredo (1995), sugerem a implantação de programas de minimização de resíduos como compostagem ou reciclagem. São ações que, segundo CETESB (2005), dependem exclusivamente do interesse e participação da população e, sobretudo, do governo.

2.6.4 Geração de resíduo sólido

Pela caracterização gravimétrica realizada pela prefeitura em 1996, conforme figura 2.9, a composição da massa de resíduo em Campinas corresponde a 46% de matéria orgânica e 54% de matéria inorgânica. A média nacional e estadual de matéria orgânica corresponde respectivamente a 52,5% e 53,8% (IPT/CEMPRE, 2000).

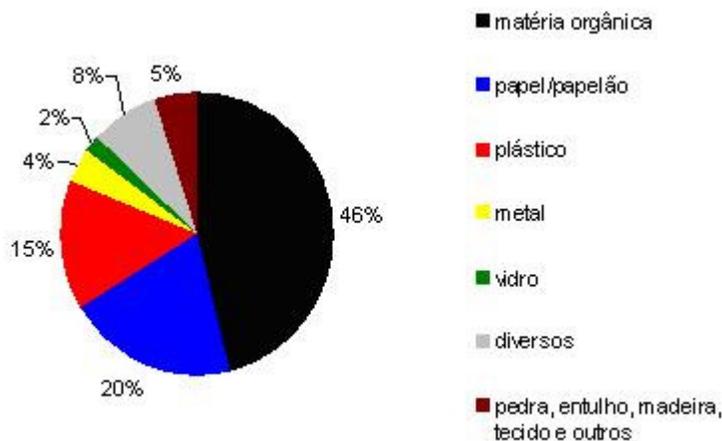


Figura 2.9 Composição do resíduo domiciliar em Campinas
Fonte: PMC (1996)

Os dados apresentados mostram que o percentual de resíduo não degradável soma-se 41%. Resíduos como papel, papelão e plástico predominam entre os descartes. Do total de reciclável gerado, uma fração é coletada seletivamente pela prefeitura e cooperativas, uma fração é coletado pelos catadores informais, uma fração é disposto no aterro sanitário e uma fração é disposta pela população em locais inadequados como logradouros públicos e terrenos baldios, por exemplo, denominado “bota-fora”, conforme figura 2.10. A maior parte do resíduo potencialmente reciclável é coletado na coleta comum e enviado para o aterro sanitário (PMC, 1996).



Figura 2.10 Bota-fora localizado no Jardim Santa Genebra em Campinas

A disposição de resíduo sólido de maneira inadequada, conforme mostra a figura 2.10, não tem sido quantificado pela prefeitura, mas segundo estimativa da coordenadoria setorial da coleta domiciliar, o montante descartado pertence aos cerca de 2% dos domicílios que não aderem ao programa de coleta de resíduo domiciliar⁶. A ação de descartar resíduo em local inadequado prejudica a própria população local porque favorece a proliferação de vetores e roedores que colocam em risco a saúde pública (FUNASA, 2006; GRIPPI, 2001; BARBOSA, 1999; FIGUEIREDO, 1995).

2.6.5 Minimização do resíduo sólido por ação dos catadores informais

Uma parcela significativa do resíduo sólido passível de reciclagem tem sido desviado do aterro por ação dos catadores informais. A atividade de catar resíduo reciclável no município de Campinas é antiga e, nos últimos anos, tem se intensificado. Um estudo realizado por Streb (2001) com catadores no distrito de Barão Geraldo, mostra que a quantidade de reciclável coletado por cada catador corresponde à média de 2,3 t/mês.

Os catadores formam um exército de desempregados nas ruas onde passam recolhendo os recicláveis das lixeiras ou calçadas, como mostram as figuras 2.11 e 2.12.

⁶ Entrevista pessoal concedida à autora em 17/03/07.



Figura 2.11 Catadora cata reciclável em lixeira residencial em Campinas



2.12 Catadora acomoda os recicláveis no carrinho do tipo supermercado

Para transportar o resíduo reciclável coletado, os catadores usam carrinho de supermercado com três rodas (figura 2.12), carrinho de feira (duas rodas), carriola (1 roda) e carrinho de mão (2 rodas). Em geral, o sistema de transporte acaba sendo improvisado. Para transportar além da capacidade de carga, os carrinhos de mão, por exemplo, apresentam prolongamento em suas laterais conforme figura 2.13a. Também são utilizados carroças (tração animal) e veículos automotivos como camioneta, caminhão e perua Kombi como mostra a figura 2.13b. Nesta, o reciclável obtido em várias formas de coleta, inclusive das lixeiras domiciliares, é transportado na parte interna e no bagageiro instalado no teto do veículo.



Figuras 2.13a e 2.13b Sistema de transporte de reciclável utilizado por catadores

2.6.6 Histórico da coleta seletiva

As informações sobre a origem da coleta seletiva em Campinas, nesta dissertação, tem base em depoimentos dos ex-garis, Sr. Ireno Alves dos Santos, Sr. Moacir Franceschini, Sr. José dos Santos, Sr. João Batista Rodrigues e Sr. Francisco Evandro Farias. Estes, são antigos funcionários públicos do Departamento de Limpeza Urbana (DLU), que permaneceram no exercício da atividade de coleta de resíduo nos domicílios, no período de 1970 até final da década de 1990. Esses trabalhadores são parte integrante da história que compreende o período de transição entre a coleta de resíduo sólido realizada pela prefeitura, a implantação oficial da coleta seletiva no município e a contratação de serviços desta a empresas particulares.

Durante entrevista coletiva à autora desta dissertação, em 23/11/2005, o grupo fez uma retrospectiva sobre a história da coleta de resíduo no município, naquele tempo, e como era exercida a atividade extra de separação do reciclável dos demais resíduos para comercialização. O grupo não soube informar a época em que começou a atividade extra de separação dos recicláveis realizada concomitantemente à coleta comum domiciliar. Contudo, na avaliação geral sobre o trabalho, o grupo informou sobre os benefícios econômicos que a renda complementar obtida com a comercialização dos recicláveis proporcionara a cada um deles durante cerca de 10 anos.

A coleta de resíduo sólido comum no domicílio era realizada em dias alternados, de segunda a sábado nos períodos diurno e noturno, por cerca de 80 equipes composta por 3 ou 4 garis. Num trabalho paralelo e simultâneo à coleta comum, o invólucro coletado do domicílio contendo resíduo misturado era aberto pelos próprios coletores e o reciclável, papel, papelão, vidro e metal, denominado no jargão da categoria por “muamba”, era separado do restante do resíduo.

O reciclável era colocado em sacos presos com tira de borracha na parte externa do caminhão e os demais, (orgânico e outros materiais sem valor comercial) colocados na parte interna para disposição no aterro sanitário. O resíduo de plástico, por ser volumoso e tomar muito espaço no caminhão, mesmo com demanda de mercado, conforme o Sr. Ireno, não era separado. O Sr. Moacir disse que “com tantos sacos de material reciclado pendurado, o caminhão parecia uma árvore de natal”. O trabalho iniciava-se na rua e terminava com a descarga do caminhão e

uma nova etapa de catação no lixão da Pirelli. Essa dupla atividade tem sido exercida em países como Venezuela e Colômbia (MEDINA, 2000).

No lixão da Pirelli, os garis dispunham ainda de mais uma hora de trabalho para fazer a catação e separação dos recicláveis, momento que disputavam o espaço com “mais de 200 catadores locais” conforme PMC (1996). Por estimativa, cada equipe coletava e separava por dia, em média, 150 kg de material. A comercialização dos recicláveis era realizada junto a vários depósitos de ferro-velho existentes no município de Campinas. A média de renda estimada obtida em valores correspondentes a 2005 era da ordem de R\$ 30,00/dia, ou dois salários mínimos mensais por gari.

Para o Sr. Moacir, o período em que exerceu a dupla atividade de gari e catador (trabalho formal e informal) era considerado como “época da bonança”. O grupo entrevistado informou que a renda complementar obtida possibilitou a compra de terreno e ajuda na construção de suas próprias casas. O trabalho paralelo foi interrompido por força da sua proibição, em 1985, no primeiro mandato do Prefeito Magalhães Teixeira.

A coleta seletiva domiciliar, em Campinas, foi implantada, em 1991, mesmo ano da sua regulamentação, pelo então Prefeito Jacob Bittar, sendo iniciada no bairro Cidade Universitária, localizada no distrito de Barão Geraldo, onde o DLU coletou no primeiro dia, cerca de 200 kg de reciclável. A coleta seletiva e a triagem do material eram realizadas pelos próprios funcionários do DLU, e a verba da comercialização era revertida em benefícios do banco de órtese e prótese pelo Fundo Social de Solidariedade (Fusscamp) (PMC, 1996).

Para beneficiamento do reciclável (triagem, prensagem e enfardamento), a prefeitura instalou uma infra-estrutura com galpão, esteira e prensa nas dependências do DLU. Local posteriormente utilizado para capacitação técnica de grupos interessados em trabalhar com segregação de material reciclável.

2.6.7 Sistematização da coleta seletiva

O município de Campinas era composto por 600 bairros, em 2005. Estes, geograficamente, estão divididos em 63 setores de coleta de resíduo sólido domiciliar. Desse total, em 2005, a coleta seletiva abrangia 44 setores ou 70%, como mostra a figura 2.14.

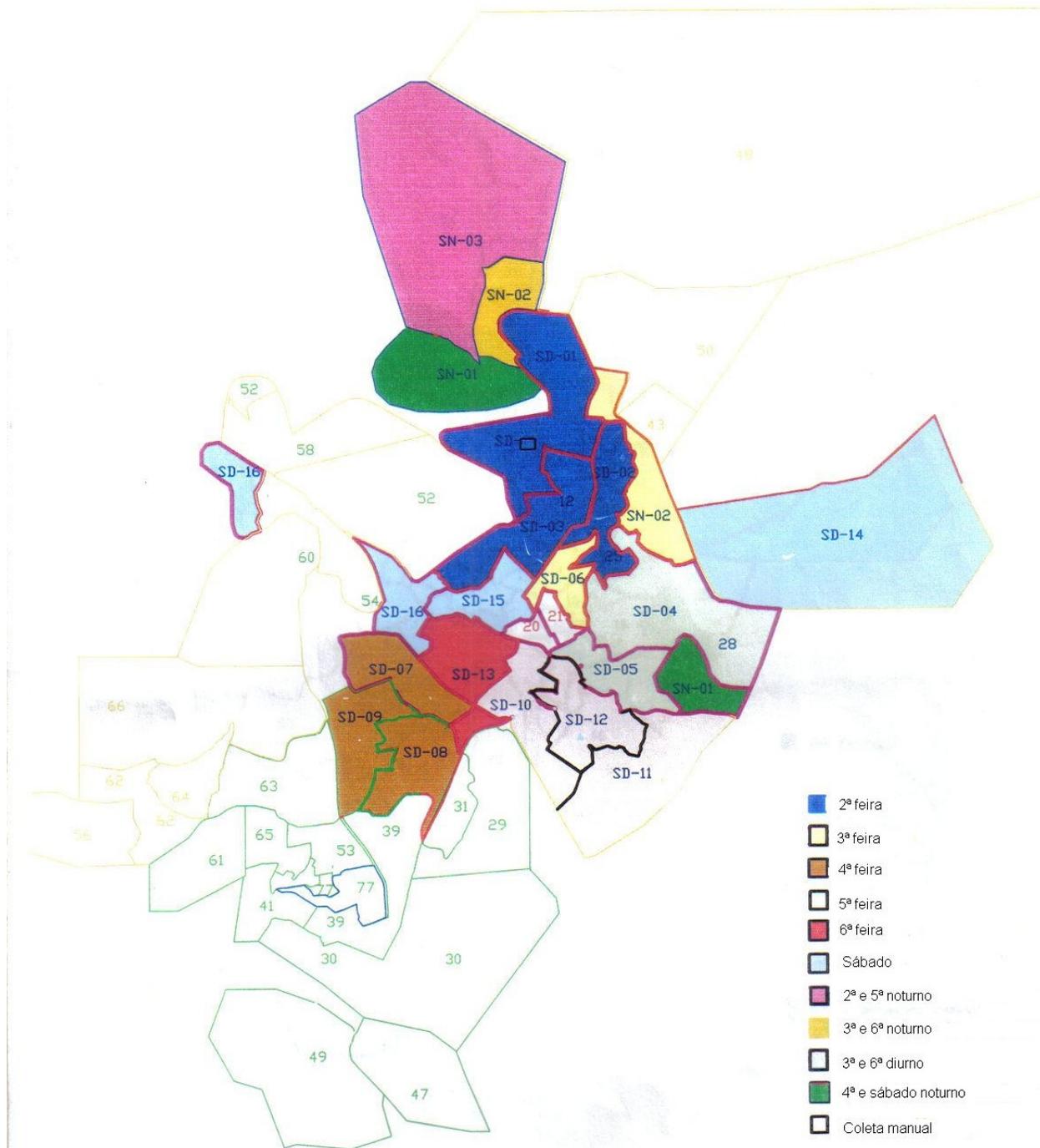


Figura: 2.14 Mapa com a divisão setorial da coleta seletiva domiciliar

Fonte: Material sem data fornecido pela PMC/DLU

Operacionalmente, os 44 setores domiciliares da coleta seletiva estão subdivididos em 19 setores, sendo 16 seletivas diurnas (SD) e 3 seletivas noturnas (SN). De segunda a sábado, a empresa responsável pelo recolhimento do reciclável realiza quatro coletas seletivas diárias, sendo três diurnas e uma noturna. Cada setor domiciliar da coleta seletiva diurna abrange até três

setores da coleta domiciliar comum. Por exemplo: a seletiva diurna (SD1) corresponde aos setores 15 e 78 da coleta domiciliar comum (SD15 e SD78), e a seletiva diurna (SD8) corresponde aos setores 33, 35, e 57 da coleta comum. A tabela 2.32 mostra a programação diária da coleta seletiva domiciliar no município e a identificação correspondente entre setores da seletiva e da comum. No Anexo I relaciona o setor e seus respectivos bairros e o Anexo II a quantidade média de recicláveis coletados nos setores em março de 2005.

Tabela 2.32 Programação diária da coleta seletiva domiciliar

Semana	Identificação do setor de coleta seletiva domiciliar diurna (SD) e noturna (SN)	Correspondência com o setor da coleta domiciliar comum (sd _c)
Segunda-feira	SD1	15 e 78
	SD2	25 e 76
	SD3	10 e 12
	SN3	73
Terça-feira	SD4	26 e 28
	SD5	16 e 18
	SD6	22 e 05
	SN2	72 e 75
Quarta-feira	SD7	14 e 11
	SD8	33, 55 e 37
	SD9	45, 59 e 67
	SN1	71 e 74
Quinta-feira	SD10	34 e 1
	SD11	32 e 46
	SD12	40, 38 e 16
	SN3	73
Sexta-feira	SD4	26 e 28
	SD5	16 e 18
	SD13	2 e 3
	SN2	72
Sábado	SD14	43 e 44
	SD15	8 e 7
	SD16	9 e 13
	SN1	71 e 74
Diária	SND- 01*	20 e 21

* SND – Seletiva noturna e diurna

Fonte: Elaborado a partir de dados de pesquisa

Em 2005, a coleta seletiva domiciliar era realizada semanalmente; apenas nos setores diurnos 4 e 5 e os três noturnos, a coleta era realizada duas vezes por semana. Informações obtidas junto à coordenadoria da coleta seletiva em Campinas, a junção de setores na coleta seletiva domiciliar se deve a um critério estabelecido que considera principalmente o tamanho da área do setor e a quantidade de resíduo reciclável coletado seletivamente. A tabela 2.33 mostra o histórico de 10 anos da coleta comum e seletiva.

Tabela 2.33 Média diária da coleta de resíduo sólido da PMC no período de 10 anos

Ano	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Coleta comum (t/dia)	523,6	588,8	618,1	630,2	654,8	665,2	680,1	680,9	632,0	641,1	648,0
Coleta seletiva (t/dia)	10,7	13,0	14,0	13,8	8,2	9,2	8,6	7,4	7,3	5,4	7,0
Total coletado (t/dia)	534,3	601,8	632,1	644,0	663,0	674,4	688,7	688,3	639,3	646,5	655,0

Fonte: Elaborado a partir dos relatórios fornecidos pela PMC

Os dados apresentados são resultados de um acúmulo de planilhas de coleta obtidas no Departamento de Limpeza Urbana, desde o ano 2000, que mostram a quantidade de reciclável coletado no período de 10 anos. Também mostra que a quantidade máxima de reciclável coletado foi de 14 t/dia. Entre 1997 e 2005 houve redução de 50% da coleta, que representa apenas 1,07% do total de resíduo coletado na cidade, como mostra a figura 2.15.

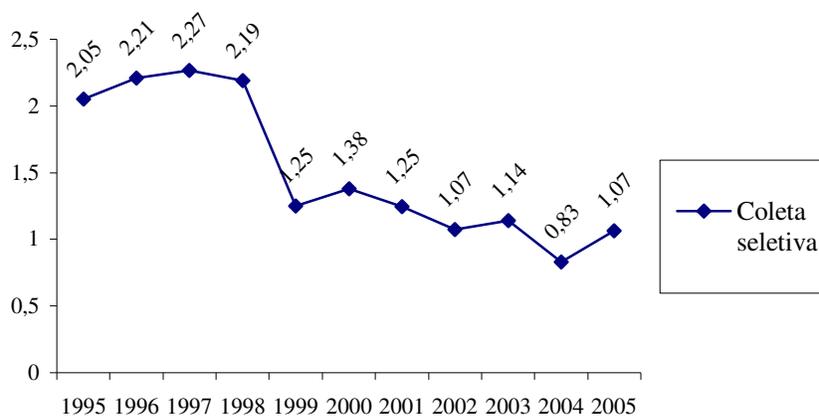


Figura 2.15 Percentual da coleta seletiva da prefeitura de Campinas

Fonte: Elaborado a partir de dados de pesquisa

Considerando a composição gravimétrica realizada por PMC (1996), conforme figura 2.9 (p.74), que mostra a geração da massa de reciclável em 41%, e a quantidade total de resíduo

sólido coletado (comum + seletiva) contabilizada em 655 toneladas/dia, em 2005, tem-se que o potencial de geração de reciclável no município foi 268,5 t/dia, como mostra a tabela 2.34.

Tabela 2.34 Potencial de reciclável na massa de resíduo sólido em 2005

Ano 2005	Papel/papelão	Plástico	Metal	Vidro	Total
Potencial diário de geração (%)	20	15	4	2	41
Potencial (t/dia)	131,0	98,2	26,2	13,1	268,5

Fonte: Elaborado a partir da caracterização gravimétrica da PMC (1996).

Os dados apresentados mostram que os descartes de papel/papelão (matéria degradável) e plástico (não degradável) representam 35% do total da massa residual. Conforme Lino (2004), a massa de reciclável, em Campinas, constitui-se em 48% de papel e papelão, 37,2% de plástico, 10,7% de metal ferroso e 4,1% de vidro.

Considerando a população do município contabilizada em 1.039 mil habitantes (IBGE, 2008), e a quantidade de 7 t/dia de reciclável coletado seletivamente pela prefeitura (0,007 kg/dia/habitante, em 2005, que totaliza 2,7% do potencial da massa de reciclável coletada e enviada ao aterro, estima-se a geração de 0,26 kg/dia de reciclável por habitante. Portanto, a coleta seletiva recolheu o correspondente ao reciclável gerado por apenas 27 mil habitantes, ou o correspondente a 6.700 domicílios, considerando-se 3,67 habitantes/domicílio (IBGE, 2002). O reciclável coletado era distribuído para 11 cooperativas pertencentes ao programa municipal de geração de renda.

2.6.8 Programa de geração de trabalho e renda

A abordagem sobre a coleta seletiva e o programa de geração de trabalho e renda tem base na experiência da autora desta dissertação, que participou do programa no período de 2001 a 2005. A autora foi a responsável pela implantação do projeto de cooperativa de catadores denominada “Cooperativa Santa Genebra”, onde participou de forma voluntária da coleta seletiva nas ruas dos três bairros no entorno da cooperativa, juntamente com cerca de 20 cooperados.

A coleta seletiva da Cooperativa Santa Genebra, como mostram as figuras 2.16 e 2.17, foi iniciada no sistema domiciliar pontual em residências, comércio, indústrias, igrejas e outros locais onde semanalmente eram recolhidos os recicláveis por um caminhão fretado pela cooperativa. Em várias residências, os próprios moradores tomavam a iniciativa de transformar suas garagens ou quintais em posto de recebimento de recicláveis. Outros moradores, porém,

preferiam levar seus recicláveis até a cooperativa, localizada num terreno público, onde o trabalho de triagem dos recicláveis era realizado debaixo de árvores. Posteriormente, a Cooperativa Santa Genebra foi incluída no Programa de Geração de Trabalho e Renda e, assim passou a obter alguns benefícios da prefeitura, como o caminhão com um motorista para os cooperados realizarem sua coleta semanal e, também, uma carga de recicláveis proveniente da coleta seletiva pública.



Figura 2.16 Cooperados durante coleta em bairro próximo à cooperativa.



Figura 2.17 Cooperados ajeitam os recicláveis nos carrinhos para transportá-los até a cooperativa.

O Programa de Geração de Trabalho e Renda foi criado, em 2001, pelo Prefeito Antonio da Costa Santos, do Partido dos Trabalhadores (PT), morto em 11 de setembro do mesmo ano, e que teve continuidade por sua vice Izalene para equacionar um problema crucial no município: o desemprego. O projeto original previa a extensão do serviço de coleta seletiva domiciliar em todos os bairros para aumentar o volume de reciclável coletado e a implantação, até 2004, de 17 cooperativas de trabalhadores para segregação, beneficiamento e comercialização do material reciclável.

A prefeitura forneceria os recursos técnicos e financeiros para implantação das cooperativas, ou seja, capacitação técnica dos cooperados e a infra-estrutura necessária como barracão e equipamentos (balança, prensa etc). Em cada administração regional (AR) seria outorgada apenas uma cooperativa que receberia o reciclável proveniente da coleta seletiva visando à sua auto-gestão.

Os cooperados das recém-criadas cooperativas deveriam passar primeiramente por um processo de capacitação técnica para manusear os recicláveis (triagem e beneficiamento). Cada cooperativa ficaria submetida a um período de incubação nas também recém-criadas incubadoras, tais como: o Centro de Referência em Cooperativismo e Associativismo, CRCA, fundada em

outubro de 2002 pela Cáritas Arquidiocesana de Campinas, o qual a autora deste trabalho é membro de fundação e o Instituto Tecnológico de Cooperativa Popular – ITCP órgão ligado à Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Posteriormente, foi inserida como incubadora, a organização não-governamental Ecologia e Dignidade Humana (EDH), coordenada por Cheda Name Saad, fundador da Cooperativa Aliança. Com isso, a prefeitura estaria preparando a mão-de-obra para que no exercício das atividades, os cooperados pudessem atender adequadamente as exigências legais e técnicas na prestação de serviços à municipalidade.

Das 17 cooperativas do projeto original, até 2005, apenas 11 foram implantadas. Devido às dificuldades de ordem técnica e financeira do programa, a maior parte funcionava sem as mínimas condições. Os problemas se estendiam desde a falta de local para triagem e equipamentos necessários (balança, prensa etc.), à falta de reciclável. As cooperativas mantinham uma estrita relação de dependência com a prefeitura, demonstrando com isso incapacidade de absorver o sistema cooperativista como um novo conceito de gerar trabalho e renda. Sem a aplicação de recurso público para estender a coleta seletiva a outros setores tampouco melhorar a existente, a quantidade de reciclável coletada seletivamente e distribuída passara a ser insuficiente para as cooperativas adquirirem seus próprios recursos e atingir a auto-gestão.

Para o engenheiro e professor da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp, Waldir Bizzo, diretor do DLU em 2003, a sustentabilidade econômica e social de uma cooperativa depende do aumento do volume da coleta seletiva. Em seus cálculos, para que cada cooperado auferisse uma renda mínima de um salário mínimo mensal, deveria executar a triagem de pelo menos 2 t/de material reciclável por mês.

Com base nesse raciocínio, uma cooperativa com 20 cooperados, que é o número mínimo considerado pela legislação vigente para sua formação, deveria receber, em média, 40 t/mês. Em 2005, a coleta seletiva totalizava a quantidade de 210 t/mês ou 7 toneladas/dia, correspondendo a 2,6% do potencial de geração de recicláveis no município. Com o total de 190 cooperados nas 12 cooperativas, a distribuição da quantidade de recicláveis deveria ser, em média, de 380 t/mês. Nesse cálculo, o déficit acumulado correspondia a 170 t/mês.

Nas cooperativas participantes do programa municipal de geração de renda, o trabalho se resume à triagem dos resíduos sólidos oriundos da coleta própria, da coleta oficial e de doações de empresas, comércios etc. No processo de triagem, os materiais são separados por tipo e

categoria e beneficiados (prensados e enfiados) para valorização do preço de mercado. O beneficiamento dos recicláveis também facilita o transporte (CRUZ, 2002).

Na falta da prensa, o material é comercializado solto e dentro de *bags* ou sacos, após atingir o volume mínimo exigido pelos compradores denominados “aparistas”, “sucateiros” “atravessadores” ou “intermediários”, que estabelecem o critério da comercialização, a partir de seus interesses e da indústria recicladora (CRUZ, 2002).

Para cumprir o objetivo desta dissertação, foram estudadas três cooperativas do município: a Cooperativa Aliança, o Projeto Reciclar e a Cooperativa Prefeito Antônio da Costa Santos. Todas integradas no programa de geração de renda da Prefeitura.

2.6.9 Cooperativa Aliança

A Cooperativa Aliança foi fundada, em 1999, por iniciativa da Organização Não Governamental Ecologia e Dignidade Humana (EDH) e com o apoio da Igreja Nossa Senhora das Dores, localizada no bairro Cambuí, região central da cidade, durante a Campanha da Fraternidade, sob o slogan “Sem trabalho por quê?”. Localizada numa área de 640 m², no bairro Matão, município de Sumaré, a Cooperativa Aliança realiza coleta própria, em Campinas, no seu bairro de origem.

Até 2005, a Cooperativa Aliança estruturalmente era considerada uma das melhores instituições regionais dessa natureza, pelo fato de dispor de equipamentos como: 2 balanças, 2 prensas, 10 carrinhos utilizados na coleta de rua e 2 caminhões. O trabalho de coleta e triagem dos resíduos envolvia 29 cooperados em dois turnos, de acordo com informação da coordenadora Sra. Nilce Molina Fonseca.

Conforme foi pesquisado, dados de 2005 mostram que, em média, do total de 86 t/mês de resíduo manuseado na cooperativa, a coleta seletiva própria respondeu por 79 t/mês. O restante provém de recebimento da prefeitura e outras doações. A média de reciclável comercializado pela cooperativa era de 65 t/mês e o faturamento médio mensal era de quase R\$ 20.000,00. A média de renda mensal de cada cooperado correspondia a R\$ 400,00.

2.6.10 Projeto Reciclar

O Projeto Reciclar ou Cooperativa Nossa Senhora Aparecida, nesta dissertação, denominada de Cooperativa Reciclar, está localizada no Jardim Proença, imediações da região

central, sendo a segunda mais antiga do município. A exemplo da Aliança, sua fundação aconteceu por iniciativa da igreja local, a mesma que lhe concede o nome.

O trabalho de coleta e triagem envolvia cerca de 31 cooperados em três turnos. Sua estrutura física compreendia: um caminhão, 2 prensas, 3 carrinhos e 2 balanças. Está instalada em prédio próprio numa área de 2.300 m². Das 73 t/mês de resíduo manuseado na Reciclar, média de 2005, cerca de 58 t/mês correspondia à coleta própria, o restante, cerca de 14 t/mês, era proveniente de recebimento da prefeitura e outras doações.

A cooperativa comercializa, em média, 60 toneladas/mês de material reciclável, cujo faturamento médio estimado em 2005, era de R\$ 18.000,00 mensais, considerando o valor médio da época, que era de R\$ 300,00 por tonelada de reciclável (papel, plástico, vidro e metal). A renda mensal dos cooperados da Reciclar correspondia a R\$ 400,00, de acordo com informação da diretora administrativa e financeira Sra. Ana Regina Lopes Vieira.

2.6.11 Cooperativa Antônio da Costa Santos

A Cooperativa Prefeito Antônio da Costa Santos, denominada neste trabalho de ACS, foi implantada a partir do projeto da prefeitura, em 2001. Está localizada na região do Campo Grande, região Oeste da cidade. Dispõe de infra-estrutura e equipamentos providos pela PMC, como barracão com 800 m², prensa e balança. Esta cooperativa não dispõe de caminhão para executar sua coleta própria.

Na ACS, até 2005, a contabilidade era realizada em forma de manuscrito, sem critério técnico, o que dificultou esta pesquisa. O resíduo manuseado por 23 cooperados, em dois turnos diários, provinha da coleta seletiva oficial e da coleta realizada pelos cooperados semanalmente no Distrito de Sousas, com motorista e caminhão da prefeitura. O reciclável comercializado contabilizava uma média de 44 t/mês.

Nas duas primeiras cooperativas (Aliança e Reciclar), a pesquisa teve o objetivo de quantificar o reciclável coletado na coleta seletiva própria e o respectivo consumo de combustível dos caminhões utilizados no transporte do mesmo. Na Cooperativa ACS que não dispõe de veículo próprio, a pesquisa foi direcionada para quantificar o rejeito proveniente do processo de triagem dos recicláveis que recebe da coleta seletiva da prefeitura.

Capítulo 3

Metodologia

3.1 Estudo da coleta seletiva

A metodologia desenvolvida neste estudo considera a coleta seletiva de resíduo sólido urbano realizada por duas diferentes bases representativas: setor público e sistema cooperativo. Ambos executam de formas distintas o recolhimento de recicláveis no município de Campinas (SP).

Em 2005, o programa municipal de coleta seletiva vigente compreendia dois sistemas: a domiciliar ou porta-a-porta e a pontual. A domiciliar era executada por uma empresa privada em regime de contrato com a Prefeitura Municipal de Campinas (PMC). A coleta pontual era executada pela PMC/DLU (Departamento de Limpeza Urbana), utilizando recursos próprios junto aos grandes geradores como shoppings, condomínios, escolas e outros. Duas das cooperativas estudadas também executavam coletas utilizando suas próprias estruturas.

3.2 Caracterização dos sistemas de coleta seletiva

Nos dois setores, público e cooperativo, foi feito um levantamento de dados gerais com a finalidade de caracterizar os sistemas de coleta seletiva implantados. As informações abrangem:

- método de operacionalização de cada sistema;
- abrangência geográfica da coleta seletiva;
- frequência da coleta; e,
- roteiro dos caminhões coletores.

Foi feito ainda um levantamento de informações relacionadas à infra-estrutura disponível em cada sistema como:

- número de equipamentos (caminhões, balanças, prensas); e,
- contingente de pessoal envolvido no processo.

3.3 Coleta de dados

Foi feito também um levantamento de dados quantitativos sobre a coleta seletiva nos dois setores, público e cooperativo. Os dados compreendem:

- quantidade de material reciclável coletado, em toneladas (t);
- quantidade de material rejeitado recolhido durante a coleta seletiva, em toneladas (t);
- distância percorrida pelos caminhões coletores, em quilômetros (km); e,
- volume de combustível consumido durante a coleta em metro cúbico (l).

3.4 Caracterização das grandezas

A partir dos dados quantitativos obtidos nos três sistemas de coleta seletiva vigente no município, foi criado um conjunto de grandezas para padronização dos resultados com o intuito de facilitar a análise e a apresentação dos resultados.

As grandezas estão totalizadas em 9, que são:

- peso do reciclável coletado (t);
- representatividade do montante coletado por viagem em relação à capacidade de carga do transporte utilizado (%);
- índice de rejeito proveniente da coleta seletiva pública (%);
- consumo médio de combustível do caminhão por quilômetro (l/km);
- consumo médio de combustível do caminhão por tonelada de reciclável coletado (l/t);
- energia potencialmente evitada com a reciclagem do montante coletado (GJ);
- relação entre energia evitada com a reciclagem e a consumida no transporte;
- emissão de CO₂ evitada com a reciclagem do montante recolhido (tCO₂/mês); e,
- relação entre a quantidade de CO₂ emitido no transporte e a evitada com a reciclagem.

A primeira grandeza denominada Q, como mostra a equação 3.1, refere-se à quantidade de reciclável coletado misturado (plástico, embalagem multicamada, vidro, metal ferroso e papel/papelão) em peso (kg) por quilometragem (km).

$$Q = \left\{ \frac{t_{rec}}{KM} \right\} \quad (3.1)$$

Sendo:

Q: quantidade média de reciclável coletado por quilômetro (t/km)

t_{rec} : massa do reciclável coletado por viagem (t)

KM : distância percorrida pelo caminhão (km)

A segunda grandeza denominada R_{carga} , conforme equação 3.2, refere-se à quantidade de reciclável coletado misturado e sua relação com a capacidade da carga estimada dos caminhões.

$$R_{carga} = \left(\frac{t_{rec}}{C_{ctransp}} \times 100 \right) \quad (3.2)$$

Sendo:

R_{carga} : taxa de ocupação do veículo (%)

$C_{ctransp}$: capacidade de carga do caminhão (t)

A terceira grandeza denominada R_{coop} , refere-se ao percentual (%) de rejeito contido em uma fração da coleta seletiva municipal que é entregue pela PMC/Contratada e PMC/DLU a uma das cooperativas participante do programa de geração de renda, conforme equação 3.3.

Onde:

$$R_{coop} = \left\{ \frac{t_{rej}}{t_{recu}} \times 100 \right\} \quad (3.3)$$

R_{coop} : taxa de material rejeitado (%)

t_{rej} : quantidade de rejeito (t)

t_{recu} : quantidade de reciclável útil (t)

A quarta grandeza denominada C_{esp} , conforme equação 3.4, refere-se ao consumo específico de combustível do caminhão por quilometragem percorrida na coleta seletiva em cada sistema.

$$C_{km} = \left\{ \frac{l_{diesel}}{KM} \right\} \quad (3.4)$$

Sendo:

C_{km} : consumo médio de combustível do caminhão por quilômetro (l/km)

l_{diesel} : volume de combustível consumido na coleta (l)

KM : distância percorrida pelo caminhão (km)

A quinta grandeza denominada C_{ton} , conforme equação 3.5, refere-se ao consumo específico de combustível do caminhão por quantidade de reciclável coletado. Essa variável considera o consumo de combustível do caminhão em função da quilometragem percorrida na coleta seletiva em cada sistema.

$$C_{ton} = \left\{ \frac{C_{km}}{Q} \right\} \quad (3.5)$$

Sendo:

C_{ton} : consumo médio de combustível do caminhão por quantidade de reciclável coletado (l/t)

A sexta grandeza denominada E_{ev} , conforme equação 3.6, refere-se à energia passível de ser evitada com a reciclagem do material coletado, ponderado conforme distribuição típica da mistura de materiais recolhidos pela coleta seletiva.

$$E_{ev} = \sum F_i (E_{mp} - E_{ms})_i \quad (3.6)$$

Sendo:

E_{ev} : energia potencialmente evitada (GJ/t)

F_i : fração típica do reciclável (i)

i : tipo de reciclável (papel/papelão, plástico, vidro e metal)

E_{mp} : energia consumida na produção a partir de matéria primária (GJ/t)

E_{ms} : energia consumida na produção a partir de matéria secundária ou reciclada (GJ/t)

A sétima grandeza denominada, R_{eev} , conforme equação 3.7, refere-se à relação entre energia evitada no processo produtivo a partir da matéria reciclada e a energia consumida no transporte do reciclável.

$$R_{eev} = \left\{ \frac{E_{ev}}{E_c} \right\} \quad (3.7)$$

Sendo:

R_{eev} : relação entre energia evitada com a reciclagem e a consumida no transporte

E_c : energia consumida no transporte do reciclável considerado (GJ)

A oitava grandeza denominada B_{CO_2} , conforme equação 3.8, refere-se ao CO_2 emitido nos processos produtivos pelo uso de energia com a matéria virgem e reciclada correspondente à quantidade de material coletado seletivamente e a quantidade de CO_2 evitada com a reciclagem.

$$B_{CO_2} = \sum F_i (CO_{2em} - CO_{2ev})_i \quad (3.8)$$

Sendo:

B_{CO_2} : balanço do CO_2 equivalente evitado proveniente do consumo de energia evitada com a reciclagem (t)

$\sum CO_{2em} F_i$: somatória de CO_2 equivalente emitido no processo produtivo a partir da matéria virgem correspondente à fração típica de reciclável coletado (t)

$\sum CO_{2ev} F_i$: somatória de CO_2 equivalente emitido no processo produtivo a partir da matéria reciclada correspondente à fração típica de reciclável coletado (t)

A nona grandeza denominada R_{CO_2} , conforme equação 3.9, está relacionado ao balanço da quantidade de CO_2 equivalente emitido no transporte da coleta seletiva e à quantidade de CO_2 evitada com a reciclagem do reciclável coletado.

$$R_{CO_2} = \left\{ \frac{V_{diesel} \times E_{CO_2}}{B_{CO_2}} \right\} \quad (3.9)$$

Sendo:

R_{CO_2} : relação entre a quantidade de CO_2 equivalente emitida no transporte e a evitada com a reciclagem

V_{diesel} : volume de diesel consumido na coleta seletiva (l/mês)

E_{CO_2} : valor de referência de emissão de CO_2 (tCO_2)

3.5 Análise dos resultados

As grandezas propostas foram aplicadas nos três diferentes sistemas de coleta seletiva (domiciliar e pontuais) vigentes em Campinas, para demonstração dos resultados da pesquisa, portanto, sem efeito de comparação para este estudo, tendo em vista a peculiaridade de cada proposta de coleta seletiva e seus objetivos.

Capítulo 4

Apresentação e análise dos resultados

Neste capítulo, são apresentados e analisados os resultados das grandezas referentes ao desempenho energético e ambiental do sistema de coleta de recicláveis aplicados ao município de Campinas (SP), pelo setor público e sistema cooperativo, em 2005. Os resultados estão totalizados em 9 grandezas conforme descritos no Capítulo 3 - Metodologia.

Além das grandezas, apresenta-se também uma correção da literatura sobre o potencial efetivo de energia evitada proveniente do consumo nos processos produtivos a partir da matéria primária e da reciclada. A correção foi calculada a partir da inclusão da energia inerente na matéria-prima do plástico e do papel e, também, da energia consumida no transporte da coleta dos recicláveis.

4.1 A pesquisa

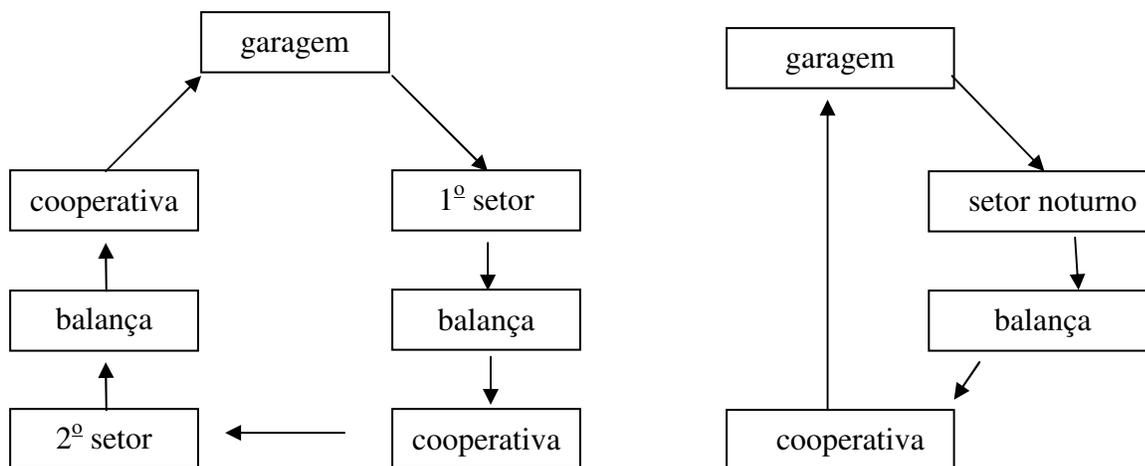
Inicialmente foi feito um levantamento de dados sobre a quantidade de reciclável coletado e a distância percorrida pelos caminhões. Os resultados apresentados da coleta de reciclável domiciliar e os da coleta de reciclável pontual, ambas de incumbência do poder público, têm como base os dados obtidos em cerca de 3.500 páginas de relatório diário de coleta (cerca de 1.300 páginas da PMC/Contratada + cerca de 2.200 páginas da PMC/DLU), referentes ao ano de 2005, que foram disponibilizados para pesquisa na sede da PMC/DLU. De cada página de relatório foram extraídos os dados sobre a quantidade de resíduo coletado por viagem e calculado, com base no registro do odômetro, a distância percorrida.

No sistema cooperativo, os resultados apresentados têm base nas planilhas mensais totalizadas em 24 páginas, onde contém resumo diário da coleta seletiva, referente ao ano de 2005, fornecidos pela Cooperativa Aliança e pela Cooperativa Reciclar.

Devido às dificuldades encontradas na compreensão de alguns relatórios preenchidos em forma de manuscritos rasurados e ilegíveis ou incompletos, no setor público e também em algumas planilhas da Cooperativa Reciclar que, por vezes, demonstraram incertezas sobre os dados apresentados, optou-se pela restrição temporal da pesquisa em 7 meses, correspondente ao período de janeiro a julho, com o propósito de assegurar o mínimo de confiabilidade dos resultados.

4.1.1 Sistematização da coleta seletiva domiciliar

Em 2005, o trabalho de coleta de reciclável domiciliar da PMC/Contratada era executado, diariamente, de segunda a sábado, nos períodos diurno e noturno, por 4 caminhões e 4 equipes, cada uma composta de 3 a 4 trabalhadores sendo: motorista e dois ou três coletores. As figuras 4.1a e 4.1b mostram os roteiros da coleta seletiva domiciliar diurna e noturna.



Figuras 4.1a e 4.1b Roteiro da coleta seletiva domiciliar diurna e noturna

O roteiro da coleta de reciclável diurna ou seletiva diurna (SD) era o seguinte: o caminhão deixava sua garagem e percorria o distrito e / ou sede do município onde coletava os recicláveis. Ao término da coleta, o caminhão trafegava com destino à auferição da carga em uma das quatro balanças localizadas próximas dos setores coletados. Eram autorizadas para essa finalidade as balanças: do aterro sanitário Delta A, situada na região Oeste; da PMC/DLU, situada na região Central; da CEASA -Central de Abastecimento, situada na região Norte e da Indústria de Rações Braswey, situada na região Leste. Após a pesagem, o caminhão trafegava em sentido a uma das 12 cooperativas participantes do programa de geração de renda para descarregamento,

deslocando-se em seguida para o segundo setor de coleta, onde repetia os mesmos procedimentos, retornando ao final à sua garagem. A coleta de reciclável noturna ou seletiva noturna (SN) completava apenas uma viagem diária.

4.1.2 Sistematização da coleta de reciclável pontual

Em 2005, a coleta de reciclável pontual da PMC/DLU era executada de segunda a sexta-feira, no período diurno, por cerca de 7 caminhões e o mesmo número de equipe, com sua composição variando de 2 a 4 trabalhadores entre motorista e coletor. Nesse sistema de coleta, os caminhões deixavam suas garagens com destino a um ou vários locais denominados grandes geradores, como escolas, associações, condomínios, comércios, indústria etc., para recolhimento dos recicláveis doados. Esse tipo de coleta intermitente, ou seja, realizada em mais de um local, considera dois fatores como a capacidade de carga do caminhão e o tempo de duração do trabalho em cada local. Após a coleta, o caminhão trafega com destino a auferição da carga, sua descarga na cooperativa e seu retorno à garagem, conforme figura 4.2.

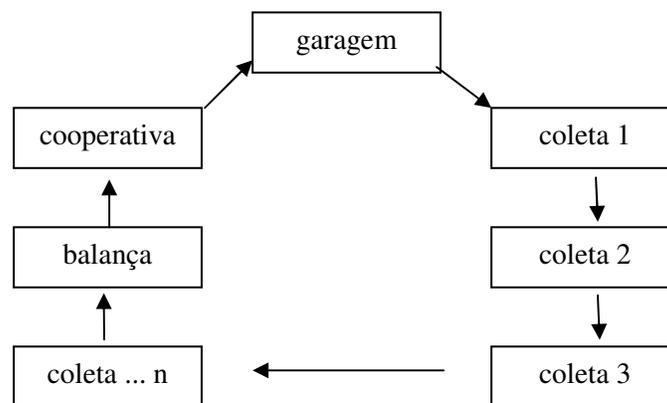


Figura 4.2 Roteiro da coleta de reciclável pontual

Além da coleta de reciclável pontual, até outubro de 2005, a PMC/ DLU foi responsável pela coleta do rejeito (descarte proveniente do processo de triagem) nas cooperativas e o seu transporte até o aterro sanitário, tarefa esta repassada, em outubro de 2005, para a PMC/Contratada. A figura 4.3 mostra um roteiro típico dessa atividade.

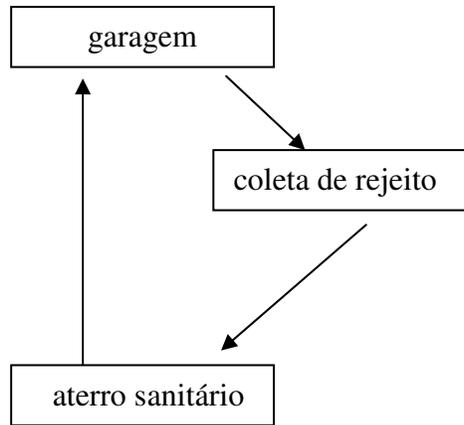


Figura 4.3 Roteiro da coleta de rejeito

4.1.3 Sistematização da coleta seletiva pontual da Cooperativa Aliança

Em 2005, o sistema de coleta seletiva, implantado na Cooperativa Aliança, era executado de duas formas e por duas equipes de cooperados: uma que executava a catação nas ruas e a outra que a executava em grandes geradores (comércio em geral, condomínios, escolas, indústrias etc.). Na primeira, cerca de 10 cooperados diariamente percorriam, com seus carrinhos de duas rodas, as ruas e avenidas do bairro Cambuí, o mesmo local de origem da Cooperativa, onde recolhiam os recicláveis das casas, condomínios, comércio etc., e os levavam até uma praça pública localizada na Rua Coronel Quirino. Nesse local, que se transformou, inclusive, em posto de entrega voluntária, os recicláveis passavam por um processo de pré-triagem e eram ensacados em *bags*. No final da tarde, os *bags* eram transportados por caminhão até uma balança para aferição da carga e, posteriormente, sua descarga na cooperativa. A segunda forma de coleta de reciclável praticada pela cooperativa era semelhante à coleta de reciclável pontual da PMC/DLU. Os recicláveis provenientes de doações eram coletados em shoppings, condomínios, indústria etc.

O roteiro dos caminhões da coleta seletiva pontual das cooperativas priorizava o itinerário que atendesse ao maior número de demanda de coleta visando à otimização do tempo de trabalho do cooperado e do combustível consumido no transporte. A figura 4.4 mostra um roteiro da coleta pontual da Cooperativa Aliança.

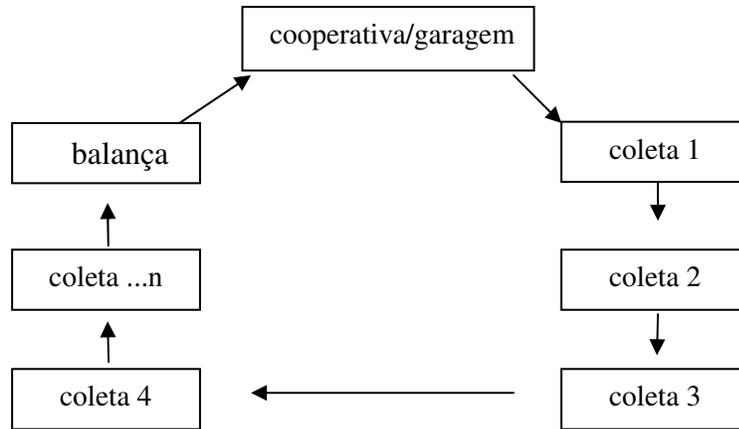


Figura 4.4 Roteiro da coleta seletiva pontual da Cooperativa Aliança

4.1.4 Sistematização da coleta pontual da Cooperativa Reciclar

Na Cooperativa Reciclar, a coleta de reciclável pontual, em 2005, era sistematicamente semelhante à da Cooperativa Aliança e a da PMC/DLU, ou seja, em condomínios residenciais, comércio, escolas e locais diversos; portanto, considera-se o mesmo roteiro apresentado pelas figuras 4.2 e 4.4.

4.2 Veículos de transporte da coleta de recicláveis

No transporte da coleta seletiva domiciliar, a PMC/Contratada utilizava, diariamente, 4 caminhões compactadores,

A coleta seletiva pontual, nos grandes geradores, era executada pela PMC/DLU que utilizava, diariamente, cerca de 6 a 7 caminhões carrocerias. Estes, à época deste estudo, faziam parte de uma frota de quase 30 anos de uso no transporte de resíduo; por isso, devido a problemas mecânicos, por vezes alguns veículos permaneciam parados à espera de manutenção. Essa situação, que foi constatada pela autora durante a pesquisa, demonstra a precariedade na execução, especificamente dessa coleta seletiva. Os caminhões mais utilizados eram:

- 2 caminhões carrocerias da marca Ford, modelo F-4000, ano 1978 e 1981;
- 4 caminhões carrocerias da marca Mercedes Benz, L1113; L 1313; L 1314, ano 1982; e,
- 1 caminhão Sita compactador, da marca Mercedes Benz, MB L 1618, ano 1990.

A figura 4.5 mostra um dos quatro caminhões utilizados na coleta seletiva domiciliar e as figuras 4.6 e 4.7 mostram dois dos 7 caminhões da frota da PMC/DLU utilizados no transporte da coleta seletiva pontual.



Figura 4.5 Caminhão da marca Ford Cargo, modelo Sita, tipo compactador, ano 2000, durante pesagem na balança da PMC/DLU



Figura 4.6 Caminhão Ford modelo F-4000, ano 1981



Figura 4.7 Caminhão Ford modelo F-4000, ano 1978

A figura 4.6 mostra o caminhão na balança instalada no pátio do Departamento de Limpeza Urbana para aferição da carga e o da figura 4.7 mostra um caminhão no aguardo da liberação para transportar sua carga até uma cooperativa. A carga era transportada solta nas carrocerias dos caminhões, ou então coberta com uma malha composta por fios sintéticos entrelaçados, semelhante às redes utilizadas em pesca.

A Cooperativa Aliança utilizava dois caminhões na coleta, sendo:

- 1 caminhão gaiola com carroceria de 3,5 m de comprimento, da marca Ford, ano 2002; e,
- 1 caminhão gaiola com carroceria de 5,5 m de comprimento, marca Chevrolet, ano 1988.

A figura 4.8, mostra um dos caminhões da Aliança.



Figura 4.8 Caminhão gaiola, da marca Ford, ano 2002

O caminhão apresentado tem sua carroceria fechada com estrutura metálica e tela de arame, cuja carga era inserida pela porta traseira. O modelo de carroceria dos caminhões utilizados pelas cooperativas é semelhante, sendo que os três se diferenciam apenas pela marca, ano de fabricação e comprimento da carroceria.

Na Cooperativa Reciclar, o caminhão utilizado na coleta era:

- 1 caminhão gaiola, da marca Volkswagen, ano 1991.

No total, o transporte de recicláveis no setor público e no sistema cooperativo utilizava, em 2005, cerca de 14 caminhões. A PMC/Contratada completava, em média, 7 viagens diárias, sendo 2 viagens por caminhão na coleta seletiva diurna e uma viagem na coleta seletiva noturna.

4.3 Quantidade de reciclável coletado e distância percorrida

De janeiro a julho de 2005, a quantidade reciclável coletado e a quilometragem percorrida nas coletas do setor público e do sistema cooperativista são mostradas na tabela 4.1.

Tabela 4.1 Coleta seletiva nos sete primeiros meses do ano de 2005

PMC/Contratada			PMC/ DLU		Cooperativa Aliança		Cooperativa Reciclar	
Mês	Massa do reciclável coletado (t/mês)	Distância percorrida na coleta (km/mês)	Massa do reciclável coletado (t/mês)	Distância percorrida na coleta (km/mês)	Massa do reciclável coletado (t/mês)	Distância percorrida na coleta (km/mês)	Massa do reciclável coletado (t/mês)	Distância percorrida na coleta (km/mês)
Jan.	139,3	14.095	100,1	11.252	82,8	4.365	55,8	1.665
Fev.	113,0	13.023	67,7	9.621	67,3	4.204	44,9	1.592
Mar.	126,8	14.430	80,0	11.360	83,0	3.909	50,1	2.039
Abr.	118,1	13.585	71,7	11.038	68,1	5.215	52,5	1.971
Mai.	119,8	11.425	74,5	11.906	76,8	4.155	50,6	2.073
Jun.	114,1	14.590	81,5	12.307	78,8	4.227	57,6	2.074
Jul.	129,1	13.725	72,9	12.433	79,2	4.111	50,2	2.098
Total	860,3	94.873	548,4	79.917	536,0	30.186	361,7	13.512
Média	122,9	13.553	78,3	11.417	76,6	4.312	51,7	1.930

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Analisando a distância percorrida pelos caminhões no setor público em ambas as coletas (domiciliar e pontual), conforme tabela 4.1, tem-se que o percurso da coleta pontual (PMC/DLU) corresponde a média de cerca de 2.000 km menos que a seletiva domiciliar (PMC/Contratada) com o recolhimento médio de 45 toneladas a menos. A somatória de ambas as coletas do setor público corresponde a média de 201 toneladas mensais e o percurso médio de 25 mil quilômetros.

Com relação às cooperativas, a média de reciclável mensurada refere-se apenas ao montante que foi coletado e transportado por seus próprios caminhões. Nessa contabilidade excluiu-se o reciclável recebido em diversas formas de doações, inclusive o da Prefeitura, que envolve o transporte de terceiro. As duas cooperativas percorrem juntas a média de 6 mil quilômetros mensais para coletar a média de 125 toneladas/mês.

4.3.1 Cálculo das grandezas básicas

A partir da tabela 4.1, foram calculadas as três primeiras grandezas. A primeira, Q, representada pela equação 3.1, mostra a quantidade média mensal de reciclável coletado e a distância percorrida pelo caminhão, conforme tabela 4.2.

Tabela 4.2 Relação entre reciclável coletado por quilômetro no setor público

Executor	Massa média de reciclável coletado (t/mês)	Distância média percorrida na coleta seletiva e transporte (km/mês)	Q (kg/km)
PMC/Contratada	122,9	13.553	9
PMC/DLU	78,3	11.417	7
Total	201,2	24.970	8

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Embora não se tenha encontrado na literatura nenhum dado de referência sobre a quantidade de reciclável coletado por quilômetro, considera-se que a média coletada em Campinas poderia ser maior tendo em vista o potencial de geração de 0,26 kg/dia/hab, conforme cálculo com base em IBGE (2002). Não obstante, entre os aspectos que influenciam os resultados, como falta de legislação municipal específica, interesse político e divulgação do programa, pode também ser considerada a atuação dos catadores informais, conforme mostram as figuras 2.11; 2.12; 2.13 e 2.14. Assim, a coleta seletiva pública se caracteriza por longo percurso e baixo coeficiente de recolhimento de reciclável, o que não deve ser objeto de comparação com os dados das cooperativas, tendo em vista as divergências de objetivos, por isso a apresentação dos dados em tabelas separadas.

Os dados referentes a quantidade de material coletado por quilômetro das cooperativas são apresentados na tabela 4.3. Considerou-se no percurso dos caminhões da Aliança o deslocamento intermunicipal (Sumaré/Campinas) estimado em 15 km, onde está localizado o barracão de triagem da cooperativa.

Tabela 4.3 Relação entre reciclável coletado por quilômetro nas cooperativas

Executor	Massa média de reciclável coletado (t/mês)	Distância média percorrida na coleta seletiva e transporte (km/mês)	Q (kg/km)
Coop. Aliança	76,6	4.312	18
Coop. Reciclar	51,7	1.930	27
Total	128,3	6.242	20,5

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

De acordo com Crúzio (2000), cooperativa é uma empresa cujo sucesso depende da organização e da qualidade da administração para torná-la tão competitiva quanto uma empresa comum. Com base nessa premissa, justifica-se o desempenho das cooperativas.

Para averiguação da representatividade da carga coletada e sua relação com o transporte, formulou-se a segunda grandeza a partir da média obtida pelos quatro itens relacionados:

- quantidade de reciclável coletado mensalmente;
- total de dias de coleta seletiva no mês;
- densidade do reciclável misturado (papel, papelão, plástico, vidro e metal ferroso) coletado e transportado solto; e,
- capacidade de carga dos caminhões.

Foi adotado o valor da densidade do reciclável misturado, conforme tabela 4.4, tendo em vista sua correspondência com a forma tradicional da coleta seletiva.

Tabela 4.4 Densidade do reciclável sem compactação

Tipo de reciclável	Peso total referente ao reciclável + recipiente (kg)	Peso líquido do reciclável (kg)	Volume do recipiente (m³)	Densidade a granel do reciclável coletado em peso (kg/m³)
Plástico PEAD	25	13	0,223	58
PET	24	12	0,223	54
Papelão misto	29,5	17,5	0,223	78
Embalagem multicamada	25,5	13,5	0,223	60,5
Metal ferroso	28	16	0,223	71,7
Vidro	55,5	43,5	0,223	195
Reciclável misturado*	34,8	22,8	0,223	102,2

* Média referente ao cálculo de três valores de pesagens

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Como procedimento, foram realizadas três pesagens de reciclável misturado (plástico, papel e papelão, vidro e metal ferroso) colocados soltos e sem compactação no recipiente (tambor) de 200 litros, como mostram as figuras 4.9a e 4.9b.



Figura 4.9a e figura 4.9b Pesagem do reciclável no DLU

Os dados apresentados mostram os valores obtidos com a pesagem dos recicláveis realizada por fração típica e também por mistura. Nesta, a densidade foi calculada com base na média das três pesagens, cujo valor está abaixo do apresentado pela Junta de *Residus apud* Iriarte (2009), que é de 169 kg/m^3 .

Com base em dados sobre a quantidade de reciclável coletado, densidade, dias de coleta e capacidade dos caminhões, apresenta-se a segunda grandeza, R_{carga} , que corresponde à equação 3.2 e mostra quanto representa a carga transportada em relação à capacidade do caminhão, conforme tabela 4.5.

Os dados apresentados do setor público indicam que os caminhões coletores em Campinas coletam uma quantidade de reciclável equivalente a menos da metade da sua capacidade de transporte, enquanto que nas cooperativas, cujos interesses estão centrados nos princípios da economia solidária, a busca da máxima coleta tem resultado na otimização do transporte.

Tanto o percurso quanto o peso do caminhão são fatores que influenciam, segundo Sonesson (2000), o consumo de combustível. Em Campinas, os caminhões utilizados na coleta seletiva são movidos a óleo diesel.

Tabela 4.5 Relação entre o peso da carga transportada e a capacidade do caminhão

Executor	Carga média do reciclável coletado (t/mês)	Carga média de reciclável coletado por dia (t/dia)*	Número de viagem de coleta seletiva realizada por dia **	Carga média de reciclável coletado e transportado por veículo/viagem (t/viagem)	Capacidade média de carga dos caminhões coletores (m ³)	Capacidade média de carga dos caminhões coletores (t) ***	R _{carga} (%)
PMC/Contratada	122,9	4,73	7	0,675	15	1,53	44,0
PMC/DLU	78,3	3,01	7	0,430	13	1,33	32,4
Aliança	76,6	2,95	2	1,473	26	2,66	55,4
Reciclar	51,7	1,99	1	1,99	26	2,66	74,8

* Considerando 26 dias de coleta mensal

** Considerando que a PMC/Contratada realiza seis viagens no período diurno e 1 uma no período noturno

*** Considerando a densidade do reciclável misturado = 102,2 kg/m³

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Com relação à quantidade de rejeito descartado após o processo de triagem dos recicláveis, apresentam-se, nesta dissertação, dois resultados. O cálculo do rejeito, representado pelo indicador básico R_{coop} , corresponde à equação 3.3, e se refere ao percentual de rejeito após o processo de triagem na Cooperativa Antônio da Costa Santos (ACS). A escolha dessa cooperativa para levantamento de dados sobre rejeito se deve à sua relação de dependência com a prefeitura que era sua única fonte de recebimento de recicláveis e também a responsável pela retirada do rejeito.

O cálculo tem base no registro da quantidade de reciclável bruto entregue pela PMC/Contratada e PMC/DLU à Cooperativa Antônio da Costa Santos (ACS) e na quantidade de reciclável comercializado pela mesma, como mostra a tabela 4.6.

Com base nos dados apresentados, o reciclável bruto coletado pelo setor público e entregue à Cooperativa ACS apresenta um índice de 27,8% de rejeito. Durante reunião do Grupo de Trabalho de Resíduo Sólido (GTRS)⁷, o presidente da Cooperativa, Sr. Valdecir Viana reclamou da grande quantidade de rejeito resultante do processo de triagem que era retirado de sua cooperativa.

⁷ Reunião de trabalho realizada todas as segundas-feiras nas dependências do DLU, com o grupo criado em 2001 representado pela diretoria do DLU e pelas cooperativas e suas respectivas incubadoras.

Tabela 4.6 Índice de rejeito proveniente da coleta seletiva municipal em 2005

Mês	Massa de resíduo bruto (t/mês)	Massa de reciclável comercializado (t/mês)	Massa de rejeito (t)	R _{coop} (%)
Jan	55,3	47,6	7,7	14
Fev	35,2	31,3	3,9	11
Mar	42,7	33,4	9,3	22
Abr	36,5	25,9	10,6	29
Mai	43,2	18,9	24,3	56
Jun	43,2	27,7	15,5	36
Total	256,1	184,8	71,3	
Média	42,7	30,8	11,9	27,8

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Verificou-se que na Cooperativa Reciclar, o índice de rejeito proveniente da triagem do reciclável bruto coletado pelo poder público diminui, como mostra a tabela 4.7.

Tabela 4.7 Reciclável bruto coletado pelo setor público e entregue a Reciclar

Mês	Massa de reciclável bruto (t/mês)	Massa de rejeito correspondente (t/mês)	Rejeito (%)
Jan	15,6	3,7	23,7
Fev	11,3	2,3	20,4
Mar	12,2	2,6	21,3
Abr	10,8	1,7	15,7
Mai	17,6	2,9	16,5
Jun	16,4	3,3	20,1
Jul	19,0	4,2	22,1
Total	102,9	20,7	
Média	14,7	3,0	20,0

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Considerando a média apresentada nas tabelas 4.6 e 4.7, tem-se que a coleta seletiva do setor público reduz seu montante de reciclável útil em cerca de 24%. Esse percentual resulta da média de rejeito calculada nas duas cooperativas. Embora não se tenha encontrado dados na literatura para comparar, a média de rejeito apresentada em Campinas tende a interferir nos resultados sobre o montante de energia evitada com a reciclagem uma vez que os dados apresentados foram calculados com base na coleta seletiva bruta.

4.4 Cálculo das grandezas de energia

As quatro grandezas apresentadas a seguir estão relacionadas à energia, ou seja, ao consumo de óleo diesel no transporte da coleta seletiva e do potencial estimativo de energia evitada na reciclagem.

Com base nas informações disponibilizadas, mensurou-se o consumo de combustível dos caminhões utilizados no transporte da coleta seletiva, utilizando-se de critérios, conforme descrição abaixo:

coleta de recicláveis domiciliar da PMC/Contratada: devido à indisponibilidade de dado referente ao consumo de combustível dos 4 caminhões utilizados nessa atividade, assumiu-se um valor médio com base no consumo de caminhões (compactadores e *trucks*) utilizados no transporte de carga de resíduo sólido urbano e carga comum, obtidos na literatura, conforme tabela 2.7.

coleta de reciclável pontual da PMC/DLU: o consumo de combustível nos caminhões da PMC/DLU foi obtido com base na planilha de abastecimento fornecido pela prefeitura, no período de 4 meses que corresponde de agosto a novembro de 2006. Pela somatória de consumo mensal dos caminhões (em km/l) extraiu-se a média.

coleta de reciclável pontual da Cooperativa Aliança: o consumo de combustível dos caminhões da Aliança foi calculado com base em notas fiscais de abastecimento que trazem o registro do odômetro no ato do abastecimento e o volume de óleo diesel colocado no tanque. As notas fiscais, emitidas pelo mesmo posto de combustível, correspondem ao período de dezembro de 2004 a novembro de 2005 e foram fornecidas pela Cooperativa.

coleta de reciclável pontual da cooperativa Reciclar: O consumo de combustível do caminhão da Reciclar foi calculado com base em suas planilhas da coleta seletiva. Estas contém registros sobre a quantidade de reciclável coletado, a quilometragem percorrida pelo caminhão e o volume de combustível abastecido no tanque, que foram fornecidas pela Cooperativa.

Dessa forma, calculou-se a quarta grandeza, C_{km} , que corresponde à equação 3.4, e refere-se ao consumo médio de combustível por quilômetro no transporte dos recicláveis.

Com base na quilometragem percorrida e na média de consumo dos caminhões, foi possível estimar o volume de óleo diesel consumido mensalmente no transporte da coleta seletiva, no setor público e no sistema cooperativo, como mostra a tabela 4.8.

Tabela 4.8 Consumo médio de óleo diesel dos caminhões no setor público

Executor	Distância percorrida na coleta seletiva (km/mês)	Consumo de óleo diesel no transporte da coleta seletiva (l/mês)	C_{km} (l/km)
PMC/Contratada	13.553	6.777	0,500*
PMC/DLU	11.417	2.655	0,232
Total	24.970	9.432	0,377

* Assumiu-se o valor de 2,0 km/l para veículo compactador com base na tabela 2.11 do Capítulo 2.

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

A tabela 4.9 mostra o consumo de óleo diesel no transporte da coleta das cooperativas.

Tabela 4.9 Consumo médio de óleo diesel dos caminhões das cooperativas

Executor	Distância percorrida na coleta seletiva (km/mês)	Consumo de óleo diesel no transporte da coleta seletiva (l/mês)	C_{km} (l/km)
Aliança	4.312	1.027	0,238
Reciclar	1.930	402	0,208
Total	6.242	1.429	0,223

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Com base nessas informações, apresenta-se a quinta grandeza, C_{ton}, que se refere ao volume de óleo diesel consumido no transporte por tonelada de reciclável coletado.

O cálculo desta grandeza corresponde à equação 3.5, elaborada a partir da quantidade de reciclável coletado por mês e seu respectivo volume de óleo diesel consumido no transporte, como mostra a tabela 4.10.

Tabela 4.10 Consumo de óleo diesel no transporte da coleta seletiva no setor público

Executor	Massa média do reciclável coletado (t/mês)	Consumo médio de óleo diesel dos caminhões coletores (l/mês)	C _{ton} (l/t)
PMC/Contratada	122,9	6.777	55,1
PMC/DLU	78,3	2.655	33,9
Total	201,2	9.432	44,5

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Os dados das cooperativas são apresentados na tabela 4.11.

Tabela 4.11 Consumo de óleo diesel no transporte da coleta das cooperativas

Executor	Massa média de reciclável coletado (t/mês)	Consumo médio de óleo diesel dos caminhões coletores (l/mês)	C _{ton} (l/t)
Aliança	76,6	1.027	13,4
Reciclar	51,7	402	7,8
Total	128,3	1.429	10,6

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

A sexta grandeza, que se refere à energia passível de ser evitada com a reciclagem, foi calculada a partir da tabela 2.11 apresentada no Capítulo 2 (estimativa de energia primária consumida nos processos produtivos e a energia evitada com a reciclagem) e da tabela 4.12, que mostra a fração típica na massa dos recicláveis coletados no setor público e no sistema cooperativo.

Tabela 4.12 Percentual típico de reciclável na massa da coleta seletiva

Reciclável	Coleta seletiva municipal*	Cooperativa Aliança	Cooperativa Reciclar	Média
Papel/papelão (%)	48,0	58,4	52,3	52,9
Plástico (%)	37,2	19,9	14,8	24,0
Metal ferroso (%)	10,7	3,2	8,8	7,5
Vidro (%)	4,1	13,6	9,7	9,1
Diversos (%)	0	4,9	14,5	6,5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

*Fonte: Elaborado a partir de Lino (2004) e de relatórios fornecidos pelas cooperativas

Conforme a metodologia apresentada no Capítulo 3, a média da tabela 4.12 corresponde à fração típica (F) de cada reciclável (i). A partir dessa média da fração típica apresentada, foi calculada a massa típica de reciclável (papel/papelão, plástico, vidro e metal ferroso) correspondente às coletas no setor público e no sistema cooperativo. Com a obtenção da massa calculada e com os dados de Hekkert *et al.* (2000 a; 2000 b) e McDougall *et al.* (2001), mostrados na tabela 2.11, estimou-se a energia primária consumida em ambos processos produtivos, ou seja, a partir da matéria primária e da secundária, bem como a energia primária evitada com a reciclagem, em Campinas, no ano de 2005. O cálculo desta grandeza, E_{ev} , corresponde à equação 3.6, como mostra a tabela 4.13.

Tabela 4.13 Estimativa de energia primária evitada com a reciclagem em Campinas

Executor da coleta seletiva	Tipo de reciclável	Massa de reciclável coletado (t/mês)	Estimativa de energia primária consumida no processo produtivo primário referente ao montante coletado (GJ/mês)	Estimativa de energia primária consumida no processo produtivo secundário com a inserção da matéria reciclada (GJ/mês)	Estimativa de energia primária evitada com a reciclagem (GJ/mês)	E_{ev} (GJ/mês)
PMC/ Contratada + PMC/DLU	Papel/papelão	106,4	5.394	1.894	3.501	8.051
	Plástico	48,3	4.539	333	4.206	
	Metal ferroso	15,1	540	260	281	
	Vidro	18,3	265	201	64	
Coop. Aliança	Papel/papelão	40,5	2.053	903	1.150	2.883
	Plástico	18,4	1.730	127	1.603	
	Metal ferroso	5,7	204	98	106	
	Vidro	7,0	102	77	25	
Coop. Reciclar	Papel/papelão	27,3	1.384	609	775	2.004
	Plástico	12,4	1.166	26	1.140	
	Metal ferroso	3,9	140	67	73	
	Vidro	4,7	68	52	16	
Total		308,0	17.585	4.647	12.940	12.938

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Para obtenção numérica dessa grandeza, calculou-se a energia primária inerente e consumida no processo produtivo a partir da matéria primária correspondente ao índice de papel/papelão, plástico, vidro e metal coletado no setor público e cooperativo. Também foi calculado o consumo de energia primária no processo produtivo a partir da matéria reciclada. A diferença entre ambos processos produtivos, resultou na estimativa da energia evitada, calculada em Gigajoule (GJ).

Com os dados apresentados nas tabelas 4.10, 4.11 e 4.13 calculou-se a sétima grandeza, R_{eev} , que corresponde à equação 3.7, e que se refere à relação entre a energia evitada com a reciclagem (tab. 4.13) e a energia gasta no transporte dos recicláveis (tabs. 4.10 e 4.11).

A tabela 4.14 mostra a relação entre a energia primária evitada com o reaproveitamento do reciclável e a energia térmica (óleo diesel) consumida pelos caminhões da coleta seletiva.

Tabela 4.14 Balanço energético da coleta seletiva em Campinas

Executor	Estimativa de energia primária evitada no processo produtivo a partir da matéria reciclada (GJ/mês)	Estimativa de energia térmica consumida no transporte da coleta seletiva (GJ/mês)*	Estimativa de energia primária efetivamente evitada (GJ/mês)	R_{eev}
PMC/Contratada + PMC/DLU	8.051	335,0	7.716,0	23,0
Coop. Aliança	2.883	36,5	2.846,5	78,0
Coop. Reciclar	2.004	14,3	1.989,7	139,1
Total	12.938	385,8	12.552,2	32,5

*Poder calorífico do óleo diesel = 35,52 GJ/m³ (MME, 2004).

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

A partir dos valores totais obtidos, considerando-se todos os executores, chega-se a um fator de correção para a estimativa de energia primária evitada ($12.552,2/12.938 = 0,970$).

Assim, os valores apresentados de consumo de energia primária nos processos produtivos por tonelada de matéria virgem e reciclada encontrados na literatura, como mostrados na tabela 2.11 do Capítulo 2, podem ser corrigidos para incorporar a energia gasta com a coleta dos recicláveis. Para o caso considerado, a tabela 4.15 mostra o resultado da correção.

Tabela 4.15 Correção da energia evitada com a reciclagem

Material	Energia primária evitada com a reciclagem* (GJ/t)	Energia primária efetivamente evitada com a reciclagem (GJ/t)
Papel/papelão	32,9	31,9
Plástico	87,1	86,1
Metal ferroso	18,6	17,6
Vidro	3,5	2,5

* Calculado com base em McDougall *et al.* (2001) e Hekkert *et al.* (2000a e 2000b).

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

Os dados apresentados nessa tabela mostram que, com a aplicação do fator de correção referente ao consumo de combustível no transporte da coleta seletiva sobre a quantidade de energia evitada apresentados por McDougall *et al.* (2001) e Hekkert *et al.* (2000a e 2000b), os valores de energia primária efetivamente evitada por tonelada de papel, de plástico, de metal ferroso e de vidro diminuem.

4.5 Cálculo das grandezas ambientais

A oitava grandeza, B_{CO_2} , conforme equação 3.8, refere-se à quantidade de CO_2 emitida e a evitada com a reciclagem nos processos produtivos correspondentes ao montante de reciclável coletado em Campinas. O cálculo dessa grandeza foi realizado a partir da tabela 2.12, apresentada no Capítulo 2, que faz uma estimativa da quantidade correspondente de CO_2 emitida e evitada nos processos produtivos, elaborada a partir de McDougall *et al.* (2001) e Shreve *et al.* (2001).

Os dados apresentados mostram que a reciclagem de 308 toneladas de recicláveis coletados mensalmente, em Campinas, no setor público e sistema cooperativo, possibilita a diminuição da emissão de CO_2 em 80% se comparado a emissão da mesma quantidade de papel/papelão, plástico, vidro e metal ferroso, produzidos a partir da matéria primária como mostra a tabela 4.16.

Tabela 4.16 Estimativa do potencial de emissão de CO₂ evitada com a reciclagem

Executor	Material	Fração de reciclável coletado (t/mês)	Emissão CO ₂ produção primária (tCO ₂ /mês)	Emissão de CO ₂ com a reciclagem (tCO ₂ /mês)	Emissão evitada com a reciclagem (tCO ₂ /mês)	B _{CO2} (tCO ₂ /mês)
PMC/ Contratada + PMC/DLU	Papel/papelão	106,4	338,9	16,5	322,4	550,4
	Plástico	48,3	303,7	105,8	198,0	
	Metal ferroso	15,1	44,8	16,4	28,4	
	Vidro	18,3	2,7	1,0	1,6	
Coop. Aliança	Papel/papelão	40,5	129,0	6,3	122,7	209,5
	Plástico	18,4	115,7	40,3	75,4	
	Metal ferroso	5,7	16,9	6,2	10,7	
	Vidro	7,0	1,0	0,4	0,6	
Coop. Reciclar	Papel/papelão	27,3	87,0	4,2	82,7	141,3
	Plástico	12,4	78,0	27,2	50,8	
	Metal ferroso	3,9	11,6	4,3	7,3	
	Vidro	4,7	0,7	0,3	0,4	
Total		308,0	1.130,0	228,8	901,2	901,2

Fonte: Elaborada a partir de dados de pesquisa

A partir da emissão de CO₂ evitada correspondente à fração típica da coleta seletiva (tabela 4.16), calculou-se a nona grandeza, R_{CO₂}, que corresponde à equação 3.9, e que se refere à relação entre a emissão de dióxido de carbono proveniente do consumo de óleo diesel na coleta e a energia evitada com a reciclagem (tCO₂).

Os dados apresentados na tabela 4.17 mostram que a quantidade estimada de emissão de CO₂ evitada com a reciclagem corresponde a cerca de 901,2 toneladas mensais, correspondendo a trinta vezes a quantidade emitida. A maior fonte contribuidora de emissão evitada de CO₂ é a Reciclar, seguida da Aliança. O setor público, por sua vez, se classifica como a maior fonte emissora de CO₂ no transporte da coleta seletiva, totalizada em 25,5 tCO₂ mensal.

Tabela 4.17 Quantidade de CO₂ emitido e evitado com a coleta seletiva e a reciclagem em Campinas

Executor	Consumo de óleo diesel (l/mês)	Estimativa de emissão de CO ₂ proveniente do transporte (tCO ₂ /mês)*	Estimativa de emissão de CO ₂ evitada com a reciclagem (tCO ₂ /mês)**	R _{CO₂}
PMC/Contratada	6.777	18,3	550,4	21,6
PMC/DLU	2.655	7,2		
Aliança	1.027	2,8	209,5	75,6
Reciclar	402	1,09	141,3	130,2
Total	10.861	29,3	901,2	30,7

* Valor de referência do CO₂ = 2,7 tCO₂/m³ (CEPEA, 2002)

** Calculado com base nos dados apresentados na tabela 2.12 do Capítulo 2.

Fonte: elaborada a partir de dados de pesquisa

4.6 Discussão dos resultados obtidos

Diante dos resultados apresentados nesta dissertação tem-se que, o montante de resíduo coletado de forma seletiva pelo poder público no município de Campinas, em 2005, que corresponde a cerca de 1% da massa total recolhida diariamente pela coleta comum ainda proporciona benefícios energético e ambiental. Esses benefícios correspondem a energia evitada estimada em 7.716,0 GJ/mês proveniente da inserção de papel/papelão, plástico, vidro e metal na indústria recicladora, e a respectiva quantidade de 550,4 tCO₂/mês que deixou de ser emitido na atmosfera indicando que de qualquer forma, a reciclagem valeu a pena. Na contabilidade geral do setor público e do sistema cooperativo, a coleta seletiva de ambos proporcionou uma quantidade de 12.552,2 GJ/mês de energia evitada e 901,2 tCO₂/mês deixaram de ser emitidos. Em resumo, a quantidade de energia evitada com o reaproveitamento do reciclável na indústria representou cerca de 32,5 vezes a emitida no transporte da coleta seletiva.

Relativizando o montante de energia evitada com a reciclagem em Campinas que é de 12.552,2 GJ/mês com o consumo de cerca de 0,9 GJ/mês de energia elétrica de uma residência de classe média, e considerando um fator de conversão de energia térmica para energia elétrica de

0,33 (eficiência do ciclo termodinâmico de 33%) tem-se que a quantidade evitada representa o consumo de 4.600 residências ou 19 mil habitantes que corresponde à um terço da população de Vinhedo (SP).

Valores relacionados à energia evitada diferentemente dos apresentados nesta pesquisa são mostrados por Piunti (2001) e Streb (2004). Piunti (2001) mostra que a energia elétrica evitada com as 630 toneladas/mês de recicláveis coletados seletivamente pelo poder público em Campinas corresponde a 5.645 GJ/mês. Os dados apresentados por Streb (2004) mostram que a energia elétrica evitada com as 85 toneladas/mês de recicláveis coletados seletivamente pelo poder público em Campinas corresponde a 1.126 GJ/mês.

Com relação ao consumo de combustível no transporte da coleta seletiva, que é o enfoque principal dessa dissertação, a falta de publicação sobre esse tema impossibilita fazer uma análise quantitativa sobre a média ideal de consumo. Entretanto, com base nos resultados apresentados, uma hipótese é considerada: pela abrangência da coleta seletiva relacionada a quilometragem percorrida dos caminhões e a quantidade de reciclável coletado, conforme mostra tabela do Anexo II, o montante de reciclável coletado poderia ser bem maior que o apresentado tendo em vista o potencial da massa típica de geração (tabela 2.34) do município. No entanto, no período de 10 anos (1995-2005) a maior quantidade coletada foi em 1997 com 14 toneladas/dia.

Como foi visto no Capítulo 2, para aumentar a adesão da população aos programas de reciclagem e conseqüentemente a quantidade de reciclável coletado, os países da Europa como Portugal, Espanha e Reino Unido, por exemplo, têm colocado em prática algumas iniciativas como o aumento do número de lixeiras instaladas nos locais públicos, a maior frequência da coleta seletiva domiciliar e a promoção de campanhas de coleta seletiva. No Reino Unido e em Taiwan, a existência da coleta simultânea de refugo e de reciclável no mesmo caminhão tem trazido resultados positivos.

Nem sempre o que é considerado bom para um município pode o ser para outro, mas assim como o Reino Unido, em Taiwan a prioridade do reaproveitamento do resíduo no âmbito de políticas públicas possibilitou-lhe aumentar a quantidade de reciclável coletado. Outros exemplos de prosperidade na coleta seletiva são vistos no Japão e Alemanha. Também foram vistos vários exemplos de catadores organizados em países em desenvolvimento, cujo trabalho, além de impulsionar a reciclagem, proporciona benefícios à sociedade e ao ambiente. No Brasil, exemplos

pontuais importantes relacionados à coleta seletiva de catadores em parceria, inclusive, com o poder público foram mencionados. Por suas próprias características, Campinas como importante cidade do interior paulista pode seguir o mesmo exemplo, com a criação e implantação de legislação específica para impor algum tipo de responsabilidade aos produtores de embalagens e aos consumidores como é feito em outros países. Pode também criar estratégias para formalizar e envolver os catadores no processo de limpeza urbana no município. Iniciativas como estas possibilitam alavancar programas de reciclagem, uma vez que os recursos economizados podem ser direcionados em infra-estrutura, em ciência e tecnologia e em divulgação constante da coleta seletiva.

Durante o trabalho de pesquisa foram constatadas algumas ocorrências no exercício prático da coleta seletiva consideradas negativas por estudiosos do assunto. Observou-se irregularidades com relação à frequência e horário da coleta nos domicílios em bairros como Jardim Santa Genebra, Vila Costa e Silva e Vila Miguel Vicente Cury. Em algumas ruas, o caminhão coletor muitas vezes deixou de trafegar e em outras passava antes ou depois do horário habitual. Da mesma forma que os residentes colocavam seus recicláveis na calçada ou lixeira após a passagem do caminhão. Observou-se também a prática da coleta de recicláveis nos domicílios por catadores informais em vários tipos de transporte, inclusive veículo motorizado emplacado em municípios vizinhos com motorista e dois ou três coletores recolhendo os recicláveis antes da chegada do caminhão da prefeitura.

Considera-se que as questões acima mencionadas possam ser aspectos relevantes que tem impedido o maior desempenho da coleta seletiva executada pelo poder público em Campinas. Assim, os dois principais propósitos da implantação da coleta seletiva no município que consistem em minimizar o resíduo sólido no aterro e fomentar as cooperativas são parcialmente contemplados.

Com relação às cooperativas, os resultados demonstram que estas coletaram mais reciclável por quilômetro e com menor consumo de combustível. Pondera-se que isso se deva à sua forma de gerenciamento da operação da coleta seletiva que apresenta duas diferenças básicas da operação assumida pelo setor público:

- a utilização de caminhões leves, e portanto, mais econômicos quanto ao consumo de combustível; e,

- a execução de roteiros de coleta direcionados diretamente à doadores cadastrados e “fidelizados”, tendo portanto uma melhor garantia de obtenção de material reciclável.

Esta última característica é diferente do setor público, que por ser o responsável legal pela coleta de resíduos e limpeza urbana do município é obrigado a abranger uma maior área geográfica que as cooperativas. No entanto, a outra característica vantajosa das cooperativas, ou seja, a utilização de veículos leves (e mais econômicos) para coleta de recicláveis poderia ser adotada pelo setor público no município de Campinas.

Outra razão acredita-se que seja a própria finalidade da economia solidária, que consiste em gerar trabalho e renda compartilhados. Maior quantidade de reciclável coletado, beneficiado e comercializado significa maior renda a ser partilhada entre os cooperados. O resultado econômico tem estimulado o recolhimento de maior quantidade de reciclável por parte das cooperativas e isso de certa forma faz a diferença entre o setor público e o sistema cooperativo.

Capítulo 5

Conclusão e sugestões para os próximos trabalhos

Neste capítulo são apresentadas a conclusão e as sugestões para os próximos trabalhos.

5.1 Conclusão

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar o consumo de energia e a emissão de CO₂ no transporte das coletas seletivas (domiciliar e pontual) realizadas pelo setor público e pelo sistema cooperativo no município de Campinas (SP).

Os resultados, sintetizados em um conjunto de 9 grandezas com o propósito de padronizar a apresentação dos mesmos, embora não tenham caráter comparativo, mostram que o consumo médio de combustível nos caminhões utilizados na coleta seletiva do setor público (PMC/contratada e PMC/DLU) corresponde a 0,377 l/km, representando 59% a mais que o consumo médio dos caminhões utilizados pelas duas cooperativas, ou seja, 0,223 l/km. Dos 14 caminhões que, em 2005, compunham a frota da seletiva nos dois setores (público e cooperativo), os maiores consumidores de óleo diesel foram os 4 caminhões compactadores utilizados na coleta seletiva domiciliar pela PMC/Contratada.

Na relação entre quilometragem percorrida e quantidade de reciclável coletado, os caminhões pertencentes ao setor público também foram os que mais consumiram combustível por tonelada de reciclável coletado devido à distância percorrida, cuja média correspondeu a 44,5 l/t contra 10,6 l/t das cooperativas.

As cooperativas apresentam resultados bem diferentes tendo em vista os propósitos das coletas e os princípios norteadores da economia solidária. Diferentemente do setor público que

tem a obrigação de cobrir uma abrangente área geográfica, as cooperativas podem esquematizar suas coletas de acordo com suas conveniências, apresentando dessa forma, melhores resultados.

Com a reciclagem dos recicláveis coletados no setor público e no sistema cooperativo, a quantidade estimada de energia primária evitada correspondeu respectivamente a 7.716,0 GJ/mês e 4.836,2 GJ/mês, totalizada em 12.552,2 GJ/mês calculado com base no fator de correção que incide sobre a energia gasta no transporte e que corresponde à energia efetivamente evitada. Comparando a energia gasta no transporte da coleta seletiva com a energia evitada no reaproveitamento do montante de recicláveis coletados, a quantidade de energia evitada nesse processo corresponde, em média, a 32,5 vezes maior do que a energia (óleo diesel) consumida no transporte pelos caminhões para a realização das coletas seletivas.

Com relação à análise de emissão de CO₂, estima-se que o consumo de óleo diesel dos caminhões coletores do setor público e do sistema cooperativo emitiram, em 2005, uma quantidade média de 29,3 tCO₂/mês. A energia evitada com a reciclagem dos recicláveis coletados deixou de emitir na atmosfera cerca de 901,2 tCO₂/mês que corresponde a trinta vezes mais a emitida pela queima de combustível no transporte da coleta dos recicláveis.

Com esses resultados concluí-se que sob análise do aspecto energético e de emissão de CO₂, a coleta seletiva no município, em 2005, demonstrou viabilidade energética e ambiental, embora a quantidade de recicláveis coletados pelo setor público representassem pouco mais de 1% da massa de resíduo sólido recolhida, ou 2,7% do potencial estimado de materiais passíveis de serem reciclados que é recolhido misturado na coleta comum diariamente e disposto no Aterro Delta A.

Para aumentar a quantidade de recicláveis coletados, levantamento bibliográfico no Cap. 2, mostra que é necessário priorizar a coleta seletiva no contexto da política pública. Dessa forma, alguns países como Japão, EUA, Europa e Taiwan têm conseguido aumentar suas taxas de reciclagem. Observa-se que, nesses países, o poder público tem utilizado, pelo menos, três ferramentas consideradas importantes para a manutenção do programa de coleta seletiva/reciclagem. A primeira consiste no instrumento legal instituída para regulamentar as responsabilidades do produtor de embalagem e do consumidor. A segunda consiste na aplicação de recursos técnicos e financeiros visando à disponibilidade de infraestrutura necessária à manutenção do programa implantado. A terceira consiste no *marketing* ambiental da coleta

seletiva/reciclagem que inclui o processo de divulgação sistemática junto à população, bem como a tentativa da formação educacional ecológica para alavancar os programas de reaproveitamento de resíduo.

Países como Áustria, Bélgica, Dinamarca, Japão, Suécia e Suíça, por exemplo, reaproveitam, na incineração com recuperação de energia, na compostagem e na reciclagem, acima de 90% de seus resíduos sólidos urbanos, conforme tab. 2.17, 2.18, 2.19, 2.20 no Cap. 2. Na Suíça, o reaproveitamento do resíduo totaliza 99%, no Japão, o índice corresponde a 91% e na Áustria o índice é de 93%. A reciclagem nesses três países apresentam os índices de 34%, 17% e 27% respectivamente. Diferente de países como Croácia, México, Polônia, Turquia e Brasil que dispõem no solo acima de 90% dos seus resíduos sólidos.

As formas de gerenciamento dos programas de coleta seletiva/reciclagem são diversificados. No Reino Unido, por exemplo, o governo executa a coleta simultânea de resíduo comum e a de recicláveis no mesmo caminhão. Nesse País, a separação e entrega dos recicláveis pelos moradores é voluntária, contudo, o poder público utiliza estratégias de divulgação dos programas junto à população para aumentar a quantidade de reciclável coletado. Essa iniciativa tem trazido bons resultados para aquele País (READ, 1999).

Na Alemanha, por exemplo, existe uma outra forma de aumentar a quantidade de recicláveis coletados. Por imposição de lei, a população é obrigada a levar o reciclável até o local determinado pelo poder público, ou então, tem de pagar pela retirada do mesmo no domicílio (GONOPOLSKI, 2007).

Em Taiwan, desde que foi implantada a política de responsabilidade do produtor, em 1990, o país passou a contar com mais recursos financeiros para gerenciar seu resíduo sólido. Desenvolveu política de redução da quantidade de resíduo sólido gerado por habitante/dia e ainda obtém recursos para alavancar o programa de coleta seletiva.

Outras experiências de coleta seletiva/reciclagem são apresentadas no Cap.2. Constatase que a questão relacionada ao resíduo sólido urbano no mundo todo tem sido um assunto que, nos últimos anos, vem desafiando as autoridades públicas em âmbito nacional e internacional tendo em vista dois fatores: o aumento da população mundial e o conseqüente aumento da quantidade de resíduo sólido urbano gerada diariamente na sociedade moderna. Em algumas nações, conforme mostra levantamento no referido capítulo, no período de 27 anos (1980-2007), a

geração de resíduo sólido urbano teve crescimento de até três vezes mais. Como pode ser visto na tabela 2.18, boa parte do resíduo coletado tem como destino a disposição no solo.

Um procedimento utilizado também no Brasil para a maior parte do resíduo que é coletado nos centros urbanos. Por falta de dados atualizados, não se sabe exatamente a quantidade gerada e nem o montante reaproveitado. Em Campinas (SP), por exemplo, o histórico de 10 anos (1995-2005) apresenta aumento de 23% na coleta, ou seja, cerca de 121 toneladas/dia de resíduo sólido urbano. Cerca de 99% da massa total de resíduo coletado diariamente não tem reaproveitamento. Desde que foi implantada, em 1991, a coleta seletiva não ultrapassou os 2% da massa recolhida.

Com base em estudos já mencionados sobre a evolução da coleta seletiva em outras localidades, pode-se afirmar que o baixo percentual de reaproveitamento dos recicláveis em Campinas acontece em função do gerenciamento do resíduo sólido ainda não fazer parte da pauta das prioridades da política pública do município.

Algumas falhas operacionais no sistema de gerenciamento foram observadas durante este estudo como irregularidade na frequência da coleta diurna e interferência dos catadores informais que recolhem nos domicílios os recicláveis antes dos caminhões da coleta pública. Entretanto, a coleta domiciliar noturna tem sido mais proveitosa devido a ausência dos catadores o que faz aumentar a quantidade de reciclável coletado, conforme mostra a tabela do anexo II.

Outro aspecto que pode influenciar negativamente o processo da coleta seletiva em Campinas é a utilização desnecessária de caminhões compactadores. Tratam-se de veículos pesados devido à existência do equipamento de compactação, normalmente utilizados na coleta de grande volume de resíduo comum. Para a coleta seletiva, o caminhão compactador torna-se inadequado, uma vez que os recicláveis não devem ser submetidos à compactação sob pena de danificá-los. Além de pesados, os caminhões compactadores consomem mais combustível e ainda recolhem pouca massa de recicláveis por setor, conforme pode ser observado na tabela do Anexo II.

Quanto maior a quantidade de resíduo sólido gerado em um centro urbano, maior é a frota de veículos em circulação diária para coletá-lo e transportá-lo até seu destino final. Normalmente, a frota se caracteriza por grandes caminhões movidos à óleo diesel.

No Brasil, por exemplo, o setor de transporte representa o segundo maior consumo desse energético. Estudo apresentado no Cap. 2, mostra que embora a energia seja um insumo básico

para o desenvolvimento de uma sociedade, tanto sua produção quanto seu consumo acarretam impactos proporcionando danos à saúde ambiental. Por isso, considera-se fundamental que toda e qualquer iniciativa relacionada ao consumo de energia deve ser criteriosamente planejada, como é o caso de programas de coleta seletiva.

O Cap. 2, apresenta ainda, importante participação de associações e cooperativas em cidades da China, Índia, Filipinas, México, Colômbia e Brasil no que se refere à coleta e reaproveitamento de resíduo sólido urbano. Enfim, os catadores sejam organizados ou na base da informalidade em busca da sobrevivência financeira têm desempenhado importante papel na sociedade no exercício de catar os recicláveis para comercialização, desviando-os dos lixões e ou aterros.

Assim, no estudo desenvolvido em Campinas, tem-se que a análise da sustentabilidade de um programa de coleta seletiva/reciclagem está além da viabilidade energética e ambiental, ou seja, inclui outros aspectos como o econômico e o social que precisam ser mensurados. Embora estudado apenas os dois aspectos (energético e ambiental), acredita-se que os programas desenvolvidos pelas Cooperativas (Aliança e Reciclar) atinjam a sustentabilidade. Com relação ao setor público, o estudo precisa ser aprofundado.

5.2 Sugestões para os próximos trabalhos

A sugestão para os próximos trabalhos:

- criar uma metodologia de avaliação da coleta seletiva no conjunto dos aspectos energético, econômico, ambiental e social; e,
- quantificar o consumo de energia (combustível no transporte e energia elétrica) utilizados nos processos de beneficiamento e no transporte dos recicláveis na trajetória que perpassa pelas cooperativas, intermediários até a indústria recicladora.

Referências bibliográficas

- Abreu, M. F. *Do lixo à cidadania: estratégias para a ação*. São Paulo: 2001, 91 p.
- Agar B. J., Baetz B.W., Wilson B.G. Fuel consumption, emissions estimation, and emissions cost estimates using global positioning data. *Journal of the air & waste management association*, v. 57, pp. 348-354, 2007.
- Agarwal, A. Municipal solid waste recycling and associated markets in Delhi, India. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 44, pp. 73-90, 2005.
- Anderson, F. *As ações do poder público municipal para o setor de reciclagem de resíduos sólidos em Porto Alegre: Um estudo exploratório*. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 136p. Dissertação (Mestrado).
- Associação Brasileira de Alumínio. Relatório de sustentabilidade da Indústria do alumínio. Reciclagem de alumínio. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/conheça/index>>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- Associação Brasileira de Embalagem. Reciclagem no Brasil. Disponível em: <http://www.abre.org.br/meio_reci_brasil.Php>. Acesso em: 01 fev. 2008.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. NBR- 8419; Apresentação de Projetos para Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro, 1992.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. NBR-10004; Resíduos Sólidos: Coletânea de Normas. Rio de Janeiro, 2004.
- Barbosa, S.R. *Desenvolvimento e ambiente: questões fundamentais da Sociologia contemporânea. Qualidade de vida e suas metáforas: uma reflexão sócio-ambiental*. Campinas: Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, 1996. Tese (Doutorado).
- Besserman, S. *Meio Ambiente: Indicadores*. In Meio ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Coord. André Trigueiro. Sextante: Rio de Janeiro, 2003, pp. 91-104.
- Bhat, V. N. A model for the optimal allocation of trucks for solid waste management. *Waste management & research*, vol. 14, p. 87-96, 1996.
- Bizzo, W. A. *Desafios da energia na região do PCJ*. In Panorama do Meio Ambiente. Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ). Campinas, 2005, pp. 120-125.
- Branco, S. M. *Energia e Meio Ambiente*. 14 ed. São Paulo: Moderna, 1990.

- Bringhenti, J. A utilização de indicadores como ferramenta para a gestão de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. v. 3; pp. 281, 2007.
- Buarque, C. A desordem do progresso: o fim da era dos economistas e a construção do futuro. Rio de Janeiro, 1991.
- Buenrostro, O., Bocco, G. Solid waste management in municipalities in México: goals and perspectives. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 39, pp. 251-263, 2003.
- Butler, J., Hooper, P. Dilemmas in optimizing the environmental benefit from recycling: A case study of glass container waste management in the UK. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 45, pp. 331-355, 2005.
- Cabral S. M. *Trabalhadores do lixo. O relato de uma pedagogia de desordem*. Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. 130 p. Dissertação (Mestrado).
- Calderoni, S. *Os bilhões perdidos no lixo*. São Paulo: Humanitas, 4ª ed., 2003. 345 p.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. *Estudo apresenta proposta para diminuir a emissão de CO2 gerada por transporte de cargas*. CEPEA/ESALQ/USP. Piracicaba, 2002.
- Centro de Tecnologia de Embalagem / Compromisso Empresarial para Reciclagem. *Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e aplicações*. Ana Lúcia Mourad; Eloísa E. C. Garcia; André Vilhena (Coord.). CETEA/CEMPRE, Campinas, 2002.
- Coltro, L., Madi, L. F. *As experiências de coleta seletiva no Brasil e no mundo*. Reciclagem, agricultura e meio ambiente. Campinas: CATI/SAA, 1995.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatórios de 2006*. São Paulo: CETESB, 2007b. 98 p.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório de 2007*. São Paulo: CETESB, 2008.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2006*. Série relatórios. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. São Paulo, 2007a. 167 p.
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. *Caracterização de resíduos*. São Paulo: CETESB, 1997.
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. *Inventário estadual de resíduo sólido: relatório de 2005*. São Paulo: CETESB, 2006.
- Cruz, A. L.M. da. *A reciclagem dos resíduos sólidos urbanos: um estudo de caso*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2002. 157 p. Dissertação (Mestrado).
- Crúzio, H. O. *Como organizar e administrar uma cooperativa: uma alternativa para o desemprego*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2000.
- Daskalopoulos, E., Badr, O., Probert S. D. Economic and environmental evolutions of waste treatment and disposal technologies for municipal solid waste. *Applied Energy*, v. 58 (4), pp. 209-255, 1997.

Department for Environment Food and Rural Affairs. Waste strategy for England 2007. DEFRA. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/environment/statistics/wastasts/archive/mwb200607a.xls>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

Dias, G. F. *Educação Ambiental: princípios e práticas*. Gaia. São Paulo, 2001.

Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano *Metrópole em dados*. Região Metropolitana de Campinas. Divisão político administrativa.. Emplasa. Disponível em: <<http://www.emplasa.org.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2008.

Ensinas, A. V. *Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas – SP*. Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP. Campinas, 2003. 127 p. Dissertação (Mestrado).

Environmental Protection Agency. U. S. *Municipal solid waste generation, recycling, and disposal in the United States: facts and figures for 2006*. EPA, 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

Environmental Protection Agency- U.S. *Collection Efficiency Strategies for Success*. EPA. 1999. 20 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov>> consulta em: 10 mar. 2006.

Environmental Protection Agency -U.S. *Solid Waste Management and Greenhouse Gases: a life cycle assessment of emission and sinks*. EPA: 2ª ed. 2002, 160 p.

European Environment Agency & United Nations Environment Programme. *Sustainable consumption and production in South East Europe and Eastern Europe, Caucasus and Central Asia*. EEA/UNEP: report, n. 3. Copenhagen, 2007.

European Environment Agency-. The road from landfilling to recycling: common destination, different routes. EEA. Luxemburg. 2007. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/enquires.pdf>>. Acesso em 10 mar. 2008.

Everett, J. W., *et al*. Curbside collection of recyclables I: route time estimation model. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 22. pp. 177-192, 1998.

Fabi, A. R. *Comparação do consumo de energia e emissão de CO₂ entre garrafas de PET e de Vidro, otimizando análise ambiental de ciclo de vida*. Curso de Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica FEM/UNICAMP. Campinas, 2004. 122 p. Dissertação (Mestrado).

Feldmann, F. *Meio Ambiente: consumismo*. In Meio ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Coord. André Trigueiro, Rio de Janeiro, 2003. pp. 75-89.

Figueiredo, P. J. M. *A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental*. Piracicaba: Unimep. 1995.

Foladori, G. *Limites do desenvolvimento sustentável*. Campinas, 2001.

Fundação Getúlio Vargas & Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana. *Estudos das planilhas de custos dos serviços de limpeza urbana. Relatório final*. Fundação Getúlio Vargas - Escola de Administração de Empresas de São Paulo. FGV/ SELUR. São Paulo, set. 2001.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. População do município de Campinas. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br/cidade>>. Acesso em: 18 out. 2008.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Banco de dados agregados. IBGE, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 29 abr. 2008.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Programa Nacional de Saneamento Básico. IBGE, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br.2005>>. Acesso em: 12 ago. 2005.

Fundação Nacional de Saúde/Ministério da Saúde. *Manual de Saneamento. Engenharia de Saúde Pública: Orientações Técnicas*. FUNASA: 4ª edição. Brasília, 2006. 408 p.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Informações dos municípios paulistas*. SEADE. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2008.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Mapas dos municípios paulistas*. SEADE. Disponível em: <<http://www.seade.gov.sp.br>>. Acesso em: 25 fev. 2006.

Goldemberg, J. *Meio Ambiente: Energia* In Meio ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento/ coord. André Trigueiro. Rio de Janeiro, 2003, pp. 171-181.

Gonçalves, J. V., Tanji, M. M., Moura, C.L. O uso da coleta seletiva como inclusão social. In *24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, III-264. ABES, São Paulo, 2007.

Gonopolsky, A. M. *The waste recycling industry in Russia: Challenges and prospects*. Wastetech. 2007. Disponível em: <<http://w2007.sibico.com/print.php/content>>. Consulta em 30 jan. 2008.

González-Torre, P. L. , Adenso-Díaz, B. , Ruiz-Torres, A. Some comparative factors regarding recycling collection systems in regions of the USA and Europe. *Journal of Environmental Management*, v. 69, pp. 129-138, 2003.

González-Torre, P. L., Adenso-Díaz, B. Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling. *Waste management*, , v. 25, pp. 15-23, 2005.

Graham, L. *et al.* Greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicle. *Atmospheric Environment*, v. 42, pp.4665 – 4681, 2008.

Grimberg, E. A lógica da produção e do consumo econômico dominante e a sustentabilidade social e ambiental. In *Anais do Seminário Internacional Homem e Meio ambiente: Cultura Ciência e Sociedade Sustentável*. São Paulo: SESC, 2004.

Grippi, S. *Lixo, reciclagem e sua história: guia para as prefeituras brasileiras*. Rio de Janeiro: Interciências, 2001.

Harder, M. K., Woordard, R., Bench, M. L. Two measured parameters correlated participation rates in curbside recycling schemes in the UK. *Environmental management*, v. 37, (4), pp. 487-495, 2006.

Hayami, Y., Dikshit, A. K.; Mishra, S. N. Waste pickers and collectors in Delhi: poverty and environment in an urban informal sector. *Journal of Development Studies*, v. 42 (1), pp. 41-69, 2006.

- Hekkert, M. P. *et al.* Reduction of CO2 emissions by improved management of material and product use: the case of primary packaging. *Resources, conservation and recycling*, v. 29, pp. 33-64, 2000a.
- Hekkert, M. P., Joosten, L. A. J., Worrell, E. Reduction of CO2 emissions by improved management of material and product use: the case of transport packaging. *Resources, conservation and recycling*, v. 30, pp. 1-27, 2000b.
- Institute for Public Policy Research and Green Alliance. *A zero waste UK*. IPPR, 2006. Disponível em: <<http://www.ippr.org/members/download.asp>>. Acesso em: 12 ago. 2007.
- Institute Worldwatch. *The state of garbage in America*. 14th Annual Nation Wide Survey of Solid Waste Management in the United States, 2004. Disponível em: <www.mma.gov.br/educação>. Acesso em: 12 mai. 2006.
- Instituto de Pesquisa Tecnológica & Compromisso Empresarial para Reciclagem. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000, 370 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Change Climate: Mitigation contribution of working III to the Fourth Assessment. IPCC, report 2007. *Waste management*. Chapter 10. 2007c. 51p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Change Climate: Mitigation contribution of working III to the Fourth Assessment. IPCC, report 2007. *Sustainable development and mitigation*. Chapter 12. 2007d. 86 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change: Mitigation contribution of working III to the Fourth Assessment. IPCC, report 2007. *Energy supply*. Chapter 4. 2007a. 112 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change: Mitigation contribution of working III to the Fourth Assessment. IPCC, report 2007. *Transport and its infrastructure*. Chapter 5. 2007b. 93 p.
- Iriarte, A. , Gabarrel, X., Rieradevall, J. Lca of selective waste collection systems in dense urban areas. *Waste management*, 29 (2), pp. 903-914, 2009.
- Jannuzzi, G. M. A política energética e o meio ambiente: instrumentos de mercado e regulação. In *Economia do Meio Ambiente*. IE/ NICAMP. Campinas, 1996.
- Jenkins, R. R. *et al.* The determinants of household recycling: a material-specific analysis of recycling program features and unit pricing. *Journal of Environment Economics and Management*, v. 45, pp. 294-318, 2003.
- Johansson, B. The Economy of alternative fuels when including the cost of air Pollution. *Transportation research*, v. 4, pp. 91-108, 1999.
- Jucy, N. *Conheça o petróleo*. Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura. 6^a ed., 1993.
- Kanayama P.H. *Minimização de resíduos sólidos urbanos e conservação de energia*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/USP. São Paulo. 1999. 130 p. Dissertação (Mestrado).
- Kocasoy, G. Gerenciamento de resíduos sólidos na Turquia. *Waste Management World*. Jan-fev. 2002. 8 p.
- Layrargues, P. P. *O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental*. In *Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania*. São Paulo, 2002.

- Lino, F. A. M. Contribuição energética das cooperativas de materiais recicláveis no município de Campinas-SP. In *Anais Do X Congresso Brasileiro de Energia (CBE)*, v. II. COPPE/UFR. Rio de Janeiro, 2004.
- Lino, I. C. *Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise comparativa de métodos*. Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente. Universidade Estadual de São Paulo, UNESP. Rio Claro, 2007.110 p. Dissertação (Mestrado).
- Louis, G. E. A historical context of municipal solid waste management in the United States. *Waste management & research*, v. 22, pp. 306-322, 2004.
- Lu, L. *et al.* MSW management for waste minimization in Taiwan: The last two decades. *Waste Management*, v. 26, pp. 661-667, 2006.
- Magrinho, A. ; Didelet, F.; Semiao, V. Municipal solid waste disposal in Portugal. *Waste Management*, v. 27, pp.1477-1489, 2006.
- Malzer, J. L. *Aspects of energy use and emissions by heavy trucks*. University of Manitoba - Faculty of Graduate Studies of the: USA, 2005. Thesis (Doctor).
- Mance, E. A. *A revolução das redes: a colaboração solidária como uma alternativa pós-capitalista à globalização atual*. Rio de Janeiro: Vozes, 2000.
- Marchiori, A. *Coleta diferenciada de lixo: a proposta da Cati para programas de reciclagem, agricultura e meio ambiente*. Campinas: CATI/SAA, 1995.
- McDougall, F., *et al.* *Integrad solid waste management: a life cycle inventory*: USA: Blackwell Science, 2001. 2. ed. 512 p.
- Medina, M. *Informal recycling and collection of solid waste in developing countries. Issues and opportunities*. The United nations University Institute of Advanced Studies UNU/IAS. Working paper, n. 24, 1997. 37 p.
- Medina, M. Scavenger cooperatives in Asia and Latin America. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 31, pp. 51-69, 2000.
- Metin, E.; Eröztürk, A. ; Neyim, C. Solid waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey. *Waste Management*, v. 23, pp. 425-432, 2003.
- Michaelis. *Moderno dicionário da Língua Portuguesa*. Companhia melhoramentos: São Paulo, 2002. 2.259 p.
- Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional de 2005, 2006 e 2007*. MME:Brasil. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. acesso em: 15 abr. 2008.
- Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional. Ano base 2004*. Brasil/MME, 2005, 180 p. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 18 mai. 2006.
- Ministério do Meio Ambiente. *Resoluções do CONAMA*. Brasil:MMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/res.html>>. Acesso em: 15 abr. 2008.
- Morin, E. *Cultura de Massas no Século XX: o espírito do tempo I: neurose*. Tradução de Maura Ribeiro Sardinha. Fundação Forense Universitária. 6^a ed. Rio de Janeiro, 1984.
- Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais. *Introdução ao Estudo do Planejamento de Sistemas Energéticos* (apostila). org. Gilberto De Martino Jannuzzi. Campinas:NEPAM/UNICAMP, 1994.

Okuda, I., Thomson, V. E. Regionalization of municipal solid waste management in Japan: Balancing the proximity principle with economic efficiency. *Environment Management*, v. 40, pp. 12 - 19, 2007.

Organization for Economic Co-operation and Development. Economic. *Total amount generated of municipal waste. 2007. OECD: Environmental and Social Statistic*. Disponível em: <<http://www.oecd.com>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

Organização das Cooperativas Brasileiras e Organização das Cooperativas estaduais. *Relatório de registro das cooperativas*. OCB & OCE. Disponível em: <<http://www.oces.org.br>>. Acesso em: 10 fev. 2007.

Perin, A . *Geração de renda a partir de resíduos recicláveis: Análise de duas associações de Florianópolis..* Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado).

Perugini, F., Mastellone, L., Arena, U. A life cycle of mechanical and feedstock recycling options for management of plastic packaging wastes. *Environmental Progress*. V. 24 (2), pp. 137 – 154, 2005.

Petersen, C. H. M.; Berg P. E. O. Use of recycling stations in Borlange, Sweden – volume weights and attitudes. *Waste Management*, v. 24. pp. 911-918, 2004.

Piunti, R. C. *A coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos: considerações energéticas, ambientais e sociais para a Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari (SP)*, Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos FEM/UNICAMP. Campinas, 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado).

Portilho, M. F. F. *Profissionais do lixo: um estudo sobre as representações sociais de engenheiros, garis e catadores*. Centro de Filosofia e Ciências Humanas/UFRJ. Rio de Janeiro, 1997. Dissertação (Mestrado).

Prefeitura Municipal de Campinas – Departamento de Limpeza Pública. *relatório de coleta de resíduo sólido domiciliar referente ao mês de março de 2005*. Documento não publicado, 2005. 66p.

Prefeitura Municipal de Campinas – Secretaria Municipal de Assuntos Jurídicos. *Legislação municipal sobre resíduo sólido*. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/assuntosjuridicos/orgaos/biblioteca>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria de Serviços Públicos. Secretaria de Administração. *Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Campinas. 1996. 223p.

Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria Municipal de Assuntos Jurídicos. Diário Oficial do Município de 06/03/2003:04. Decreto nº 14.248 de 05.03.03. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/dec14248>. acesso em: 05 de jun. 2009.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Humano. *Atlas de Exclusão Social. PNUD, 2004*. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas>>. Acesso em: 22 ago.2005.

Read, A . D. A weekly doorstep recycling collection, I had no idea we could. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 26, pp. 217-249,1999.

- Redclift, M. Wasted. *Counting the costs of global consumption*. London: Earthscan publication, 1998.
- Reimer, B., Sodhi M., Jayaraman. Truck sizing models for recyclables pick-up. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 51, p. 621-636, 2006.
- Ribeiro, H. *et al. Coleta seletiva com inclusão social*. Ed. Annablume. 111p. 2009.
- Sachs, I. *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo, 1986.
- Sakata, Y. A choice experiment of the residential preference of waste management services – The example of Kagoshima city, Japan. *Waste Management*, v. 27, pp. 639-644, 2007.
- Schumacher, E. F. O negócio é ser pequeno: um estudo que leva em conta as pessoas. Rio de Janeiro, 1979.
- Schwarz, H., Briem, S., Zapp, P. Future carbon dioxide emissions in the global material flow of primary aluminium. *Energy*, v. 26, pp. 775-795, 2001.
- Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. *A Cidade e o Lixo*. São Paulo: SMA, 1998.
- Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial. *Cooperativismo: uma forma de organização dos trabalhadores*. Projeto Artesão. Rio de Janeiro: SENAC/ARRJ, 1999.
- Sharholly, M. *et al.* Municipal solid waste management in Indian cities – A review. *Waste Management*, v. 28, pp. 459-467, 2008.
- Shreve, R. N. , Brink Jr., J. A . *Indústrias de processos químicos*. Ed. Guanabara Dois. Rio de Janeiro, 1977, 717 p.
- Singer, P. *Economia solidária: um modo de produção e distribuição*. In *A economia solidária no Brasil: a autogestão como resposta ao desemprego*. Coleção Economia. São Paulo: Ed. Contexto, 2000.
- Sonesson, U. Modelling of waste collection – a general approach to calculate fuel consumption and time. *Waste management & research*, v.18. pp.115-123, 2000.
- Statistical Office of the European Communities. *Waste generated and treated in Europe. Detailed tables: Data 1995-2003*. EUROSTAT: Edition 2005. European Communities: Luxembourg, 2005. 55 p.
- Streb, C. S. *A coleta informal de lixo no município de Campinas – SP: uma análise na perspectiva das questões energéticas e da qualidade de vida*. Planejamento de Sistemas Energéticos, FEM/UNICAMP. Campinas, 2001. Dissertação (Mestrado). 85 p.
- Streb, C. S. *Resíduo sólido domiciliar: potencial de minimização e potencial de conservação de energia com reciclagem em municípios da Região Metropolitana de Campinas*. Planejamento de Sistemas Energéticos, FEM/UNICAMP. Campinas, 2004, 171 p. Tese (Doutorado).
- Talyan, V., Dahiya, R. P., Sreekrishnan, T. R. State of municipal solid waste management in Delhi, the capital of India. *Waste Management*, v. 28 (7), pp.1276-1287, 2008.
- Tanaka, M. Recent trends in recycling activities and waste management in Japan. *Waste Management*, v. 1, pp. 10-16, 1999.
- TAYIBI, H. *ET AL.* Management of msw in Spain and recovery of packaging steel scrap. *Waste Management*, v. 27, pp.1655-1665, 2007.

Tchobanoglous G., Theisen, H., Vigil, S. *Integrated solid waste management: engineering principles and management issues*. New York: McGraw-Hill, 1993.

Teixeira, E. N. e Bidone, F. *Conceitos básicos*. In Metodologias e Técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 1999, 65 p.

Teixeira, E. N. *Resíduos sólidos: minimização e reaproveitamento energético*. In Seminário Nacional Sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais. Rio de Janeiro, 2000.

Themelis, N. J., Todd, C. E. Recycling in a megacity. *Journal of the Air & Waste Management Association*, v. 54, pp. 389-395, 2004.

Tonglet, M., Phillips, P. S., Bates, M. P. Determining the drivers for householder pro-environmental behaviour: waste minimization compared to recycling. *Resources, conservation and recycling*, v. 42, pp. 27-48, 2004.

United Nation Statistic Divison. *Environmental indicators: Municipal waste treatment*. Disponível em <<http://ww.unstats.un.org/unsd/environment/wastetreatment.htm>>. Acesso em: 07 dez. 2007.

United Nations Population Fund. *Unleashing the potential of urban growth*. State of world population 2007. USA/New York: UNFPA, 2008, 108 p.

UNSTAT – United Nations Statistic Division Environment Statistic. *Waste 2007*. Disponível em: <<http://www.unstats.un.org/unsd/environment/wastetreatment.htm>>. Acesso em: 07/12/2007.

Wang, J.; Han, L.; Li, S. The collection system for residential recyclables in communities in Haidian District, Beijing: A possible approach for China recycling. *Waste Management*, v. 28 (9), pp. 1672-1680, 2008.

Wenisch, S.; Rousseaux, P.; Métivier-Pignon, H. Analysis of technical and environmental parameters for waste-to-energy and recycling: household waste case study. *International Journal of Thermal Sciences*, v. 43, pp. 519-529. 2004.

Woodard, R. *et al.* The optimization of household waste recycling centers for increased recycling: a case study in Sussex, UK. *Resources, conservation and recycling*, v. 43, pp.75-93, 2004.

Woodard, R., Harder, M. K., Bench, M. Participation in curbside recycling schemes and its variation with material types. *Waste management*, v. 26, pp. 914-919, 2006.

Woodard, R. *et al.* Evaluating the performance of a fortnightly collection of household waste separated into compostables, recyclables and refuse in the south of England. *Resources, conservation and recycling*, v. 31, pp 265-284, 2001.

World Wildlife Fund. *Reciclagem de papel*. WWF, 2008. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br/reciclagem>>. Acesso em: 20 ago.2008.

Zhang, G., Zhu J., Okuwaki, A. Prospect and current status of recycling waste plastics and technology for converting them into oil in China. *Resources, Conservation and Recycling*, v.50, pp. 231-239, 2007.

Zhuang, Y. *et al.* Source separation of household waste: a case study in China. *Waste Management* v. 28, (10), pp. 2022-2030, 2008.

ANEXO I

Setor	Bairros	Domiciliar			Coleta seletiva	
		Setor	Freq.	Período	Período	Freq.
SD-01 *	Santa Genebra, Vila Presidente Costa e Silva, Jardim Santa Genebra-P 2, Parte do Parque Taquaral, Miguel Vicente Cury, (fecha) Parte do Alto Taquaral.	78	Diária	Noturno	Diurno	2ª feira
	Mansões de Santo Antonio, Parque das Flores, Jardim Colonial, Santa Cândida, Parque dos Jacarandás, Parque das Universidades, Puccamp, (fecha) Unicamp.	15	Diária	Noturno	Diurno	2ª feira
SD-02	Loteamento D.A.E., Vila Guararapes, Jardim Flamboyant, Jardim Sisalpineia, Jardim Presidente Venceslau, Parte Chácara da Barra, Vila Margarida, Novo Taquaral, Jardim Marilar, Jardim Campinas, Jardim Dom Bosco, Vila Lina, (fecha) Vila Esmeralda.	25	Diária	Noturno	Diurno	2ª feira
	Parque São Quirino, Jardim Santana, Jardim Nilópolis, Parte Residencial Gênese, Jardim Santana-P 2, Parque das Anhumas, Chácara São Quirino, (fecha) Vila Nogueira.	76	Diária	Noturno	Diurno	2ª feira
SD-03	Chácara João Herman, Vila José Mattar, Vila Nova, Vila Valverde, Parte do Guanabara, Jardim Brasil, Parte do Castelo [Fecha] Jardim Chapadão.	10	Diária	Noturno	Diurno	2ª feira
	Parque Taquaral, Alto do Taquaral, Chácara Primavera, Jardim Professora Tarsila, Vila Virginia, Fazenda Taquaral, Jardim Nossa Senhora Auxiliadora, Jardim São Domingos Sávio, Vila Mac Hard, [Fecha] Parte do Guanabara.	12	Diária	Noturno	Diurno	2ª feira
SN-73 **	Vila Santa Izabel, Jardim J. Afire, Vila São José, Jardim José Martins, Vila A. Pataró, Jardim Faim José Peres, Chácaras Inês, Chácaras Belvedere, Chácaras Santa Margarida, Chácaras Santa Luzia, Jardim Alto da Cidade Universitária, Jardim do Sol, Chácaras Marajó, residencial Terras do Barão, Chácaras Boa Sorte, Chácaras Hollandia, Vila Lutécia, Solar de Campinas, Parque Rio das Pedras, Residencial Barão do Café.	73	Diária	Diurno	Noturno	2ª e 5ª feira
SD-04	Jardim Guarani, Parte Jardim Paranapanema, Nova Campinas, Jardim Itamarati, Jardim Bom Retiro, Alto Cambuí, Jardim Marília, Jardim Lumem Christ, Parte Jardim Paineiras, Jardim Pinheiros, Jardim Carlos Gomes, Jardim Planalto, I.A.P.C., Chácara São Geraldo, Planalto, Vila Silva Teles, (fecha) Chácara da Barra.	26	Diária	Noturno	Diurno	3ª e 6ª feira
	Santa Marcelina, Parque Nova Campinas, Condomínio Parque Nova Campinas, Bairro das Palmeiras-P 4, Sítio Recreio Gramado, Chácara Alto da Nova Campinas, Bairro das Palmeiras-P 3, Bairro das Palmeiras-P 2, Parque da Hípica, Bairro das Palmeiras-P1, Jardim Florina, Vila Brandina, Parte Jardim Paineiras, Parte Jardim Flamboyant, Jardim Alto da Barra, Jardim Boa Esperança, Vila Tofanelo, (fecha) Jardim Moreira.	28	Diária	Noturno	Diurno	3ª e 6ª feira
SD-05	Vila Lídia, Parte do Bosque, Vila Izabel, Vila Jequitibás, Jardim Primavera, Parte Jardim Proença, Jardim Paulistano, Jardim Meireles.	16	Diária	Noturno	Diurno	3ª e 6ª feira
	Jardim New York, Jardim Carlos Lourenço, Jardim Santa Eudóxia, Vila Orozimbo Maia, Jardim São Fernando, Vila Lemos, Jardim Baronesa, Parte Jardim Guarani, Jardim Ouro Branco, Jardim Novo São José, (fecha) Jardim Proença.	18	Diária	Noturno	Diurno	3ª e 6ª feira
SD-06	Bairro do Frontão, Vila Siqueira, Vila Columbia, Cambuí, Vila Heloísa, Vila Elizabeth, Vila Estanislau, (fecha) Parte do Centro.	22	Diária	Noturno	Diurno	3ª feira
	Jardim Eliza, Vila Isa, Jardim Belo Horizonte, Jardim São Rafael, Parte do Cambuí, Vila Jaime Badia, Vila Lane, [Fecha] Vila Itapura.	5	Diária	Noturno	Diurno	3ª feira

SN-02	Centro Barão Geraldo, Estrada da Rhodia, Cidade Universitária I, Centro Medico, Cidade Universitária II, Praça Sergio da Silva Porto e Unicamp.	72	Diária	Diurno	Noturno	3ª e 6ª feira
	Jd. Flamboyant, Parque Brasília, Vila Lafayette, Alto da Colina, 31 de Março, Boa Esperança, Jardim Conceição, Jardim Lídia, Jardim Santa Inês, Jardim Medalina, Residencial Vila Verde, Residencial Anhumas, parte Santana, Residencial Jenes, Parque Rural, Fazenda Santa Cândida.	75	Diária	Diurno	Noturno	3ª feira
SD-07	Cidade Jardim, Vila Pompéia, Jardim Ipiranga, Jardim Anchieta, Jardim Campos Elíseos, Jardim Paulicéia.	14	Diária	Noturno	Diurno	4ª feira
	Jardim Londres, Vila Castelo Branco, P II Pl, Vila Padre Manoel da Nóbrega, Jardim Garcia II, Jardim Garcia I,	11	Diária	Noturno	Diurno	4ª feira
SD-08	Vila Mimosa, Parte do Lago I, Jardim Amália, Jardim Aerocontinental, Jardim Maria Eugênia, Jardim das Bandeiras I, Country Ville, Chácara Campos Elíseos, parte do Jardim São José.	33	3ª 5ª e Sáb.	Diurno	Diurno	4ª feira
	Vila Rica, Novo Campos Elísios, Parte do Jardim Santa Lúcia e Parte do Campos Elísios.	55	3ª 5ª e Sáb.	Diurno	Diurno	4ª feira
	Jardim Novo Campos Elíseos, P6 Jardim Novo Campos Elíseos, P5 Jardim Novo Campos Elíseos, P1, Jardim Alvorada, Parque Ipiranga, Jardim Bordon, Jardim Márcia, parte do Jardim Yeda, parte da Vila Palácio, Jardim Capivari, Vila Regina, parte do Jardim Indianópolis.	37	3ª 5ª e Sáb.	Diurno	Diurno	4ª feira
SD-09	Parte do Jardim Ieda, parte da Vila Palácio, Jardim Santa Lúcia parte II, Parque Residencial Vila União.	45	3ª 5ª e Sáb.	Diurno	Diurno	4ª feira
	Jardim Ipaussurama, Vila União III, Vila União II, parte do Jardim Santa Lúcia, parte do Jardim Novo Campos Elísios, Jardim Tropical	59	3ª 5ª e Sáb.	Diurno	Diurno	4ª feira
	Jd. Londres, Jardim Roseiras, Vila Perseu Leite de Barros, parte do Jardim Novo Campos Elísios, parte do Jardim Tropical e parte do Jardim Campos Elísios.	67	3ª 5ª e Sáb.	Diurno	Diurno	4ª feira
SN-01	Real Parque, Bosque do Barão Geraldo, Parque Ceasa, Jardim São Gonçalo, Chacaras Recreio Barão, Jardim América, Independência, Jardim Tupã, Parque Residencial Burato, Santa Luzia, Vila Modesto Fernandes.	71	Diária	Diurno	Noturno	4ª e sab
SD-10	Parte do Jardim do Trevo, Jardim Nova Europa, Parque da Figueira, Vila Campo Sales, Parque São Martins.	34	2ª 4ª e 6ª feira	Diurno	Diurno	5ª feira
	Parte do Jardim São Bernardo, Jardim São Paulo, Vila Santana, Parque Itália, Parte Vila João Jorge, Jardim Leonor, Vila São José, Vila Rialto, Parte da Vila Industrial, Parte Vila São Paulo, Jardim Dom Vieira, Vila Paulino Rodrigues, [Fecha] Parte do São Bernardo.	1	Diária	Noturno	Diurno	5ª feira
SD-11	Jardim São Gabriel, Vila Formosa, Jardim São Vicente, Jardim Centenário, Parque do Cisnes, Chácara São Domingo, Jardim Bom Sucesso, Jardim Tupi, Jardim São Pedro, Alberto Simões, Jardim Estoril, Jardim Monte Líbano, Jardim Esmeraldina, Chacaras Buriti, Jardim Aliança, Jardim Maisa, Jardim Samambaia.	32	2ª 4ª e 6ª feira	Diurno	Diurno	5ª feira
	Jardim Antonio Vanzubem, Vila Ipê, Jardim Amazonas, Parque Jambeiro II, Chácara São Martinho, Condomínio Santa Judith, Jardim Cuedalla.	46	2ª 4ª e 6ª feira	Diurno	Diurno	5ª feira
SD-12	Parte do Jardim das Oliveiras IV, Jardim das Oliveiras III, Vila Antonio Lourenço, Vila Jorgina, Vila Progresso, Vila Santa Odila, Vila Carminha, Vila Curadar, Vila Santo Espedito, Jardim Pita parte do Condomínio Parque Prado.	40	2ª 4ª e 6ª feira	Diurno	Diurno	5ª feira
	Cemitério da Saudade, parte da Vila Marieta I, Vila Marcio Tulli, Jardim Okita, Jardim das Oliveiras, Vila Joaquim Inacio, Vila Marieta II, Vila Carlito, Chácara Prado, parte do Jardim Nova Europa.	38	2ª 4ª e 6ª feira	Diurno	Diurno	5ª feira

	Parte Vila São Paulo, Parte Vila João Jorge, Ponte Preta, Chácara Santo Antonio da Saudade, Parte da Vila Marieta, (fecha) Vila Futurama.	16	Diária	Noturno	Diurno	5ª feira
SN-03	Vila Santa Izabel, Jardim J. Afire, Vila São José, Jardim José Martins, Vila A. Pataró, Jardim Faim José Peres, Chácara Inês, Chácara Belvedere, Chácara Santa Margarida, Chácara Santa Luzia, Jardim Alto da Cidade Universitária, Jardim do Sol, Chácara Marajó, residencial Terras do Barão, Chacaras Boa Sorte, Chácara Hollandia, Vila Lutécia, Solar de Campinas, Parque Rio das Pedras, Residencial Barão do Café.	73	Diária	Diurno	Noturno	2ª e 5ª feira
SD-04	Jardim Guarani, Parte Jardim Paranapanema, Nova Campinas, Jardim Itamarati, Jardim Bom Retiro, Alto Cambuí, Jardim Marília, Jardim Lumem Christ, Parte Jardim Paineiras, Jardim Pinheiros, Jardim Carlos Gomes, Jardim Planalto, I.A.P.C., Chácara São Geraldo, Planalto, Vila Silva Teles, (fecha)Chácara da Barra.	26	Diária	Noturno	Diurno	3ª e 6ª feira
	Santa Marcelina, Parque Nova Campinas, Condomínio Parque Nova Campinas, Bairro das Palmeiras-P 4, Sítio Recreio Gramado, Chácara Alto da Nova Campinas, Bairro das Palmeiras-P 3, Bairro das Palmeiras-P 2, Parque da Hípica, Bairro das Palmeiras-P1, Jardim Florina, Vila Brandina, Parte Jardim Paineiras, Parte Jardim Flamboyant, Jardim Alto da Barra, Jardim Boa Esperança, Vila Tofanelo, (fecha) Jardim Moreira.	28	Diária	Noturno	Diurno	3ª e 6ª feira
SD-05	Vila Lidia, Parte do Bosque, Vila Izabel, Vila Jequitibas, Jardim Primavera, Parte Jardim Proença, Jardim Paulistano, Jardim Meireles.	16	Diária	Noturno	Diurno	3ª e 6ª feira
	Jardim New York, Jardim Carlos Lourenço, Jardim Santa Eudoxia, Vila Orozimbo Maia, Jardim São Fernando, Vila Lemos, Jardim Baronesa, Parte Jardim Guarani, Jardim Ouro Branco, Jardim Novo São José, (fecha) Jardim Proença.	18	Diária	Noturno	Diurno	3ª e 6ª feira
SD-13	Jardim do Lago, Parque Industrial, Jardim do Parque, Vila Anhanguera I e II, Jardim Santa Vitória, Vila São Bento, Parque Campinas, Vila Manoel Ferreira, Jardim Miranda, Jardim Dom Nery, Fundação Casa Popular, Jardim Angela Maria, [Fecha] Parte do São Bernardo.	2	Diária	Noturno	Diurno	6ª feira
	Parte Vila Industrial, Chácara Arvore Grande, Vila Helena, Vila Segalho, Vila Santa Maria, Vila Tupinambá, Vila Saturna, Vila Dias, Vila Eurocam, Vila Presidente Dutra, Vila Teixeira, Vila Santa Ângela, Guilherme, Jardim Bonfim, Vila Itália, Vila Fortuna, Vila Iapi, Nova Vila Teixeira, [Fecha] Vila Proost de Souza.	3	Diária	Noturno	Diurno	6ª feira
SN-02	Centro Barão Geraldo, Estrada da Rhodia, Cidade Universitária I, Centro Medico, Cidade Universitária II, Praça Sergio da Silva Porto e Unicamp.	72	Diária	Diurno	Noturno	3ª e 6ª feira
SD-14	Joaquim Egidio, Condomínio do Hermitage PIII PII PI, Colina das Nações, Jardim Belmonte, Jardim Martineli Souzas, Jardim Atibaia, Jardim Botânico PII PI, Jardim Sônia, Adriano Couto de Barro, Jardim Janete, Jardim Rosana, Vila Bourbon, Arboreto Jequitibás, Jardim Ana Luiza PII, Vila Santana, Parque das Hortências, Parque Imperador	43	2ª 4ª e 6ª	Diurno	Diurno	Sábado
	Jardim Conceição, Imperial Parque, Vila Jardim Iório, Ari Claude de B. Penteado Vila Residencial, Residencial Cândido Ferreira, Jardim Solirama, Vila Santa Rita, Parque Jatibaia, Nova Souza, Souzas Parque, Bosque Irapuã, Fazenda Santo Antonio do Maracajú.	44	2ª 4ª e 6ª	Diurno	Diurno	Sábado
SD-15	Parte do Chapadão, Parte do Bonfim, Parte do Castelo, Parte Jardim Bandeirantes, [Fecha] Vila Proost de Souza.	8	Diária	Noturno	Diurno	Sábado
	Vila Ferreira Jorge, Parte do Bonfim, Parte Vila Andrade Neves, Jardim Guanabara, Cia Mac Hard, Parte Vila Itapura, [Fecha] Jardim Botafogo.	7	Diária	Noturno	Diurno	Sábado

SD-16	Jardim Eulina, Jardim Eulina I E II , Parte do Jardim Chapadão, Jardim 4º Centenário, Jardim Bandeirantes, Jardim do Vovô Jardim Pacaembu.	9	Diária	Noturno	Diurno	Sábado
	Jardim Aurélia, Chácara Cneo, Residencial Bandeirantes, Jardim Magnólia, Jardim Interlagos, Vila Padre Anchieta, Vila Aparecida, Distrito Nova Aparecida, (fecha) São Judas Tadeu.	13	Diária	Noturno	Diurno	Sábado
SN-01	Real Parque, Bosque do Barão Geraldo, Parque Ceasa, Jardim São Gonçalo, Chacaras Recreio Barão, Jardim América, Independência, Jardim Tupã, Parque Residencial Burato, Santa Luzia, Vila Modesto Fernandes.	71	Diária	Diurno	Noturno	4ª e sab
	Jd. Flamboyant, Jardim Andorinha, Jardim Itatiaia, Jardim Itaiu, Paranapanema e Jardim Tamoio.	74	Diária	Diurno	Noturno	4ª e sab
SND-01***	Centro e Parte Jardim Botafogo.	20	Diária	Noturno	Noturno	Diário
	Parte do Centro, Vila Itapura, Jd. América	21	Diária	Noturno	Noturno	Diário

* SD – Seletiva diurna

** SN – Seletiva noturna

*** SND – Seletiva noturna e diurna

Fonte: Elaborado a partir de material não publicado fornecido pela Prefeitura de Campinas (s/d).

Anexo II

Média diária da coleta de reciclável por setor e distância percorrida em março de 2005

Caminhão (C) ¹	Dia da Semana	Identificação da Seletiva Diurna e noturna	Relação com o setor domiciliar	Massa coleta da (kg)	Massa total do setor (kg)	Percurso do setor da coleta (km)	Percurso total do setor (km)	Média de coleta no setor (kg/km)
C1	S e g u n d a	SD1	sd78	975	1.540	50	168	9,2
C1		SD1	sd 15	565		22		
C2		SD2	sd 76	455	802,5	52,3	165	4,9
C2		SD2	sd 25	347,5		42,3		
C3		SD3	sd 12	785	1.695	41	158,5	10,7
C3		SD3	sd 10	910		35,8		
C4		SN3	sd 73	2.888	2.888	105,2	180,25	16,0
C1	T e r ç a	SD4	sd 26/28	1.191	1.191	98	128,6	9,3
C2		SD5	sd 16/18	823	823	72,8	117,8	7,0
C3		SD6	sd 22	294	711	17	104,2	6,8
C3		SD6	sd 5	417		19,8		
C4		SN2	sd 72/75	2.418	2.418	97,6	172,4	14,0
C1	Q u a r t a	SD7	sd 14	519	985	30,2	110,4	8,9
C1		SD7	sd 11	466		31		
C2		SD8	sd 33/55	338	574	44,5	186,7	3,1
C2		SD8	sd 37	236		22		
C3		SD9	45/59/67	360	360	55	87	4,1
C4		SN1	sd 72/74	1.005	1.005	63,8	133,6	7,5
C1	Q u i n t a	SD10	sd 34	457	940	54	145,6	6,5
C1		SD10	sd 1	483		31,4		
C2		SD11	sd 32	521	961	33,5	96	10,0
C2		SD11	sd 46	440		28,5		
C3		SD12	sd 38/40	660	1.058	50,8	136,6	7,7
C3		SD12	sd 16	398		21,5		
C4		SN3	sd 73	2.111	2.111	105	168,4	12,5
C1	S e x t a	SD4	sd 26/28	851	851	90	116,5	7,3
C2		SD5	sd 16/18	549	549	88,8	140,8	3,9
C3		SD13	sd 2/3	1.205	1.205	69	99,8	12,1
C4		SN2	sd 72	1.999	1.999	71,8	134	14,9
C1	S á b a d o	SD14	sd43/44	1.518	1.518	74	176,5	8,6
C2		SD15	sd 8	356	655	37,5	106,5	6,2
C2		SD15	sd 7	299		17		
C3		SD16	sd 9/13	528	528	76	119	4,4
C4		SN1	sd 71/74	1.006	1.006	78,8	147	6,8

C¹ = Caminhão 1; caminhão 2; caminhão 3 e caminhão 4 utilizados pela PMC/Contratada na coleta seletiva domiciliar.