CENTRO UNIVERSITÁRIO UNA
Mestrado em Turismo e Meio Ambiente

Nícia Beatriz Monteiro Mafra

Gestão integrada de resíduos sólidos e a relação entre coleta seletiva e a logística reversa de embalagens longa vida no Estado de Minas Gerais

Belo Horizonte
2011

Nícia Beatriz Monteiro Mafra

Gestão integrada de resíduos sólidos e a relação entre coleta seletiva e a logística reversa de embalagens longa vida no Estado de Minas Gerais

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Turismo e Meio Ambiente do Centro Universitário UNA, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Turismo e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Gestão Ambiental

Orientadora: Profa. Dra. Wanyr Romero Ferreira

Belo Horizonte

Centro Universitário UNA

2011

Agradeço ao meu pai Artur, minha mãe Magaly e a minha irmã Tereza, por formarem uma família onde cresci cercada de livros e pelo bom hábito da leitura, pela curiosidade da pesquisa, e, por assim como eu, adorarem viajar e desvendar culturas. Talvez venha daí a minha paixão pelo papel e pela reciclagem, sempre valorizando a história das coisas e aqueles que fazem parte dela.

Aos professores da UNA com os quais compartilhamos conhecimentos, experiências, dúvidas e exercitamos a difícil tarefa de decifrar os conceitos de gestão ambiental.

Ao Prof. Hiram Sartori por ter me introduzido no mundo da gestão dos resíduos sólidos em minha primeira especialização e por aceitar compor a banca examinadora deste trabalho.

Agradeço também a minha família "papeleira", desde os empresários do Sinpapel, aos funcionários das indústrias de papel, aos pesquisadores, aos catadores, aos meus parceiros de trabalho da associação Appara. À equipe da Fundação Israel Pinheiro pela parceria e pelas informações que compartilhamos.

Em especial a toda equipe de meio ambiente da Tetra Pak por apostarem na realização do trabalho em Minas Gerais, por toda contribuição e parceria.

E não poderia deixar de registrar aqui a minha gratidão a todos os mentores espirituais pela inspiração, firmeza e força para continuar lutando neste caminho, cada dia mais árduo, por um mundo melhor e sustentável, onde devemos praticar o cuidado como um ato de amor. Em especial ao Cristian pelo acolhimento e carinho.

Aos meus filhos, Lucas e Leandro, por representarem o exercício do mais profundo amor, pois assim compreendi o sentido intrínseco da sustentabilidade.

RESUMO

O ciclo físico de um produto é uma seqüência de transformações de materiais e energia que inclui a extração de matérias-primas, fabricação, distribuição, utilização, recuperação de materiais, reciclagem e reuso, também denominado ciclo de vida do produto. Todas as formas de consumo pressupõem a geração de resíduos em um sistema altamente complexo, proporcional ao desenvolvimento de tecnologias característica da atualidade, onde pode-se dar alto destaque às embalagens.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU), ou todos os resíduos domiciliares e de limpeza urbana compreendem uma grande variedade de temas interligados tais como a logística reversa, a coleta seletiva, a atuação dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, da compostagem, da recuperação energética, das formas de disposição adequada, dentre outros.

Além de abordar a coleta seletiva pelo viés científico, este trabalho procura verificar os aspectos da viabilidade econômica da reciclagem de embalagens longa vida, verificando como a logística reversa pode contribuir neste sentido. Porém, sem deixar de se ater às questões sociais relativas à participação da população consumidora, da administração pública, e, dos aspectos relevantes relacionados à participação dos catadores de materiais recicláveis, ou agentes ambientais, movimento crescente desde 1999 no Brasil.

A empresa Tetra Pak figura como um caso representativo no cenário escolhido, em relação as ações de sustentabilidade e ciclo de vida do produto, pois ainda contribui quase como única empresa na produção de embalagens cartonadas no Brasil. O termo embalagens longa vida (ELV) é o adotado para a denominação deste material, por garantirem a longevidade dos produtos embalados, apesar de embalagens cartonadas figurar como referencia técnica ao produto.

A possibilidade de reciclar materiais só existe se houver demanda por produtos gerados pelo processamento destes, ou seja, é uma atividade diretamente relacionada ao mercado, ou cadeia dos recicláveis. Portanto, é adequado, no planejamento para implantação da coleta seletiva em um município, buscar todas as referências de recicladores, depósitos, comércio, indústrias, ou seja, de todos os atores da cadeia da reciclagem, para que o ciclo se feche adequadamente.

No levantamento de dados e consolidação das informações para atingir os objetivos deste trabalho fica clara a inexistência de uma norma que balize a geração de informações sobre os resíduos sólidos no Brasil, sendo de extrema importância a criação de um sistema de informações.

Muitas mudanças e interferências são urgentes como a necessidade do aumento do nível de informação da população, a formação de um contingente de técnicos com capacidade de gestão, o incremento a tecnologias inovadoras e adequadas às realidades locais, as responsabilidades compartilhadas com revisão dos aspectos tributários e legais que envolvem a cadeia da reciclagem, a criação incentivos para instalação de novas indústrias recicladoras e descentralizadas. Acima de tudo é extremamente necessária uma profunda mudança no padrão do comportamento de consumo da sociedade atual.

Palavras-chave: gestão integrada, resíduos sólidos, logística reversa, embalagens longa vida.

ABSTRACT

The physical cycle of a product is a sequence to transforming materials and energy that includes the extraction of raw materials, manufacturing, distribution, use, material recovery, recycling and reuse, also called the product life cycle. All forms of consuming require the waste generation in a highly complex system, proportional to the characteristic development by technologies nowadays, where you can give high emphasis on packaging.

The municipal solid waste (MSW), or all household waste and street cleaning include a wide range of interconnected issues such as reverse logistics, selective collection, the performance of the waste pickers for reusable and recyclable materials, composting, energy recovery, proper disposal, among others.

In addition to addressing the selective collection for scientific point of view, this study seeks to verify aspects of the economic feasibility of recycling cartons, and see how reverse logistics can contribute to this. However, while sticking to social issues concerning the participation of consumers, public administration, and the relevant aspects related to the waste pickers participation in collecting recyclable materials, like environmental agents, growing movement in Brazil since 1999.

Tetra Pak Company is a representative case in the chosen scenario justified by the actions in sustainability and life cycle of the product, and it still contributes almost as the only company in the production of cartons in Brazil. The term cartons (ELV) is the name adopted for this material, to ensure the longevity of packaged products, though cartons included as a reference to the technical product.

The possibility of recycling materials only exists if there is demand for these products generated by processing that is an activity directly related to the market, or chain of recyclables. It is therefore appropriate, in planning for selective collection implementation in a town, get all the references of recyclers, deposits, trade, industries, ie, all actors in the chain of recycling, so that the cycle is closed properly.

In the data collection and consolidation of information to achieve the objectives of this study there are a lack of a clear standard for guiding the generation of information about solid waste in Brazil, and it is extremely important to create an information system.

Many changes and interferences are urgent as the need to increase the level of public information, the formation of a technicians contingent with management capacity, increasing the innovative and appropriate technologies to local realities, responsibilities shared with the tax aspects and review law involving the recycling chain, creating incentives for installation of new recycling industries and decentralized. Above all it is desperately needed a profound change in the pattern of consumer behavior in today's society.

Keywords: integrated management, solid waste, reverse logistics, long-life packaging.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Ciclo de Vida do Produto – Fonte: Tetra Pak (2010) 13

FIGURA 2 - Balanço de massa na reciclagem de embalagens longa vida. Fonte: Zuben, 1999..... 16

FIGURA 3 - Esquema representativo da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos. Fonte: FEAM, 2010. 21

FIGURA 4 - Mapa proposta de agrupamentos dos municípios de Minas Gerais em 51 ATO's. Fonte: FEAM, 2010 (CD ROM). 23

FIGURA 5 - Legenda: Municípios pólo dos ATOs MG. Fonte: FEAM, 2010 CD ROM. 23

FIGURA 6 - Ciclo de produção e consumo - fonte de resíduos/fluxos - alternativas de disposição. Fonte: adaptado de Fuller e Allen (1995, p.244 - in: Leite, 2009)..... 38

FIGURA 7 - Subsistemas de recuperação dos bens. Fonte: Adaptado de Fuller e Allen (1995, p.246 - in: Leite, 2009) 39

FIGURA 8 - Estrutura das camadas da embalagem cartonada multicamada. 1- polietileno, 2- papel, 3- polietileno, 4-alumínio, 5- polietileno, 6-polietileno. (Fonte: Tetra Pak, 2008). 40

FIGURA 9 - Representação do sistema de produto confome a norma ISO 14040:2006, seção 4.4. Fonte: BARBIERI & CAJAZEIRA, 2009. 45

FIGURA 10 - Representação do ciclo de vida das embalagens longa vida - Tetra Pak. Fonte: Tetra Pak, 2011. 46

FIGURA 11 - Plantas recicladores no Brasil. Fonte: Tetra Pak, 2011. 49

FIGURA 12 - Aspectos mais importantes a serem considerados na definição do sistema a ser estudado. 50

FIGURA 13 - Representação de um sistema dinâmico, de acordo com o software Stella.54

FIGURA 14 - Passos para construção de um modelo sistêmico 55

FIGURA 15 - Construção de um modelo mental simulado pelo Software STELLA. 56

FIGURA 16 - Destinação final de RSU na Região Sudeste. Fonte: Pesquisa ABRELPE, 2010..... 59

FIGURA 17 - Média da composição gravimétrica da coleta seletiva. 60

FIGURA 18 - Situação do Tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Minas Gerais. Fonte: Programa Minas sem Lixões, FEAM. 63

FIGURA 19 - Legenda por cores da representação no Mapa de Minas Gerais da situação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos dos municípios. 64

FIGURA 20 - Síntese dos municípios atendidos por programa de coleta seletiva. Adaptado pela autora de: CICLOSOFT, FIP (2010/2011) 66

FIGURA 21 - Modelo de gestão de coleta seletiva de embalagens longa vida aplicando o software STELLA. 74

FIGURA 22 - Gráfico gerado pelo sistema. 74

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Fonte: FEAM, 2010 - CD ROM. 22

TABELA 2 - Fonte: Plano Preliminar da PNRS, setembro de 2011. 35

TABELA 3 - Fonte: Tetra Pak, 2011. 48

TABELA 4 - Fonte: PPNRS (2011) Elaborado a partir de DATASUS (2011) e IBGE (2002, 2010a) 58

TABELA 5 - Fonte: FEAM, 2010. 63

TABELA 6 - Fonte: SLU - PBH, 2003 69

Tabela 7 - Fonte: SNIS, 2008 p.105. 70

Tabela 8 - Projeção estimada para geração de RSU, coleta seletiva e fração de ELV. Fonte: autora. 70

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Taxas de reciclagem das embalagens Tetra Pak (em %). Fonte: Tetra Pak (2011). 47

GRÁFICO 2 - Evolução do preço da embalagem longa vida pós-consumo (R$/tonelada) Fonte: Tetra Pak (2011). 47

GRÁFICO 3 - Panorama do tratamento e/ou disposição final dos RSU em MG, % da população urbana atendida segundo Tipologia por SUPRAMs. Fonte: FEAM (2010) Adaptado. 64

GRÁFICO 4 - Porcentagem dos municípios de Minas Gerais em relação ao porte populacional - número de habitantes. Fonte: IBGE 2010, adaptado pela autora. 67

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 - Fotografias do trabalho de amostragem e caracterização do lixo realizado em Eloi Mendes, MG, 2002. 27

FOTO 2 - exemplos de pontos de entrega voluntária em Belo Horizonte. Fonte: Superintendência de Limpeza Urbana da Prefeitura - SLU 29

FOTO 3 - Desagregação de embalagens longa vida em baixa e alta consistência no hidrapulper. Fonte: NEVES, 2009. 41

FOTO 4 - Polietileno e Alumínio apos operação de extração de fibras. Fonte: NEVES, 2009 41

FOTO 5 - Placas e telhas produzidas no processo de reciclagem dos rejeitos de alumínio e polietileno. 42

FOTO 6 - Produtos feitos com reciclagem de alumínio e polietileno termo prensados. Fonte: NEVES, 2001. 42

FOTO 7 - Produtos feitos a partir do polietileno e alumínio. Fonte: NEVES, ... 43

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ATO	Arranjo Territorial Ótimo
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais
CETEA-ITAL	Centro de Tecnologia de Embalagem do Instituto de Tecnologia de Alimentos
CIISC	Comitê Interministerial de Inclusão dos Catadores de Materiais Recicláveis
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
DATASUS	Bando de Dados do Sistema Único de Saúde
EET	*Environmental Edging Technology*
ELV	Embalagens longa vida
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FIP	Fundação Israel Pinheiro
FSC	*Forest Stewardship Council*
FSC BRASIL	Conselho Brasileiro de Manejo Florestal
GIRSU	Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos
GRSU	Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEMA	Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INSEA	Instituto Nenuca de Desenvolvimento Sustentável
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO	*International Organization for Standardization*
LEV	Locais de Entrega Voluntária
MCIDADES	Ministério das Cidades
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MNCR	Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis
NBR	Norma Brasileira
OSCIP	Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional de Amostragem por Domicílios
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos (versão Preliminar)
RCP	Resíduos de Construção e Demolição
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMAD	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SETAC	*Society of Environmental Toxicology and Chemestry*
SISEMA	Sistema Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SUPRAM	Superintendência Regional de Regularização Ambiental
UNEP	*United Nations Environment Programme*
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNICEF	*United Nations Children's Fund*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
2. Objetivo 12
3. Referencial Teórico 13
4. Conceitos e definições 18
   4.1. Disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos 18
   4.2. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) 19
   4.3. Origem e composição do lixo 24
   4.4. Caracterização do lixo 25
   4.5. Segregação de materiais - Reciclagem e Coleta Seletiva 27
   4.6. Usinas de Triagem e Compostagem 30
   4.7. Participação das organizações de catadores 30
   4.8. Resultados financeiros da reciclagem 36
   4.9. O fator logístico 38
   4.10. Os mecanismos de gestão desenvolvidos pela Tetra Pak no Brasil 39
      4.10.1. Processos de reciclagem 40
      4.10.2. A influência da educação ambiental para a coleta seletiva 43
      4.10.3. Análise do ciclo de vida do produto (ACV) 44
      4.10.4. As metas de recuperação de embalagens longa vida x taxa de reciclagem 46
5. Metodologia 50
   5.1. Fontes de dados para consulta 51
      I. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) 51
      II. Pesquisa CICLOSOFT 52
      III. Sistema Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais - SISEMA .. 52
      IV. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 52
      V. Programa “Minas sem Lixões” 53
      VI. Plano Nacional de Resíduos Sólidos - versão preliminar 2011 53
      VII. Panorama do Saneamento Básico no Brasil - versão preliminar 2011 53
   5.2. Sistemas 54
   5.3. Desenvolvimento do modelo em estudo 56
6. resultados e discussão 58
   6.1. A geração de resíduos e a capacidade de recuperação dos recicláveis 58
   6.2. A situação da disposição final e da coleta seletiva no Estado de Minas Gerais .. 62
      6.2.1. A situação de Belo Horizonte 68

6.3. A sustentabilidade econômica e ambiental das embalagens longa vida em relação a geração de trabalho e renda 70

6.4. Experimentação da modelagem de sistemas como ferramenta para projeção da coleta seletiva 72

7. Conclusão 75

8. Referências BIBLIOGRÁFICAS 77

ANEXO A - TABELA A.1 - Municípios de Minas Gerais com coleta seletiva implantada. Fonte: Fundação Israel Pinheiro adaptado pela autora.

TABELA A.2 - Municípios mineiros com Usina de Triagem e Compostagem e estimativas de geração de RSU e prospecção de ELV pós-consumo. Fonte: Programa Minas sem Lixões adaptado pela autora.

"O fato de projetar embalagens recicláveis
não significa que elas serão recicladas!"

(PEREIRA e SANTOS, 2002)

1. INTRODUÇÃO

A humanidade chegou a um ponto em que todos os processos e ações precisam ser repensados. Segundo BRAGA *et al* (2006), a taxa de crescimento populacional se aproxima de 1,13% ao ano. Segundo os autores, deve-se questionar até quando os recursos naturais da Terra serão suficientes para sustentar esse contingente populacional (BRAGA *et al*., 2006).

Há tempos a comunidade internacional vem sendo chamada a atenção para a necessidade de uma abordagem global para a busca de soluções contra o agravamento de problemas ambientais. Desde 1972 vem evoluindo a questão da abordagem ambiental no mundo através de discussões sobre as crises atual e futura da humanidade, tendo destaque o chamado Clube de Roma, criado por especialistas de diversas áreas, que publicaram o relatório "Os limites do crescimento".

Em 1987 divulgou-se o relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland), que tratou das preocupações, desafios e esforços comuns para a busca do desenvolvimento sustentável, focalizando o papel da economia internacional, o crescimento populacional, a segurança alimentar, a energia, a indústria, o desafio urbano e a necessidade de mudanças institucionais (DIAS, 2002).

Antes da Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que ocorreu no Rio de Janeiro em 1992, vinte anos após a Conferência de Estocolmo, não havia uma delimitação precisa dos papéis dos diferentes atores no processo de gestão ambiental. Acreditava-se que a melhoria do meio ambiente só poderia ser alcançada através de um confronto com as indústrias poluidoras, principalmente aquelas que geravam grandes passivos ambientais (PINTO-COELHO, 2009).

Tradicionalmente, sustentabilidade é relatada com três macro-objetivos: geração econômica de valor, responsabilidade ambiental e responsabilidade social. Estes três objetivos são conhecidos como os pilares da sustentabilidade, ou como o termo em inglês *"triple bottom line"*. Pode significar que as empresas devem gerar resultados financeiros positivos tanto no presente quanto no futuro. Implica em ter responsabilidade com a conservação e o uso sustentável dos recursos e assumir a co-responsabilidade para o desenvolvimento da sociedade. Em outras palavras, as empresas que adotam o conceito de sustentabilidade corporativa devem manejar o equilíbrio entre o compromisso econômico, a preservação ambiental e o desenvolvimento da sociedade, também assumindo a responsabilidade com as atuais e futuras gerações (PEDROSO; BASTOS, 2011).

O grande dilema está em encontrar equilíbrio entre desenvolvimento e sustentabilidade. Nos últimos anos, a sensibilização do público para os aspectos ambientais dos sistemas de produção-distribuição aumenta dramaticamente. A redução dos resíduos tornou-se uma das principais preocupações nos países industrializados (GEORGIADIS, 2005).

Apesar de toda a preocupação da comunidade internacional com a qualidade do meio ambiente, o que acontece na prática, na maioria das vezes, é um desenvolvimento não-sustentável na gestão de resíduos sólidos, pois os métodos para coleta, transporte e depósito de lixo não levam em conta as conseqüências que o mau uso e o tratamento inadequado dos resíduos podem acarretar ao meio ambiente em um futuro bem próximo (ZUTSHI; SOHAL, 2002).

A gestão municipal de resíduos sólidos é uma prioridade para as comunidades urbanas através do mundo (HUANG; CHANG, 2003). O sistema de manejo convencional de resíduos sólidos urbanos foi composto por muitas prefeituras ou empresas como a coleta de lixo e transporte para centros e instalações de eliminação (ZHANG; HUANG; HE, 2011).

No Brasil, durante os últimos vinte e um anos, foi arduamente discutida a elaboração de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, criada pela Lei no 12.305, de 2010 e regulamentada pelo Decreto no 7.404, de 2010, que instituiu e delegou ao Comitê Interministerial - CI, composto por 12 Ministérios e coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente, a responsabilidade de coordenar a elaboração e a implementação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, um dos seus principais instrumentos (BRASIL, 2011).

Segundo a PNRS, no que concerne às responsabilidades dos geradores de resíduos sólidos e do poder público, no Capítulo I, das disposições gerais, "Art. 5^0 - Os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos são responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos" (BRASIL, 2010).

De acordo com as informações contidas nos documentos formulados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, NBR ISO 14040) sobre Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura, a ACV é uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto mediante:

- a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto;
- a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas;
- a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação aos objetivos dos estudos.

A ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (isto é, do "berço ao túmulo"), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as conseqüências ecológicas.

Contudo, são levantadas algumas limitações em relação a aplicação da ACV como mecanismo de gestão ambiental, como a dificuldade em se estabelecer as fronteiras do sistema, seleção das fontes de dados e categorias que na maioria das vezes pode ser subjetiva (MOURAD *et al.,* 2002).

O escopo, as fronteiras e o nível de detalhamento de um estudo de ACV dependem do assunto e do uso pretendido do estudo. A profundidade e a extensão dos estudos podem diferir consideravelmente, dependendo do objetivo em particular. Entretanto, em todos os casos, é conveniente que sejam seguidos os princípios e a estrutura estabelecidos na NBR ISO 14040.

Todos os bens industriais apresentam ciclos de vida útil de algumas semanas ou de muitos anos, após os quais são descartados pela sociedade, de diferentes maneiras, constituindo os produtos de pós-consumo e os resíduos sólidos em geral. As diferentes formas de processamento e de comercialização dos produtos de pós-consumo ou de seus materiais constituintes, desde sua coleta até sua reintegração ao ciclo produtivo como matéria-prima

secundária, são denominados, segundo Leite (2009), de "canais de distribuição reversos de pós-consumo".

Atualmente, a gestão municipal de resíduos sólidos deve ser considerada como um problema de logística reversa na gestão da cadeia de suprimentos (BAUTISTA; PEREIRA, 2006).

Logística reversa é definida pelo Conselho de Gestão de Logística como: o processo de planejar, implementar, e controlar a eficiência, o fluxo de custo-benefício das matérias-primas, o estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas do ponto de origem até o ponto de consumo para fins de conformidade com os requisitos do cliente. Esta definição deriva da logística de frente na cadeia de abastecimento. Na gestão da cadeia de abastecimento, a preocupação principal da logística reversa é a gestão de resíduos, a recuperação de material (reciclagem), recuperação de partes ou de produtos (remanufatura) (POKHAREL; MUTHA, 2009).

A relação entre o ciclo de vida do produto e a logística reversa consiste em considerar o modo como se dará o descarte ou o reaproveitamento de peças e partes componentes do produto ao final do ciclo ainda no processo de desenvolvimento deles (ROGES & TIBBEN-LEMBKE, 1998; BRITO & LEITE, 2000).

Segundo Caldwell (1999), falta um sistema informatizado que permita a integração da logística reversa ao fluxo normal de distribuição. Perceber o valor que pode ser agregado ao se verificar os fluxos reversos de produtos descartados pós-consumo ou pós-venda é uma forma de mobilização para incremento do processo logístico reverso e valoração da reciclagem.

Da preocupação em relacionar a logística à luz das questões ambientais e econômicas é que surge o fluxo reverso dos produtos e também dos resíduos nas suas diferentes formas. Neste contexto, pode-se afirmar que as embalagens são responsáveis pelo impacto ambiental de resíduos sólidos urbanos, uma vez que seu descarte pós-consumo de forma inadequada causa conseqüências desastrosas para a população e o meio ambiente (PEREIRA *et al.,* 2008).

O mercado de embalagens tem crescido significativamente nos últimos anos e produtos de papel e papelão contribuem com uma porcentagem média de 13%, segundo a estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008 (PPNRS, 2011).

Um setor que tem crescido muito nos últimos anos é o das embalagens produzidas com materiais combinados, em que as propriedades de cada material são maximizadas (DANTAS, 2002), e um desses exemplos são as embalagens cartonadas, compostas pela combinação de papel, plástico (polietileno) e alumínio, também denominadas longa vida (SEIDEL, 2004). Durante alguns anos a embalagem cartonada provocou grande impacto ambiental pela dificuldade de separar e reciclar os elementos que compõem o produto (PEREIRA *et al.,* 2008), porém na última década muitas pesquisas foram desenvolvidas e houve grande adequação até que o sistema - ciclo de vida - adquirisse características sustentáveis.

Para que haja um destino ambientalmente adequado a todo material considerado resíduo é necessário o gerenciamento integrado com a busca de soluções mais adequadas a cada tipo de material. O enfoque desta pesquisa é a contribuição dos canais reversos de embalagens cartonadas (longa vida) para a gestão integrada dos resíduos sólidos e a coleta seletiva no Estado de Minas Gerais, tendo como referência a empresa Tetra Pak.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é buscar dados que permitam avaliar a sustentabilidade econômica e ambiental da coleta seletiva no Estado de Minas Gerais no cenário atual, em relação ao ciclo de vida do produto e a logística reversa, verificando como atingir as metas estabelecidas pela Tetra Pak, na prospecção e recuperação de embalagens longa vida pós-consumo.

Os objetivos específicos são:

- ✓ Confrontar dados sobre a geração de resíduos e a capacidade de recuperação dos recicláveis;
- ✓ Estudar a possibilidade de geração de trabalho e renda por meio da logística reversa, especificamente de embalagens longa vida (ELV) pós-consumo, tomando como referência os municípios mineiros onde os dados foram coletados.
- ✓ Experimentar a modelagem de sistemas, usando a ferramenta STELLA, para prospectar os resultados da coleta seletiva no Estado de Minas Gerais, onde foram obtidos dados.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Pinto-Coelho (2009), para diminuir resíduos e retorná-los às cadeias de produção torna-se absolutamente necessária a organização de um movimento de mobilização social que enseja uma mudança de paradigma no perfil do consumidor, na agenda dos políticos e administradores públicos em geral e também numa nova postura dos empresários.

Para atender às novas (porém antigas) necessidades ambientais, foram criados vários métodos e técnicas que pudessem atuar de forma preventiva ou corretiva sobre os impactos ambientais causados pela produção. Uma dessas metodologias, a análise do ciclo de vida, ou ACV, é uma ferramenta capaz de fornecer para as empresas informações necessárias para identificar os impactos causados por seus produtos, e permitir a tomada de decisão sobre o que fazer para minorá-los (SARAIVA *et al*., 2009).

Usada como ferramenta para medir o desempenho ambiental das empresas com foco no produto, indicada por Alting e Legarth (1995), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) segundo ABNT (2001) é a compilação e a avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto[1], ao longo de seu ciclo de vida, como mostra a FIGURA 1, tendo como referência a produção de embalagens longa vida, produzidas pela empresa Tetra Pak.

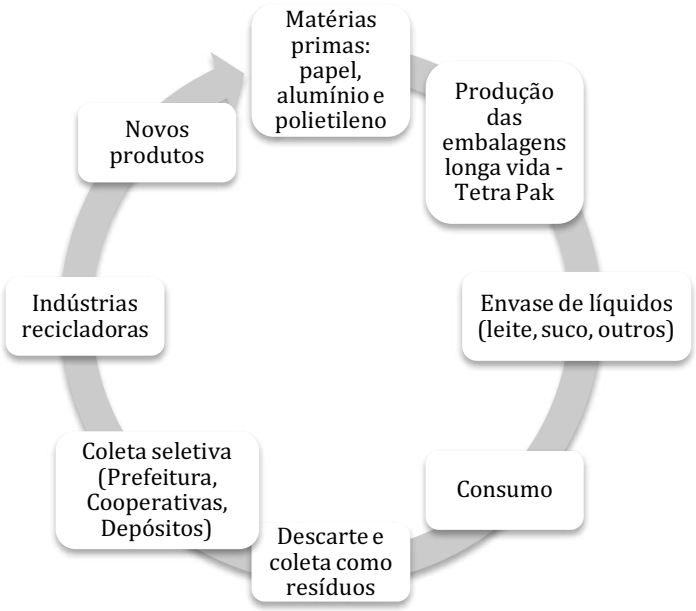


FIGURA 1 - Ciclo de Vida do Produto – Fonte: Tetra Pak (2010)

Mais recentemente surgiu um novo conceito que é chamado de gestão ecológica (PINTO-COELHO, 2009). A gestão ecológica vai além da gestão ambiental, pois é baseada na aplicação do conceito de controle do ciclo nos diversos tipos de atividades humanas e são determinadas variáveis ambientais consideradas críticas que quantificam aspectos como quantidade de lixo, as taxas de reciclagem alcançadas dentro da empresa, o seu consumo de energia, entre outros. Os números são gerados a partir da análise do ciclo de vida dos

[1]O sistema de produto é o conjunto de unidades de processo, conectadas, material e energeticamente, que realiza uma ou mais funções definidas. O termo "produto" usado isoladamente não inclui somente sistemas de produto, mas pode incluir sistemas de serviço (ABNT, 2001).

diferentes tipos de materiais usados na empresa (papel, vidro, plásticos, automóveis, computadores, pilhas e baterias, lâmpadas, etc.). Este plano objetiva melhorar o eco-desempenho global da empresa e não apenas zerar a sua pegada ecológica.

Na relação entre demanda humana e natureza, a pegada ecológica parece ser um importante instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. Segundo Wackernagel & Rees (1996) ela utiliza áreas produtivas de terra e água necessárias para produzir os recursos e assimilar os resíduos gerados por um indivíduo, uma cidade ou uma nação, sob um determinado estilo de vida, aonde quer que esteja localizada. Em outras palavras, a pegada ecológica contrasta o consumo dos recursos pelas atividades humanas com a capacidade de suporte da natureza e mostra se seus impactos no ambiente global são sustentáveis a longo prazo (SILVA; SANTOS, 2007).

De acordo com Dias (2002, p.39) "as mudanças induzidas pelo ser humano ocorrem mais rapidamente e são, geralmente, mais difíceis de serem revertidas. Resolver essas disparidades é o único caminho para se assegurar um futuro mais sustentável para o planeta e para a sociedade".

Alguns estudos mostram que a humanidade está exacerbando a demanda de recursos e serviços e aumentando a geração de resíduos. As ações não têm sido adequadas para conter as pressões impostas pela crescente pobreza, estimada em 4 bilhões de pessoas sobrevivendo com menos de US$ 1 a 2 dólares por dia e dependendo diretamente dos recursos como fonte de renda e sobrevivência. O uso desses recursos não segue, na maioria das vezes, diretrizes sustentáveis que, por conseguinte, afetam o meio natural de maneira mais intensa. É necessário conter o consumo descontrolado dos países desenvolvidos. Diversas avaliações apontam que 1/5 da população mundial, os ricos, consome em excesso, contabilizando aproximadamente 90% do consumo humano total (CIDIN; SILVA, 2007).

A embalagem tem sido o principal ponto de discussão de políticas públicas e grupos ambientalistas rumo à solução do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (FONTEYNE, 2000; LEVY, 2000[a]; PALHARES, 2003; WILLIAMSON, 2000). De um ponto de vista mais amplo, a embalagem não é somente o invólucro para um produto, ela representa a filosofia ambiental da empresa (*apud*[2]: GONÇALVES-DIAS, 2006).

As empresas brasileiras vêm sendo citadas como referências de casos em algumas dimensões de sustentabilidade corporativa. Em 2005, o Brasil foi o líder mundial de reciclagem de latas de alumínio, tendo alcançado o índice de 96,2% de latas pós-consumo. Em relação a papelão a taxa de reciclagem está em 79%. Entre estes casos de reciclagem está o asfalto ecológico feito de pneus e as telhas feitas de plástico e alumínio componentes reciclados das embalagens longa vida (PEDROSO; BASTOS, 2011).

Algumas empresas têm sido contempladas com referências às suas ações de sustentabilidade além da preocupação com toda a cadeia de suprimentos, sendo importante que os fornecedores de insumos sejam certificados.

As embalagens cartonadas, longa vida, são formadas por seis camadas, sendo quatro de polietileno, uma de papel e uma de alumínio, e são 100% recicláveis. São produzidas com uma combinação de papel (75%), plástico polietileno (20%) e alumínio (5%), e até bem pouco tempo tinha sua reciclagem limitada, mas hoje, graças a novas tecnologias, serve como matéria-prima para diversas finalidades. O papel representa a força e rigidez na

[2] WASIK, 1996; WOODS e BEYNON, 2000.

embalagem e é o seu principal componente. O polietileno fornece proteção contra a umidade externa e evita o contato direto entre o alimento e o alumínio. E o alumínio protege contra a luz, ar e possíveis contaminações (PEDROSO; BASTOS, 2011).

A compreensão da cadeia de suprimentos das embalagens assépticas longa vida é primordial em relação a gestão ambiental de todos os seus fornecedores. O termo técnico mais adequado para denominação é embalagens cartonadas pela relação com sua composição, porém, por garantirem a longevidade dos produtos embalados, denominou-se **embalagens longa vida** (ELV).

De acordo com o Relatório de Sustentabilidade (2008-2009) da Tetra Pak, o papel-cartão é um material reciclável que provém de fontes renováveis. Para a composição dos componentes das embalagens cartonadas, as empresas fornecedoras têm o mesmo comprometimento com os preceitos da sustentabilidade, como no caso do papel certificado pelo *Forest Stewarship Council* (FSC).

Segundo o Conselho Brasileiro de Manejo Florestal (FSC BRASIL), o FSC é um sistema de certificação que fornece a validação de florestamento responsável para produtos que sejam originários de florestas certificadas. É uma das formas mais importantes do combate ao desmatamento ilegal no planeta.

Em relação ao plástico na composição das embalagens cartonadas o material usado vem de fontes sustentáveis, sendo usado o polietileno verde de alta densidade produzido a partir da cana-de-açúcar, para a produção das tampas plásticas. Ou seja, o polietileno é obtido de uma matéria-prima renovável e contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa em relação aos processos tradicionais, sendo que 2,5 toneladas de CO_2 deixam de ser emitidas na produção de 1 tonelada deste plástico.

Para o fornecimento de folhas de alumínio, a empresas fornecedoras destacam-se pelos programas de auto-geração de energia elétrica, com 18 usinas hidrelétricas próprias que produzem 70% da energia utilizada na fabricação do alumínio.

As embalagens longa vida, compostas por papel, polietileno e alumínio estão cada vez mais presentes na vida dos consumidores, e com a crescente preocupação ambiental e o aumento do mercado de recicláveis, têm se mostrado extremamente interessante para a cadeia de reciclagem, já que o papel que representa 75% de seu peso é utilizado para a fabricação de embalagens secundárias, como tubetes, além de entrar na composição de papéis reciclados para fins de impressão e fabricação de telhas de fibrocimento como substituto da celulose virgem (SEIDEL, 2004).

Atualmente a reciclagem das embalagens longa vida pós-consumo é feita em fábricas de papel que utilizam as fibras de celulose para fabricação de diversos produtos como caixas de papelão, tubetes, papel para impressão, etc. O polietileno & Alumínio é comercializado e pode ser reciclado de três formas: A) fabricação de placas e telhas, B) extrusão e injeção e servindo como matéria-prima para a fabricação de peças plásticas ou ainda C) recuperação do alumínio metálico com alta pureza no processo a plasma térmico. O processo a Plasma gera também como subproduto a parafina que é comercializada para a indústria química e é usada, por exemplo, para produção de cosméticos e lubrificantes (ZUBEN, 2005)

Basicamente as embalagens longa vida pós-consumo são enviadas para a indústria papeleira. No Brasil, até 2011, são 12 recicladores de papel, 9 produtores de placas e pellets, 2 fabricantes de pellets e 18 fabricantes de placas e telhas. Para que a reciclagem da embalagem seja possível, é necessário que se faça a separação das diversas camadas de materiais que a compõem, sendo feita primeiramente em fábricas de papel, que utilizam

as fibras para a produção dos diversos tipos de papel. A separação é feita em hidrapulper, equipamento utilizado nas indústrias de papel para separação das fibras, ou desagregação. Para desagregar as embalagens não é necessário nenhum tipo de aditivo químico no processo, ou calor (NEVES, 1999).

Depois da extração do papel, restam no processo as aparas de plástico unidas ao alumínio, que seguem três rotas diferentes. Uma parte é destinada à fabricação de telhas, mais baratas que as comuns para a construção civil, e placas que também servem para fabricar móveis e outros produtos. As aparas[3] também podem ser recicladas através do processo de extrusão, quando o alumínio e o polietileno são fundidos e depois transformados em "pellets" - pequenos grãos que servem para o processo de injeção na fabricação de diversos produtos, como canetas, porta-clipes, vasos, brindes em geral (ZUBEN, 1999).

Segundo Zuben (1996), ao se reciclar embalagens longa vida (Tetra Pak) obtém-se uma eficiência de 87% das fibras de papel. A FIGURA 2 apresenta o balanço de massa na reciclagem de embalagens longa vida.

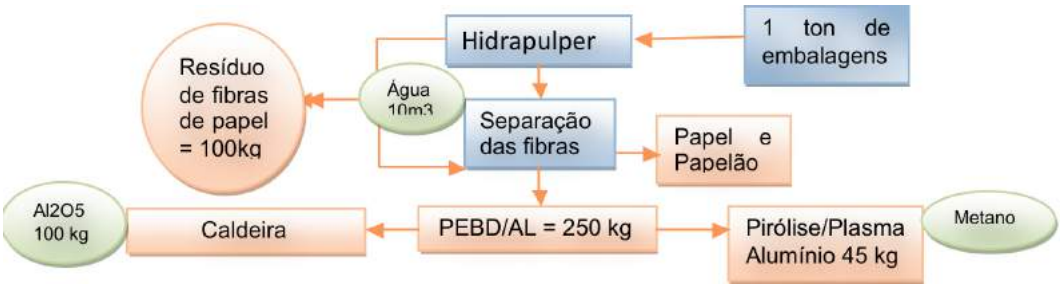


FIGURA 2 - Balanço de massa na reciclagem de embalagens longa vida. Fonte: Zuben, 1999

Um terceiro caminho para transformação das embalagens longa vida em novos produtos representa uma importante inovação. Na unidade de tecnologia a plasma, chamada EET (*Environmental Edging Technology*), em Piracicaba, São Paulo, o plástico e o alumínio são completamente separados e aproveitados como matéria-prima em novas aplicações. Esta tecnologia completamente inovadora foi desenvolvida na Universidade Federal de São Paulo, através da parceria entre as empresas Alcoa, Klabin, Tetra Pak e TSL Ambiental (CEMPRE, 2008).

Apesar da importância do tema, são poucas as publicações que tratam a reciclagem de resíduos humanos no Brasil, menos ainda em relação a embalagens cartonadas. Existem pequenas obras voltadas especificamente para a questão da reciclagem (i.e: NANI, 2008). Muitas publicações técnicas estão disponíveis sobre temas específicos da reciclagem (i.e: PADILHA; BONTEMPO, 1999; ROLIM, 2000; ESMERALDO, 2007; FABI, 2004). É crescente o número de trabalhos acadêmicos tais como dissertações de mestrado ou teses de doutoramento (FIALHO, 1996, PINTO, 1999; VALT, 2004); (*apud:* PINTO-COELHO, 2009)

Apresentado como um dos instrumentos da PNRS, a Logística Reversa é definida no Art. 3o, inciso XII da PNRS como: "o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a

[3] Aparas é a denominação genérica para todas as sobras de papel ou papelão utilizadas para reciclagem. Também é usado o termo para o comércio deste material, comumente denominado de aparistas, já organizados em Associações. A norma ABNT NBR 15483 atualizou a classificação de aparas de papel e papelão ondulado, em 2009.

coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada." Assim, a PNRS também estabelece a responsabilidade compartilhada pelos resíduos entre geradores, poder público, fabricantes e importadores (BRASIL, 2011).

Para abordar as questões relacionadas à logística reversa e reciclagem é necessário entender quais são os diversos atores e etapas do processo, principalmente através de uma análise interdisciplinar. Esta é uma maneira de organizar e produzir o conhecimento, buscando integrar as análises científicas das diferentes dimensões dos fenômenos estudados, com objetivo de superar uma visão fragmentada e especializada do conhecimento, em busca, de uma nova postura de relacionamento com o ato de conhecer (MAGERA, 2003).

Segundo LEITE (2009, p. 47) o produto logístico na logística reversa de pós-consumo é classificado em função de sua vida útil, podendo ser: *durável*, de vida média variando alguns anos e algumas décadas, apresentando a possibilidade de reutilização; *semidurável*, com vida útil variando de poucas semanas a poucos anos, ainda com possibilidade de reutilização; e *descartável*, com vida útil de horas ou semanas e sem possibilidade de reutilização. No caso das embalagens longa vida, as mesmas podem ser consideradas como *semidurável* com poucas possibilidades de reutilização e possibilidades de reciclagem, com transformação em outros produtos ou recuperação das matérias-primas componentes (papel, alumínio e polietileno).

O sistema de reciclagem agrega valor econômico, ecológico e logístico aos bens de pós-consumo, criando condições para que componentes e materiais sejam reintegrados ao ciclo produtivo e substituindo as matérias-primas novas, gerando uma economia reversa. Outros sistemas, como o de reuso agrega valor de reutilização e o de incineração agrega valor econômico pela transformação dos resíduos em energia elétrica.

A reciclagem está inserida em um espaço absolutamente sistêmico como condição de sua própria existência. Há uma inter-relação entre o conjunto de disciplinas científicas, como: a sociologia, economia, história, geografia, política, ecologia, estatística, entre outras. A reciclagem envolve todo o universo da sociedade composto pelo governo, empresas, instituições, trabalhadores, pessoas.

Conforme CAPRA (2002, p.27) sistema é uma combinação de partes que interagem e produzem uma qualidade nova em sua interação. A função de cada um dos componentes da rede metabólica das células é a de transformar ou substituir outros componentes, de maneira que a rede como um todo regenera-se continuamente. É essa a chave da definição sistêmica da vida: as redes vivas criam ou recriam a si mesmas continuamente mediante a transformação ou a substituição dos seus componentes. Sofrem mudanças estruturais contínuas ao mesmo tempo em que preservam seus padrões de organização, que sempre se assemelham a teias. Porém, quando a questão são resíduos, atuar de forma sistêmica é um enorme desafio.

A gestão de resíduos sólidos vem atraindo a atenção de pesquisadores em Modelagem de Sistemas desde a última década (HUANG *et al*., 1998). São vários os trabalhos publicados na área, que abrangem desde a alocação de veículos para a coleta dos resíduos (BHAT, 1996; EVERETT; SHAHI, 1997) até a construção de modelos de avaliação de impacto ambiental provocado pela disposição final dos resíduos que levam em consideração o tipo de disposição, o tipo de resíduo e o local onde foi depositado o mesmo (PERRODIN et at., 2002).

Além de abordar a coleta seletiva pelo viés científico, este trabalho procura verificar os aspectos da viabilidade econômica da reciclagem de embalagens longa vida, verificando como a logística reversa pode contribuir neste sentido. Porém, sem deixar de se ater às questões sociais relativas à participação da população consumidora, da administração pública, e, dos aspectos relevantes relacionados à participação dos catadores de materiais recicláveis, ou agentes ambientais, movimento crescente desde 1999 no Brasil.

Vários conceitos usados como referência aos objetivos específicos neste trabalho, necessários para a compreensão de todos os elos que compõem a cadeia da reciclagem ou o ciclo de vida do produto em estudo - embalagens longa vida, são definidos no capítulo 4 a seguir.

4. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

4.1. Disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos

O termo **resíduo**, originado do latim *residuu* - aquilo que sobra de qualquer substância - passou a ser utilizado como termo técnico e a fazer parte da linguagem habitual em substituição ao desgastado termo "lixo". O adjetivo **sólido** foi adotado para diferenciar de outros tipos de resíduos, como líquidos e gasosos, e o termo urbano, compreende os resíduos sólidos gerados num aglomerado urbano, excetuados os que possuem classificações diferenciadas como resíduos industriais, de serviço de saúde, de construção civil etc. (MARQUES NETO, 2005; DEMAJOROVIC, 1995; BIDONE; POVINELLI, 1999; COUTINHO e CARVALHO, 2007; *apud:* OLIVEIRA, 2011).

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) correspondem aos resíduos domiciliares e de limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana). A "**disposição final**" é entendida como o último local de destino para o qual são enviados produtos, materiais e resíduos em geral sem condições de revalorização. "Disposições finais seguras" são consideradas, sob o ponto de vista ecológico, os aterros sanitários tecnicamente controlados, nos quais os resíduos sólidos de diversas naturezas são dispostos entre camadas de terra. Também pode ser considerada disposição segura a incineração, onde há a revalorização pela queima e extração de energia residual. "Disposição final não controlada" é constituída pela deposição de resíduos em lixões não controlados, ou despejos em córregos, rios, terrenos, etc., que resulta em poluição ambiental (LEITE, 2009).

Lixão ou vazadouro é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos, caracterizada pela simples descarga sobre o solo, sem critérios técnicos e medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. É o mesmo que descarga a "céu aberto", sendo considerada inadequada e ilegal, segundo a legislação brasileira (FEAM, 2009).

Em termos ambientais, os lixões agravam a poluição do ar, do solo e das águas, além de provocar poluição visual. Em termos sociais, os lixões a céu aberto interferem na estrutura local, pois a área torna-se atraente para as populações de baixa renda do entorno, que buscam, na separação e comercialização de materiais recicláveis, uma alternativa de trabalho, apesar das condições insalubres e sub-humanas da atividade. Ainda é relevante, o total descontrole quanto aos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-se, até mesmo, a disposição de dejetos originados dos serviços de saúde, principalmente dos hospitais como também das indústrias.

Comumente ainda se associam aos lixões fatos altamente indesejáveis, como a presença de animais, e problemas sociais e econômicos com a existência de catadores, os quais retiram do lixo o seu sustento e, muitas vezes, residem no próprio local (FEAM, 2009).

Recuperar áreas degradadas por lixões é um processo difícil e oneroso. A Deliberação Normativa COPAM n.º 116/2008 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH n.º 02/2010 trazem as diretrizes para gerenciamento de áreas suspeitas e contaminadas no Estado de Minas Gerais.

Segundo a Norma ABNT, NBR 8419/1992, aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos é a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. Por resíduos sólidos urbanos compreende-se os resíduos gerados num aglomerado urbano, excetuados os resíduos industriais perigosos, hospitalares sépticos e de aeroportos e portos (ABNT, ABR, 1992).

Os aterros sanitários de pequeno porte, segundo a NBR 15849/2010 da ABNT, são aqueles concebidos para recebimento de até 20 toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos (em final de plano) em que, considerados os aspectos físicos locais, a concepção do sistema possa ser simplificada, reduzindo os elementos de proteção ambiental sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

As Usinas de Triagem e Compostagem são utilizadas para a separação manual dos diversos componentes dos resíduos, provenientes da coleta de lixo urbano e não seletiva, que são divididos em grupos, de acordo com a sua natureza: matéria orgânica, materiais recicláveis, rejeitos e resíduos especiais. Nessas unidades é feita a separação dos materiais potencialmente recicláveis, da matéria a ser compostada e dos rejeitos. Os materiais recicláveis, depois de separados, são prensados, enfardados e armazenados para posterior comercialização (FEAM, 2010).

4.2. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Existe uma diferença entre os conceitos de gestão e gerenciamento dos RSU. Para elucidar esta questão utilizam-se os conceitos descritos na Lei no 12.305, de 2 de Agosto de 2101, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010):

> Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU): conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.
>
> Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos: - conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Os dois conceitos muitas vezes são confundidos, não existindo uma separação formal de seus significados (OLIVEIRA, 2011).

O Plano de Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal, também denominado Plano Diretor do Lixo Municipal e Plano de Gestão do Lixo Municipal, é um documento que aponta e descreve as ações relativas ao manejo dos resíduos, contemplando os aspectos

referentes a geração, segregação, acondicionamento, coleta (convencional ou seletiva), armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como proteção à saúde pública (BRASIL, 2000).

Uma das questões relevantes em relação a gestão dos resíduos sólidos é a capacidade limitada de muitos dos municípios, seja pela escassez de recursos humanos capacitados, de recursos financeiros ou de organização. A falta de recursos inclui pessoal especializado para gestão plena, direta e individualizada de alguns dos serviços públicos de sua competência constitucional, entre eles os serviços de saneamento básico. Esse é o quadro, principalmente, dos pequenos e médios municípios de Minas Gerais que têm a maior parte de suas receitas provenientes de repasses da União (FEAM, 2010).

O gerenciamento integrado do lixo municipal é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve (com base em critérios sanitários, ambientais e econômicos), para coletar, segregar, tratar e dispor o lixo de sua cidade (IPT/CEMPRE, 2000).

A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos pode ser entendida como um sistema e deve considerar a ampla participação e inter-cooperação de todos os representantes da sociedade, do primeiro, segundo e terceiros setores, assim exemplificados: governo central; governo local; setor formal; setor privado; ONGs; setor informal; catadores; comunidade; todos geradores e responsáveis pelos resíduos (MESQUITA, 2007).

O modelo de gerenciamento deve ser adequado às características do município, sendo muito importante considerar a quantidade de resíduos gerados em relação ao tamanho da população e suas condições socioeconômicas e culturais, grau de urbanização e hábitos de consumo vigentes. A conscientização da população, através de campanhas e educação ambiental é um dos aspectos que garantirão o sucesso da coleta seletiva.

Para determinar como será a disposição final adequada para os resíduos sólidos urbanos é essencial realizar um diagnóstico para a definição de um modelo de gerenciamento. É de suma importância conhecer a situação do município, tanto na esfera local, quanto estadual e federal. A prefeitura deve saber de suas responsabilidades quanto ao lixo, verificar se existe um Plano Estadual de Resíduos Sólidos no Estado, se existe um Inventário Estadual, se existe o Plano Diretor Regional ou Municipal de Resíduos Sólidos, como está a posição do município em relação a legislação vigente, determinar a necessidade, ou obrigatoriedade da instalação de um aterro sanitário, controlado ou usina de tratamento (IPT/CEMPRE, 2000).

Em Minas Gerais, janeiro de 2009, foi publicada a Política Estadual de Resíduos Sólidos (Lei 18.031), que define a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU) como o "conjunto articulado de ações políticas, normativas, operacionais, financeiras, de educação ambiental e de planejamento desenvolvidas e aplicadas aos processos de geração, segregação, coleta, manuseio, acondicionamento, transporte, armazenamento, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos". A Lei 18.031 aponta o consorciamento como uma forma de se fazer a GIRSU, assim como a DN 118/2008, ancorada pela lei federal 11.107/2005, Lei dos Consórcios Públicos e da Gestão Associadas de Serviços Públicos e seu respectivo regulamento (Decreto 6.017/2007) (FEAM, 2010).

Também a Lei 12.305/2010, no Art.45, estabelece que "Os consórcios públicos constituídos, nos termos da Lei, com o objetivo de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos, têm prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal". Dessa forma, os consórcios públicos

para a gestão dos resíduos sólidos podem ser uma forma de equacionar o problema dos municípios que ainda tem os lixões como forma de disposição final (BRASIL, 2011 p.17).

Conforme o Decreto 7.404/2010 que regulamenta a PNRS, todos os sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos priorizarão a participação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis constituídas por pessoas físicas de baixa renda. Portanto, essas organizações estão integradas aos planos de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos. Assim como a educação ambiental que é parte integrante da Política Nacional dos Resíduos sólidos, tendo como objetivo garantir a conscientização e participação dos consumidores no âmbito da responsabilidade compartilhada (BRASIL, 2010).

Um completo funcionamento da GIRSU, segundo o Plano de Regionalização para Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de Minas Gerias, pode ser ilustrado na FIGURA 3, representando um sistema utilizado para se pensar agrupamentos de municípios em consórcios.

FIGURA 3 - Esquema representativo da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos. Fonte: FEAM, 2010.

A opção pela alternativa dos consórcios parece um dos caminhos adequados e surge como uma perspectiva de equacionar as necessidades na diversificada e complexa realidade brasileira. Assim, os consórcios tem sido apontados como um instrumento que permite ganhos de escala nas políticas públicas e um novo modelo gerencial que pode viabilizar a gestão microrregional, através da discussão de um planejamento regional, da racionalização de equipamentos, a ampliação da cooperação regional, da flexibilização dos mecanismos de aquisição de equipamentos e de contratação de pessoa, além de outras vantagens (FEAM, 2010).

Os consórcios são entidades que reúnem diversos municípios para a realização de ações conjuntas que, se fossem produzidas individualmente, não atingiriam os mesmos resultados ou utilizariam um volume maior de recursos, além de demandar mais tempo. Os consórcios possuem personalidade jurídica na modalidade de associação pública ou pessoa jurídica de direito privado, estrutura de gestão autônoma e orçamento próprio.

Em Minas Gerais, a Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, encomendou um estudo pormenorizado para um Plano Preliminar de Regionalização para a Gestão

Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos, elaborado a partir de dados ambientais, socioeconômicos e de resíduos sólidos urbanos disponíveis, alem de indicadores, cenários e tendências encontradas, para elaborar a proposta preliminar de regionalização dos municípios por meio de Arranjos Territoriais Ótimos - ATO's.

O ATO é um arranjo de municípios baseado exclusivamente em critérios técnicos que influenciam a GIRSU pensando na sustentabilidade regional. Difere-se de um consórcio, ainda que faça uma proposta de regionalização, pois não considera fatores políticos.

Em relação às premissas estabelecidas para a GIRSU podemos verificar que são aspectos complexos e ainda distantes de serem alcançados, porém uma solução viável para gerar subsídios ao alcance dos objetivos e metas traçados nas legislações que regulamentam a PNRSU, seu planejamento e estratégias.

São premissas para a GIRSU propostas no Plano de Regionalização para Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de Minas Gerais, apresentadas na TABELA 1.

Tabela 1 - Premissas para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU)

PREMISSA	JUSTIFICATIVAS
Educação ambiental, coleta seletiva, comercialização de recicláveis, compostagem e inclusão de mão-de-obra de catadores devem ser implementadas em todos os municípios.	A destinação final deve receber o mínimo possível de resíduos, e a população local tem de estar envolvida no processo.
Todos os municípios deve ter um sistema adequado para a destinação final de rejeitos, preferencialmente de forma consorciada.	Por mais que sejam realizadas ações para a redução dos resíduos na destinação final, alguns rejeitos são inevitáveis.
Municípios consorciados devem percorrer o mínimo possível para usar o sistema de GIRSU, sendo o percurso ideal em torno de 30 km.	A distância percorrida pelo caminhão interfere diretamente no custo da GIRSU.
Consórcios devem ter preferencialmente o mínimo de 100 mil habitantes.	O volume de habitantes possibilita a redução do valor *per capta* da GIRSU.
Aproveitamento térmico e energético deve ser explorados quando as condições forem favoráveis.	O aproveitamento energético de RSU é uma alternativa promissora como forma de geração de energia.

TABELA 1 - Fonte: FEAM, 2010 - CD ROM.

Segundo os critérios de agrupamentos em Arranjos Territoriais Ótimos - ATOs, foram levados em consideração para determinação de cidades pólo, o equilíbrio socioeconômico do grupo e o ganho de escala, com a quantidade mínima referencial de 100.000 habitantes por ATO, conforme o mapa FIGURA 4.

Os 51 municípios que representam as cidades pólo dos ATOs são: Aimorés, Alfenas, Almenara, Araguari, Araxá, Barbacena, Belo Horizonte, Bocaiúva, Bom Despacho, Caratinga, Cataguases, Conceição do Mato Dentro, Conselheiro Lafaiete, Curvelo, Divinópolis, Frutal, Governador Valadares, Grão-Mogol, Ipatinga, Itabira, Itajubá, Ituiutaba, Janaúba, Januária, Juiz de Fora, Lavras, Manhuaçu, Montes Claros, Oliveira, Ouro Preto, Pará de Minas, Paracatu, Patos de Minas, Peçanha, Pedra Azul, Pirapora, Pium-i, Poços de Caldas, Ponte Nova, Pouso Alegre, Salinas, São João Del Rei, São Sebastião do Paraíso, Sete Lagoas, Teófilo Otoni, Ubá, Uberaba, Uberlândia, Unaí, Varginha e Viçosa, conforme legenda ampliada e reproduzida na FIGURA 5.

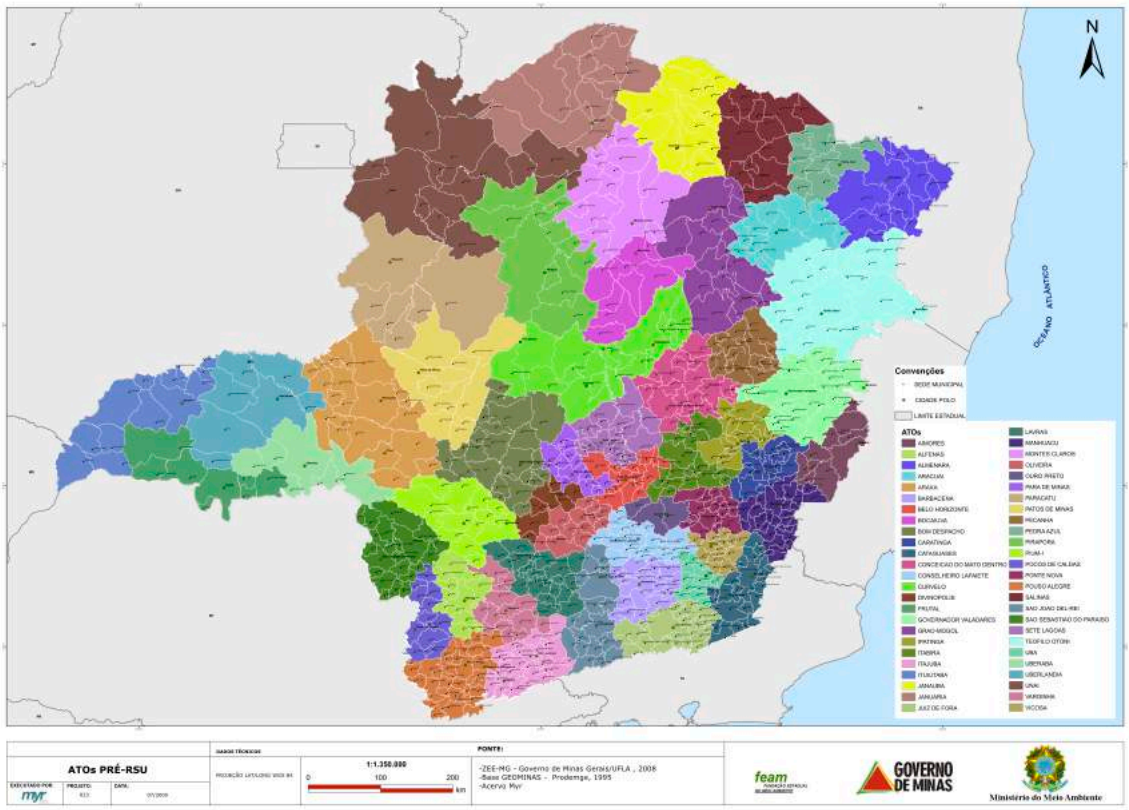


FIGURA 4 - Mapa proposta de agrupamentos dos municípios de Minas Gerais em 51 ATO's. Fonte: FEAM, 2010 (CD ROM).

FIGURA 5 - Legenda: Municípios pólo dos ATOs MG. Fonte: FEAM, 2010 CD ROM.

4.3. Origem e composição do lixo

Para a realização de um Plano de Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal é necessário conhecer quais os tipos de lixo produzidos no município.

Conhecer a composição dos resíduos, tanto do ponto de vista qualitativo quanto do quantitativo, é um dos principais fatores que possibilita um adequado equacionamento da coleta, transporte, tratamento e destinação final, além de permitir equacionar o potencial de reciclagem. Fatores como o clima da região, costumes, práticas econômicas e sociais, nível educacional e número de habitantes podem modificar características dos resíduos produzidos em uma região (LACERDA, 2003).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, na Norma NBR 10004, que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que os resíduos possam ter manuseio e destinação adequados, são resíduos sólidos (3.1):

> "Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, domestica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição."

Ainda segundo a norma, os resíduos são classificados em:

a) Resíduos classe I - perigosos - apresentam risco à saúde pública, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxidade e patogenicidade.
b) Resíduos classe II - não-inertes - podem ter propriedades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Não se enquadram como resíduos classe I ou III.
c) Resíduos classe III - inertes - não têm nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto cor, turbidez e sabor. Exemplo: rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

Segundo IPT/CEMPRE, outra forma de classificação é quanto à origem, ou seja, domiciliar, comercial, varrição e feiras livres, serviços de saúde e hospitalar, portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários, industriais, agrícolas e entulhos.

a) Domiciliar - aquele originado na vida diária das residências, constituído por restos de alimentos (cascas de frutas, verduras, sobras), produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens.
b) Comercial - originado dos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, como supermercados, bancos, lojas, bares, restaurantes, entre outros. Uma característica dos resíduos destes locais é grande quantidade de papel, plásticos, embalagens diversas, copos plásticos, papel toalha.
c) Público - originado dos serviços de limpeza pública urbana, resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de praias, galerias, córregos e terrenos, podas de árvores, corpos de animais, entre outros; limpeza de áreas de feiras livres.

Também são considerados para classificação, os resíduos de serviços de saúde e hospitalar; resíduos de portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários, industrial, agrícola, entulho; porém, para efeito deste trabalho, serão considerados objeto de análise os resíduos gerados no ambiente urbano, ou aqueles de atribuição e responsabilidade das

prefeituras, desde a coleta até a destinação final. Exceto quando considerados aqueles resíduos, compostos por embalagens longa vida, foco deste estudo, coletados e vendidos pelos comércios de recicláveis, denominados depósitos ou aparistas.

A Norma NBR 10007, estabelece e fixa as condições exigíveis para amostragem, preservação e estocagem de amostras de resíduos sólidos. É necessário realizar a composição física do lixo, que é obtida pela determinação do percentual de seus componentes mais comuns, como vidro, plástico, metais, outros.

As informações necessárias para o planejamento do gerenciamento do lixo municipal, portanto, passam pelos parâmetros de taxa de geração por habitante (kg/habitante,dia), composição física do lixo, densidade aparente, umidade, teor de materiais combustíveis e incombustíveis, poder calorífico, composição química, teor de matéria orgânica.

Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal (IPT/CEMPRE, 2000), para prognosticar a quantidade de lixo gerada no município, devem ser considerados os aspectos:

- A - população atual (habitantes);
- B - geração *per capita* de lixo (kg/habitante.dia), obtida de processos de amostragem;
- C_0 - nível de atendimento atual dos serviços de coleta de lixo (%);
- D - taxa de crescimento populacional (%);
- E - taxa de incremento da geração *per capita* de lixo (%);
- C_1 - nível de atendimento dos serviços de coleta de lixo apos *n* anos (%);
- n - intervalo de tempo considerado (anos).

Equação para considerar estimativas:

- Geração atual: $A \times B \times C_0$ (kg/dia)
- Geração futura: $\{[Ax ((1+D)^n)] \times [B \times ((1+E)^n)] \times C_1\}$ (kg/dia)

Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (PPNRS, 2011).

4.4. Caracterização do lixo

Para realizar a caracterização do lixo domiciliar de um município é preciso considerar as diversas variáveis e características que variam ao longo do percurso, desde a geração até o destino final, assim como ao longo do tempo. Aspectos da sazonalidade e climáticos, influências regionais e temporais, flutuação da economia, capacidade do município de suprir todas as necessidades da população em relação ao abastecimento, poder aquisitivo da população, costumes e tipo de acondicionamento. Em suma, o comportamento da população e os dados referentes ao sistema de limpeza pública, como o numero de setores de coleta, freqüência, características dos veículos coletores, distancia aos locais de transbordo ou tratamento, disposição final e quantidade de resíduos gerada.

Segundo a Norma NBR 10007, o objetivo da amostragem é a obtenção de uma amostra representativa, que apresente as características e propriedades de sua massa total.

O procedimento de quarteamento é bem adequado para obtenção de uma amostragem representativa de resíduos sólidos urbanos. No processo de mistura uma amostra bruta é dividida em quatro partes iguais, sendo tomadas duas partes opostas entre si para

constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado (ABNT, 1987).

Todas as condições de segurança devem ser adotadas para assegurar a integridade física dos participantes do trabalho de amostragem. São considerados os parâmetros de elementos químicos específicos, teor de umidade e de material seco, analisados em laboratórios especializados.

Para determinar a densidade aparente dos resíduos é feita a análise da amostra resultante do quarteamento determinado, por exemplo em +- 5 litros. Um recipiente de volume com a amostra é preparado e pesado o material.

A densidade pode ser calculada como:

$$Densidadeaparente(kg/m^3) = \frac{pesodaamostra(kg)}{volumedorecipiente(m^3)} \qquad (1)$$

Para a coleta de amostras, com o objetivo de análise da composição física, deve-se descarregar o caminhão no local escolhido, coletar quatro amostras de 100 litros cada (em tambores), três na base e laterais e uma no topo da pilha resultante da descarga. Antes da coleta, procede-se ao rompimento dos receptáculos (sacos plásticos) e homogeneíza-se os resíduos nas partes a serem amostradas. Considerar materiais rolados (latas, vidros, etc). A quantidade inicial a ser usada deve estar no mínimo com 1,5t. Os resíduos coletados devem ser todos pesados e depois dispostos sobre uma lona. Este material constitui a amostra 3, a ser utilizada para a composição física dos resíduos (IPT/CEMPRE, 2002 pg. 35).

Os materiais da amostra 3 são analisados, separados e listados em uma planilha que contem a listagem dos tipos de materiais a serem encontrados, como: borracha, couro, madeira, matéria orgânica, metais ferrosos, metais não ferrosos, papel, papelão, plástico duro, plástico filme, tecidos, vidro, embalagens longa vida, outros materiais.

Após a separação, pesa-se cada classe obtida e calculam-se as porcentagens individuais. Por exemplo, para o papel utiliza-se a equação:

$$\%depapel = \frac{pesodopapel(kg)}{pesototaldaamostra(kg)} x100 \qquad (2)$$

A FOTO 1 exemplifica o trabalho de caracterização do lixo por amostragem, realizado no município de Elói Mendes, durante a realização do Plano de Gerenciamento Integrado do Município, coordenado pela Universidade Federal de Lavras, no ano de 2002.

Não existe uma norma que defina a composição dos resíduos encontrados nas amostras para composição da planilha e, devido a inúmeros tipos de produtos e embalagens produzidos no mercado, principalmente aqueles feitos dos diversos tipos de plásticos e no caso das embalagens longa vida, os dados encontrados referentes a composição gravimétrica são os mais diversos, muitas vezes incompatíveis para uma análise do ciclo de vida dos materiais (MMA, 2011).

FOTO 1 - Fotografias do trabalho de amostragem e caracterização do lixo realizado em Eloi Mendes, MG, 2002.

4.5. Segregação de materiais - Reciclagem e Coleta Seletiva

A segregação de materiais do lixo tem como objetivo principal a reciclagem de seus componentes.

A agência de Proteção Ambiental define reciclagem como: coleta, processamento, comercialização e uso de materiais considerados lixo. A Associação Brasileira da Indústria Química a define como sendo a revalorização dos descartes domésticos e industriais, mediante uma série de operações que permite o reaproveitamento dos materiais, como matéria-prima (COELHO, 1999, p.31). No dicionário Aurélio, "Reciclagem é o tratamento de resíduos ou materiais usados, de forma a possibilitar sua reutilização"(MAGERA, 2003, p.102).

Em relação ao que pode ser considerado reciclagem, algumas definições são importantes e devem ser registradas, conforme divide Leite (2003) com relação aos resíduos denominados pré-consumo ou pós-consumo:

> **Pré-consumo:** constituídos pela parcela de produtos e materiais originados do descarte em processos industriais, por falta de conformidade ou qualidade, sendo re-introduzidos no ciclo produtivo industrial para produção de novos. Exemplo: bobinas de papel que retornam para a reciclagem.
>
> **Pós-consumo**: constituídos pela parcela de produtos e materiais originados do descarte depois de finalizada sua utilidade original e que retornam ao ciclo produtivo. Exemplo: embalagens coletadas e enviadas para reciclagem.

Distinguem-se dois subsistemas (LEITE; BRITO, 2003):

> **Reciclagem** - canal reverso de revalorização, em que os materiais constituintes dos produtos descartados são extraídos industrialmente, transformando-se em matérias-primas que serão reincorporadas à fabricação de novos produtos. Um

exemplo de destaque deste canal reverso é a reciclagem do alumínio, que possibilita uma economia considerável de energia elétrica. Do ponto de vista tecnológico, existe a possibilidade de ser refundido inúmeras vezes sem alterar suas qualidades principais. O fator logístico contribui favoravelmente devido ao elevado valor intrínseco do material e seu transporte pode ser realizado sem grandes restrições.

Reuso - diz respeito à reutilização de produtos ou materiais, cuja vida útil estende-se por vários anos. Nos casos em que ainda apresentam condições de utilização podem destinar-se ao mercado de segunda mão, sendo comercializados diversas vezes até atingir seu fim de vida útil. Exemplos de canais reversos de reuso são as vendas de materiais e equipamentos usados, como: máquinas, sobras industriais de processos ou subprodutos, equipamentos, móveis, veículos etc. Trata-se se um canal reverso de grande importância, com características econômicas e logísticas de realce, pelo volume de comércio envolvido.

A reciclagem vem se apresentando como uma alternativa social e econômica à geração e concentração de milhões de toneladas de lixo produzido diariamente pelos grandes centros urbanos espalhados pelo mundo (MAGERA, 2003; IPT/CEMPRE, 2002). Porém, a relação mais importante está na visão do desenvolvimento sustentável e de todos os mecanismos de desenvolvimento limpo, que visam a manutenção do equilíbrio viável a um planeta com quase 8 bilhões de habitantes.

Porém, há que se considerar a reciclagem como uma atividade econômica, parte de um conjunto de ações integradas, alem da relevância social, ambiental, cultural, ou seja, interdisciplinar (LEGASPE, 1996; CALDERONI, 1997; IPT/CEMPRE, 2002).

A possibilidade de reciclar materiais só existe se houver demanda por produtos gerados pelo processamento destes, ou seja, é uma atividade diretamente relacionada ao mercado, ou cadeia dos recicláveis. Portanto, é adequado, no planejamento para implantação da coleta seletiva em um município, buscar todas as referencias de recicladores, depósitos, comércio, indústrias, ou seja, de todos os atores da cadeia da reciclagem, para que o ciclo se feche adequadamente (IPT/CEMPRE, 2002).

São diversas formas de operar um sistema de coleta seletiva, sendo coleta porta-a-porta (ou domiciliar), coleta em postos de entrega voluntária (PEV) ou locais de entrega voluntária (LEV), coleta em postos de troca e coleta por catadores (IPT/CEMPRE, 2002; PINTO-COELHO, 2009).

Os PEVs, conhecidos também como Pontos de Entrega Voluntária ou “Ecopontos”, são locais estrategicamente definidos, de fácil acesso e com grande fluxo de pessoas (escolas, centros esportivos, bibliotecas, praças, supermercados, bancas de jornal, condomínios etc.). Neles são instaladas caçambas, containeres ou um conjunto de lixeiras, que diferenciados por cores, indicam os diferentes tipos de materiais a serem recebidos. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente n° 275, de 25 de abril de 2001, estabelece esse código de cores a ser adotado para a identificação dos recipientes. Como os resíduos são previamente separados pela população, recomenda-se utilizar caminhões com carrocerias compartimentadas que possibilitem o transporte dos materiais sem misturá-los, facilitando a triagem final, além de diminuir a quantidade de rejeitos e perdas (OLIVEIRA, 2011).

Em relação aos custos de transporte, os PEVs, em geral, demandam menos recursos do que o sistema porta-a-porta. Com a instalação dos pontos de entrega são eliminados custos com percursos longos, especialmente em bairros com baixa densidade

populacional, evitando que o veículo de coleta percorra trechos improdutivos. Os PEVs podem facilitar ainda mais a triagem dos materiais, ao possibilitar a separação e o descarte dos resíduos conforme cada fração reciclável. No entanto, este tipo de programa demanda uma maior disposição da população para colaborar com a coleta seletiva, uma vez que é necessário o deslocamento até o PEV. Os containeres (recipientes de acondicionamento) também podem sofrer atos de vandalismo, exigem manutenção e limpeza, o que eleva os custos do sistema (BRINGHENTI et al., 2004; ROVIRIEGO, 2005; PEIXOTO; CAMPOS; D'AGOSTO, 2006).

A coleta seletiva domiciliar assemelha-se ao procedimento clássico de coleta normal de lixo. Porém, os veículos coletores percorrem as residências em dias e horários específicos que não coincidam com a coleta normal. A coleta em PEV - Postos de Entrega Voluntária ou em LEV - Locais de Entrega Voluntária utiliza normalmente contêineres ou pequenos depósitos, colocados em pontos fixos, onde o cidadão, espontaneamente, deposita os recicláveis. A modalidade de coleta seletiva em postos de troca se baseia na troca do material entregue por algum bem ou benefício (PINTO-COELHO, 2009, p.38).

O sucesso da coleta seletiva está diretamente associado aos investimentos feitos para sensibilização e conscientização da população. O sistema de coleta seletiva proporciona melhor qualidade para o material, valorizando o mesmo e possibilitando a geração de trabalho e renda, representada fortemente no Brasil pelo trabalho dos catadores. A conscientização da população e confiabilidade do serviço oferecido pelas prefeituras ou das empresas contratadas são fatores predominantes para assegurar a viabilidade da coleta seletiva, porém muitos outros aspectos devem ser avaliados (IPT/CEMPRE, 2000).

A FOTO 2 exemplifica o sistema realizado pela Superintendência de Limpeza Urbana da Prefeitura de Belo Horizonte (SLU), quando em 2008 haviam 435 contêineres em toda a cidade, coletando cerca de 90 toneladas/mês de materiais como papel, metal e plástico. O vidro é coletado em diferentes contêineres, específicos para este tipo de material e desenvolvidos pela SLU, onde a quantidade é diferenciada e de fonte diversas, como grandes geradores (restaurantes e bares) e doações, representando 418 toneladas/mês. Estes equipamentos sofreram redução significativa, pois são constantemente depredados requisitando manutenção constante e demandando altos custos para a Prefeitura (SLU, 2008).

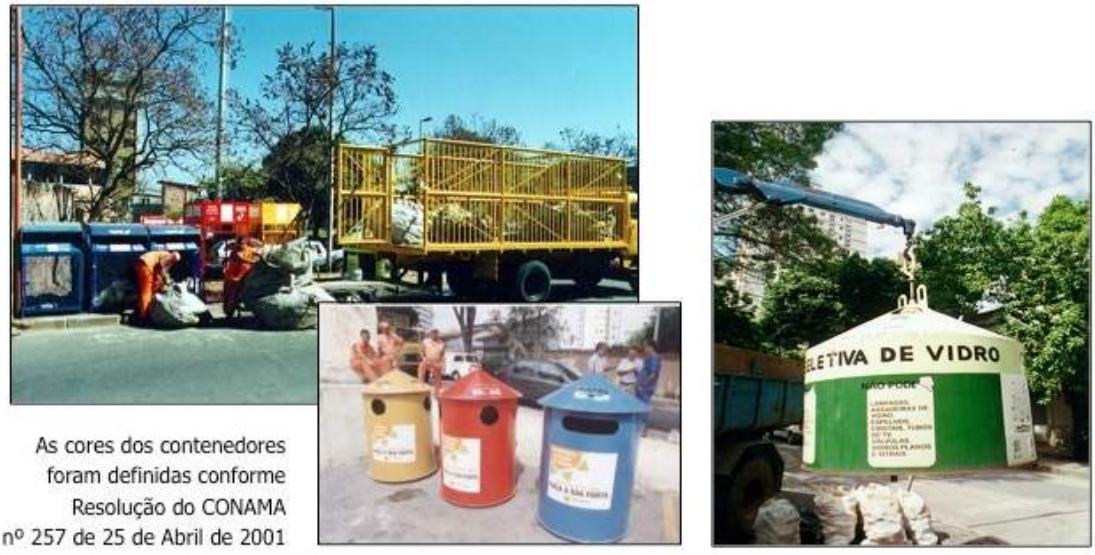


FOTO 2 - exemplos de pontos de entrega voluntária em Belo Horizonte. Fonte: Superintendência de Limpeza Urbana da Prefeitura - SLU

A modernização dos instrumentos de gestão urbana requer uma engenharia socioinstitucional complexa, apoiada em processos educacionais e pedagógicos para garantir condições de acesso dos diversos atores sociais envolvidos às informações em torno dos serviços públicos e dos problemas ambientais (JACOBI, 2006).

4.6. Usinas de Triagem e Compostagem

Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado (IPT/CEMPRE, 2002), o projeto de uma Usina de Triagem e Compostagem deve ser executado considerando-se as características socioeconômicas e culturais da população atendida. Deve ser avaliado todo o processo e comparar alternativas, visando: economia de aterro, redução dos custos de implantação, menor custo operacional, maior rendimento na separação dos recicláveis, maior rendimento na produção do composto, maior qualidade do composto e menor impacto ambiental.

Em relação a escolha da área, os critérios são bem próximos aos de um aterro controlado, ou sanitário, alem de ser necessária a licença de instalação, atendendo as diretrizes da Resolução CONAMA nº 001/86, que requer a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), naquelas onde serão processadas uma quantidade igual ou maior que 100 t/dia, sendo dispensado quando a quantidade for inferior a 25 t/dia.

Com observado por Vilhena (1999), a lucratividade da usina de triagem e compostagem não se aplica, pois as vendas de recicláveis e de composto não cobrem as despesas operacionais correspondentes e os custos financeiros e de investimento. A justificativa de construir usinas reside nas vantagens diretas de saneamento, redução de aterro, redução de chorume e de produção de gases, bem como os benefícios indiretos, tais como menor consumo de matérias-primas, menor consumo de energia e insumos, como água, entre outros, redução da poluição ambiental para a produção de bens, recuperação de solos.

Nem sempre onde existem as usinas de triagem e compostagem não está implantado o sistema de coleta seletiva. Os resíduos sólidos urbanos seguem da forma produzida pelas fontes geradoras diretamente para estas instalações. É uma solução adequada a municípios que produzem quantidade muito pequena de lixo e podem associar-se a outros, vizinhos, para a melhor utilização da usina.

A triagem é feita de forma manual em esteiras, onde o lixo é despejado e movimenta de uma extremidade à outra permitindo a retirada dos materiais recicláveis. A necessidade de maior ou menor grau de triagem (eficiência de recuperação dos recicláveis) é função do mercado de recicláveis, ou das possibilidades para escoar este material. Muitas vezes são incorporados aos rejeitos por falta de informação ou de sistemas viáveis de logística reversa (IPT/CEMPRE, 2002 p.104).

4.7. Participação das organizações de catadores

Desde 1998, por iniciativa do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) tomou a iniciativa de organizar um seminário em Brasília para debater e apontar os caminhos para o problema da presença de famílias inteiras, adultos e crianças vivendo nos e dos lixões no Brasil. Deste evento resultou a criação de um programa, o Fórum Nacional com o nome de Lixo e Cidadania e o objetivo de erradicar o trabalho de catação de materiais recicláveis por crianças e adolescentes, e a mudança de padrão de destinação dos resíduos sólidos, na perspectiva de erradicar os lixões existentes no país (GRIMBERG, 2007).

Em meados de 1999 foi realizado o "I Encontro Nacional de Catadores de Papel", momento considerado como início do processo de formação do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR). Em 2001, o I Congresso Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis, marcou como acontecimento político a expressão do potencial organizativo da categoria. Em 2002, houve o reconhecimento do trabalho do catador como profissão por parte da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO, nº 5192). A CBO é o documento que reconhece, nomeia e codifica os títulos e descreve as características das ocupações no mercado de trabalho brasileiro.

A partir destas conquistas, que representam um marco na luta por direitos de cidadania, os catadores passam a ocupar espaços e merecer representatividade nos processos de segregação dos materiais recicláveis, estando incluídos nas leis ou políticas que regulamentam a gestão dos resíduos sólidos , tanto estaduais quanto federal.

Segundo Jacobi (2006, p.14), a criação de oportunidades para a participação de organizações de catadores em programas de parceria gera uma série de exigências para ambos os pólos do processo, tanto em termos de regulamentações, formas de aplicação dos recursos, quanto em relação a modelos institucionais apropriados.

As práticas de geração de emprego e renda relacionadas a gestão compartilhada de resíduos sólidos envolvendo os catadores, agora organizados em associações ou cooperativas, implica em uma série de procedimentos dessas organizações, que necessitam de uma série de treinamentos relacionados aos processos de gestão tanto administrativa quanto de produção. Cabe à administração pública garantir condições institucionais, auxiliando na dotação de uma infra-estrutura adequada ao trabalho de triagem a ser realizado, com a intenção de consolidar uma dinâmica de gestão, tanto da inclusão social, como capacidade para lidar com os processos que envolvem a cadeia da reciclagem.

O fortalecimento de parcerias interativas e proativas permite reforçar o potencial de multiplicar as boas práticas, desde o necessário repensar do poder público às mudanças qualitativas necessárias para garantir o funcionamento do sistema em cadeia.

O modelo para o manejo dos resíduos sólidos considera a necessidade de inclusão social e formalização do papel dos catadores de materiais recicláveis que devem trabalhar de forma legal e segura, com o uso de equipamentos compatíveis com as normas técnicas, ambientais e de saúde pública. E o poder público está dispensado de licitação para a contratação de serviços prestados por catadores organizados em associações ou cooperativas (Art. 57, Lei 11.445/2007).

A Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Foi regulamentada pelo decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que, entre outras medidas, institui o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Este Comitê tem a finalidade de apoiar a estruturação e implementação da PNRS, por meio da articulação de órgãos e entidades governamentais, de modo a possibilitar o cumprimento das determinações e das metas previstas na lei e no seu decreto (BRASIL, 2011).

Tanto no texto da Lei 12.305/2010, quanto no decreto que a regulamenta, está clara a participação dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis integrados ao sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos e a logística reversa deverá priorizar a participação de

cooperativas ou de outras formas de associação de catadores constituídas por pessoas físicas de baixa renda. Também os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos definirão programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial as organizações de catadores (BRASIL, 2010).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos, conforme previsto na Lei 12.305/2010 tem vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, e conforme o Decreto 7.404/2010 estabeleceu a obrigatoriedade de elaboração de uma Versão Preliminar do Plano a ser colocada em discussão com a sociedade civil. O processo de elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos contará com ampla discussão em 05 (cinco) audiências públicas regionais, em 01 (uma) audiência pública nacional. Simultaneamente às audiências públicas ocorrerá o processo de consulta pública pela internet por um período mínimo de 60 (sessenta) dias. Trata-se portanto de um exaustivo processo de mobilização e participação social.

A Versão Preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que será objeto de discussão nas audiências públicas regionais e na consulta pública compreende o diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos, cenários, metas, diretrizes e estratégias para o cumprimento das metas. Posteriormente, após as contribuições advindas do processo de participação social, o documento será apreciado nos Conselhos Nacionais de Meio Ambiente, das Cidades, de Recursos Hídricos, de Saúde e de Política Agrícola (BRASIL, 2011).

Quanto a coleta seletiva a PNRS define que o sistema deverá ser implantado pelo titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, com a indicação de separação em resíduos secos e úmidos, sugerindo que a parcela de secos passe a ser separada gradativamente. Ainda que o sistema de coleta seletiva priorizará a participação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis constituídas por pessoas físicas de baixa renda (BRASIL, 2010).

São estímulos previstos pela PNRS às organizações de catadores a indicação para melhorias das condições de trabalho e as oportunidades de inclusão social e econômica dos catadores, assim como sugere dispensa de licitação para contratação dessas organizações, além de deixar claro a necessidade de estímulo à capacitação, à incubação e ao fortalecimento institucional de cooperativas e necessidade de pesquisa com estes objetivos. Pessoas jurídicas de direito público ou privado poderão atuar no desenvolvimento de cooperativas ou formas de organização de catadores, visando fomentar soluções adequadas ao perfeito funcionamento destas organizações.

Nos últimos 10 anos houve um avanço significativo na relação de co-gestão pública de coleta seletiva, que abriu relevante espaço para os catadores, com suas reivindicações ora inscritas no campo dos direitos.

Segundo Sonia Dias (2006), observa-se que nesta parceria houve uma convergência da vontade política de caráter democrático-popular com a capacidade organizativa-mobilizatória de novos atores, os catadores de papel, que orientados por agentes pastorais fortemente comprometidos com a construção da cidadania, se engajaram na luta pelo direito ao trabalho. Ou seja, esta política pública de forte dimensão cidadã contribuiu na atribuição de um "status público" à esse segmento empenhado na construção de uma identidade coletiva enquanto agentes ambientais (in: JACOBI, 2006 p.84-85).

Das muitas experiências registradas com as organizações de catadores no Brasil, através do trabalho executado pelo CEMPRE e por inúmeras outras organizações ou

pesquisadores, fica clara a necessidade de capacitação destas pessoas, e de seus espaços de trabalho, para que possam desempenhar o papel a eles entregue e por eles requisitado.

Acostumados a separar o lixo em áreas abertas, como lixões ou nas ruas, e sempre curvados sobre ele, os catadores levam um tempo para se habituarem a uma nova rotina de trabalho dentro do galpão e mesmo para se adaptarem às novas instalações e equipamentos como os banheiros (MARTINS, in: JACOBI, 2006, p. 94 Capitulo 3).

Outra dificuldade comum a este universo desta nova forma de organização social é a grande presença de mulheres na faixa etária de 30 aos 40 anos, representando, em alguns casos, quase 70% do total de trabalhadores. Também quanto a escolaridade o índice é baixo, com grande presença de analfabetos. Uma grande parcela é proveniente de desempregados de fábricas, empregos domésticos, construção civil, estando acima de 6 meses sem ocupação (MARTINS, in: JACOBI, 2006 Cap.3; MAGERA, 2003).

O principal objetivo para estabelecer um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, que envolva o trabalho das organizações de catadores, deve ser o apoio à cadeia produtiva da reciclagem, lembrada como atividade que pode agregar valor ao material reciclável, através das diversas etapas de triagem, beneficiamento e comercialização, podendo, desta maneira, incrementar a renda dos catadores (JACOBI, 2006).

Porém, são inúmeras as dificuldades e fragilidades a serem superadas. Do ponto de vista da legislação, ainda que as mesmas já existam em todos os âmbitos, os convênios entre prefeituras e organizações de catadores, quando utilizados, se apresentam como instrumentos de parceria frágeis e ineficientes. No geral, a prefeitura arca com ao aluguel dos galpões, ou as organizações de catadores ocupam áreas municipais e dependem do poder público, sendo responsáveis pela triagem do material coletado pelos serviços de limpeza públicos, ou contratados. São cobrados por eficiência, porém sem a mínima condição de realizar o trabalho, pois os galpões, ou espaços cedidos, não oferecem estrutura decente, não há nenhum trabalho de capacitação ou formação em gestão, nem mesmo existe a capacidade de operação de um empreendimento por parte dos catadores por falta de suporte e orientação técnica que supra esta necessidade.

As dificuldades encontradas pelos catadores para se organizarem em associações ou cooperativas fazem parte de um processo histórico e secular em nosso pais. As camadas menos favorecidas não têm acesso ao crédito/financiamento e ficam nas mãos de instituições sociais, normalmente religiosas ou assistenciais, de algumas ONGs, que tentam ajudar, mas na falta de uma visão mais profissional em gestão de resíduos e organizacional, fracassam por não atender as expectativas econômicas, sócias ou ambientais da reciclagem dos resíduos sólidos (MAGERA, 2003).

Além das dificuldades abordadas, há o problema da comercialização dos materiais recicláveis por meio de intermediários, que compram dos catadores a preços muito inferiores aos que são pagos pelas indústrias de reciclagem. Uma das razões para a dependência de intermediários pode ser considerada de origem técnica, pois a separação dos materiais é bastante complexa devido a diversidade crescente de materiais produzidos na indústria. Isso exige capacitação técnica para classificar os materiais de forma a atender os parâmetros exigidos pelos compradores (GRIMBERG, 2007).

Pode ser entendida como polêmica esta relação da estrutura e o funcionamento do mercado de reciclagem baseada nos basicamente três componentes, ou agentes: o catador autônomo ou organizado, responsável pela primeira etapa do processo de segregação ou triagem; os sucateiros (atravessadores) ou depósitos, que formal ou informalmente,

compram os produtos reciclados e os revendem às indústrias, terceiro componente da cadeia (MAGERA, 2003 p.108).

Outro fator que reforça a necessidade de comercialização para intermediários é a quantidade elevada de material exigida pela indústria para comprar das cooperativas. Além de capital de giro para garantir a renda dos cooperados, pois a indústria normalmente pede prazo para pagamento do material, é necessário espaço para estocar a quantidade necessária, que varia de 18 a 25 toneladas. Também é imprescindível a organização administrativa contábil da associação, ou cooperativa, para que a mesma possa realizar seu cadastro de fornecedor junto a indústria recicladora, além de possuir nota fiscal eletrônica (última norma da Receita Federal, vigente desde 2011).

O Plano da Política Nacional de Resíduos Sólidos em sua versão preliminar, publicado em setembro de 2011, apresenta o contexto em que ocorre a atividade de catação de recicláveis no Brasil, apontando caminhos para a inclusão social dos catadores, sustentabilidade econômica de sua atividade e desenho de uma política pública eficaz voltada a esta categoria. A metodologia de pesquisa consistiu no levantamento, crítica e conciliação das informações disponibilizadas nos bancos de dados de institutos de pesquisa, entidades de classe e órgãos da administração pública.

Entre as fontes de informação usadas na formatação do Plano Preliminar estão o Comitê Interministerial de Inclusão Social dos Catadores de Materiais Recicláveis – CIISC; o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis - MNCR; o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; a OSCIP PANGEA; a empresa Tetra Pak; o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE); o Instituto Nenuca de Desenvolvimento Sustentável - INSEA, entre outros.

Alguns dos resultados obtidos são:

- Há hoje entre **400 e 600 mil catadores** de materiais recicláveis no Brasil;
- Ao menos **1.100 organizações coletivas de catadores** estão em funcionamento em todo o país;
- Entre **40 e 60 mil catadores participam de alguma organização coletiva**, isto representa apenas 10% da população total de catadores;
- 27% dos municípios declararam ao IBGE ter conhecimento da atuação de catadores nas unidades de destinação final dos resíduos;
- 50% dos municípios declararam ao IBGE ter conhecimento da atuação de catadores em suas áreas urbanas;
- Cerca de **60% das organizações coletivas e dos catadores** estão nos **níveis mais baixos de eficiência;**
- A **renda média dos catadores**, aproximada a partir de estudos parciais, não atinge o salário mínimo, alcançando entre **R$420,00 e R$ 520,00;**
- A faixa de **instrução** mais observada entre os catadores vai da **5a a 8a séries.**

A inclusão social dos catadores vem sendo objeto de uma série de medidas indutoras na forma de leis, decretos e instruções normativas de fomento à atividade de catação. O quadro, apresentado no Plano Preliminar da Política Nacional de Resíduos Sólidos (2011), traz alguns exemplos, conforme reprodução na TABELA 2.

Tabela 2 - Sistematização das leis pertinentes aos catadores de materiais recicláveis

Lei / Decreto	Objeto
DECRETO 5.940, DE 25 DE OUTUBRO DE 2006	Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.
LEI 11.445, DE 05 DE JANEIRO DE 2007	Dispensa de licitação na contratação da coleta, processamento e comercialização de resíduos sólidos urbanos recicláveis ou reutilizáveis, em áreas com sistema de coleta seletiva de lixo, efetuados por associações ou cooperativas formadas exclusivamente por pessoas físicas de baixa renda reconhecidas pelo poder público como catadores de materiais recicláveis, com o uso de equipamentos compatíveis com as normas técnicas, ambientais e de saúde pública.
INSTRUÇÃO NORMATIVA MPOG No 1, DE 19 DE JANEIRO DE 2010.	Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências.
LEI No 12.375, DE 30 DE DEZEMBRO DE 2010, Art. 5o e Art. 6o	Os estabelecimentos industriais farão jus, até 31 de dezembro de 2014, a crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI na aquisição de resíduos sólidos utilizados como matérias-primas ou produtos intermediários na fabricação de seus produtos. Somente poderá ser usufruído se os resíduos sólidos forem adquiridos diretamente de cooperativa de catadores de materiais recicláveis com número mínimo de cooperados pessoas físicas definido em ato do Poder Executivo, ficando vedada, neste caso, a participação de pessoas jurídicas;
LEI 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
DECRETO No 7.404, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2010	Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências
DECRETO No 7.405, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2010.	Institui o **Programa Pró-Catador**, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências.

TABELA 2 - Fonte: Plano Preliminar da PNRS, setembro de 2011.

Algumas estratégias são sugeridas na versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, e serão discutidas nas audiências públicas previstas e programadas, cumprindo determinação por uma política participativa, além de serem incluídas nas discussões setoriais dos Comitês.

- Promover o fortalecimento das cooperativas e associações de catadores, buscando elevá-las ao nível mais alto de eficiência.
- Promover a criação de novas cooperativas e associações e regularização daquelas já existentes, com vistas a reforçar os vínculos de trabalho, incluir socialmente e formalizar os catadores que atuam de forma isolada.
- Promover a articulação em rede das cooperativas e associações de catadores.
- Criar mecanismos de identificação e certificação de cooperativas, para que não haja falsas cooperativas de catadores beneficiadas com recursos públicos.
- Fortalecer iniciativas de integração e articulação de políticas e ações federais direcionadas para o catador, tais como o programa pró-catador e a proposta de pagamentos por serviços ambientais urbanos.

- Estipular metas para a inclusão social de catadores e garantir que as políticas públicas forneçam alternativas de emprego e renda aos catadores que não puderem exercer sua atividade após a extinção dos lixões, prevista para 2014.
- Estipular metas com o objetivo de inclusão social e garantia de emprego digno para até 600 mil catadores, até o ano de 2014.
- As metas focadas na garantia de emprego devem estabelecer o piso de um salário mínimo para a remuneração do catador. O piso de remuneração também deve levar em conta as diretrizes do Plano Brasil sem miséria, que prevê renda per capita mínima de 70 reais por membro da família.
- Estimular a participação de catadores nas ações de educação ambiental e sensibilização porta-a-porta para a separação de resíduos na fonte geradora, mediante a sua adequada capacitação e remuneração.
- Demandar dos municípios a atualização de sistemas de informação sobre a situação dos resíduos municipais e gestão compartilhada dos resíduos.
- Estabelecer metas e critérios para que os municípios incluam os catadores na gestão municipal de resíduos sólidos.
- Garantir o acesso dos catadores aos resíduos sólidos urbanos coletados seletivamente.
- Promover a integração dos catadores de materiais recicláveis aos sistemas de logística reversa.

As estratégias e metas sugeridas, assim como a visão do processo de consolidação dos catadores de materiais recicláveis à partir de diferentes fontes de informação e pesquisa, buscam referenciar o objetivo de estudo deste trabalho, que é verificar as possibilidades de geração de trabalho e renda por meio da logística reversa.

E ainda verificar a possibilidade de como adotar um plano de gestão compartilhada, que reconheça o trabalho executado pelos catadores, como parte do processo de recuperação dos resíduos, e garantir os canais logísticos reversos, ou a cadeia produtiva reversa sustentável.

Para que isso ocorra, se faz necessária a existência de uma rede sustentável de reciclagem em nível municipal e/ou regional, envolvendo atores que participam das atividades de coleta, seleção e destino final, sendo este o fator primário para sua organização (KIPPER; MÄHLMANN, 2009).

Todos os esforços e incentivos para fomentar a organização dos catadores será em vão se não houver um processo de capacitação em gestão, além da aplicação de tecnologias e engenharia de processo adequadas ao público para o processamento do material reciclável.

4.8. Resultados financeiros da reciclagem

Do ponto de vista financeiro, a reciclagem do lixo apresenta-se como uma alternativa econômica e ambientalmente correta, quando, além de criar renda, minimiza os problemas ambientais gerados pelo lixo. Pode ser determinada uma análise de custo-benefício se puderem ser classificados os custos em: custos de capital e de operação/manutenção. (MAGERA, 2003)

Segundo Calderoni (1996, p.139), “a quantidade disposta em aterros, somada à reciclada, perfaz a quantidade produzida (ou consumida) de um dado material. Desta forma, é

suficiente o conhecimento de duas dessas três grandezas para que se possa determinar a terceira".

O gerenciamento do material coletado e separado nos depósitos, ou galpões, das associações de catadores ainda é algo que quase não acontece, sendo um desafio que pode trazer muitos benefícios tanto para aqueles que dependem da coleta para sobreviver, quanto para os organismos que investem recursos para o desenvolvimento das atividades de seleção e destino dos resíduos sólidos urbanos (OLIVEIRA; LIMA, 2009).

As organizações de catadores de materiais recicláveis sobrevivem da coleta de materiais recicláveis e separação de acordo com o tipo (tipos de plástico, papel, papelão, embalagens longa vida, alumínio, vidro, entre outros) e, após a triagem e prensagem destes materiais os vendem, praticamente em sua maioria, para depósitos que comercializam recicláveis para as indústrias (GRIMBERG, 2007).

De acordo com Lobato, Oliveira e Lima (2010), são muitos os desafios enfrentados por esses empreendimentos associativos, dentre os quais se destaca a baixa produtividade, com efeitos diretos na pequena arrecadação dos associados, e ausência de recursos (técnicos e financeiros) para melhoria do processo. Indiretamente, diminuem também os benefícios ambientais da reciclagem, donde vem em questão a viabilidade como alternativa para destinação dos resíduos sólidos, surgindo outras possibilidades como o aterramento ou a incineração.

Aumentar a eficiência dos processos relacionados com o tratamento de RSU, desde a coleta até a reciclagem, reduzindo os custos de modo a viabilizar a universalização da coleta seletiva é uma questão estratégica para se manter a reciclagem como a principal alternativa para a destinação dos resíduos sólidos a longo prazo (LOBATO; LIMA, 2010).

O mercado de materiais recicláveis no Brasil vem crescendo rapidamente, embora esteja aumentando também o nível de exigência sobre a qualidade dos materiais. As indústrias que trabalham com matéria-prima reciclada vêm exigindo pelo menos três condições básicas com relação à aquisição dos materiais que serão recicláveis como: escala de produção e estocagem, regularidade no fornecimento dos recicláveis e qualidade dos materiais (SILVA; SILVA; JOIA, 2010).

Os preços de venda e as facilidades de comercialização dos recicláveis dependem das indústrias recicladoras presentes na área de origem da matéria-prima e da influência direta do preço da matéria-prima virgem em relação aos materiais recicláveis (MONTEIRO et al., 2001).

A diferença entre os valores mínimo e máximo dos materiais recicláveis se deve, dentre outros fatores, à distância entre a cidade geradora de material reciclável e a indústria. A qualidade e o grau de impureza contidos nos materiais também influem no seu valor. Os preços dos materiais ainda variam sazonalmente, muitas vezes em função da política de importação de sucata e aparas. Devido à tradicional flutuação no mercado de recicláveis, é necessário evitarem-se acordos de venda a sucateiros por prazos longos, normalmente firmados nas épocas de "baixa" de preços (GRIMBERG; BLAUTH, 1998).

Uma boa comercialização é um dos principais fatores que garantem o fortalecimento de uma organização de catadores. Quanto menos atravessadores existirem no processo de comercialização, desde o catador até o consumidor final (indústria de transformação), melhores serão os preços adquiridos com os materiais recicláveis (MONTEIRO et al., 2001).

Fatores que restringem a comercialização direta das organizações de catadores às indústrias recicladoras vão desde a organização jurídica e fiscal à falta de espaço para armazenamento de fardos, mas algumas já superaram estas barreiras, sendo fundamental o apoio de empresas, do governo e das organizações não governamentais.

4.9. O fator logístico

Os aspectos logísticos influem no equilíbrio entre os fluxos reversos e diretos, ou seja, devem ser levados em consideração as características peculiares do produto de pós-consumo, a localização de origens e destinos, a organização dos diversos tipos de coleta, as peculiaridades das consolidações dos diversos tipos de transporte, todos os detalhes que envolvem, contribuem, restringem e influenciam decisivamente nas quantidades dos fluxos reversos (LEITE, 2009 p. 171).

Fuller e Allen (1995, p.244) destacam, em seu modelo apresentado na FIGURA 6, que denominam de ciclo de produção/consumo as fontes de resíduos de pós-consumo: extração de materiais virgens, produção de materiais e produtos, atacadistas e varejistas e o consumidor final, os quais são "dirigidos", a dois sistemas de disposição final: o sistema de disposição final "seguro, que consiste na disposição final em aterros sanitários ou na reintegração ao ciclo produtivo, e o sistema "não seguro", que provoca poluição ambiental.

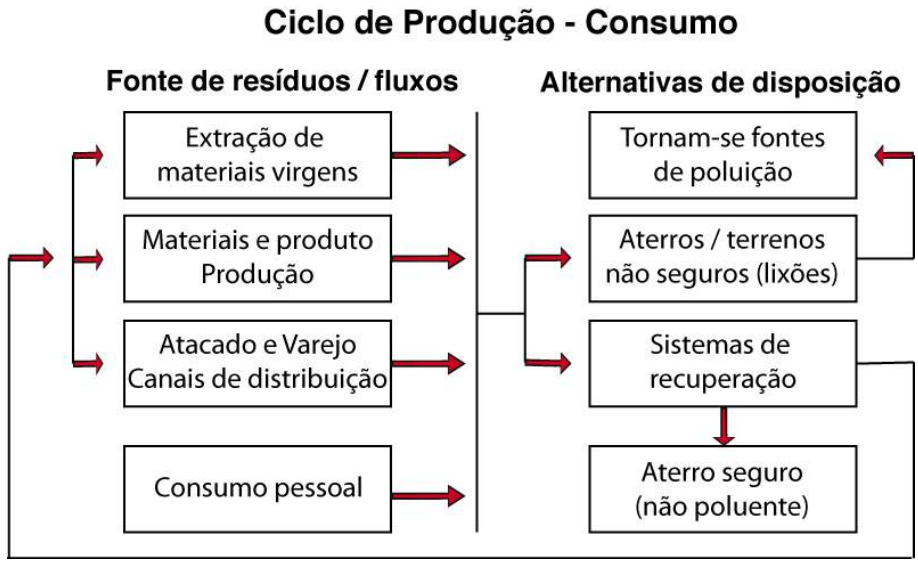


FIGURA 6 - Ciclo de produção e consumo - fonte de resíduos/fluxos - alternativas de disposição. Fonte: adaptado de Fuller e Allen (1995, p.244 - in: Leite, 2009)

São diversas as possibilidades de recuperação dos bens produzidos e descartados, como representados por meio do fluxo da FIGURA 7, no qual se destacam como principais: reuso, remanufatura, reciclagem de materiais e incineração, sendo consideradas as vias de disposição final em aterros sanitários seguros ou a reintegração dos materiais ao ciclo produtivo. O sistema de remanufatura e o de reciclagem agregam valor econômico, ecológico e logístico aos bens de pós-consumo, criando condições para que componentes e material sejam reintegrados ao ciclo produtivo, substituindo matérias-primas novas, gerando uma economia reversa (LEITE, 2009).

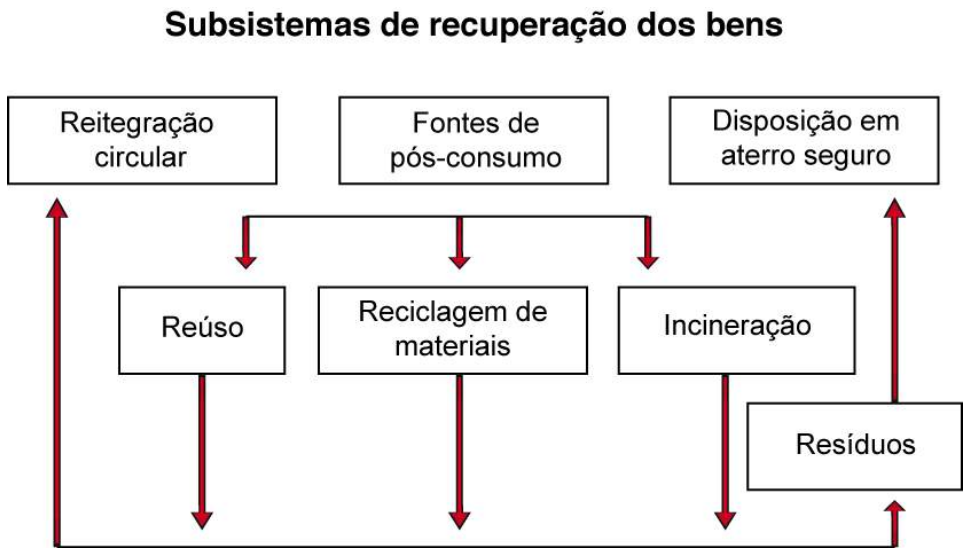


FIGURA 7 - Subsistemas de recuperação dos bens. Fonte: Adaptado de Fuller e Allen (1995, p.246 - in: Leite, 2009)

Portanto, o planejamento da rede de distribuição logística de uma atividade de retorno de produtos, ou matéria-prima a ser reciclada, envolve aspectos estratégicos e operacionais. Com o objetivo principal o da redução de impacto ambiental na cadeia de valor, seguidos da meta de aumentar a reciclagem e desenvolver produtos sustentáveis, a empresa Tetra Pak mantém consultores em pontos estratégicos do Brasil, que dão suporte a rede logística integrando as fontes de coleta seletiva com as indústrias recicladoras, de forma a dar suporte à prospecção da coleta com foco no acompanhamento da taxa de reciclagem das embalagens longa vida pós-consumo (SEIDEL, 2004).

Segundo Leite, um dos objetivos estratégicos da rede de distribuição reversa pode ser considerado como "revalorização ecológica", ou seja, "é organizada uma rede reversa em função do interesse da empresa em ganhar imagem corporativa, protegendo a sociedade dos impactos negativos de seus produtos ao meio ambiente, antecipando-se às pressões que possam surgir e procurando adaptar-se às novas condições do mercado competitivo, no qual o marketing ambiental se torna uma estratégia empresarial" (LEITE, 2009 p.173).

4.10. Os mecanismos de gestão desenvolvidos pela Tetra Pak no Brasil

O mercado de embalagens para alimentos tem feito uso dos benefícios da celulose e a sustentabilidade de sua produção, como é o caso das embalagens cartonadas multicamadas para alimentos (longa vida), produzidas em maior escala no Brasil pela empresa Tetra Pak.

As embalagens cartonadas multicamadas são compostas por camadas de papel, alumínio e polietileno de baixa densidade, sendo o papel a camada de maior porcentagem em peso, ou seja, 75% em média é papel, 20% polietileno e 5% alumínio (NEVES, 2004). A distribuição das diversas camadas é mostrada na FIGURA 8, sendo as camadas 6 e 5 as mais internas e correspondem ao polietileno. O uso de diversos materiais de diferentes natureza é necessário, já que cada um tem uma função importante o que vai garantir a proteção adequada ao alimento. O papel (camada 2) é o componente que confere resistência mecânica à embalagem permitindo que ela seja empilhada, transportada, protegendo o produto em uma eventual queda e além disso é sobre o papel que é feita a impressão com informações sobre o produto. A função do alumínio (camada 4) é garantir que não haverá entrada de ar ou luz, evitando a oxidação e fotoxidação de componentes

do alimento; por fim o polietileno age como ligante (camada 3) entre o papel e o alumínio, protege a impressão (camada 1) e é o componente que fica em contato direto com o alimento na parte interna (camadas 5 e 6) da embalagem (NEVES, 1999).

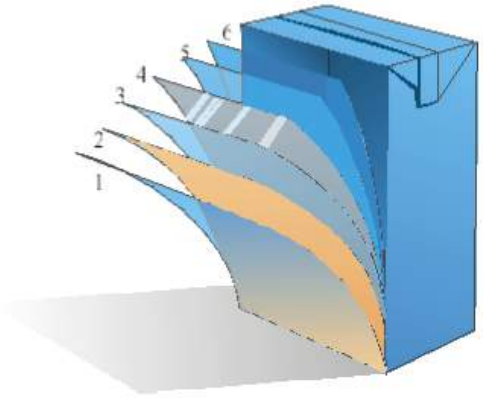


FIGURA 8 - Estrutura das camadas da embalagem cartonada multicamada. 1- polietileno, 2- papel, 3- polietileno, 4-alumínio, 5- polietileno, 6-polietileno. (Fonte: Tetra Pak, 2008).

O processo de fabricação das embalagens cartonadas inicia-se com a impressão sobre o papel, formando um rolo que é posteriormente impresso e segue para a laminadora onde serão adicionados o polietileno de baixa densidade e a folha de alumínio. O polietileno é recebido na forma de grãos (*pellets*) e extrudados para formar uma lâmina que é aplicada sobre o papel e também possui a função de adesivo para unir o alumínio ao papel. Uma vez adicionados todos os componentes, forma-se um rolo denominado "jumbo" que segue para corte onde cada faixa impressa se tornará uma bobina independente que será embalada, paletizada e comercializada (ZUBEN, 2005).

O transporte das embalagens à fábrica dos clientes é feito em bobinas o que otimiza a logística e também reflete em benefícios ambientais. A etapa final é o envase que acontece em máquina específica para este fim, onde a bobina contendo as embalagens é alimentada, esterilizada e por fim recebe o alimento e é lacrada (NEVES, 2009).

As folhas de alumínio possuem excelente propriedade de barreira à umidade e ao sabor, mas são incapazes de se auto suportarem quando em pequenas espessuras, pois não possuem rigidez e resistência à perfuração. A combinação com o papel cartão e o polietileno permite atingir estes objetivos (BUTTLER, citado por SEIDEL, 2004).

4.10.1. Processos de reciclagem

O processo de desagregação das embalagens longa vida pode ser feito em diversos tipos de processos. As primeiras plantas implantadas utilizaram-se de desagregação em "*drum pulper*" , onde as embalagens são alimentadas continuamente e a polpa também é extraída de forma contínua. Neste tipo de sistema o polietileno e o alumínio saem ao final do sistema. Este sistema,porém, necessita de uma grande área para instalação e o valor de investimento do sistema é superior ao hidrapulper.

FOTO 3 - Desagregação de embalagens longa vida em baixa e alta consistência no hidrapulper. Fonte: NEVES, 2009.

No Brasil, a maioria das empresas fabricantes de papel reciclado fazem a desagregação em hidrapulper a baixa, média ou alta consistência o que facilitou a realização de testes nestes sistemas, FOTO 3. Atualmente há diversas empresas utilizando embalagens cartonadas longa vida como matéria-prima para o processo de fabricação de papel.

Após desagregadas nos hidrapulper, sobram os resíduos de alumínio e polietileno, descarregados como rejeito, sendo que a quantidade de fibra agregada deve ser de 5% a 7%, desta forma a perda de fibras de papel, que representa 75% da embalagem ficaria em 2% de perda de material fibroso.

O processo de limpeza do rejeito é importante para que o mesmo possa ser aproveitado. A FOTO 4, mostra o aspecto deste material no final do processo.

FOTO 4 - Polietileno e Alumínio apos operação de extração de fibras. Fonte: NEVES, 2009.

Segundo Neves (2001), o rejeito da desagregação das embalagens longa vida contém polietileno, alumínio e algum residual de material fibroso e podem ser reciclados usando-se três tecnologias distintas. A primeira delas é a extrusão do polietileno com alumínio que formará um compósito peletizado. Este material é matéria-prima para indústrias de transformação de plásticos podendo ser usados nos processos de injeção, rotomoldagem ou sopro. Dependendo da aplicação a que se destina, o material pode ser usado puro ou misturado com outros plásticos como polietileno de alta densidade ou polipropileno. A segunda tecnologia é o uso do plástico com alumínio com residuais de fibra no processo de termoformação de placas e telhas e o mais recente desenvolvimento é a separação do alumínio metálico em reator a plasma térmico, gerando dois produtos de alto valor agregado: o alumínio metálico com alta pureza e parafina.

O processo de Termo-prensagem consiste em triturar o polietileno & alumínio e alimentar a uma prensa aquecida a 180^0 C para a confecção de placas. Este processo requer uma pré-seleção do material para a retirada de contaminantes pesados como metais que passam

pelo hidrapulper e são eliminados com o rejeito. A maioria das empresas que trabalham com termo-prensagem no Brasil são de pequeno porte e com produção entre 60 e 300 ton. seca/mês de material processado e efetuam esta operação de pré-seleção manualmente antes da operação de trituração. Inicialmente é feita uma pré-secagem ao ar do material que posteriormente é alimentado ao triturador com peneiras de 3⁄4 a 2 polegadas. O material é então alimentado à prensa aquecida e após 15 a 20 minutos é retirado e resfriado.

A operação de resfriamento pode ser feita em um molde no formato de telha, obtendo desta forma a telha reciclada. Cerqueira (2003) comparou as resistências e conforto térmico das telhas recicladas a partir de embalagens longa vida com as similares de fibrocimento e mostra que as telhas de fibrocimento apresentam valores para resistência, além da comparação a absorção de água também ter apresentado resultados positivos às recicladas. Devido à presença do alumínio, ocorre o efeito de reflexão dos raios infravermelho, o que resulta em melhor conforto térmico. Além disso, as telhas podem ser revestidas com alumínio ou outros materiais que além de deixar com aspecto metalizado, também contribui para melhor conforto térmico.

As FOTOS 5 e 6 mostram exemplos de placas e telhas, assim como outros produtos que podem ser fabricados na aplicação deste material.

FOTO 5 - Placas e telhas produzidas no processo de reciclagem dos rejeitos de alumínio e polietileno.

FOTO 6 - Produtos feitos com reciclagem de alumínio e polietileno termo prensados. Fonte: NEVES, 2001.

Outra forma de reciclar o rejeito do processo da desagregação de embalagens longa vida é a peletização do material para ser usado nos processos de injeção, rotomoldagem ou sopro. Neste processo todo material fibroso é extraído para que se possa trabalhar em extrusoras convencionais, além disso, contaminantes metálicos, ainda que em pequena quantidade podem causar danos aos equipamentos do processo além de gerar imperfeições nos produtos finais.

Uma vez peletizado, o material pode ser usado para produção de diversos produtos como por exemplo vassouras, coletores, materiais de escritório, canetas e muitos outros, como mostra a FOTO 7.

FOTO 7 - Produtos feitos a partir do polietileno e alumínio. Fonte: NEVES,

A terceira tecnologia desenvolvida para a reciclagem do rejeito de embalagens longa vida é o plasma térmico. Este processo consiste em um reator com uma tocha de plasma acionada eletricamente que ioniza a atmosfera no interior do reator podendo chegar a 15.000^{o} C. Ao alimentar o polietileno & Alumínio ao reator, mantendo a temperatura de processo em torno de 650 a 700^{o} C, ocorre a fusão do alumínio que é retirado líquido e alimentado a uma lingoteira, enquanto que o polietileno sofre quebra das ligações carbono-carbono e carbono-hidrogênio gerando a degradação do polímero e formando uma mistura de hidrocarbonetos gasosos que passarão pelo processo de condensação dando origem à parafina.

4.10.2. A influência da educação ambiental para a coleta seletiva

Um sistema de informações que permite acompanhar as características do retorno dos produtos, e fontes de geração de material a ser coletado, foi desenvolvido pela Tetra Pak, tendo como base a plataforma GOOGLE de georeferenciamento, que é o sítio www.rotadareciclagem.com.br

O sítio Rota da Reciclagem foi lançado em março de 2008 para auxiliar as pessoas a encontrar pontos de coleta de embalagens longa vida pós-consumo mais próximos de suas residências, bem como ajudar as cooperativas de catadores e as empresas que trabalham com a compra de materiais recicláveis a se localizarem mutuamente, incentivando, assim, toda a cadeia de coleta seletiva e reciclagem.

Para viabilizar o projeto foi desenvolvida uma ferramenta de busca com mapas, utilizando a tecnologia do Google Maps. Ao digitar um endereço no site, o mapa mostra, em alguns segundos, todas as iniciativas localizadas nas proximidades do endereço digitado nos campos próprios.

A idéia surgiu a partir da vontade da empresa para divulgar o enorme banco de dados que reuniu ao longo dos anos em que vem oferecendo apoio às atividades de coleta e reciclagem de suas embalagens pós-consumo. Além de organizar e disponibilizar essas informações, o projeto é uma ferramenta de trabalho que ajuda a identificar demandas, uma vez que permite visualizar, por exemplo, cidades e regiões onde faltam iniciativas de coleta e, a partir daí, desenvolver estratégias para atende-las (TETRA PAK, 2009).

O sistema também funciona para geração de informações coletadas no trabalho de campo, desenvolvido pela equipe de consultores, onde são lançados dados sobre os pontos de coleta seletiva, prefeituras e secretarias de meio ambiente, associações e cooperativas de catadores, pontos de entrega voluntária (PEVs) ou locais de entrega voluntária (LEVs),

comércios e depósitos de recicláveis. Estes locais estão disponíveis para consulta de qualquer cidadão que deseje localizar onde pode ser enviado o seu resíduo reciclável, ou entrar em contato. Até 2011, a Tetra Pak mantém 9 consultores em campo, distribuídos nas regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste, realizando o trabalho de prospecção da coleta seletiva de embalagens longa vida pós-consumo.

Desde lançamento do Rota da Reciclagem o sítio recebeu mais de 180 mil visitas, média de 288 por dia, para pesquisas, e foram cadastradas quase 3 mil iniciativas em todo o Brasil, incluindo pontos de entrega voluntária, comércios, cooperativas e empresas que comercializam material reciclável.

O projeto Cultura Ambiental nas Escolas foi desenvolvido em 1977, em parceria com a Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Trata-se de um kit educativo com todas as ferramentas necessárias para os professores trabalharem o tema ambiental em sala de aula com seus alunos. É formado por um caderno para o professor, uma publicação para os alunos, um pôster de apoio e um vídeo didático, que permitem abordar, de forma lúdica questões como coleta e reciclagem do lixo e preservação do meio ambiente.

Em outubro de 2009, foi lançado o Portal Cultura Ambiental nas Escolas (www.culturaambientalnasescolas.com.br), voltado para alunos e professores do segundo ciclo do Ensino Fundamental. Todo o conteúdo didático desenvolvido ao longo dos 12 anos do projeto que deu nome ao portal foi adaptado para o ambiente virtual e disponibilizado na internet, aproveitando recursos de interatividade e multimídia.

Além de educar e conscientizar, o portal busca facilitar a conexão entre professores, escolas e alunos e, com isso, ampliar a possibilidade de trocas de experiências entre os usuários.

Outras ações e intervenções culturais visam promover a educação ambiental, como o projeto (Re)Ciclo de Cinema, apresentação de teatros, produção de vídeos educativos, como "Quixote Reciclado" e "Carbono e Metano".

Um aspecto importante é o apoio às organizações de catadores com o fornecimento de material de divulgação para campanhas e educação ambiental. A Tetra Pak dá apoio ao trabalho das cooperativas que coletam a embalagem (ELV), auxiliando com informações técnicas sobre a reciclagem e o beneficiamento das embalagens cartonadas longa vida, além de fornecer material informativo para a comunidade em que a cooperativa está inserida. Em alguns casos, a empresa auxilia na infra-estrutura da cooperativa cedendo prensas e equipamentos adequados ao sistema de triagem dos recicláveis. (PEREIRA *et al,* 2008)

4.10.3. Análise do ciclo de vida do produto (ACV)

Em 2002, a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) criaram uma iniciativa voluntária (*Life Cicle Initiative*) para estimular e difundir ferramentas práticas para avaliar oportunidades, riscos e compensações associados aos produtos e serviços durante todas as etapas do ciclo de vida. Essa iniciativa criou a Associação Internacional do Ciclo de Vida, de adesão voluntária que desenvolve três programas: (1) gestão do ciclo de vida, (2) inventário do ciclo de vida e (3) avaliação do impacto do ciclo de vida (UNEP, 2007).

De acordo com Fiksel (1997, p. 73), ciclo de vida é uma seqüência de fases relacionadas com um produto, processo, serviço, instalação ou empresa. Esse autor distingue ciclo de vida econômico de um produto ou processo do ciclo de vida físico. O ciclo de vida

econômico de um produto é uma seqüência de atividades na qual se inclui a concepção do produto, seu desenvolvimento, lançamento, fabricação, manutenção, reavaliação e renovação que implica uma nova geração do produto. O ciclo físico de um produto é uma seqüência de transformações de materiais e energia que inclui a extração de matérias-primas, fabricação, distribuição, utilização, recuperação de materiais, reciclagem e reuso.

Por isso, esse conceito também é conhecido pela expressão *do berço ao túmulo* (*cradle to grave*), o berço é o meio ambiente de onde são extraídos os recursos naturais que serão transformados e o túmulo é o próprio meio ambiente enquanto destino final dos resíduos de produção e consumo que não foram reusados ou reciclados pelos sistemas produtivos (BARBIERI; CAJAZEIRA, 2009).

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é considerado um dos mais importantes instrumentos para o gerenciamento da cadeia de suprimentos, por ser o que permite de fato conhecer os impactos ambientais do produto ou serviço ao longo da cadeia de suprimento (LEITE, 2009).

Segundo a norma ISO (*International Organizational for Standardization*) que, segundo Barbieri & Cajazeira (2009), é uma das mais importantes fontes de padronização, considera também a Avaliação do Ciclo de Vida como instrumento de gestão ambiental que se aplica a um produto ou serviço específicos ou a um conjunto de produtos e serviços próximos substitutos de uma dada empresa.

A proliferação de conceitos e métodos adotados por entidades e governos sobre a ACV gera confusão para os que pretendem usar esse instrumento. Avaliações feitas segundo critérios diferentes chegam a conclusões diferentes sobre os impactos ambientais de um mesmo produto, confundindo o público e lançando desconfianças quanto a esse instrumento de gestão ambiental. A norma ISO 14040:2006 define ciclo de vida como estágios consecutivos e interligados de um sistema de produto, desde a aquisição de matérias-primas ou a sua obtenção a partir de recursos naturais até a disposição final (BARBIERI & CAJAZEIRA, 2009).

Sistema de produto é conjunto de processos é um conjunto de unidades de processos elementares conectadas por fluxos de materiais que realiza uma ou mais funções definidas, conforme exemplificado pela FIGURA 9.

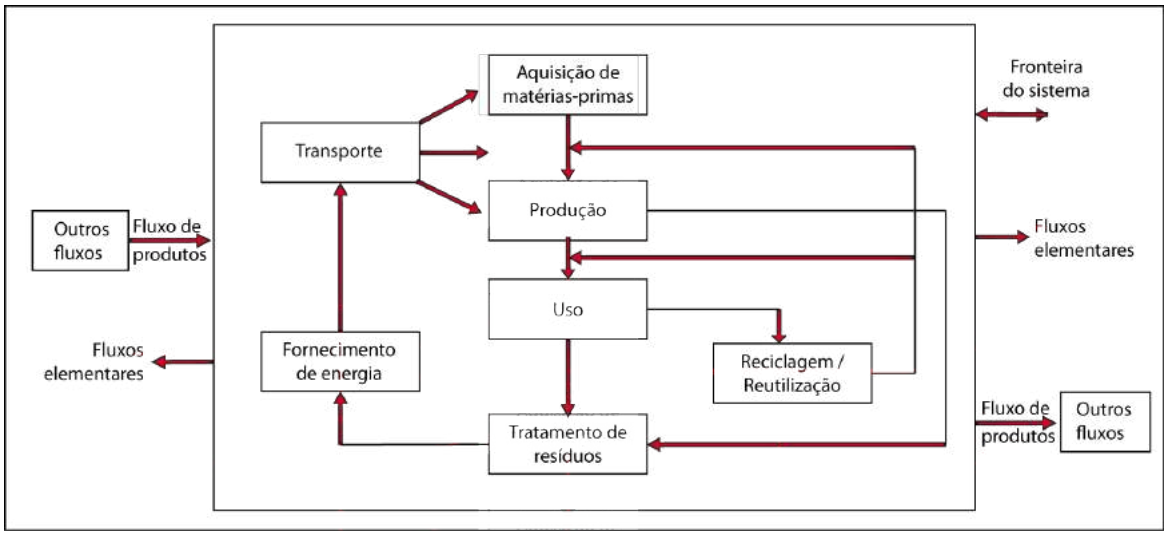


FIGURA 9 - Representação do sistema de produto confome a norma ISO 14040:2006, seção 4.4. Fonte: BARBIERI & CAJAZEIRA, 2009.

A FIGURA 10 exemplifica o ciclo de vida das embalagens multicamadas longa vida, produzidas pela Tetra Pak, que se inicia com a exploração do meio ambiente, como fonte de matérias-primas, energia, água e uso do solo, considera o design e a manufatura das embalagens, a redução de emissões de CO_2, transporte, clientes e por fim a reciclagem ainda considerando a redução de energia neste processo.

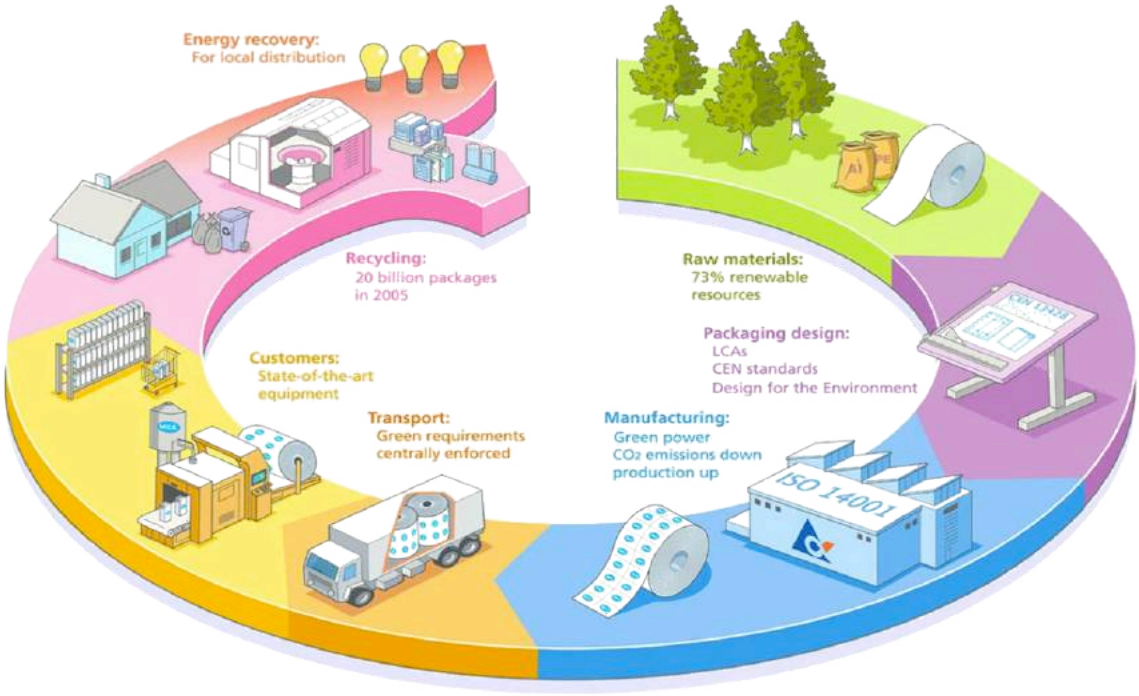


FIGURA 10 - Representação do ciclo de vida das embalagens longa vida - Tetra Pak. Fonte: Tetra Pak, 2011.

4.10.4. As metas de recuperação de embalagens longa vida x taxa de reciclagem

No Brasil, a primeira análise do ciclo de vida das embalagens da Tetra Pak foi iniciada em 1996, em parceria com o Centro de Tecnologia de Embalagem do Instituto de Tecnologia de Alimentos (CETEA-ITAL), que, em 2000, finalizou os estudos com a criação de um extenso banco de dados para todo o processo.

A última atualização do mapeamento foi realizada em 2008. Os resultados apontaram mudanças significativas na reciclagem das embalagens, cujas taxas aumentaram graças ao desenvolvimento de técnicas de recuperação do plástico e do alumínio, por meio de novos processos de reciclagem, no período de 1998 a 2005. As mudanças também apontaram melhorias substanciais na emissão de gás carbônico na atmosfera.

Por ser uma embalagem leve, o peso das embalagens cartonadas longa vida não é tão expressivo no lixo urbano, representando aproximadamente 2% da composição gravimétrica média dos municípios pesquisados pelo CEMPRE (2010) através da pesquisa Ciclosoft.

O resultado das atividades é medido pela taxa de reciclagem, obtida pela quantidade de embalagens recicladas em relação à de embalagens vendidas no mesmo período no Brasil. Apresentando uma taxa crescente desde 2001, a Tetra Pak tinha como meta atingir o índice de 40% até 2010. Porém, a crise financeira global na indústria de reciclagem levou

à queda da taxa de 26,6%, em 2008, para 22,2%, em 2009. Em 2010 houve recuperação, mas ainda não superou o ano de 2008 na média anual, conforme GRÁFICO 1 abaixo:

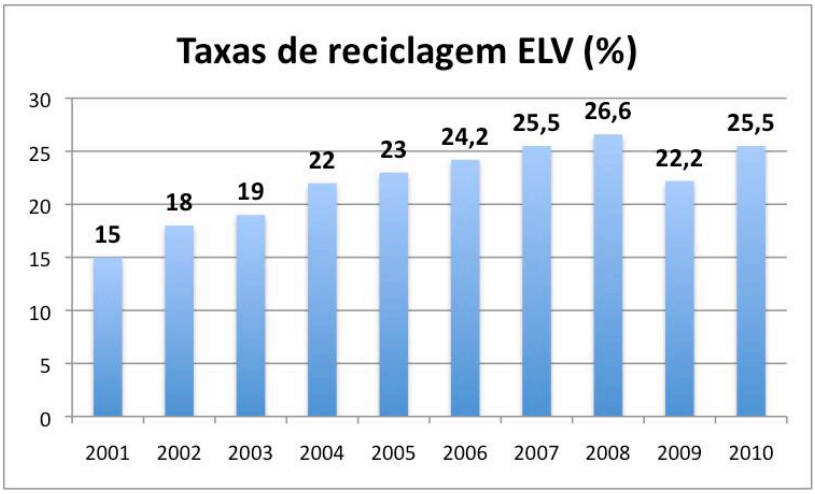


GRÁFICO 1 - Taxas de reciclagem das embalagens Tetra Pak (em %). Fonte: Tetra Pak (2011).

Os efeitos da crise provocaram queda na demanda de produtos feitos de material reciclável e, conseqüentemente, da matéria-prima desses produtos. Os preços também caíram prejudicando todos os elos da cadeia, principalmente os mais vulneráveis como os catadores. O GRÁFICO 2, mostra a evolução do preço das embalagens longa vida (R$/tonelada) nos últimos anos.

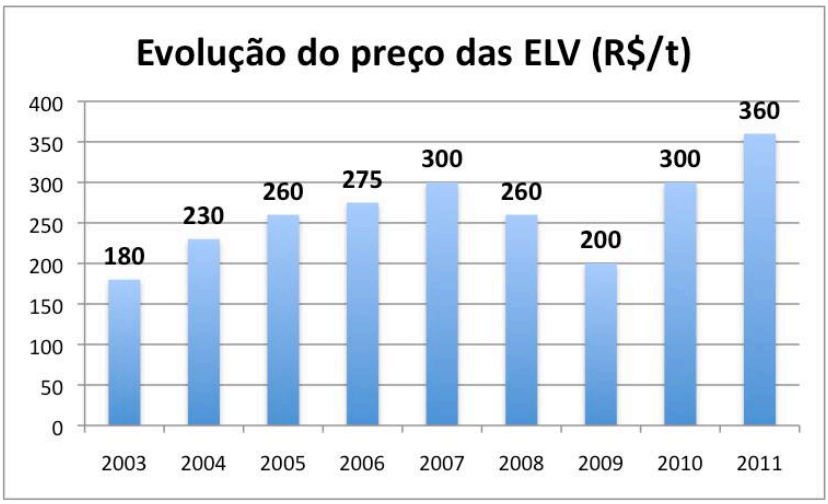


GRÁFICO 2 - Evolução do preço da embalagem longa vida pós-consumo (R$/tonelada) Fonte: Tetra Pak (2011).

Mesmo com a recuperação a partir de 2010, a meta de alcançar o índice de reciclagem de 40% foi postergada para 2012.

A cadeia da reciclagem não funcionaria se não houvessem as indústrias recicladoras, sendo este um dos pontos finais do ciclo de vida da embalagem, que também pode ser seguida pelos produtos reciclados dos resíduos ou matéria-prima reciclada proveniente das embalagens pós-consumo, porém acompanhar o destino destes produtos é bastante difícil.

Há um aumento crescente do mercado de recicláveis e, até 2011, são 31 plantas recicladoras, entre papeleiros[4], recicladores de polietileno e alumínio e plantas integradas. A TABELA 3 demonstra a quantidade reciclada nas plantas papeleiras distribuídas no Brasil, nos anos 2010 e 2011.

Tabela 3 - Quantidade de embalagens recicladas nas indústrias de papel em 2010 e 2011.

Papeleiras	2010	2011
Artvinco	18000	18000
Klabin – SP	12000	15000
Klabin – PE	4800	4800
Revita	8000	8000
Adami	4800	4800
Trombini	4800	4800
Tecfort	2400	2400
Sonoco	2400	2400
HCR	5000	6000
Suzano	5000	9000
Outros	6500	9500
TOTAL	73700	84700

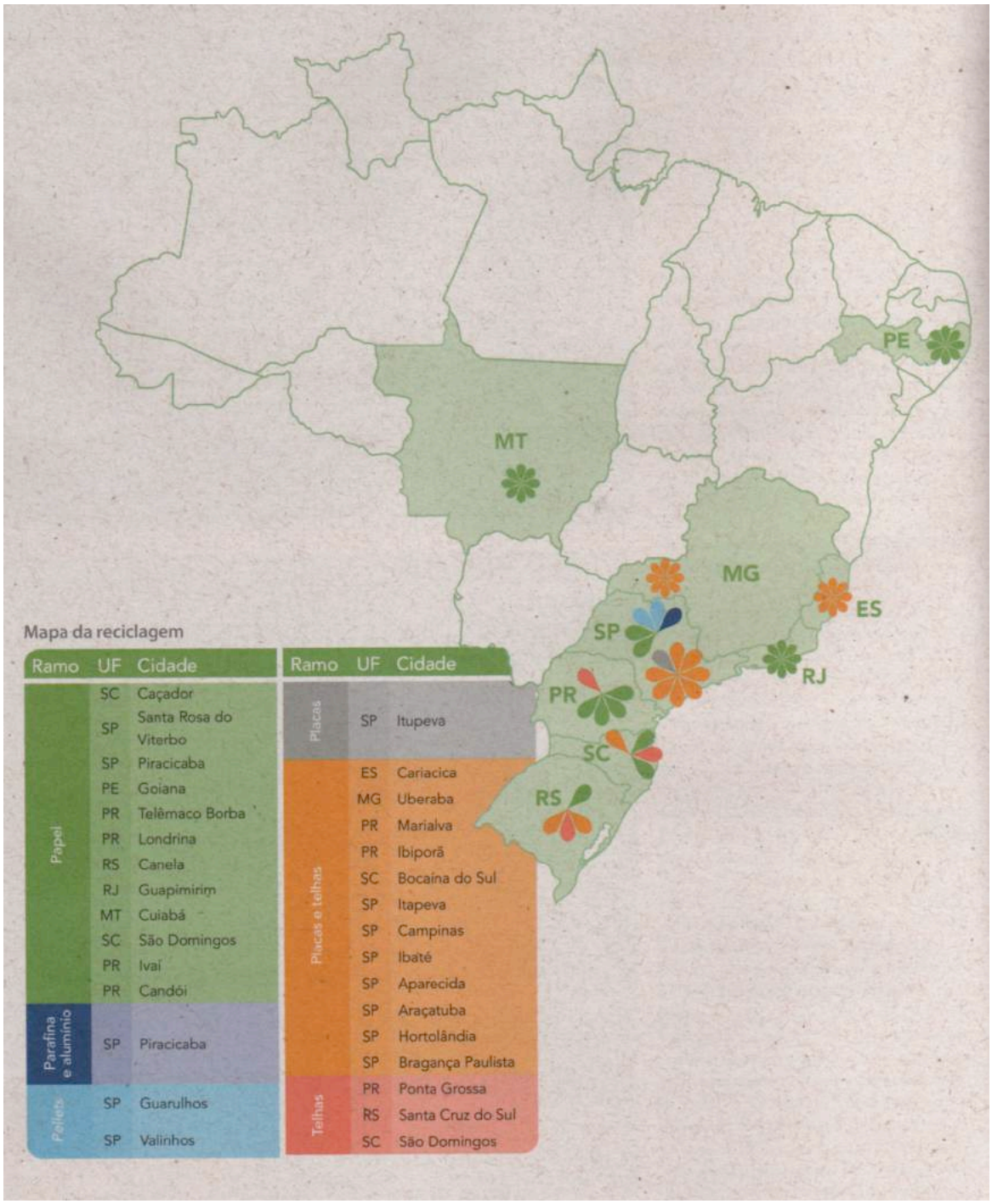
TABELA 3 - Fonte: Tetra Pak, 2011.

A FIGURA 11 reproduzida do Relatório de Sustentabilidade 2008-2009 da Tetra Pak, mostra o mapa da reciclagem, com a localização das plantas industriais distribuídas no Brasil.

As indústrias papeleiras estão representadas em verde, sendo duas no estado de São Paulo, duas em Santa Catarina, quatro no Paraná, uma no Rio Grande do Sul, uma no Rio de Janeiro, uma no Mato Grosso e uma em Pernambuco. Na recuperação de parafina e alumínio (azul escuro) uma, e de pellets (azul claro) duas, no estado de São Paulo, assim como uma (cinza) na produção de placas. As plantas integradas que produzem placas e telhas (laranja) estão distribuídas em São Paulo - sete, no Paraná - duas, Santa Catarina - uma, Minas Gerais - uma e Espírito Santo - uma. Na produção de telhas (rosa) temos uma no Paraná, uma no Rio Grande do Sul e uma em Santa Catarina.

Pode ser verificada a grande concentração na região sul do país, o que dificulta o escoamento de material da região norte e nordeste.

[4] Papeleiro: termo usado para designar aquele que trabalha no fabrico de papel, ou que tem papelaria.



Mapa da reciclagem

Ramo	UF	Cidade
Papel	SC	Caçador
	SP	Santa Rosa do Viterbo
	SP	Piracicaba
	PE	Goiana
	PR	Telêmaco Borba
	PR	Londrina
	RS	Canela
	RJ	Guapimirim
	MT	Cuiabá
	SC	São Domingos
	PR	Ivaí
	PR	Candói
Parafina e alumínio	SP	Piracicaba
Pellets	SP	Guarulhos
	SP	Valinhos

Ramo	UF	Cidade
Placas	SP	Itupeva
Placas e telhas	ES	Cariacica
	MG	Uberaba
	PR	Marialva
	PR	Ibiporã
	SC	Bocaina do Sul
	SP	Itapeva
	SP	Campinas
	SP	Ibaté
	SP	Aparecida
	SP	Araçatuba
	SP	Hortolândia
	SP	Bragança Paulista
Telhas	PR	Ponta Grossa
	RS	Santa Cruz do Sul
	SC	São Domingos

FIGURA 11 - Plantas recicladores no Brasil. Fonte: Tetra Pak, 2011.

5. METODOLOGIA

O objeto de estudo é uma análise da sustentabilidade econômica e ambiental de um sistema de coleta seletiva, tendo como base o processo de prospecção da coleta seletiva de embalagens longa vida pós-consumo no Estado de Minas Gerais, no contexto da logística reversa e reciclagem.

O método utilizado é o da pesquisa exploratória na forma de estudo de caso, tendo como objetivo acompanhar as fases da logística reversa em uma empresa e confrontar a prática observada com a teoria sobre o assunto.

A empresa Tetra Pak figura como um caso representativo no cenário escolhido em relação as ações de sustentabilidade e ciclo de vida do produto, ainda contribuindo quase como única empresa na produção de embalagens cartonadas (longa vida) no Brasil. O termo embalagens longa vida (ELV) é o adotado para a denominação deste material, apesar de embalagens cartonadas figurar como referencia técnica ao produto.

Neste estudo a coleta de dados foi obtida por meio de três formas de evidência: análise da documentação da empresa Tetra Pak, entrevistas não-estruturadas, registros do trabalho de campo realizado pelos técnicos que atendem a empresa na área de logística reversa.

Outros documentos utilizados para a coleta de informações sobre a situação da coleta seletiva no Estado de Minas Gerais foram fornecidos pelos gerentes de projeto da Fundação Israel Pinheiro (FIP), que coordena o programa "Minas sem Lixões", e através de entrevistas não-estruturadas.

As outras fontes de dados são provenientes do levantamento bibliográfico para análise de artigos publicados sobre o tema, sendo relevantes os documentos recém publicados, sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em especial o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, versão preliminar em fase de regulamentação.

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, são consideradas: informações relativas a taxa média de geração de embalagens longa vida, segundo coleta de dados nacional; a implantação da coleta seletiva em relação ao formato adotado, população atendida e situação da triagem; segregação como fonte secundária da cadeia, sendo realizada pelos catadores ou por depósitos; as fontes relacionadas à logística reversa, ou seja, a quantidade de material que chega nos recicladores e o valor de mercado praticado, como representado na FIGURA 12.

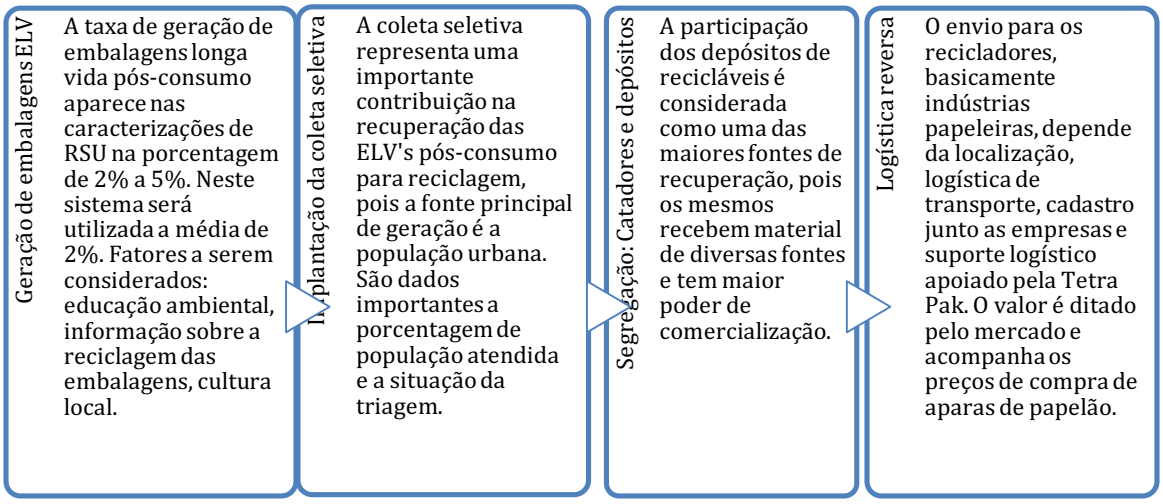


FIGURA 12 - Aspectos mais importantes a serem considerados na definição do sistema a ser estudado.

Em relação aos critérios utilizados para análise da situação da coleta seletiva no Estado de Minas Gerais, o mais relevante foi a confiabilidade dos dados em relação as fontes consultadas; em segundo o número da população, sendo considerada a variação de até 70.000 (pequeno porte), de 70.000 a 250.000 habitantes (médio porte), em comparação com a capital, Belo Horizonte, com mais de (2.000.000) dois milhões de habitantes (grande porte); também o fato dos municípios serem representativos para os Arranjos Territoriais (ATO) na organização de consórcios. Na amostragem foi considerada a probabilidade de geração de ELV em quantidade que justifica a coleta e o ganho econômico.

As possibilidades de geração de trabalho e renda por meio da recuperação e venda das embalagens pós-consumo têm como referência os municípios mineiros onde estão implantadas as Usinas de Triagem e Compostagem e aqueles onde funciona o sistema de coleta seletiva, com base nas informações coletadas nas FIP, no site Rota da Reciclagem e no banco de dados do CEMPRE.

A ferramenta de modelagem de sistemas é sugerida como uma forma de experimentação para prospecção dos resultados da coleta seletiva, em relação as metas de crescimento estabelecidas pela Tetra Pak e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, pois ambos consideram como referência o ano de 2014.

5.1. Fontes de dados para consulta

Uma das grandes dificuldades para a formatação de um modelo compatível com a realidade está na coleta de dados, pois podem ser verificadas discrepâncias entre as fontes de pesquisa. As informações principais, usadas como referências para o objeto deste trabalho, são das seguintes fontes:

I. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), feito pelo IBGE e publicado pelo Ministério das Cidades;
II. Pesquisa CICLOSOFT, publicada pela organização Compromisso Empresarial para a Reciclagem - CEMPRE;
III. Sistema Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais - SISEMA, informações sobre o Plano de Regionalização para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos;
IV. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicação da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE, 2010.
V. Programa “Minas sem Lixões”, criado em 2003 pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), em parceria com a Fundação Israel Pinheiro (FIP).
VI. Plano Nacional de Resíduos Sólidos, versão Preliminar (PPNRS, 2011).
VII. Panorama do Saneamento Básico no Brasil - análise situacional dos programas e ações federais - Vol.3, versão preliminar, publicação do Ministério das Cidades - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.

I. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS)

O SNIS foi concebido e vem sendo desenvolvido pelo Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS, vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA, do Ministério das Cidades. O SNIS consiste em um banco de dados administrado na esfera federal e contém informações sobre a prestação de serviços de água e esgotos, de caráter operacional, gerencial, financeiro, de balanço e sobre a qualidade dos serviços

prestados, desde 1995, e sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos desde 2002. As informações são atualizadas anualmente para uma amostra de prestadores dos serviços existentes no Brasil. A disponibilidade de informações permite aos prestadores de serviços realizar comparações, o que induz à reflexão a respeito de ações a serem implementadas que podem implicar no fornecimento de serviços com custos menores e com mais qualidade.

A partir e 2002, o SNIS iniciou uma série de informações, disponibilizando informações e indicadores desagregados para os municípios que integram a amostra de resíduos sólidos, que são importantes insumos para a melhoria dos níveis de eficiência e eficácia da gestão das instituições prestadoras dos serviços, uma vez que eles proporcionam uma gama de possibilidades de análise do setor (MCIDADES, 2010).

II. Pesquisa CICLOSOFT

Desde 1994 o Compromisso Empresarial para a Reciclagem - CEMPRE reúne informações sobre os programas de coleta seletiva desenvolvidos por prefeituras, apresentando dados sobre composição do lixo, custos de operação, participação de cooperativas de catadores e parcela de população atendida. A *Pesquisa Ciclosoft* tem abrangência geográfica em escala nacional, e possui periodicidade bianual de coleta de dados. A metodologia da pesquisa consiste no levantamento de dados através do envio de um questionário às Prefeituras visitas técnicas. O objetivo não consiste em comparar, mas demonstrar quais municípios contam com programas municipais de coleta seletiva.

III. Sistema Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais - SISEMA

O Sistema Estadual do Meio Ambiente – SISEMA, estruturado pela Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006 como SEARA, alterado pela Lei nº 11.050, de 06 de junho de 2008 e reformulado pela Lei 12.212/11, que cria o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) tem por objetivo promover, integrar e implementar a gestão, a conservação, a preservação e a defesa do meio ambiente, no âmbito da política de desenvolvimento do Estado de Minas Gerais.

IV. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil

O Panorama dos Resíduos Sólidos é uma publicação da ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais é uma associação civil sem fins lucrativos, que congrega e representa as empresas prestadoras de serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Os dados relativos às populações urbana e total dos municípios e estados brasileiros e os índices de urbanização da Pesquisa Nacional de Amostragem por Domicílios – PNAD foram obtidos por meio de consulta à base de dados do IBGE.

O levantamento de dados sobre os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), Resíduos de Construção e Demolição (RCD), Coleta Seletiva e Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) origina-se exclusivamente de pesquisas diretas realizadas pela ABRELPE junto aos Municípios com a aplicação de um questionário. Os dados que compõem o capítulo sobre reciclagem foram obtidos junto às associações representativas dos setores de alumínio, papel, plástico e vidro, os quais abrigam as principais atividades de reciclagem no país (ABRELPE, 2010).

V. Programa "Minas sem Lixões"

Criado em 2003 pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), o programa Minas sem Lixões apóia os municípios mineiros na implementação de políticas públicas voltadas para a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos. Com o objetivo de buscar maior eficiência e eficácia das ações, além de ampliar as possibilidades de articulação entre o Estado, municípios e cidadãos, a Fundação Israel Pinheiro (FIP) tornou-se, em 2008, parceira da FEAM na gestão do programa Minas sem lixões, por meio da assinatura do Termo de Parceria 22/2008.

Para mobilizar e sensibilizar os gestores municipais na erradicação dos lixões, implantação da coleta seletiva e iniciativas de educação ambiental com foco na redução, reutilização e reciclagem dos resíduos com inclusão social e geração de trabalho e renda, o programa Minas sem lixões desenvolve ações, como visitas técnicas para verificar a situação dos locais de disposição final dos resíduos sólidos urbanos; capacitação de agentes públicos; promoção de encontros técnicos; produção de material técnico didático; fomento à criação de redes e arranjos de gestão compartilhada de resíduos sólidos urbanos. (FEAM, 2010)

VI. Plano Nacional de Resíduos Sólidos - versão preliminar 2011

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos está previsto na Lei 12.305/2010 e é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) através do Comitê Interministerial da Política Nacional, que tem a finalidade de apoiar a estruturação e implementação da PNRS. A versão preliminar foi disponibilizada para consulta, em setembro de 2011 para ser discutida amplamente de forma participativa com os diversos representantes da sociedade civil.

Diversas fontes de informações foram seguidas para a elaboração do PNRS, incluindo as várias utilizadas neste trabalho. O diagnóstico de resíduos sólidos urbanos foi analisado sob três universos, sendo primeiro o Brasil como unidade de análise, o segundo cinco regiões brasileiras e o último considera o porte do município em função da população. Neste caso foram considerados municípios de pequeno porte aqueles com população total menor que 100 mil habitantes; médio porte com mais de 100 mil e menos que 1 milhão de habitantes e por fim os de grande porte com população acima de 1 milhão de habitantes. O estudo dos materiais recicláveis foi realizado a partir do agrupamento de: alumínio, aço, papel/papelão, plástico e vidro; e de acordo com a disponibilidade, alguns dados foram explicitados para embalagens produzidas a partir desses materiais. Desta forma foram apresentados dados para a composição gravimétrica média dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, considerando como base a quantidade de RSU coletados no ano de 2008.

VII. Panorama do Saneamento Básico no Brasil - versão preliminar 2011

O Panorama do Saneamento Básico no Brasil, versão preliminar, volume 3, também publicada em setembro de 2011, integra um conjunto de volumes, estudo desenvolvido pelas Universidades Federais de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Bahia, que visa subsidiar o processo de elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). O Volume III compõe a Parte II - 'Diagnóstico Analítico' da situação do Saneamento Básico no País, constante do Termo de Referência do estudo, e objetiva realizar uma analise situacional dos programas e ações de saneamento básico do governo federal O componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do PLANSAB compreende as atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo,

tratamento e disposição final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas (MCIDADES, 2011).

Alguns dados, para efeito de comparação e formatação do sistema, são provenientes do processo de acompanhamento da coleta seletiva e prospecção da recuperação de embalagens longa vida para reciclagem, executado por técnicos contratados pela empresa Tetra Pak, que lançam os resultados no site Rota da Reciclagem (http://www.rotadareciclagem.com.br).

5.2. Sistemas

No desenvolvimento deste trabalho busca-se utilizar técnicas da área de Business Intelligence, usando o software STELLA - *Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation*, que é um laboratório de aprendizagem experimental com animação baseado no pensamento sistêmico. Este software permite a construção de modelos através da conexão de ícones que traduzem a evolução temporal dos fenômenos em estudo. Podem ser estabelecidas relações causais entre as variáveis consideradas relevantes (CAMILETTI, 2001).

Modelos são representações simplificadas da realidade que incluem declarações (hipóteses) sobre as relações entre os componentes do sistema.

O melhor modelo deve atingir um equilíbrio entre o realismo e simplicidade. Um modelo pode representar apenas uma parte do sistema que é estudado. A arte de construir um modelo útil consiste principalmente da escolha do nível adequado de simplificações, a fim de coincidir com as metas do estudo. Construir um modelo é um processo interativo. O que significa que um número de passos precisam ser dados a cada vez e sempre. Para melhorar a compreensão do sistema é necessário iniciar novamente e novamente, enquanto modelamos.

Depois de estudar todas as informações disponíveis e com o objetivo em mente, dá-se início à identificação do sistema nas três dimensões: espaço, tempo e estrutura. Respondendo questões básicas sobre as dimensões podemos descrever o modelo conceitual do sistema. Pode ser um modelo mental, um desenho ou um diagrama de fluxo. Construir a correta concepção nos leva à metade do caminho para o sucesso.

Uma organização é basicamente um sistema, o qual pode ser definido como uma interação regular ou um grupo interdependente de itens compondo um todo unificado.

A modelagem de um sistema dinâmico, utilizando o software STELLA, utiliza algumas ferramentas, representadas como mostrado na FIGURA 12.

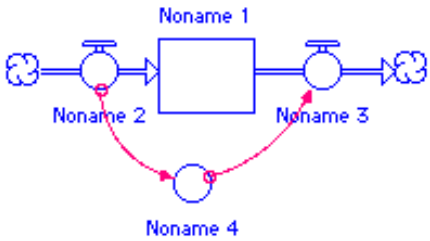
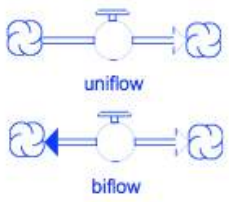


FIGURA 13 - Representação de um sistema dinâmico, de acordo com o software Stella.

O software dispõe de recursos, ou ferramentas básicas, descritas a seguir:

Stocks: **Reservatórios.** Devem ser descritos usando substantivos. Representam um estado atual, magnitude ou condição. Descrevem como as coisas são. Congelam a ação e a condição corrente persiste. Têm a função de

acumular. Por exemplo, os itens de um balanço patrimonial são as ações.



***Flows*: Fluxos.** Devem ser descritos usando verbos, se possível no gerúndio. Representam ações, atividades. Por exemplo, se o volume de um fluxo está em zero a ação é congelada. Todos os itens de uma demonstração de resultados são fluxos.

Os fluxos de entrada e saída de um estoque devem ser representados pela mesma unidade de medida, como a própria ação, exceto se for uma relação por tempo.

Estoques e fluxos, com retorno de *feedback*, são os dois conceitos centrais da teoria de modelagem de sistemas dinâmicos. Representam as acumulações (estoques) dos influxos (taxa de produção) e as saídas (vendas) de um sistema (STERMAN, 2000).

Um modelo para reciclagem pode se consistir em duas redes interconectadas. A primeira rede é composta pelos materiais que incluem os estoques e fluxos dos produtos, produtos usados, disposição de resíduos (lixo) e matéria-prima reciclada, demonstrada em um diagrama de estoque e fluxo. A segunda é a rede de informação que inclui o fluxo de informação (por exemplo, o nível de estoque utilizável pelas indústrias recicladoras, a demanda esperada pelos distribuidores, expectativa do nível de produção nos centros de coleta ou unidades de triagem e compostagem). Faz parte desta rede os atores envolvidos na cadeia da reciclagem (produtores, distribuidores, consumidores, comerciantes de resíduos e as indústrias recicladoras) (GEORGIADIS, 200)

Segundo Camiletti (2001), para a construção de um modelo devem ser seguidos alguns passos, como:

1. Definição do sistema a ser estudado;
2. Escolha do fenômeno de interesse a ser estudado;
3. Listagem das variáveis relevantes para a construção do modelo;
4. Construção do modelo através de diagrama causal;
5. Tradução das variáveis para a linguagem do diagrama de fluxo;
6. Representação do modelo no software (STELLA);
7. Simulação do modelo;
8. Validação do modelo a partir do comportamento em relação ao comportamento esperado do fenômeno em estudo.

Muito utilizado para representação de modelos é o formato de organograma, conforme a FIGURA 14.

FIGURA 14 - Passos para construção de um modelo sistêmico

Um modelo sistêmico é uma combinação de partes que interagem e produzem uma qualidade nova em sua interação. Os elementos estão conectados e relacionados uns aos outros em uma variedade de maneiras, sendo suas relações essenciais para a descrição do

sistema. Considerando que os elementos são importantes para a definição da estrutura do sistema, ou análise do mesmo como um todo, é necessário determinar sua função.

A mesma descrição acima, em formato de organograma linear, poderia ser representada por um modelo sistêmico, como na imagem a seguir na FIGURA 15.

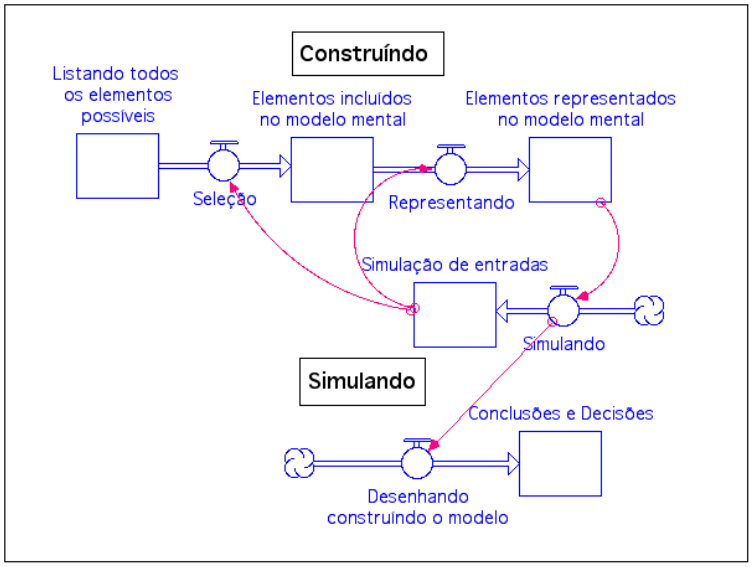


FIGURA 15 - Construção de um modelo mental simulado pelo Software STELLA.

5.3. Desenvolvimento do modelo em estudo

Como o objetivo deste trabalho está na participação das embalagens longa vida ELV's (Tetra Pak), foi considerada a **porcentagem media de 2%,** do que é coletado de ELV seletivamente e pode ser enviado para a reciclagem, ou seja, da composição gravimétrica média no Brasil.

Para modelagem de um sistema que possibilite verificar qual a quantidade de embalagens pode ser recuperada por mês, e os ganhos envolvidos no processo, como já visto, devem ser considerados como parâmetros:

- população urbana total local,
- porcentagem da população atendida pela coleta de RSU,
- porcentagem de população atendida pela coleta seletiva,
- quantidade de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU t/mês),
- geração *per capita* (kg/hab/dia) - projeção mensal,
- quantidade de recicláveis coletada (t/mês) e considerar desta parcela de recicláveis a porcentagem de 2% de embalagens longa vida (ELV).

Em relação ao material - embalagens longa vida pós-consumo, os dados relevantes são:

- índice de reciclagem de ELV no Brasil (t/ano) - projeção mensal,
- meta de reciclagem de ELV em Minas Gerais (t/mês).

No processamento do material, consideram-se:

- custos de mão-de-obra das cooperativas para triagem,
- tempo necessário para formação de uma carga mínima (18 t),
- custo para preparo do fardo (arame, papelão, energia).

Na comercialização do material, consideram-se:

- custos com formação da carga (aluguel de empilhadeira),
- mão-de-obra para arrumação do caminhão,
- emissão de nota fiscal,
- transporte,
- impostos.

Ainda que a base de informações usada para levantamento dos dados seja nacional, um levantamento pormenorizado foi feito em relação aos municípios do Estado de Minas Gerais.

Segundo a Fundação Israel Pinheiro (FIP) no desenvolvimento do Programa "Minas sem Lixões", até agosto de 2011, foi realizado o acompanhamento de 74 municípios mineiros para caracterização dos resíduos sólidos urbanos, visando implantar um Plano de Gestão Integrada e dar suporte às metas estabelecidas pelo programa.

A tabela A.1, do Anexo A, demonstra o universo do estudo em relação ao Estado de Minas Gerais e apresenta os dados referentes ao trabalho de campo dos agentes contratados pela FIP, montada com a previsão estimada da geração de embalagens longa vida, considerando a taxa de geração definida como 2% da parcela de recicláveis coletada.

A tabela A.2, do Anexo A, apresenta a relação de municípios que possuem Usinas de Triagem e Compostagem, sua localização nas regiões do Estado e população urbana IBGE (2010), com dados coletados na FIP e SNIS e as projeções para geração de resíduos atual e em relação a geração de ELV.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. A geração de resíduos e a capacidade de recuperação dos recicláveis

De acordo com o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2009), a cobertura média da **coleta regular de resíduos sólidos urbanos** no Brasil abrange um percentual superior a 90% da população urbana, em 215 dos 226 municípios pesquisados pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS (SIMONETTO, 2010).

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, versão preliminar (set./2011), que teve como base as informações contidas na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), e no SNIS, além de dados retirados de relatórios das associações setoriais, a coleta regular dos resíduos sólidos tem sido o principal foco da gestão de resíduos sólidos nos últimos anos. A taxa de cobertura vem crescendo continuamente, e na área urbana a coleta supera o índice de 98%; todavia a coleta em domicílios localizados em áreas rurais não atinge 33%.

Há uma sensível diferença entre os dados elaborados a partir do Banco de Dados do Sistema Único de Saúde DATASUS (2011) e o IBGE (2002, 2010[a]), com relação a estimativa da quantidade de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos coletados, conforme TABELA 4.

Tabela 4 - Estimativa da quantidade de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos coletados

Unidade de análise	Quantidade de resíduos coletados (t/dia)		Quantidade de resíduos por habitante urbano (kg/hab/dia)	
	2000	2008	2000	2008
Brasil	149.094,30	183.481,50	1,1	1,1
Norte	10.991,40	14.637,30	1,2	1,3
Nordeste	37.507,40	47.203,80	1,1	1,2
Sudeste	74.094,00	68.179,10	1,1	0,9
Sul	18.006,20	37.342,10	0,9	1,6
Centro-Oeste	8.495.30	16.119,20	0,8	1,3

TABELA 4 - Fonte: PPNRS (2011) Elaborado a partir de DATASUS (2011) e IBGE (2002, 2010a)

As informações sobre a quantidade coletada apresentam relevante inconsistência, sendo que os dados indicam um aumento da quantidade, em termos absolutos e relativos, em todas as regiões, com exceção da Região Sudeste. Essa inconsistência sugere que pode haver falhas na metodologia utilizada para a coleta de dados (PPNRS, 2011 p.10).

As unidades de tratamento de resíduos sólidos cadastradas no SNIS totalizam 714, sendo 216 delas unidades de disposição em solo, ou seja, aterros sanitários (39,4%), aterros controlados (32,4%) ou lixões (28,2%). O destino final da massa coletada por 135 das 216 unidades de disposição em solo, que totaliza 11,7 milhões de toneladas, se dá em maior parte em aterros sanitários (61,4%), seguidos por aterros controlados (25%) e lixões (13,6%), sendo considerado como um bom resultado. (MCIDADES, 2010)

A relação entre população urbana, o tamanho do município e a coleta *per capita* (kg/habitante/dia) demonstra ter uma geração proporcional, como tendência em populações urbanas maiores, porém existem municípios com população pequena e alta coleta *per capita*. Este fato demonstra ser relevante levar em consideração a cultura local e a economia circulante.

Desta forma, na **região Sudeste**, pode ser considerado o índice de 1,234 kg/hab/dia como uma média, sendo que no Brasil o índice encontrado foi de 1,079 kg/hab/dia (ABRELPE, 2010).

Ainda assim, os estados da região Sudeste apresentam grandes diferenciais, já que São Paulo é o mais desenvolvido e com maior índice econômico, além de não apresentar grandes áreas rurais, como no estado de Minas Gerais.

Nos municípios com população abaixo de 20.000 habitantes, no estado de Minas Gerais, a geração *per capita* fica bem abaixo do índice médio do Brasil, estando abaixo 0,51 kg/hab/dia (ANEXO A, TABELA A.1).

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010, a geração de RSU no Brasil como um todo, em comparação com os dados de 2009, revela um aumento de 5,3% no índice *per capita*, e um acréscimo de 6,8% na quantidade total gerada. Em relação a destinação final (t/dia) pode-se verificar um aumento ainda tímido em relação aos RSU enviados para aterro sanitário, aterro controlado ou lixão.

Em relação aos municípios da região Sudeste, os dados relevantes do Panorama ABRELPE 2010, revela que os 1.668 municípios distribuídos nos quatro Estados tiveram juntos uma geração de 96.134 toneladas de resíduos sólidos por dia, dos quais 92.167 t/dia foram coletadas. Houve um **crescimento de 7% no índice *per capita* de geração de RSU**, atingindo a marca de 1,288 kg/hab./dia. A pesquisa mostra que houve um aumento de 8,9% na destinação de resíduos para aterros sanitários, porém 28,3% ainda são destinados de forma inadequada, ou seja, para aterros controlados ou lixões, significando grande impacto ambiental, conforme FIGURA 16.

FIGURA 16 - Destinação final de RSU na Região Sudeste. Fonte: Pesquisa ABRELPE, 2010.

Os custos econômicos para realizar os serviços de coleta de RSU são na média de R$ 4,19 por habitante da região sudeste e R$ 7,32 por habitante por mês nos demais serviços de limpeza. Somados todos os serviços relacionados com a limpeza urbana das cidades, o total é de R$ 11,51 por habitante/mês.

Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, o número de cidades com programas de **coleta seletiva** de resíduos sólidos no Brasil aumentou de 58, em 1989, para

994 em 2008. Em 2000, eram 451 os municípios que dispunham de sistemas de separação de lixo para reciclagem em toda a área da cidade. (AKATU, 2010)

Há uma discrepância considerável entre a pesquisa CICLOSOFT 2010 e a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE (base 2008) no que diz respeito ao número de municípios com programas de coleta seletiva (VILHENA, 2010).

Segundo André Vilhena, diretor executivo do CEMPRE, em uma análise preliminar isso se deve a dois fatores, o principal é o critério adotado para considerar que uma prefeitura executa um programa de coleta seletiva. Na pesquisa CICLOSOFT o critério inclui uma abrangência mínima de 10% da população do município e participação direta da prefeitura, seja qual for o modelo adotado. Caso a coleta seja feita por cooperativas e/ou sucateiros 100% independentes da prefeitura, então este município é excluído automaticamente. O segundo aspecto relevante é que o IBGE tem mais capacidade de coletar dados em nível nacional e alguns municípios podem não terem sido computados pela pesquisa do CEMPRE.

A Pesquisa CICLOSOFT (CEMPRE, 2010) usa como parâmetro a média da geração de recicláveis, segundo dados coletados nos municípios pesquisados, e a considera como uma média nacional. Na composição dos resíduos considerados como recicláveis encontramos uma grande participação de papel e papelão, representando 39,9%; seguido de plásticos 19,5%, vidro 11,9%, longa vida 1,9%, alumínio 0,9%, metais 6,8%, eletrônicos 0,2%, outros 5,7% e rejeitos 13,3%, como representado na FIGURA 17.

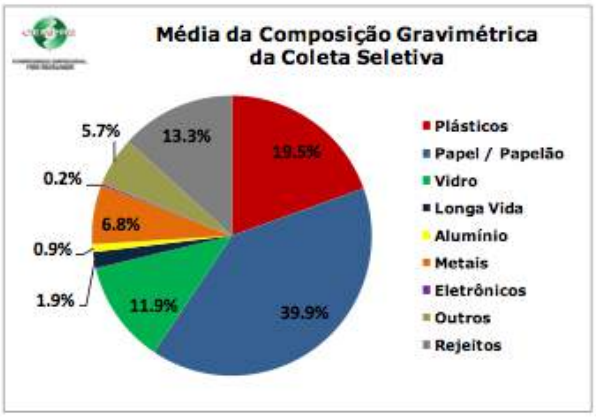


FIGURA 17 - Média da composição gravimétrica da coleta seletiva.
Fonte: Pesquisa CICLOSOF, CEMPRE, 2010.

Há que se observar a parcela significativa de **rejeitos**, sendo materiais inservíveis, representando aqueles contaminados, ou seja, não podem ser segregados. Isso se dá devido ao pouco cuidado da população no envio de resíduos para a coleta seletiva. Também a pequena porcentagem de alumínio aparece porque a separação de latas de alumínio é feita antes do envio para a coleta seletiva, tendo baixa participação na composição gravimétrica, mas alta taxa de recuperação para reciclagem.

O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2010) utiliza como metodologia os dados provenientes do IBGE e coleta de informações sobre reciclagem através de entrevistas realizadas em um universo de 350 municípios, representando um total de 49,6% da população urbana total do Brasil. Também são consideradas as informações sobre reciclagem coletadas das associações vinculadas aos setores de alumínio, papel, plástico e vidro.

Ainda em relação a situação brasileira na coleta seletiva de materiais recicláveis, nos dados compilados pela equipe de trabalho que está elaborando o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, há um destaque para o aumento de 120% no número de municípios que desenvolvem tais programas, chegando a 994. A maioria dos municípios com coleta seletiva implantada está localizada nas regiões Sul e Sudeste, significando apenas 18% dos municípios brasileiros.

Na compreensão do MMA, os problemas existem porque os municípios, titulares da gestão dos resíduos sólidos urbanos, em geral, atuam de forma isolada, com baixa capacidade institucional de planejamento e gerenciamento. Além disso, a grande maioria dos serviços de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana não apresentam sustentabilidade econômica. Por outro lado, tão somente a construção de instalações de tratamento e disposição de resíduos sólidos não tem garantido o manejo adequado e a continuidade dos serviços. Comparados com os investimentos iniciais, os custos operacionais dessas instalações são relativamente elevados, o que, de certo modo, resulta no abandono de muitos aterros após a implantação (Formulário MMA 2, 2010).

Pode ser notada uma disparidade em relação a interpretação dos dados, pois na análise em porcentagens pode parecer um acréscimo alto de municípios que já implantaram os sistemas de coleta seletiva, mas é necessário avaliar o universo pesquisado e suas inter-relações. O Brasil é dividido em 5.565 municípios, destes 2.515 possuem população até 10.000 habitantes e 2.443 com até 50.000 habitantes, ou seja, 89% do total. De 50.000 a 100.000 hab. são 324 e de 100.000 a 500.000 são 245. Apenas 9 municípios possuem até 2.000.000, 4 até 5.000.000 e 1 com até 10.000.000 (IBGE, 2010). O que demonstra a tendência de concentração da população formando grandes cidades.

O crescimento da população nas últimas décadas é menor do que o último período pesquisado (1991 a 2000), porém aumenta também a urbanização e o consumo. Ao mesmo tempo, pesquisas para implantação do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, e em especial para a destinação final, contemplam em sua maioria os grandes geradores, ou municípios, com projetos sofisticados e de custo alto. Portanto, a organização de consórcios se apresenta como uma solução, ainda que dependa de vários fatores, como o incentivo aos pequenos municípios além da capacitação técnica aos gestores públicos.

A capacidade de recuperação dos materiais recicláveis está diretamente ligada ao sistema complexo que é a situação dos resíduos sólidos no Brasil. Além da necessidade de redução dos resíduos destinados inadequadamente para lixões ou aterros controlados, ainda falta a implantação de unidades de triagem e compostagem e a redução do alto percentual de matéria orgânica descartada. Do total de resíduos orgânicos coletados somente 1,6% é encaminhado para o sistema de compostagem.

Apesar do aumento dos programas de coleta seletiva e do avanço em relação a capacidade de reciclagem, ainda falta a capacitação das cooperativas de catadores, tanto operacional quanto em equipamentos adequados, para garantir o incremento da segregação e conseqüente absorção dos recicláveis coletados com posterior destinação para as indústrias recicladoras.

Outro aspecto importante é a necessidade de incentivo às diversas formas de educação ambiental e envolvimento da população, de forma efetiva e prática para a separação dos recicláveis, sendo necessário do poder público a garantia da coleta de forma seletiva e promova informações acerca do destino dos materiais.

Os dados coletados indicam que a participação dos resíduos recuperados pelos programas de coleta seletiva formais ainda é muito pequena, o que sugere que a reciclagem no pais ainda é mantida pela reciclagem pré-consumo e pela coleta pós-consumo informal, devendo ser objeto de estudos específicos.

6.2. A situação da disposição final e da coleta seletiva no Estado de Minas Gerais

A Fundação Israel Pinheiro é uma instituição sem fins lucrativos, na forma de Organização Social de Interesse Público - OSCIP, atua nas demandas de interesse público, executando programas e projetos de interesse público com foco em três grandes áreas: desenvolvimento urbano, desenvolvimento cultural e ambiental e desenvolvimento tecnológico. Desde 2008, a FIP é parceira da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) na gestão do "Minas sem Lixões", programa criado em 2003. A meta é erradicar 80% dos lixões e incentivar os municípios a implantar sistemas ambientalmente adequados de destinação final de resíduos, beneficiando, no mínimo, 60% da população no Estado.

A coleta seletiva é outro ponto focal do "Minas sem Lixões". Com uma metodologia que incentiva a participação ativa da comunidade, a FIP apóia 52 municípios na implantação deste programa, integrado a outros 24 apoiados pela FEAM.

A população urbana total do Estado de Minas Gerais (IBGE, 2010) é de 16.713.654 habitantes, divididos em 853 municípios.

Em relação a disposição final dos resíduos sólidos em Minas Gerais, segundo publicação do programa "Minas sem Lixões" em 2009, é a seguinte: 15 municípios possuem Usina de Triagem e Compostagem não regularizada, 112 Usina de Triagem e Compostagem regularizada, 60 com aterro sanitário não regularizado, 8 com aterro e usina regularizada, 1 aterro não regularizado, 53 licenças de aterro em verificação, 289 aterros controlados, 3 aterros fora do estado e 312 lixões, conforme detalhado em porcentagens na TABELA 5.

Tabela 5 - Número de municípios de Minas Gerais em relação a disposição final de RSU

Tipo de Disposição Final / Tratamento Resíduos Sólidos Urbanos Minas Gerais / 2009	% pop. urbana em relação ao Estado	% municípios em relação ao Estado	Número de municípios	População Urbana IBGE 2007
Usina de triagem e compostagem não regularizada	0,49	1,76	15	79.697
Usina de triagem e compostagem regularizada	3,54	13,13	112	578.334
Aterro sanitário regularizado	44,39	7,03	60	7.256.111
Aterro sanitário / Usina de triagem e compostagem regularizada	1,39	0,094	8	227.200
Aterro sanitário não regularizado	0,04	0,12	1	5.778
AAF's[5] em verificação	3,31	6,21	53	528.911

[5] Os empreendimentos ou atividades considerados de impacto ambiental não significativo estão dispensados do licenciamento ambiental e devem, obrigatoriamente, requerer a Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF). (Fonte: SEMAD)

Aterro Controlado	17,25	33,88	289	2.824.564
For a do Estado	0,03	0,35	3	4.984
Lixão	29,57	36,58	312	4.841.290
TOTAL	**100**	**100**	**853**	**16.346.869**

TABELA 5 - Fonte: FEAM, 2010.

O mapa, apresentado na FIGURA 18, apresenta melhor visualização quanto a localização dos municípios em relação a disposição final de resíduos sólidos urbanos, quando pode ser notada a concentração na área sul, em disposição leste/oeste. O número de municípios com disposição irregular, em lixões ou aterros controlados ainda representava 72% do total dos municípios do Estado (FEAM, 2010).

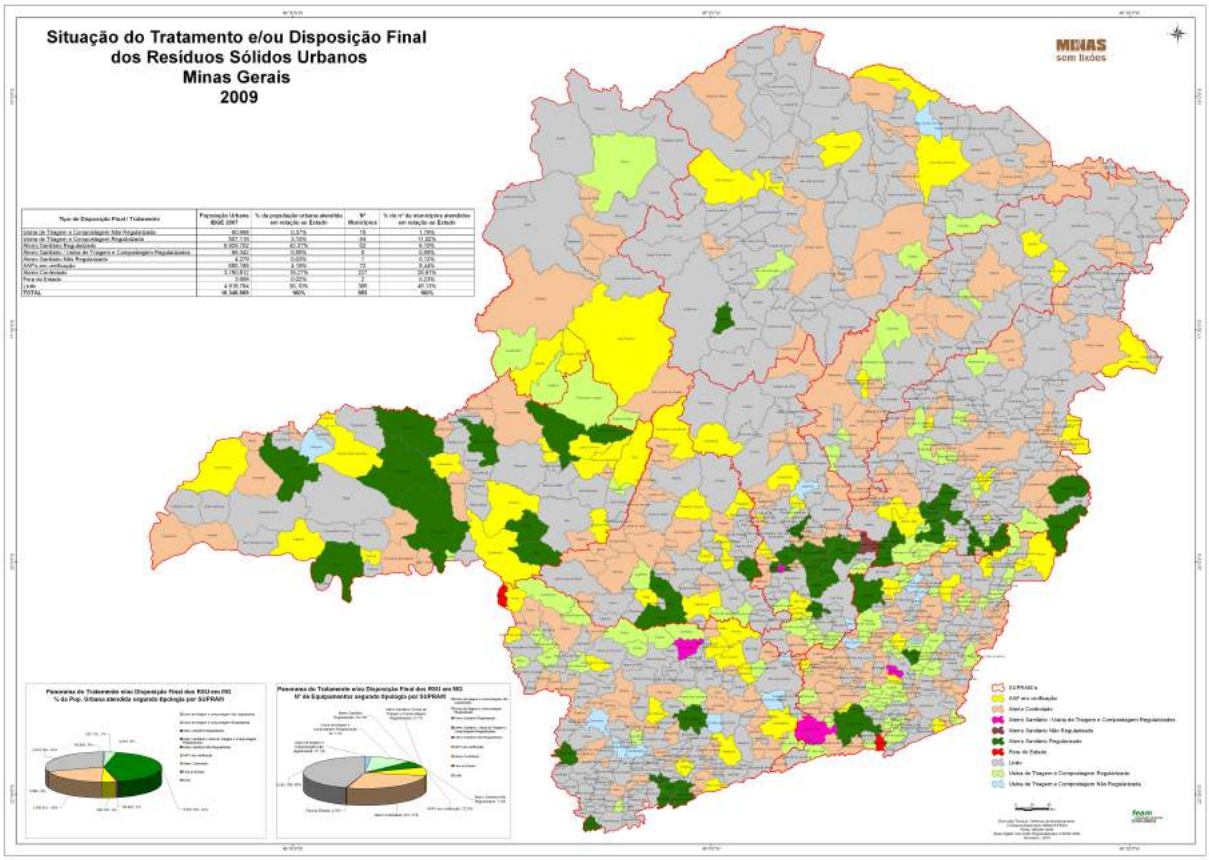


FIGURA 18 - Situação do Tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Minas Gerais. Fonte: Programa Minas sem Lixões, FEAM.

A tabela que aparece no mapa foi reproduzida e citada (TABELA 5), os gráficos, reproduzidos no GRÁFICO 3 apresentam o panorama do tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos em Minas Gerais, por porcentagem da população urbana atendida, segundo tipologia por SUPRAM[6].

[6] As **Superintendências Regionais de Regularização Ambiental (SUPRAMs)** têm por finalidade planejar, supervisionar, orientar e executar as atividades relativas à política estadual de proteção do meio ambiente e de gerenciamento dos recursos hídricos formuladas e desenvolvidas pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) dentro de suas áreas de abrangência territorial.

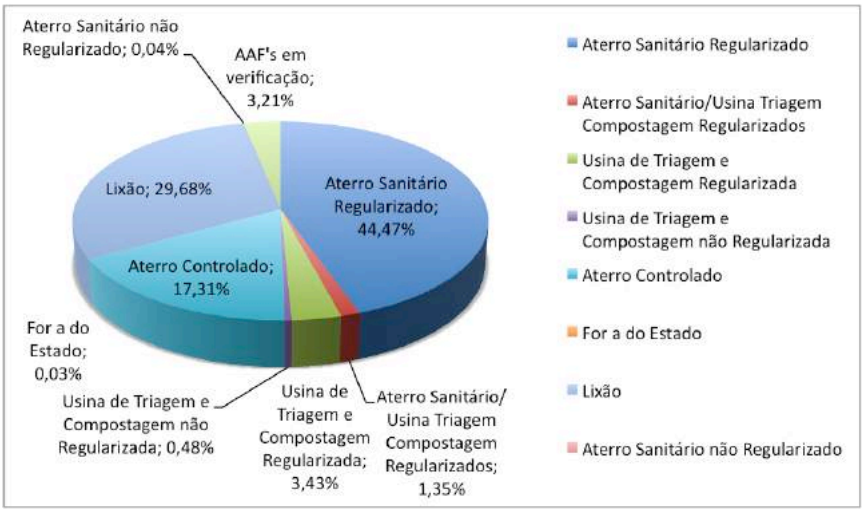


GRÁFICO 3 - Panorama do tratamento e/ou disposição final dos RSU em MG, % da população urbana atendida segundo Tipologia por SUPRAMs. Fonte: FEAM (2010) Adaptado.

Em relação a tipologia do mapa por cores, a legenda foi reproduzida na FIGURA 19.

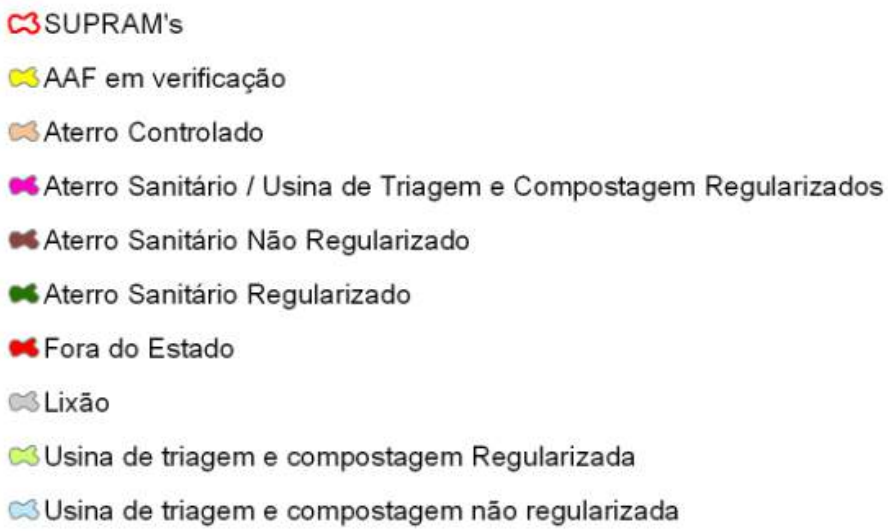


FIGURA 19 - Legenda por cores da representação no Mapa de Minas Gerais da situação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos dos municípios.

As Usinas de Triagem e Compostagem são adequadas àqueles municípios que produzem quantidades pequenas de lixo e podem realizar a gestão de RSU de forma consorciada. As instalações podem ser agrupadas em seis setores: recepção e expedição; triagem; pátio de compostagem; beneficiamento e armazenagem de composto; aterro de rejeitos; sistema de tratamento de efluentes. O custo deste empreendimento não é alto e contribui para redução de aterros. Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado (2002) o custo médio de investimento, por tonelada diária de capacidade instalada de processamento de

---

Nos procedimentos relativos aos processos de regularização ambiental, as Superintendências Regionais de Regularização Ambiental subordinam-se administrativamente à SEMAD. A lista completa das SUPRAMs responsáveis pelos municípios mineiros pode ser encontrada no endereço eletrônico (http://www.semad.mg.gov.br/suprams-regionais).

resíduos sólidos domiciliares urbanos, seria da ordem de US$ 25 mil, não incluído o valor necessário para aquisição de terrenos (IPT/CEMPRE, 2002).

Como é característica da geração de resíduos sólidos no Brasil o alto índice de orgânicos, a compostagem aparece como excelente solução para o gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. Porém, nas regiões onde estão implantadas as Usinas de Triagem e Compostagem, em muitas delas não há o sistema de coleta seletiva no município. Este modelo depende de um numero alto de pessoas na triagem e, como o resíduo não é separado, a situação precisa ser muito bem controlada, pois há alto grau de insalubridade.

Na situação atual, com a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, tem-se verificado um modelo de Usina de Triagem e Compostagem integrado, onde existem parcerias com as organizações de catadores, desta forma cumprindo a determinação de priorizar os mesmos para a triagem e destinação dos recicláveis como fonte de geração de trabalho e renda.

O mapa de Minas Gerais, representado na FIGURA 20, apresenta uma síntese das informações coletadas, onde foram destacados os municípios atendidos por sistemas de coleta seletiva já implantados ou em fase de implantação, acompanhados pelo programa "Minas sem Lixões", realizado pela Fundação Israel Pinheiro (cor laranja), outros acompanhados pelo CEMPRE (verde/amarelo), e os municípios acompanhados pela equipe de campo da Tetra Pak e registrados no site Rota da Reciclagem (azul).

Nota-se uma área significativa no Estado sem atendimento de nenhuma iniciativa, tanto para implantação de programas de coleta seletiva, ou usinas de triagem e compostagem, assim como de aterros para destinação de resíduos. Contudo, são municípios com alto índice de população rural e baixa renda *per capita*. A concentração de municípios com programas de coleta seletiva implantados está na região sul e sudeste do Estado e tem relação com aqueles onde já existem sistemas de disposição final adequada, ou em fase de regularização.

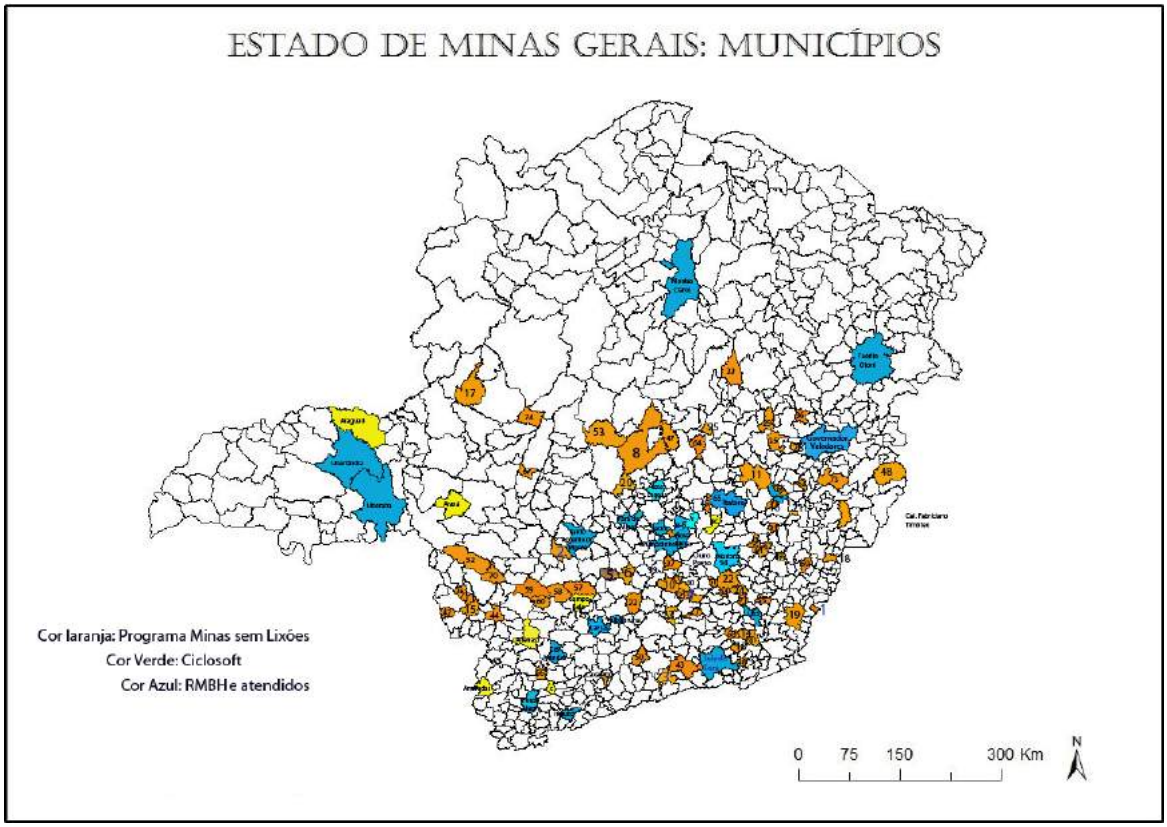


FIGURA 20 - Síntese dos municípios atendidos por programa de coleta seletiva. Adaptado pela autora de: CICLOSOFT, FIP (2010/2011)

Considerando as informações provenientes do documento publicado pelo programa "Minas sem Lixões" - Situação do Tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais (2009), existem 112 Usinas de Triagem e Compostagem regularizadas, ou em fase de regularização. Em relação a totalidade dos municípios mineiros, significa 13,13%.

Uma relação de 80 municípios e a população urbana está representada na TABELA A.2 do ANEXO A, onde consta uma estimativa da geração de RSU, usando a porcentagem média de geração *per capita* em Minas Gerais para municípios com população entre 5.000 e 15.000 habitantes. Foram listados apenas aqueles onde foi possível a coleta de dados recentes, fornecidos pela FIP e os que constam na listagem do SNIS.

A pesquisa da Fundação Israel Pinheiro (FIP), representada na TABELA A.1 do ANEXO A, considera 74 municípios com sistemas de coleta seletiva, acompanhados por diagnóstico e caracterização dos resíduos, sendo estes dados recentes (2010/2011).

Nem todas as Usinas de Triagem e Compostagem instaladas comercializam os materiais recicláveis, principalmente embalagens longa vida. Isso se deve ao fato da falta de informação e fontes de comercialização, sejam através de depósitos ou comércios de recicláveis, conforme constado pelas fontes da Tetra Pak e do Rota da Reciclagem.

Outro fator importante é a população urbana dos municípios atendidos por este tipo de sistema de gestão de RSU, pois 85% dos municípios do Estado de Minas Gerais possuem entre 500 e 20.000 habitantes, como representado no GRÁFICO 4.

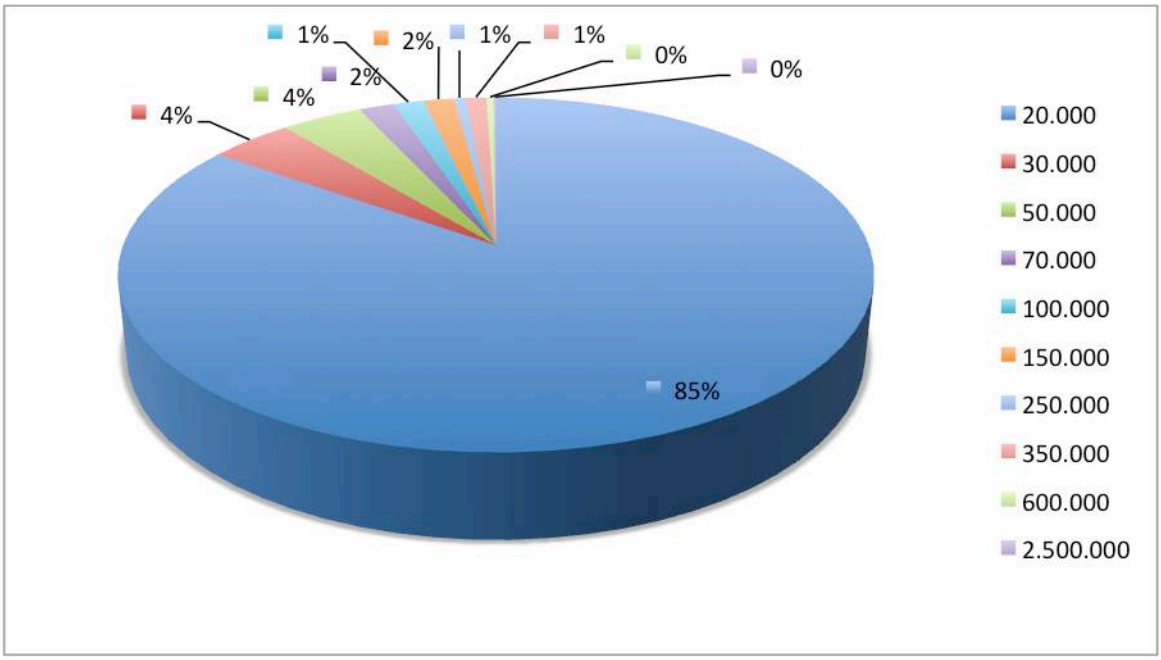


GRÁFICO 4 - Porcentagem dos municípios de Minas Gerais em relação ao porte populacional - número de habitantes. Fonte: IBGE 2010, adaptado pela autora.

Caso sejam considerados como municípios de pequeno porte aqueles que possuem população total menor que 100 mil habitantes, conforme o universo escolhido para detalhamento do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, Minas Gerais terá 822 municípios neste agrupamento, representando 96% do Estado.

Como verificado na TABELA A.1 - ANEXO A, a geração *per capta* destes municípios tem a média de 0,51 (kg/hab/dia), e a geração de RSU varia de acordo com a população urbana. A taxa de atendimento pela coleta de resíduos sólidos urbana e a coleta seletiva não é de 100% em todos os municípios e a parcela de recicláveis é muito baixa, exceto em municípios acima de 100 mil habitantes. Aplicando a composição gravimétrica de 2% de ELV, teríamos apenas 31,76 t/mês no total, ou seja, uma quantidade irrisória. Porém, há que ser considerada a ínfima porcentagem de coleta seletiva, principalmente em municípios com população acima de 100 mil habitantes, o que denota maior foco do programa nos menores.

Esta quantidade representaria aproximadamente dois carregamentos, e com uma logística altamente complexa dada a distância entre municípios, tornando inviável o sistema de logística reversa. Sob o aspecto operacional e fiscal somente seria possível realizar a comercialização na forma de rede, com uma organização representante do grupo, desde que equacionado o problema do transporte. Esta é uma dos formatos viáveis para implantação da logística reversa, em discussão pelas organizações de catadores, porém com poucas experiências registradas.

Portanto, para analisar a sustentabilidade econômica e ambiental da coleta seletiva de embalagens longa vida pós-consumo no Estado de Minas Gerais, ainda deve ser avaliada a distância entre municípios e a dificuldade para a logística de transporte do material. Soma-se à desarticulação dos gestores urbanos e a quase inexistente gestão gerencial por parte das organizações de catadores, que em sua maioria são responsáveis pelo funcionamento das Usinas de Triagem e Compostagem. Além do fato dos poucos consórcios já estabelecidos atuarem foco na destinação final e quase nenhuma ação para venda de materiais recicláveis de forma consorciada, ou em rede.

Pode ser verificado, através das informações coletadas, que quando há coleta de embalagens longa vida pós-consumo esta é realizada prioritariamente pelo comércio, seja formal ou informal, sem condições de ser dimensionada por falta de informação ou dados. Contudo, devido ao esforço da empresa Tetra Pak, através do trabalho dos consultores em campo com apoio à logística reversa, a venda direta pelas organizações de catadores está ganhando espaço na comercialização.

6.2.1. A situação de Belo Horizonte

Uma das hipóteses a ser avaliada para analisar a sustentabilidade econômica e ambiental da reciclagem de embalagens longa vida pós-consumo no Estado de Minas Gerais tem como base os dados e informações da SLU, em relação a população de Belo Horizonte, sendo uma referência de município de grande porte, com 2.375.444 habitantes, segundo o censo 2010.

Como já levantado nas fontes de pesquisa citadas, ainda é muito difícil encontrar dados recentes e fidedignos da geração *per capita* de resíduos sólidos. No relatório de atividades da Superintendência de Limpeza Urbana da Prefeitura de Belo Horizonte (SLU), de 2002, consta a pesquisa de caracterização dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais, quando os resultados preliminares estão demonstrados na TABELA 6.

Os resultados apresentados são preliminares e correspondem à uma das etapas de levantamento gravimétrico dos resíduos sólidos, que foi realizado em quatro etapas sob a justificativa de avaliar a influência da sazonalidade climática sobre a geração dos resíduos sólidos.

Porém, é considerado um acréscimo de aproximadamente 7% a cada ano como incremento da geração de resíduos sólidos, pois os fatores econômicos e sociais influenciam mais significativamente do que propriamente os climáticos.

Em relação a listagem dos componentes também pode ser avaliada a necessidade de buscar parâmetros normativos para definir melhor os materiais com potencial de reciclabilidade e mercado.

Ainda assim, as quantidades encontradas correspondem, em média, à situação nacional sem significativas variações.

TABELA 6 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos domiciliares de Belo Horizonte

Grupo	**Categoria**	**(%)**
I	Restos alimentares	39,95
	Podas	6,58
	Fezes	3,98
	Subtotal	**50,52**
II	Papelão	1,40
	Papel fino	5,11
	Embalagem longa vida	1,07
	Papel não reciclável	2,31
	Plástico filme	2,76
	Subtotal	**20,44**
III	Metal Ferroso	1,78
	Metal Não Ferroso	0,38
	Vidro Reciclável	2,36

	Vidro Não Reciclável	0,31
	Subtotal	**4,83**
IV	Material inerte (entulho, espuma, isopor, cerâmica)	2,82
	Madeira, tecido, borracha, couro	4,60
	Subtotal	**7,39**
V	Resíduo Perigoso doméstico	0,23
	Resíduo de serviço de saúde	0,23
	Produtos Automotivos	0,39
	Subtotal	**0,86**
VI	Resíduo Banheiro (papel higiênico, fraldas, absorventes)	7,34
	Rejeitos	9,11
	Subtotal	**16,45**
TOTAL GERAL		**100,48**

TABELA 6 - Fonte: SLU - PBH, 2003.

A geração *per capita* de resíduos sólidos de Belo Horizonte, citada no relatório de atividades da limpeza urbana da SLU, em **2002**, era de 0,692 kg/hab/dia.

Segundo os indicadores do diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos (SNIS, 2008) para considerar estimativas e prognosticar a quantidade de lixo gerada no município, a massa coletada *per capita* de resíduos sólidos domésticos (RDO) e resíduos sólidos públicos urbanos (RPU), considerou a inclusão das quantidades coletadas por cooperativas ou associações de catadores e outros executores (unidade=tonelada t).

$$Geraçãopercapita = \frac{totalcoletado(RDO + RDU)}{PopulaçãoUrbana} \quad (1)$$

A equação (1) incluindo os dados do diagnóstico pode ser escrita como:

$$\frac{(Co116 + Co117 + Co145 + Co142)x1000}{Ge002x365} \quad (2)$$

Os dados da Tabela Co02a - Informações sobre quantidade de resíduos sólidos domiciliares e públicos coletados, do Diagnóstico SNIS (2008), apresenta como variáveis as quantidades coletadas de resíduos sólidos, como:

- Co116 - Resíduos Sólidos provenientes da coleta pública
- Co117 - Resíduos Sólidos proveniente da coleta do setor privado (comércios e repartições)
- Co145 - Resíduos da coleta seletiva encaminhados para as Cooperativas/Associações de catadores
- Co142 - Outro executor
- Ge002 - População urbana (SNIS)

A TABELA 7 apresenta os dados referentes às cidades pesquisadas e sua geração *per capita* usada na modelagem do sistema em estudo. O município de Belo Horizonte foi incluído para justificar e demonstrar a grande disparidade nos dados coletados.

Tabela 7 - Informações sobre quantidades de resíduos sólidos domiciliares e públicos coletados, segundo tipo de resíduo - referência: Belo Horizonte (t/ano)

Co 116	Co 117	Co 145	Co 142	Ge 002
67.646 t	779.453 t	5.084 t	92.322 t	2.434.642 hab

Tabela 7 . Fonte: SNIS, 2008 p.105.

Aplicada a equação (2), o resultado difere do informado no Relatório da SLU/BH (2002), em comparação com os dados fornecidos no Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos do SNIS, 2008, **sendo a geração per capita 1.063 kg/hab/dia, em Belo Horizonte, MG.**

$$\frac{(67.646 + 779.453 + 5.084 + 92.322)x1000}{2.434.642x365} = 1{,}063 \qquad \text{(kg/hab/dia)}$$

Considerando os dados informados, em relação ao material enviado para as cooperativas de catadores, a taxa de coleta seletiva de Belo Horizonte representaria 0,54% do total de RSU, em 2008.

Segundo a pesquisa CICLOSOFT (2010), a coleta seletiva de Belo Horizonte representa 897 (t/mês), ou 29,5 (t/dia). Caso este dado tenha correlação com a coleta real diária, e considerando a população urbana total de 2.375.444 habitantes (IBGE 2010), e um incremento de 7% na geração de RSU, a coleta seletiva em 2010 representaria 1,25% do total. Porém, conforme a informação coletada na SLU, em 2011, a coleta seletiva representa 50 toneladas/dia, ou seja, aproximadamente 5% do total.

Para alcançar as metas estabelecidas pela Tetra Pak, a quantidade total de ELV pós-consumo coletada no Estado de Minas Gerais deve ser de 300 t/mês, o que diante dos cenários avaliados somente será possível se houver uma grande articulação de contatos nos municípios, onde pode haver potencial de geração deste resíduo, aliado a organização pública da coleta seletiva. Salvo os casos de municípios de médio ou grande porte de população como Belo Horizonte, onde a geração *per capita* de resíduos é alta, porém a taxa de coleta seletiva ainda é muito baixa e deve ser incrementada.

6.3. A sustentabilidade econômica e ambiental das embalagens longa vida em relação a geração de trabalho e renda

Através dos dados coletados na ferramenta Rota da Reciclagem, a quantidade de embalagens longa vida pós-consumo enviada pelas cooperativas, que compõem uma rede de três organizações de catadores em Belo Horizonte representadas pela Coopersoli Barreiro, no primeiro semestre de 2011, foi de 51,66 toneladas, para a Klabin em Piracicaba, perfazendo uma média de 8,61 t/mês. Não foram contabilizados os dados referentes a ASMARE, sendo esta a maior organização de catadores de Belo Horizonte, porém ainda não fazem venda direta para a indústria recicladora.

Existem outras fontes de recuperação dos recicláveis através da coleta informal dos catadores e da participação direta dos depósitos e comércios. A média de envio de embalagens (ELV) para os recicladores é de 50 t/mês, no estado de Minas Gerais, segundo fonte da Tetra Pak. Não é possível obter dados sobre as fontes onde estes comércios coletam os resíduos, mas a grande maioria das embalagens é proveniente das

cooperativas de catadores, sendo característico deste material (ELV) ser um resíduo domiciliar.

Tendo como referência o ano de 2008, e a geração *per capita* em Belo Horizonte de 1,063 kg/hab/dia, o total de RSU é de 2.525 t/dia, ou 75.753 t/mês. Ainda que o atendimento da coleta regular de resíduos sólidos urbanos fosse 100%, deve ser considerada uma taxa de desvio e com esta a coleta é estimada em 98%, representando aqueles resíduos dispostos irregularmente pela população ou em a áreas onde não é possível ser realizado o atendimento pela limpeza urbana. Aplicando a parcela média de recicláveis em 26% teríamos uma geração de 19.300 t/mês de recicláveis. Considerando a porcentagem de embalagens longa vida em 2%, a geração total estimada deste material para reciclagem seria de 386 t/mês, conforme demonstrado na TABELA 8.

TABELA 8 - Projeção da geração de resíduos e prospecção da coleta seletiva de ELV em Belo Horizonte.

Ano	Total RSU (t/mês)	Incremento população e geração de resíduos	Fração de recicláveis	Parcela de recicláveis (t/mês)	Coleta Seletiva Fração (%)	Projeção de recicláveis (t/mês)	Rejeito	Recicláveis - rejeito Projeção de ELV (2%)	ELV total RSU (2%)
2011	74237,9	0,07	0,26	19301,8	0,08	1486,24	0,13	25,86	386,04
2012	79434,5	0,08	0,26	20653,0	0,10	2065,30	0,12	36,35	413,06
2013	85789,3	0,09	0,28	24021,0	0,20	4804,20	0,11	85,51	480,42
2014	93510,3	0,09	0,30	28053,1	0,30	8415,93	0,10	151,49	561,06
2015	101926,2	0,08	0,30	30577,9	0,40	12231,15	0,10	220,16	611,56
2016	110080,3	0,08	0,35	38528,1	0,50	19264,06	0,09	350,61	770,56
2017	118886,7	0,08	0,40	47554,7	0,80	38043,76	0,09	692,40	951,09
2018	128397,7	0,08	0,70	89878,4	1,00	89878,38	0,08	1653,76	1797,57

Tabela 8 - Projeção estimada para geração de RSU, coleta seletiva e fração de ELV. Fonte: autora.

Com base neste raciocínio, para estimar a quantidade gerada e possibilidades de recuperação das ELV pós-consumo, foi feita uma projeção até o ano de 2018, considerando um incremento progressivo tanto da população como da geração de resíduos na faixa de 7 a 9%. Como são diversos os fatores que influenciam este crescimento, foi considerada a taxa com base na informação do Panorama ABRELPE, já abordada neste trabalho. Teríamos uma geração expressiva de embalagens longa vida pós-consumo, porém são dados empíricos, já que não se pode considerar a recuperação de 100% do que é gerado, ou consumido pela população.

Segundo as metas de recuperação dos recicláveis até 2014, conforme está sendo negociado no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, para a parcela seca ou geração de recicláveis em condições de comercialização após segregados, espera-se enviar 70% para reciclagem. Ou seja, somente em Belo Horizonte deverão ser recicladas 270 t/mês de ELV.

O valor comercializado por tonelada de ELV pelas indústrias recicladoras no Brasil, em 2011, é de R$ 360,00/t, valor líquido. Desta forma, somente em Belo Horizonte, o resultado líquido total, estimado, seria R$ 132.480,00 (cento e trinta e dois reais, quatrocentos e oitenta reais) a cada mês caso a recuperação atingisse o total gerado.

Porém, na realidade, por dados coletados na indústria de papel, maior recicladora de embalagens longa vida, são encaminhadas, em média, 60 t/mês de ELV para reciclagem, provenientes de Belo Horizonte, o que representa 16% da capacidade estimada.

Para se estabelecer o ganho bruto correspondente a comercialização destes recicláveis, devem ser considerados vários custos operacionais e administrativos, que podem ser

estimados como até 30% do valor total, para pagamento de impostos, despesas com frete, pessoal, formação de fardos, entre outros.

Existe um diferencial a ser considerado como relevante, e não foi abordado em detalhes neste trabalho, que é a geração de resíduos industriais. Alguns municípios contam com indústrias que realizam o envase de leite, uma característica forte de Minas Gerais, e uma das maiores gerações de embalagens da Tetra Pak, como é o exemplo de Pará de Minas. A geração de embalagens longa vida residual do processo produtivo industrial é destinada para a associação local - ASCAMP, que recebe em torno de 200 kg/dia, destinando regularmente cargas de 25 a 40 toneladas/mês para a Klabin em Piracicaba, SP.

Em Minas Gerais outros municípios contribuem com a taxa de recuperação de ELV, sendo exemplo: Pará de Minas, Governador Valadares, Elói Mendes, Itabira, Mariana, Resplendor. A característica comum a estes municípios é a proximidade com indústrias que usam as embalagens longa vida para envase de seus produtos, com a conseqüente geração de resíduos industriais deste material, algumas vezes enviado para as cooperativas ou comércios, e destinado para a reciclagem.

O estado de Minas Gerais conta com apenas uma planta recicladora de placas e telhas, localizada no município de Uberaba, no triangulo mineiro, porém operando com baixa produtividade, o que se justifica pela dificuldade no recebimento do material (resíduos de polietileno e alumínio) processado pelas indústrias papeleiras localizadas em São Paulo. No caso de Minas Gerais o balanço do ciclo de vida fica crítico se é considerado o impacto do transporte, tanto em relação ao custo quanto a emissões.

Para alcançar a meta de reciclagem estabelecida pela Tetra Pak é preciso acompanhar e fomentar os pontos da cadeia considerados mais críticos, sendo: conscientização da população, implantação da coleta seletiva nos municípios, capacidade de gestão nos processos de segregação pelas organizações dos catadores ou atuação dos depósitos (“atravessadores”), logística de transporte dos fardos para as plantas recicladoras, comercialização. É preciso considerar fortemente as oscilações do mercado que influenciam diretamente no processo de comercialização, afetando toda a cadeia.

A capacidade de reciclagem das embalagens longa vida pós-consumo instalada nas 31 plantas distribuídas no Brasil é suficiente para processar os 40% do total de embalagens produzidas. Ainda que o mapa da reciclagem tenha considerável concentração no sul do país, há uma iniciativa no oeste, e em 2011 passa a funcionar uma planta integrada para processamento das embalagens pós-consumo no estado do Pernambuco para atendimento ao nordeste, com também a Suzano Papéis iniciando a operação no sul da Bahia .

Porém, o desafio é disseminar as práticas da coleta seletiva, na gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos, visando recuperar o maior número de embalagens pós-consumo consumidas pela população, além de trabalhar para o incremento de novas plantas de reciclagem.

6.4. Experimentação da modelagem de sistemas como ferramenta para projeção da coleta seletiva

Sistemas são necessários onde exista comportamento. Um modelo mental que representa os sistemas pode ser usado para determinar as causas de um comportamento e para ajudar a desenvolver estratégias que influenciem um futuro comportamento desejado. Em todos os casos, é preciso comparar o modelo com o que acontece na vida real e refinar até conseguir um equilíbrio entre realismo e simplicidade. A arte de construir um modelo útil

consiste principalmente na escolha do nível adequado de simplificação, afim de coincidir com as metas do estudo (MCGARVEY; HANNON, 2004).

A logística reversa, da forma como é definida, representa um sistema complexo que envolve o processo de planejar, implementar e controlar a eficiência, o custo efetivo dos fluxos de materiais, desde o inventário das matérias-primas à finalização dos produtos, registrando informações desde o ponto de origem ao ponto de consumo. Porém, este ponto de vista representa a gestão da cadeia de suprimentos e deve ser considerada também a gestão dos resíduos, incluindo a reciclagem ou a reutilização de partes do produto, quando possível.

Logística reversa, com enfoque no sistema de gestão dos resíduos sólidos urbanos, envolve um grande número de processos, principalmente socioeconômicos e culturais com implicações ambientais, como a geração de resíduos, coleta, transporte, tratamento, disposição, recuperação e reciclagem, como vimos. Cada ponto do sistema representa complexas relações entre pessoas, e depende de uma grande organização operacional interligada e comunicante para que os fluxos ocorram.

Para alimentar as partes de um sistema de gestão dos resíduos sólidos urbanos são necessárias informações, compostas por dados estatísticos e indicadores, porém, como vimos no levantamento realizado, a maior dificuldade está na articulação desses dados, que apresentam grande heterogeneidade.

Pensando em um modelo para representar o sistema de GRSU onde fosse possível estimar a recuperação de embalagens longa vida pós-consumo, considerou-se como variáveis a coleta *per capita* (kg/hab/dia) tendo como base sua relação com o tamanho do município, sua população e a geração de resíduos sólidos.

Como a premissa da PNRS é erradicar os lixões até 2014, considerou-se a disposição final em aterro sanitário. A porcentagem de atendimento da coleta regular urbana tem impacto sobre o que é representado como um estoque (*stock)*, ou reservatório.

A coleta seletiva foi representada como um fluxo de processo, também influenciada pela porcentagem, ou taxa, de atendimento. Esta variável pode ser mudada gerando gráficos comparativos. Com enfoque na recuperação de ELV considerou-se a taxa de 2% da geração de recicláveis dentre aqueles recebidos e segregados pela coleta seletiva, conforme representado na FIGURA 21.

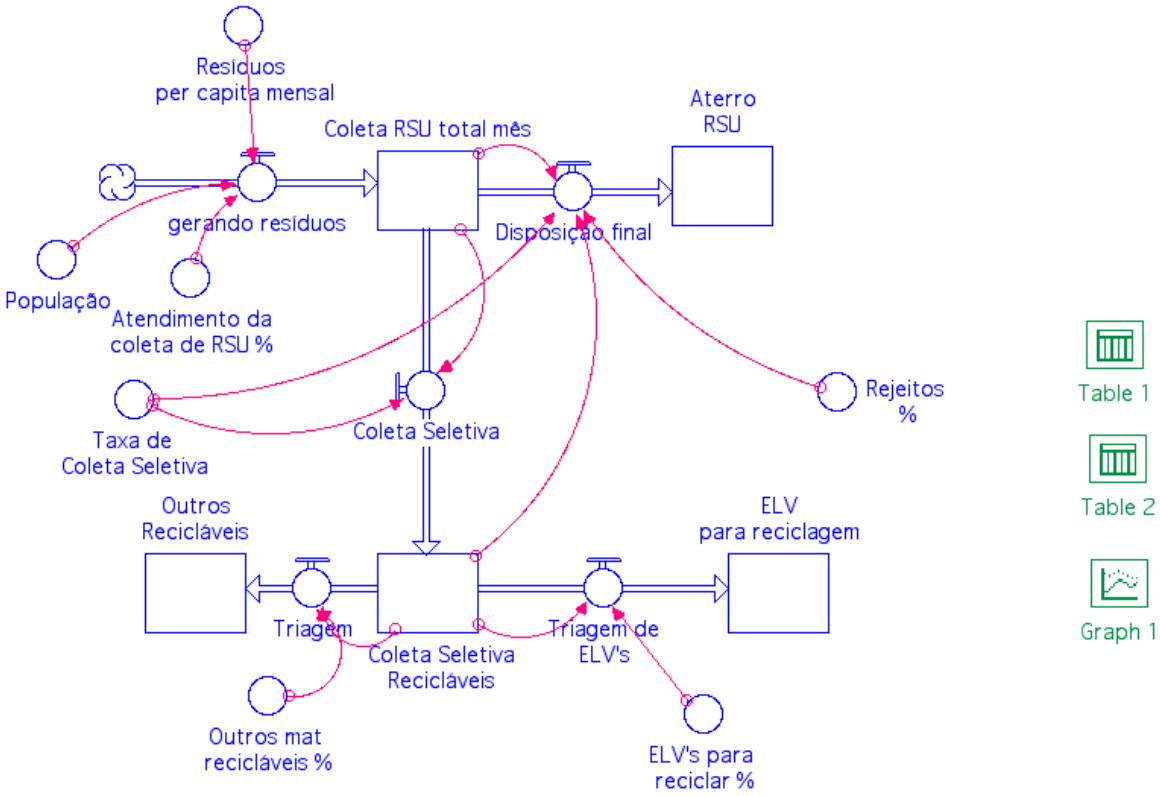


FIGURA 21 - Modelo de gestão de coleta seletiva de embalagens longa vida aplicando o software STELLA.

Para efeito de teste do sistema foram aplicados os dados referentes a coleta seletiva de Belo Horizonte.

O gráfico gerado (FIGURA 22) indica o esperado: quanto maior a taxa de coleta seletiva maior será o incremento da recuperação de embalagens longa vida pós-consumo, sendo necessário aumentar proporcionalmente a coleta seletiva para encontrar equilíbrio nas funções.

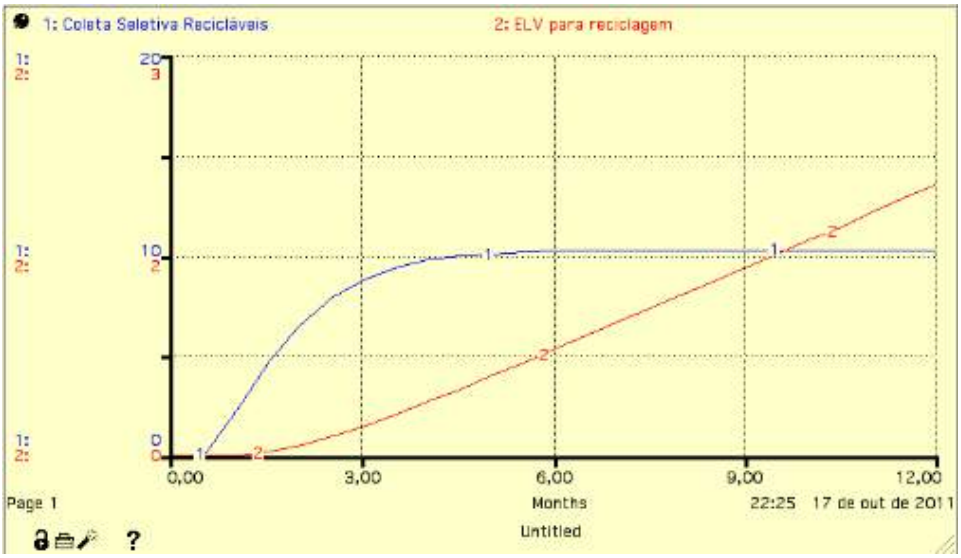


FIGURA 22 - Gráfico gerado pelo sistema.

Diagramas sistêmicos são utilizados para possibilitar um melhor entendimento da função de cada componente do sistema e de suas interações. Para definir os componentes, aqui representados como as partes da cadeia da reciclagem, foram considerados os pontos principais que influenciam a geração de resíduos sólidos e sua parcela de recicláveis.

Para a resolução de um modelo aceitável este deve ser comparado com resultados reais, pois apenas o sistema da vida real e seu comportamento podem servir como critério de adequação do modelo. Este protótipo pode ser refinado constantemente, e representa apenas uma certa parte do sistema estudado.

Devido a complexidade do tema, fica como sugestão para estudos futuros o desenvolvimento do sistema, com a utilização do software STELLA, afim de subsidiar novos parâmetros e formas inovadoras de projeção da coleta seletiva.

7. CONCLUSÃO

Este trabalho concluído em um momento significativo para o tema resíduos sólidos pois, após 21 anos de discussão, esta é a fase quando as atenções se voltam para o tema e as responsabilidades serão cobradas. A Política Nacional de Resíduos Sólidos representa um marco para as mudanças necessárias à mudança no cenário da realidade brasileira em relação a disposição, reaproveitamento e reciclagem dos resíduos sólidos. Apesar do crescente investimento do governo federal para a construção de aterros sanitários e recuperação de energia, Centrais de Triagem e Compostagem, infra-estrutura e capacitação para organização de catadores, muito ainda precisa ser feito. O país é extremamente diverso geograficamente e culturalmente, e tecnologias, tanto sociais quanto estruturais, para o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, devem ser compatíveis com os contextos locais, visando soluções de baixo custo adequadas ao grande número de municípios de pequeno porte populacional.

Avaliando a cobertura da população urbana com coleta direta de resíduos sólidos, entre os anos de 2004 a 2008 observa-se que houve um crescimento de apenas 1,4%, entre 2004 a

2005, e a partir daí esse indicador teve pouca variação, com uma pequena queda em 2008 (89,9% para 89,3%).

Além dos problemas estruturais existe uma enorme falha em relação à capacidade dos técnicos municipais para a elaboração de estudos e projetos adequadamente formulados, e grande índice de inadimplência de estados e municípios que impede o recebimento de recursos federais. Os mecanismos adotados pelo governo são altamente burocráticos e distantes da realidade brasileira, caracterizada por uma enorme diversidade, baixo índice educacional e técnico.

Não basta equacionar problemas de remuneração e projetos de coleta seletiva e disposição final, sem uma visão integrada e estratégias factíveis para promover a redução dos resíduos nas fontes geradoras. A educação ambiental deve ser amplamente disseminada, de forma permanente e efetiva, utilizando de todos os canais de comunicação e o incentivo deve ser também para a elaboração de materiais didáticos de fácil absorção. Os planos de gestão precisam ser pactuados com a sociedade utilizando a metodologia participativa já consolidada como ferramenta e divulgar os resultados, para que a população saiba o que acontece com o destino dos seus resíduos.

A situação das empresas é bem diferente da encontrada no poder público, pois a capacidade de gestão e os compromissos com o mercado globalizado são muito maiores. A Tetra Pak, nos últimos 10 anos, investiu fortemente em pesquisas para garantir a reciclabilidade dos seus produtos, buscando a sustentabilidade em relação ao ciclo de vida da embalagem cartonada longa vida. Desta forma, o aumento da taxa de reciclagem é quase proporcional ao do valor de comercialização, acompanhando os preços praticados pelo mercado de reciclagem de papelão e um pouco superior a este, já que os materiais componentes - plástico e alumínio - representam valor agregado.

Porém, não basta determinar uma meta para aumentar significativamente a taxa de recuperação e reciclagem das embalagens longa vida, sem considerar os problemas e inúmeros desafios a serem vencidos, pois trata-se de um sistema complexo, absolutamente interligado em cadeia, envolvendo diversos atores, cenários, culturas, situações políticas e organização urbana.

Para alcançar a meta prevista de uma taxa de reciclagem de 40% de recuperação de ELV até 2012, um trabalho efetivo deverá ser feito em todo o Brasil, principalmente com foco nos municípios de grande porte, com população acima de 1 milhão de habitantes, dando suporte a todas as organizações com potencial para recuperar e vender materiais recicláveis, dos catadores aos comércios ou depósitos e o fomento à instalação de novas indústrias recicladoras.

Em relação aos esforços públicos, especialmente no Estado de Minas Gerais, estão sendo desenvolvidos programas que visam principalmente erradicar lixões, cuidando de uma melhor disposição dos resíduos sólidos urbanos. No entanto, ainda que seja de extrema importância minimizar os dados causados pelos impactos ambientais da disposição inadequada, o sistema precisa funcionar de forma integrada, ou seja, com o foco na redução da disposição, o que só poderá ser resolvido com a implantação da coleta seletiva integrada com a compostagem. A viabilidade do processo de organização e implantação dos consórcios entre municípios deverá se dar de forma efetiva, facilitando o alcance das diretrizes traçadas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que prevê a erradicação dos lixões até 2014, com metas de 100% até 2030.

As análises econômicas não levam em conta todas as variáveis, principalmente as relativas aos custos relativos à disposição final, recuperação dos resíduos recicláveis e

aproveitamento dos resíduos orgânicos para compostagem. Será necessário um grande esforço coletivo para consolidar programas de coleta seletiva em grandes municípios e realizar a expansão dos mesmos em municípios de médio e pequeno porte, com projetos de gestão integrada viáveis aos menores.

Outra necessidade para que se possa elaborar planos de gestão integrada e viabilizar as propostas sugeridas na Plano Nacional de Resíduos Sólidos é o desenvolvimento de um sistema de informação normatizado, que possibilite uma coleta de dados fidedigna e reflita a situação sobre a produção de materiais e a geração de resíduos.

Em relação a logística reversa, muitos aspectos ainda devem ser discutidos no âmbito do governo e das empresas para garantir viabilidade à comercialização, como a alta taxa tributária que incide sobre a matéria-prima reciclada aumentando muito o custo de fabricação de produtos reciclados. Outro problema é a enorme malha viária do Brasil, as distâncias entre os estados, e o sistema de transporte basicamente rodoviário. Além do fato de ser um conceito complexo que deve ser aplicado a cada caso, principalmente em relação às embalagens em geral.

Segundo Michael Löwy, é necessária uma reorganização de conjunto do modo de produção e consumo, fundada em critérios exteriores ao mercado capitalista: as necessidades reais da população e a preservação do meio ambiente. Essa transição levaria não apenas a um modo de produção e a uma sociedade igualitária e democrática, mas também a um modo de vida alternativo, a uma civilização nova, eco-socialista, para além do reino do dinheiro, dos hábitos de consumo artificialmente induzidos pela publicidade e da produção até o infinito de mercadorias nocivas ao meio ambiente.

> *"Utopia? No sentido etimológico ("lugar algum"), sem dúvida. Mas se não acreditamos, com Hegel, que "tudo o que é real é racional, e tudo o que é racional é real", como pensaremos numa racionalidade substancial sem apelarmos para as utopias? A utopia é indispensável para a mudança social com a condição de que seja fundada nas contradições da realidade e nos movimentos sociais reais" (LÖWY, 2011).*

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** São Paulo, 2010.

ALTING, L.; LEGARTH, J. P. **Life Cycle engineering and design.** CIRP Keynote paper, August 1995, to be published in: CIRP Annals, v.1, 1995.

ARENDIT, E. J. **Urbanização, geração de resíduos sólidos e perspectivas da reciclagem no município de Campinas**. 1998. Tese (Doutorado). Pós-graduação em Ciências Sociais da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo PUC, 1998.

BAUTISTA, J., PEREIRA, J. **Modeling the problem of locating collection áreas for urban waste management.** An application to the metropolitan area of Barcelona. Omega - International Journal of Management Science 34 (6), p. 617-629, 2006.

BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R. **Avaliação do ciclo de vida do produto como instrumento de gestão da cadeia de suprimento - O caso do papel reciclado.** Simpoi, p. 1-16, 2009.

BHAT, V. N. **A model for the optimal allocation of trucks for the solid waste management.** Waste Management & Research, 14, p.87-96, 1996.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G.; MIERZWA, J. C. de; BARROS M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Executiva. Fundo Nacional do Meio Ambiente, 2000. **Fomento a projetos de ordenamento da coleta e disposição final adequada de resíduos sólidos: manual para apresentação de propostas.** Brasília: MMA. (Edital FNMA 02/2000).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: Versão Preliminar para Consulta Pública (e cadernos diagnóstico)** Brasília: MMA, setembro de 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS: **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2008.** Brasília: MCIDADES. SNSA, 2010.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil: análise situacional dos programas e ações federais.** Volume III, Versão Preliminar. Borja, P. C. (Coordenador). Brasília: MCIDADES, 2011.

BRASIL, PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto n^0 7.404, de 23 de dezembro de 2010.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm
Consultado em: 05 de janeiro de 2011.

BRINGHENTI, J.; LAIGNIER, I. T. R.; SANTANA, R. D.; GÜNTHER, W. M. R.; SILVA, W. R.; MARTINS, E. P. **Gestão de programas de coleta seletiva por postos de entrega voluntária no município de Vitória** - ES. In: Anais do XXXIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, San Juan, 2004. Anais... San Juan: AIDIS - Forjando el Ambiente que Compartimos, 2004.

BRITO, E. Z.; LEITE, P. R. **Fatores que influenciam a reciclagem de materiais em canais de distribuição reversos.** Brasília: Congresso Enanpad, 2000.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo.** São Paulo: Humanistas, 1997. (CD copia digital do livro).

CALDWELL, B. **Reverse Logistics.** Information Week. Manhasset, April, 1999.

CAMILETTI, G. G. A **Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários.** 185f. Dissertação (Mestrado em Ciências Físicas) - Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

CÂNDIDO, C. V. *et al.* **Plano de Gerenciamento Integrado de Coleta Seletiva - PGICS.** Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM: Fundação Israel Pinheiro, 2009.

CAPRA, F. **As Conexões Ocultas.** São Paulo: Cultrix, 2002.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Pesquisa CICLOSOFT.** Disponível em: http://www.cempre.org.br/ciclosoft_2010.php Consultado em: 08 de setembro de 2010.

CERQUEIRA, M. **Placas y Tejas producidas a partir del reciclado del Polietileno/Alumínio presentes en los embalajes Tetra Pak.** Tecnología y Construcción, Instituto de Desarrollo Experimental de la construcción/IDEC. Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Central de Venezuela, v. 18- 3, p.47-51, 2002.

CIDIN, R .C. P. J.; SILVA, R. S. **Pegada Ecológica: Instrumento de Avaliação dos Impactos Antrópicos no meio natural.** Estudos Geográficos, Rio Claro, 2(1):43-52, junho - 2004 (ISSN 1678— 698X) - www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm

COELHO, T. R. **A reciclagem do plástico, negócios e meio ambiente.** Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em administração da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC, 1999.

DANTAS, M. L. S. **Degradabilidade de embalagens compostas de laminados de papel revestido, plástico e alumínio e sua interação com o meio ambiente.** Piracicaba, 2002. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

DIAS, G. F. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana.** São Paulo: Gaia, 2002.

DIAS, L. F. G. S. **Consumo e meio ambiente: uma modelagem do comportamento para a reciclagem a partir de teorias cognitivo-comportamentais.** 2009. (Tese Doutorado). Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2009.

ESMERALDO, F. A. **Monitoramento dos índices de reciclagem mecânica de plástico no Brasil.** Instituto Plastivida. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.plastivida.org.br/IRmP/IndiceReciclagem2007.pdf>

EVERETT, J.W.; SHAHI, S. **Vehicle and labor requirements for yard waste collection.** Waste Management & Research, 15, p.627-640, 1997.

FEAM. PLANO PRELIMINAR DE REGIONALIZAÇÃO DA GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS - PRE-RSU. Documento: Sumario Executivo. CD ROM. Myr Projetos Sustentáveis. Setembro, 2009.

FIKSEL, J. ***Ingeniería de diseño medioambiental.*** *DEF*: desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes. Madrid: McGrawHill, 1997.

FRANKE, C. (2004). **Ciclo de vida de produtos.** Trabalho desenvolvido entre a Universidade Técnica de Berlin (TUBerlin) e o Grupo de Adequação Ambiental em Manufatura (AMA). Disponível em: http://www.numa.org.br

FULLER, D. A.; ALLEN, J. **"Reverse channel system."** In: POLONSKY, J. *et al.* Environmental marketing: strategies practice, theory and research. Nova York: Haworth Press, 1995.

GEORGIADIS, P. **A System Dynamics Modeling Approach for Recycling Networks.** Fifth International Conference on "Analysis of Manufacturing Systems - Production Management", May 20-25, Zakynthos Island, Greece, 2005.

GONÇALVES-DIAS, S. L. F. **Há vida após a morte: um (RE)Pensar estratégico para o fim da vida das embalagens.** Gestão & Produção, v.13, n.3, p.463-474, set.-dez.2006.

GRIMBERG, E. **Coleta seletiva com inclusão social: Fórum Lixo e Cidadania na Cidade de São Paulo.** Experiência e desafios. São Paulo: Instituto Pólis, 2007. 148p. (Publicações Pólis, 49)

GRIMBERG, E. e BLAUTH, P. **Coleta Seletiva**. São Paulo: Polis, 1998. 104 p.

HUANG, G. H.; BAETZ, B. W.; PATRY, G.G. **Trash-Flow Allocation: Planning Under Uncertainty.** Interfaces, v. 28, n. 6, p. 36-55, Nov-Dec, 1998.

HUANG, G.H.; CHANG, N. B. **The perspectives of environmental informatics and systems analysis.** Journal of Environmental Informatics v.1, n.1 p.1-7, 2003.

IBGE, 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Pesquisa Nacional de Sanelamento Básico 2008.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2010.shtm> Consultado em: 07/09/2011.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *Environment management – life cycle assessment: principles an framework*. Genebra, ISO, 01/07/2006.

Introduction to Systems Thinking**, STELLA**®©1992-1997, 2000, 2001, 2004 isee systems.

IPT/CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** Coordenação: Maria Luiza Otero D'Almeida, André Vilhena. 2 ed. São Paulo: IPT, 2000.

JACOBI, P. Org. **Gestão Compartilhada dos resíduos sólidos no Brasil: inovação com inclusão social.** Organização de Pedro Jacobi. São Paulo: Annablume, 2006.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade.** Estudos Avançados (online) 2011. Vol.25, n.71, p. 135-158.

KIPPER, L. M.; MÄHLMANN, C. M. **Ações estratégicas sistêmicas visando à integração da cadeia produtiva e de reciclagem de plásticos.** Revista Produção On-line, v.9, n.4, p. 848-865, 2009.

LACERDA, M. G. **Análise de uso de SIG no sistema de coleta de resíduos sólidos domiciliares em uma cidade de pequeno porte.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LEITE, P. R.; BRITO, E. Z. **Logística reversa de produtos não consumidos: Uma descrição das práticas das empresas atuando no Brasil.** São Paulo: Congresso VI SIMPOI: 2003.

LEGASPE, R. L. **Reciclagem: a fantasia do ecocapitalismo - um estudo sobre a reciclagem promovida no centro da cidade de São Paulo observando a economia informal e os catadores.** Dissertação de Mestrado em Geografia. Faculdade de Geografia. Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 1996.

LOBATO, K. C. D.; LIMA, J. P. **Caracterização e avaliação de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de mapeamento.** Engenharia Sanitária Ambiental, v.15, n.14, p. 347-356, out/dez, 2010.

LÖWY, M. **O que é o Eco-socialismo?** Tradução de Antônio José André. Disponível em: http://combate.info/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=94 Consultado em 20/09/2011.

MAGERA, M. C. **Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade: análise interdisciplinar das Cooperativas de reciclagem de lixo.** Campinas, SP: Editora Átomo, 2002.

MESQUITA J., J. M. **Gestão integrada de resíduos sólidos.** Coordenação de Karin Segala. – Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 40 p. 21 cm. (Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos)

MONTEIRO, J. H, et al. **Manual de Gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Coord. Técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 193 p.

MOURAD, A. L.; GARCIA, E. E. C., VILHENA, A. **Avaliação do ciclo de vida: princípios e aplicações.** Campinas: CETEA/CEMPRE, 2002.

NANI, E. L. **Reciclagem e Meio Ambiente.** Curitiba: Juruá Editora, 2008.

NBR 10007: **Amostragem de resíduos.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

NBR 10004: **Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

NBR 13896: **Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 1997.

NBR 12980: **Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro: 1993.

NBR 8419: **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro: 1992.

NBR 15483: **Aparas de papel e papelão ondulado - Classificação.** Segunda edição. Rio de Janeiro, 2009.

NBR 15483: **Aparas de papel e papelão ondulado - Classificação. Emenda 1.** Rio de Janeiro: 2009.

NBR 15769: **Aparas de papel e papelão ondulado - Comercialização de aparas.** Rio de Janeiro: 2009.

NBR ISO 14040: **Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

NEVES, F. L. **Eletrodissolução de alumínio em polpa celulósica proveniente da reciclagem de embalagens cartonadas multicamadas.** Tese doutorado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2009.

NEVES, F. **Reciclagem do alumínio e polietileno presente nas embalagens cartonadas Tetra Pak.** Caderno de artigos Desenvolvimento Ambiental, 1999.

NEVES, F.L. (1999) **Reciclagem de Embalagens Cartonadas Tetra Pak.** O Papel fev.1999 (p.38-45).

OLIVEIRA, R.L.; LIMA, R.S. **Logística reversa: o caso de uma associação de coleta seletiva de materiais recicláveis em Itajubá - MG.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 29, Salvador, BA, 2009.

OLIVEIRA, R. L. de. **Logística reversa: a utilização de um sistema de informações geográficas na coleta seletiva de materiais recicláveis.** Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção. Itajubá, 2011.

PADILHA, G.; BONTEMPO, J. V. **A inserção dos transformadores de plástico na cadeia produtiva dos produtos básicos.** Ciência e Tecnologia: Polímeros. V.9, p.86-91.

PEDROSO, M. C., BASTOS JR., A. F. **Recycling of Aseptic Carton Packages in Brazil: a Case Study of Sustainable Supply Chain.** Conference of Sustainable. Disponível em: http://www.klabin.com.br/upload/file/2389A.pdf Acesso em: 09 de abril de 2011.

PEREIRA, R. D. A.; PAVANELLI, G.; SOUZA, M. T. S. **Um estudo dos canais reversos emu ma empresa de embalagens cartonadas.** XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. ENEGEP. Rio de Janeiro, outubro, 2008.

PEREIRA, A. F.; SANTOS, M. C. L. **Design pré-reciclagem e pós-reciclagem: contribuição à discussão do problema do lixo urbano de embalagens, levando em conta a complexidade sistêmica da coleta e triagem.** 1^0. Congresso Internacional de Pesquisa em Design - Brasil. Anais... Brasília: UNB, 2002.

PERRODIN, Y.; *et al*. **Waste ecocompatibility in storage and reuse scenarios: global methodology and detailed presentation of the impact study on the recipient environments.** Waste Management, 22, p. 215-228, 2002.

PINTO-COELHO, R. M. **Reciclagem e desenvolvimento sustentável no Brasil.** Belo Horizonte: Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleos, 2009.

POKHAREL, S., MUTHA, A. **Perspectives in reverse logistics: a review.** Resources, Conservation and Recycling 53 (4), p. 210-227, 2009.

RIBEIRO, H.; BESEN, G. **Panorama da coleta seletiva no Brasil: Desafios e Perspectivas a partir de 3 estudos de caso.** INTERFACEHS. Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 2, n.4, p. 138-449-1-PB.pdf, 2007.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices.** University of Nevada, Reno Center for Logistics Management. Reverse Logistics Executive Council. 1998.

SARAIVA, G. D. I, JUNIOR, J. A. T. L., XAVIER, L. S., PEIXOTO, J. A. A. **A metodologia de Análise do Ciclo de Vida, apoiada pelo Software Umberto, como ferramenta de gestão na perspectiva da sustentabilidade: um estudo de caso.** Artigo. SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2009. Disponível em: http://www.aedb.br/seget/artigos07/888_ACV%20como%20ferramenta%20de%20gestao.pdf Consultado em 05.março. 2011

SEIDEL, J. M. **Análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental das várias formas de reciclagem de embalagens cartonadas revestidas com plástico e alumínio.** Dissetarção de Mestrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, São Paulo, 2004.

SILVA, J. M.; SANTOS, J. R. **Pegada ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural.** Oecologia Australis, v.11, n.4, 574-581, 2007.

SILVA, M. do S. F. da, SILVA, E. G. de, JOIA, P. R. **Comercialização de materiais recicláveis em Aquidarana - MS.** Mercator, v.9, n.18, p. 171-181, jan./abr., 2010.

SIMONETTO, E. O. **Modelo de Business Intelligence para Auxílio no Planejamento da Coleta de Resíduos - Abordagem Utilizando Software Livre.** Artigo disponível em: http://publica.fesppr.br/index.php/rnti/article/viewFile/97/96

SIMONETTO, E. O.; BORESTEIN, D. **A Decision Support System for the Operational Planning of Solid Waste Collection.** Waste Management, 27 (10), p. 1286-1297, 2007.

STERMAN, J. D. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World.** McGraw-Hill, New York, 2000. (in: Georgiadis)

SLU - Superintendência de Limpeza Urbana. Secretaria Municipal de Coordenação de Política Urbana e Ambiental - SCOMURBE. Secretaria Municipal de Limpeza Urbana - SMLU. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - PBH. **Relatório de Atividades da Limpeza Urbana 2002.** PBH: outubro de 2003.

_____Apresentação PPT. Recicle CEMPRE, 2008.

TETRA PAK. **Relatório de Sustentabilidade 2008-2009.** São Paulo, 2009.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM (UNEP). *Life cycle management: a bissiness guide to sustainability*. Genebra, UNEP, 2007.

VILHENA, A. **Guia de coleta seletiva de lixo.** Texto e coordenação: André Vilhena. São Paulo: CEMPRE (Compromisso Empresarial para a Reciclagem), 1999. 84 p.

VILHENA, A. **Reciclagem: compromissos e benefícios**. São Paulo: CEMPRE. Disponível em <http://www.cempre.org.br/compromisso_beneficios.php> Acesso em 28.nov.2010.

ZUBEN, F. V.; NEVES, F. L. **Reciclagem do alumínio e do polietileno presentes nas Embalagens Cartonadas Tetra Pak.** In: Seminário Internacional de Reciclagem do Alumínio, São Paulo, 1999. Anais. São Paulo: ABAL, 1999, p. 96-109.

ZUBEN, F. V. **Reciclagem de embalagens cartonadas Tetra Pak.** Cadernos de Artigos Desenvolvimento Ambiental, 1999.

ZUBEN, F.V. **The Thermal Plasma Technology Separates Aluminum from Plastic in Packages.** Proceedings of International Conference on Energy, Environment and Disasters (INCEED). Charlotte, North Carolina, USA, Julho 24-30, 2005.

ZHANG, Y. M., HUANG, G. H., HE, L. **An inexact reverse logistics model for municipal solid waste management systems.** Journal of Environmental Management 92, p.522-530, 2011. (Contents lists avaiable at ScienceDirect, Disponível em: www.elsevier.com/locate/jenvman)

ZUTSHI, A., SOHAL, A. **Environmental management systems auditing: auditors'experiences in Austrália.** International Journal Environment and Sustainable Development, v.1., n.1, p.73-87, 2002.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our ecological footprint: reducing humam impact on the earth.** 6. ed. Canada: New Society Plublishers, p.160, 1996.

Consultas eletrônicas:

Guia Exame de Sustentabilidade 2010. Editora Abril. São Paulo, novembro 2010.

Instituto AKATU. www.akatu.org.br

Ministério da Fazenda - Nota fiscal eletrônica. Disponível em: http://www.nfe.fazenda.gov.br/portal/sobreNFe.aspx?tipoConteudo=HaV+iXy7HdM= Consultado em 27/08/2022)

ROTA DA RECICLAGEM. www.rotadareciclagem.com.br

TETRA PAK. www.tetrapak.com.br

ANEXO A.1 - ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE ELV 2011

TABELA A1 - ANEXO A - MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS COM COLETA SELETIVA IMPLANTADA - Fonte: Fundação Israel Pinheiro (2011)

Item	Município	População Urb. Total	% Pop. Urb. Atendida	Quantidade de RSU Coletada (t/mês)	Quantidade de recicláveis coletada (t/mês)	Quantidade estimada de Longa Vida (t/mês) Estimativa 2011(2%)	Quantidade de RSU Coletada (t/dia)	Quantidade em kg	Estimativa geração per capita (kg/dia)
1	Antônio Prado de Minas	1004	100%	15,46	1,55	0,05	0,52	515,33	0,51
2	Arcos	33962	93%	452,23	80,4	2,41	15,07	15074,33	0,44
3	Bom Jardim de Minas	5585	84%	63,27	9,75	0,29	2,11	2109,00	0,38
4	Capela Nova	2135	42%	19,28	1,28	0,04	0,64	642,67	0,30
5	Carmo da Mata	8610	100%	132,59	13,26	0,40	4,42	4419,67	0,51
6	Carmópolis de Minas	11823	100%	177,8	74,6	2,24	5,93	5926,67	0,50
7	Caxambu	21266	29%	112,24	11,43	0,34	3,74	3741,33	0,18
8	Curvelo	67363	11%	170,77	16,21	0,49	5,69	5692,33	0,08
9	Dom Silverio	2922	74%	45	4,5	0,14	1,50	1500,00	0,51
10	Entre Rios de Minas	9871	40%	152,01	6,08	0,18	5,07	5067,00	0,51
11	Ferros	5092	56%	33,2	5,1	0,15	1,11	1106,67	0,22
12	Fortaleza de Minas	2950	72%	45,43	4,54	0,14	1,51	1514,33	0,51
13	Goianá	2969	100%	45,72	4,57	0,14	1,52	1524,00	0,51
14	Guarani	6886	75%	40,43	8,01	0,24	1,35	1347,67	0,20
15	Jacui	9197	100%	62,6	18,72	0,56	2,09	2086,67	0,23
16	Jaguaraçu	2139	100%	51,52	26,22	0,79	1,72	1717,33	0,80
17	Lagamar	5129	55%	78,99	4,34	0,13	2,63	2633,00	0,51
18	Manhumirim	17029	5%	14,7	2,04	0,06	0,49	490,00	0,03
19	Muriae	3319	14%	51,11	5,11	0,15	1,70	1703,67	0,51
20	Papagaios	11916	100%	183,51	87,88	2,64	6,12	6117,00	0,51
21	Pingo Dágua	6945	100%	106,95	10,7	0,32	3,57	3565,00	0,51
22	Piranga	5957	44%	72,49	13,17	0,40	2,42	2416,33	0,41
23	Prados	5938	100%	91,45	9,15	0,27	3,05	3048,33	0,51
24	Presidente Bernardes	1642	100%	25,29	2,53	0,08	0,84	843,00	0,51
25	Presidente Kubitscheck	1846	100%	9,24	0,84	0,03	0,31	308,00	0,17
26	Queluzito	853	100%	13,14	1,31	0,04	0,44	438,00	0,51
27	Ressaquinha	3021	100%	31,41	8,97	0,27	1,05	1047,00	0,35
28	Santa Efigênia de Minas	3056	100%	47,06	4,71	0,14	1,57	1568,67	0,51
29	São João Evangelista	10108	100%	168,06	31,14	0,93	5,60	5602,00	0,55
30	São Joaquim de Bicas	18652	100%	287,24	28,72	0,86	9,57	9574,67	0,51
31	São José do Goiabal	3689	84%	48,85	10,47	0,31	1,63	1628,33	0,44
32	São Tiago	8467	100%	98,77	3,97	0,12	3,29	3292,33	0,39
33	Senador Modestino Gonçalves	1803	100%	46	12	0,36	1,53	1533,33	0,85
34	Senhora de Oliveira	3262	54%	29,08	4,92	0,15	0,97	969,33	0,30
35	Virginópolis	6210	100%	73,6	22,4	0,67	2,45	2453,33	0,40
36	Virgolândia	3400	100%	22,75	8,19	0,25	0,76	758,33	0,22
37	Belo Vale	3295	100%	50,74	5,07	0,15	1,69	1691,33	0,51
38	Bicas	12957	70%	199,54	13,97	0,42	6,65	6651,33	0,51
39	Caranaíba	1177	100%	18,13	1,81	0,05	0,60	604,33	0,51
40	Cristiano Otoni	4156	100%	64	6,4	0,19	2,13	2133,33	0,51
41	Descoberto	4069	100%	62,66	6,27	0,19	2,09	2088,67	0,51
42	Itamogi	7759	100%	119,49	11,95	0,36	3,98	3983,00	0,51
43	Lima Duarte	12372	50%	190,53	9,53	0,29	6,35	6351,00	0,51
44	Nova Resende	8857	100%	136,4	27,28	0,82	4,55	4546,67	0,51
45	Nova União	2875	100%	44,28	4,43	0,13	1,48	1476,00	0,51
46	Pratapolis	19380	70%	298,45	20,89	0,63	9,95	9948,33	0,51
47	Presidente Juscelino	1846	100%	28,43	2,84	0,09	0,95	947,67	0,51
48	Resplendor	12834	50%	197,64	9,88	0,30	6,59	6588,00	0,51
49	Santo Antonio do Grama	2376	100%	36,59	3,66	0,11	1,22	1219,67	0,51
50	São Vicente de Minas	5940	100%	91,48	9,15	0,27	3,05	3049,33	0,51
51	Catas Altas da Noruega	1429	100%	22,01	2,2	0,07	0,73	733,67	0,51
52	Delfinopolis	3025	100%	46,59	4,66	0,14	1,55	1553,00	0,51
53	Felixlândia	10922	30%	168,2	5,05	0,15	5,61	5606,67	0,51
54	Mariana	47601	100%	733,06	73,31	2,20	24,44	24435,33	0,51
55	São Geraldo	7287	100%	112,22	11,22	0,34	3,74	3740,67	0,51
56	Turvolândia	2910	100%	44,81	4,48	0,13	1,49	1493,67	0,51
57	Candeias - Feam	10204	100%	157,14	15,71	0,47	5,24	5238,00	0,51
58	Cristais - Feam	8854	100%	136,35	13,64	0,41	4,55	4545,00	0,51
59	Guape - Feam	7176	100%	110,51	11,05	0,33	3,68	3683,67	0,51
60	Ilicinea - Feam	9094	100%	140,05	14,01	0,42	4,67	4668,33	0,51
61	Rio Doce	1653	100%	25,46	2,55	0,08	0,85	848,67	0,51
62	Santa Cruz do Escalvado	1734	100%	26,7	2,67	0,08	0,89	890,00	0,51
63	Bugre	1528	100%	23,53	2,35	0,07	0,78	784,33	0,51
64	Congonhas do Norte	2602	100%	40,07	4,01	0,12	1,34	1335,67	0,51
65	Ipanema	14204	100%	218,74	21,87	0,66	7,29	7291,33	0,51
66	Ipatinga	236678	30%	3644,84	109,35	3,28	121,49	121494,67	0,51
67	Matutina	2695	100%	41,5	4,15	0,12	1,38	1383,33	0,51
68	Rio Novo	7539	100%	116,1	11,61	0,35	3,87	3870,00	0,51
69	Santa Margarida	7626	100%	117,44	11,74	0,35	3,91	3914,67	0,51
70	São João Batista do Glória	5610	100%	86,39	8,64	0,26	2,88	2879,67	0,51
71	Senador Firmino	4683	100%	72,12	7,21	0,22	2,40	2404,00	0,51
72	Senhora dos Remédios	3435	100%	52,9	5,29	0,16	1,76	1763,33	0,51
73	Tarumirim	8019	100%	123,49	12,35	0,37	4,12	4116,33	0,51
74	Varjão de Minas	5030	100%	77,46	7,75	0,23	2,58	2582,00	0,51
Totais		827447		10995,28	1058,78	**31,76**	366,51	366509,33	

ANEXO A.2 - MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS E A PROJEÇÃO DE COLETA SELETIVA EM RELAÇÃO A EMBALANGENS LONGA VIDA PÓS-CONSUMO (2011)										
Fonte dos dados	Cidade	População Urbana Total (IBGE 2010)	Coleta regular de RSU	Produção RSU total (t/mês)	Produção Coleta Seletiva (t/ mês)	Geração *per capita (kg/hab/dia)*	Coleta Seletiva (%)	Taxa de rejeito	Outras fontes (depósitos)	Estimativa geração ELV 2% (t/mês)
SNIS	Belo Horizonte	2375444	100%	75753	1515	1,063	2%	13%	2%	60,6
FIP	Antônio Prado de Minas	1004	100%	15,46	1,55	0,565	10,0	13%	2%	0,1
FIP	Arcos	33962	93%	452,23	80,4	0,523	17,8	13%	2%	3,2
SNIS	Barão de Cocais			416,67	35		8,4	13%	2%	1,4
FIP	Belo Vale	3295	100%	50,74	5,07	0,565	10,0	13%	2%	0,2
SNIS	Betim			5441,92	156,33		2,9	13%	2%	6,2
FIP	Bicas	12957	70%	199,54	13,97	0,549	7,0	13%	2%	0,6
FIP	Bom Jardim de Minas	5585	84%	63,27	9,75	0,436	15,4	13%	2%	0,4
SNIS	Brumadinho			572,17	13		2,3	13%	2%	0,5
FIP	Bugre	1528	100%	23,53	2,35	0,565	10,0	13%	2%	0,1
FIP	Candeias - Feam	10204	100%	157,14	15,71	0,565	10,0	13%	2%	0,6
FIP	Capela Nova	2135	42%	19,28	1,28	0,321	6,6	13%	2%	0,0
FIP	Caranaíba	1177	100%	18,13	1,81	0,565	10,0	13%	2%	0,1
FIP	Carmo da Mata	8610	100%	132,59	13,26	0,565	10,0	13%	2%	0,5
FIP	Carmópolis de Minas	11823	100%	177,8	74,6	0,712	42,0	13%	2%	3,0
FIP	Catas Altas da Noruega	1429	100%	22,01	2,2	0,565	10,0	13%	2%	0,1
FIP	Caxambu	21266	29%	112,24	11,43	0,194	10,2	13%	2%	0,5
FIP	Congonhas do Norte	2602	100%	40,07	4,01	0,565	10,0	13%	2%	0,2
SNIS	Contagem			16242,98	81,58		0,5	13%	2%	3,3
FIP	Cristais - Feam	8854	100%	136,35	13,64	0,565	10,0	13%	2%	0,5
FIP	Cristiano Otoni	4156	100%	64	6,4	0,565	10,0	13%	2%	0,3
FIP	Curvelo	67363	11%	170,77	16,21	0,093	9,5	13%	2%	0,6
FIP	Delfinopolis	3025	100%	46,59	4,66	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Descoberto	4069	100%	62,66	6,27	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Dom Silverio	2922	74%	45	4,5	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Entre Rios de Minas	9871	40%	152,01	6,08	0,534	4,0	13%	2%	0,2
FIP	Felixlândia	10922	30%	168,2	5,05	0,529	3,0	13%	2%	0,2
FIP	Ferros	5092	56%	33,2	5,1	0,251	15,4	13%	2%	0,2
FIP	Fortaleza de Minas	2950	72%	45,43	4,54	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Goianá	2969	100%	45,72	4,57	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Guape - Feam	7176	100%	110,51	11,05	0,565	10,0	13%	2%	0,4
FIP	Guarani	6886	75%	40,43	8,01	0,234	19,8	13%	2%	0,3

FIP	Ilicinea - Feam	9094	100%	140,05	14,01	0,565	10,0	13%	2%	0,6
FIP	Ipanema	14204	100%	218,74	21,87	0,565	10,0	13%	2%	0,9
FIP	Ipatinga	236678	30%	3644,84	109,35	0,529	3,0	13%	2%	4,4
FIP	Itamogi	7759	100%	119,49	11,95	0,565	10,0	13%	2%	0,5
FIP	Jacui	9197	100%	62,6	18,72	0,295	29,9	13%	2%	0,7
FIP	Jaguaraçu	2139	100%	51,52	26,22	1,211	50,9	13%	2%	1,0
FIP	Lagamar	5129	55%	78,99	4,34	0,542	5,5	13%	2%	0,2
FIP	Lima Duarte	12372	50%	190,53	9,53	0,539	5,0	13%	2%	0,4
FIP	Manhumirim	17029	5%	14,7	2,04	0,033	13,9	13%	2%	0,1
FIP	Mariana	47601	100%	733,06	73,31	0,565	10,0	13%	2%	2,9
FIP	Matutina	2695	100%	41,5	4,15	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Muriae	3319	14%	51,11	5,11	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Nova Resende	8857	100%	136,4	27,28	0,616	20,0	13%	2%	1,1
FIP	Nova União	2875	100%	44,28	4,43	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Papagaios	11916	100%	183,51	87,88	0,759	47,9	13%	2%	3,5
FIP	Pingo Dágua	6945	100%	106,95	10,7	0,565	10,0	13%	2%	0,4
FIP	Piranga	5957	44%	72,49	13,17	0,479	18,2	13%	2%	0,5
FIP	Prados	5938	100%	91,45	9,15	0,565	10,0	13%	2%	0,4
FIP	Pratapolis	19380	70%	298,45	20,89	0,549	7,0	13%	2%	0,8
FIP	Presidente Bernardes	1642	100%	25,29	2,53	0,565	10,0	13%	2%	0,1
FIP	Presidente Juscelino	1846	100%	28,43	2,84	0,565	10,0	13%	2%	0,1
FIP	Presidente Kubitscheck	1846	100%	9,24	0,84	0,182	9,1	13%	2%	0,0
FIP	Queluzito	853	100%	13,14	1,31	0,565	10,0	13%	2%	0,0
FIP	Resplendor	12834	50%	197,64	9,88	0,539	5,0	13%	2%	0,4
FIP	Ressaquinha	3021	100%	31,41	8,97	0,446	28,6	13%	2%	0,4
FIP	Rio Doce	1653	100%	25,46	2,55	0,565	10,0	13%	2%	0,1
FIP	Rio Novo	7539	100%	116,1	11,61	0,565	10,0	13%	2%	0,5
FIP	Santa Cruz do Escalvado	1734	100%	26,7	2,67	0,565	10,0	13%	2%	0,1
FIP	Santa Efigênia de Minas	3056	100%	47,06	4,71	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Santa Margarida	7626	100%	117,44	11,74	0,565	10,0	13%	2%	0,5
FIP	Santo Antonio do Grama	2376	100%	36,59	3,66	0,565	10,0	13%	2%	0,1
FIP	São Geraldo	7287	100%	112,22	11,22	0,565	10,0	13%	2%	0,4
FIP	São João Batista do Glória	5610	100%	86,39	8,64	0,565	10,0	13%	2%	0,3
FIP	São João Evangelista	10108	100%	168,06	31,14	0,657	18,5	13%	2%	1,2
FIP	São Joaquim de Bicas	18652	100%	287,24	28,72	0,565	10,0	13%	2%	1,1
FIP	São José do Goiabal	3689	84%	48,85	10,47	0,536	21,4	13%	2%	0,4
FIP	São Tiago	8467	100%	98,77	3,97	0,404	4,0	13%	2%	0,2

FIP	São Vicente de Minas	5940	100%	91,48	9,15	0,565	10,0	13%	2%	0,4
FIP	Senador Firmino	4683	100%	72,12	7,21	0,565	10,0	13%	2%	0,3
FIP	Senador Modestino Gonçalves	1803	100%	46	12	1,072	26,1	13%	2%	0,5
FIP	Senhora de Oliveira	3262	54%	29,08	4,92	0,347	16,9	13%	2%	0,2
FIP	Senhora dos Remédios	3435	100%	52,9	5,29	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Tarumirim	8019	100%	123,49	12,35	0,565	10,0	13%	2%	0,5
FIP	Turvolândia	2910	100%	44,81	4,48	0,565	10,0	13%	2%	0,2
FIP	Varjão de Minas	5030	100%	77,46	7,75	0,565	10,0	13%	2%	0,3
FIP	Virginópolis	6210	100%	73,6	22,4	0,515	30,4	13%	2%	0,9
FIP	Virgolândia	3400	100%	22,75	8,19	0,303	36,0	13%	2%	0,3
										114,0