

**Universidade Estadual Paulista
Júlio Mesquita Filho
Faculdade de Engenharia de Bauru
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção**

Tatiene Martins Coelho

**Logística reversa no Brasil: proposta de um sistema de
retorno de embalagens PET**

Dissertação de Mestrado

**BAURU
2010**

Tatiene Martins Coelho

**Logística reversa no Brasil: proposta de um sistema de
retorno de embalagens PET**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Rosani de Castro

BAURU

2010

Coelho, Tatiene Martins.

Logística reversa no Brasil: proposta de um sistema de retorno de embalagens PET/ Tatiene Martins Coelho, 2010.

83 f.

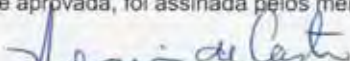
Orientadora: Rosani de Castro

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2010

1. Logística Reversa. 2. Embalagem PET. 3. Pós-consumo. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Bauru. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE TATIENE MARTINS COELHO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 10 dias do mês de agosto do ano de 2010, às 10:00 horas, no(a) ANFITEATRO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. ROSANI DE CASTRO do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. JORGE HENRIQUE CALDEIRA DE OLIVEIRA do(a) Departamento de Administração / Faculdade de Economia Administração e Contabilidade - USP/Ribeirão Preto, Prof. Dr. JOSÉ ALCIDES GOBBO JUNIOR do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de TATIENE MARTINS COELHO, intitulada "LOGÍSTICA REVERSA NO BRASIL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA RETORNO DE EMBALAGEM PET PÓS-CONSUMO". Após a exposição, a discente foi argüida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Profa. Dra. ROSANI DE CASTRO


Prof. Dr. JORGE HENRIQUE CALDEIRA DE OLIVEIRA


Prof. Dr. JOSÉ ALCIDES GOBBO JUNIOR

DEDICATÓRIA

À minha família, César (in memoriam), Fátima e Tamires, que muitas vezes renunciaram a seus sonhos para que os meus fossem realizados, não medindo esforços para minha formação profissional. Todos estes anos, por derrotas e vitórias, lutaram ao meu lado e jamais deixaram de sorrir comigo ou de enxugar minhas lágrimas.

Orgulho-me de vocês fazerem parte da minha vida e da minha “vitória”. Dedico-lhes este trabalho, pelo amor e principalmente pelo apoio que me deram durante toda minha existência.

AGRADECIMENTOS

A Deus,

por estar me iluminando em todos os momentos de minha caminhada acadêmica, ajudando-me e guiando-me para que eu superasse todos os obstáculos, fazendo-me entender que na vida tudo é único, e todo momento único deve ser vivido intensamente, com amor e fé.

Como é rica a experiência da tua bondade presente em minha vida.

Aos meus pais,

por terem me dado sempre apoio em todos os momentos de minha vida, dando sempre orientação e suporte nos momentos de alegria e de dificuldades.

Amor eterno a vocês !

A minha irmã,

irmão é alguém que você sente presente, mesmo quando está longe. Obrigada por estar presente em minha vida, pois, direta ou indiretamente, contribuiu para que eu conseguisse esta vitória.

Ao Reginaldo,

obrigada pela paciência e compreensão em todos os momentos difíceis desta caminhada.

Ao amigo Cristiano,

pela amizade que me confiou, pela “força” e principalmente por ouvir e entender meus desabaços.

Ao amigo Fernando,

que sempre me auxiliou nos finais de semana de trabalho, contribuindo e incentivando para obter esta conquista.

À minha orientadora,

Profa. Dra. Rosani de Castro, pela paciência, amizade e muita dedicação em todos os seus momentos, mesmo nos de “descanso”, deixo aqui minha gratidão pelo tempo concedido à nossa pesquisa, muito obrigada!

À banca examinadora de qualificação e defesa,

Professor Dr. José Alcides Gobbo,

Professor Dr. Charbel José Chiapetta Jabbour,

Professor Dr. Jorge Henrique Caldeira de Oliveira,

pela sua leitura, sugestões e encaminhamentos que muito ajudaram a aperfeiçoar o caminho tomado.

Aos meus amigos de profissão e de mestrado,

não poderia deixar de agradecer a todos vocês pelo companheirismo, dedicação de uns para com os outros, ajuda e cumplicidade; fica aqui meu agradecimento em especial a Bruna, Raquel, Vanessa, Plínio, Clara e Maria Fernanda.

À Chiara Ranieri Bassetto, por acreditar e confiar no meu trabalho, e a todos os diretores, professores e funcionários das Faculdades Integradas de Bauru – FIB.

Enfim, agradeço a todos aqueles que, de uma forma ou outra, ajudaram e estiveram sempre comigo neste período de luta e, hoje, de vitória. Obrigada.

COELHO, Tatiene Martins. **Logística reversa no Brasil: proposta de um sistema de retorno de embalagens PET**. 2010 83f. Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Bauru, 2010.

RESUMO

Este trabalho apresenta a descrição do panorama brasileiro em relação à reciclagem de garrafas PET e aos processos envolvidos na recuperação de valor do produto, por meio da aplicação da logística reversa. A relevância do estudo consiste no levantamento de informações sobre os desafios e oportunidades do setor. Em nível mundial, o Brasil é um dos maiores consumidores de PET em garrafa e os baixos custos industriais da embalagem pós-consumo aliados à falta de estrutura do canal reverso proporcionam um aumento significativo desse resíduo no meio ambiente. Buscou-se mostrar as ações realizadas no Brasil, bem como em outros Países elencados pela Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET – ABIPET. Foi realizada uma pesquisa exploratória que consistiu no levantamento das informações junto a associações referentes ao setor de PET no Brasil. Os resultados, após a análise dos aspectos ambientais, econômicos e sociais, mostram os desafios e oportunidades para retorno de embalagens PET pós-consumo no Brasil e descrevem a necessidade de conscientizar os envolvidos direta e indiretamente; de estruturar as cadeias reversas pós-consumo; de reduzir o consumo a fim de diminuir os resíduos gerados e de envolver os setores industriais para a busca de tecnologias mais limpas junto à cadeia produtiva do PET, a responsabilidade estendida do fabricante, bem como o poder público com o objetivo de auxiliar o processo por meio de políticas públicas.

Palavras-chave: Logística reversa. PET. Pós-consumo. Reciclagem.

COELHO, Tatiene Martins **Reverse Logistics in Brazil: opportunities and challenges for the return of post-consumer PET**. 2010 83f. Thesis presented to Universidade Estadual Paulista for obtaining a Masters Degree in Production Engineering. Bauru, 2010.

ABSTRACT

This work presents a description of the Brazilian panorama over the recycling of PET bottles and the processes involved in the recovery of product value through the application of reverse logistics. The relevance of the study is a survey of information on the challenges and opportunities in the industry. Globally, Brazil is one of the largest consumers of PET bottles and the low manufacturing costs of post-consumer packaging coupled with lack of structure of the reverse channel provides a significant increase of this residue in the environment. We tried to show the actions performed in Brazil and other countries listed by the Brazilian Association of Manufacturers of PET Packaging - ABIPET. We performed an exploratory study consisted of getting information from associations for the PET industry in Brazil. The results, after analysis of the environmental, economic and social aspects, show the challenges and opportunities for return of post-consumer PET in Brazil and describe the need to educate those involved directly and indirectly, to structure the post-consumer reverse chains; to reduce consumption in order to reduce the waste generated and to involve industries in the search for cleaner technologies along the production chain of PET, the extended manufacturer's responsibility and the government in order to assist the process through public policies.

Keywords: Reverse logistics, PET, Post-consumer, Recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Processo logístico reverso	26
Figura 2:	Atividades nos estágios de ciclo de vida de um produto	33
Figura 3:	O ciclo de vida da embalagem	35
Figura 4:	Principais estágios do ciclo de vida de um produto	36
Figura 5:	Modelo de garrafa PET do final da década de 80	38
Figura 6:	Garrafa PET fundo em formato de pétala de flor	39
Figura 7:	Reciclagem em anel aberto	47
Figura 8:	Reciclagem em anel fechado	48
Figura 9:	Símbolo de reciclagem do PET	49
Figura 10:	Linha de moagem e lavagem do PET	51
Figura 11:	Sistema de retorno de PET pós-consumo no Brasil	61
Figura 12:	Proposta de sistema de retorno de PET pós-consumo no Brasil	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	PET Reciclado - Usos Finais Têxteis em 2008	43
Gráfico 2:	Intenção quanto ao uso de PET reciclado	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Consumo e percentual de reciclagem de PET no período de 1997 a 2008	39
Tabela 2:	Taxas de Recuperação de PET Pós-consumo no Mundo	40
Tabela 3:	Destino PET no Brasil nos anos de 2004 a 2008	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Características, classificação e destino dos bens durável, semidurável e descartável	28
Quadro 2:	Exemplos de canais reversos de ciclo fechado	29
Quadro 3:	Fatores que levam a aplicação da logística reversa	30
Quadro 4:	Sistema pós-consumo de PET dos Países que mais reciclam – ABIPET	58

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHO	16
1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Contextualização da pesquisa.....	17
1.2 Problema de pesquisa.....	18
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo geral	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Justificativa.....	19
1.5 Métodos de pesquisa	20
1.6 Estrutura do trabalho.....	21
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2 RESÍDUOS SÓLIDOS E EMBALAGEM PET	23
2.1 A problemática dos resíduos sólidos.....	23
2.2 Logística reversa	25
2.3 O ciclo de vida da embalagem PET e sua disposição no meio	31
2.4 Responsabilidade estendida do fabricante.....	36
2.5 Embalagem politereftalato de etileno – (PET).....	38
2.5.1 Características da embalagem.....	41
2.5.2 Aplicações no Brasil	41
2.5.3 A RDC n.º 20 e as embalagens PET.....	44
2.5.4 Reciclagem: uma atitude consciente e estratégica	46
3 ANÁLISE DO SISTEMA BRASILEIRO DE PET PÓS-CONSUMO	54
3.1 Aspectos ambientais	54
3.2 Aspectos Econômicos	55
3.3 Aspectos Sociais	56
3.4 Relação das Estratégias do Sistema Pós-Consumo PET em outros Países	57
3.5 O sistema brasileiro de PET pós-consumo	59
CAPÍTULO 4 – PROPOSTA.....	63
4 SISTEMA BRASILEIRO DE PET PÓS-CONSUMO: UMA PROPOSTA DE MELHORIA.....	64
4.1 Proposta de um sistema pós-consumo de embalagens PET no Brasil	64

4.2 Oportunidades e desafios do fluxo logístico pós-consumo de PET no Brasil.....	64
4.2.1 Caracterização da coleta.....	66
4.3 Sistema Atual <i>versus</i> Sistema Proposto	68
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
5 O PÓS-CONSUMO DE PET VERSUS A QUESTÃO AMBIENTAL	70
5.1 A garrafa PET no Brasil: desafios e oportunidades.....	70
REFERÊNCIAS.....	72
ANEXO A.....	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização da pesquisa

Nas últimas décadas, o crescimento demográfico, a industrialização sem precedentes e a competitividade por novos mercados fizeram com que as empresas se deparassem com a questão do impacto ambiental proporcionado pelo seu processo produtivo e pela geração de resíduos de seus produtos pós-consumo.

Diante desse cenário, as empresas passam a ter uma preocupação emergente com essa geração de resíduos cujo retorno precisa ser considerado, proporcionando assim oportunidade de negócios por meio da logística reversa.

A logística reversa é a área da logística empresarial que faz o planejamento e controle do fluxo reverso dos bens pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, agregando valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros (LEITE, 2009).

Para as empresas, a logística reversa não deve ser entendida apenas como uma perspectiva de negócios, mas também como um procedimento sustentável que reflete a preocupação com o meio-ambiente e com a sociedade de forma geral.

As iniciativas de logística reversa existentes de pós-consumo, principalmente na indústria de bebidas - que gerencia o retorno de suas garrafas -, têm se mostrado como exemplo para outros segmentos.

Para Costa e Valle (2006), a reciclagem de embalagens de Politereftalato de Etileno (PET) é um exemplo de canal de distribuição reverso de pós-consumo. As embalagens usadas, quando recicladas, agregam valor ao produto, de modo que a matéria-prima originada deste processo pode ser utilizada na produção de outros produtos.

Em nível mundial, o Brasil é um dos maiores consumidores de PET em garrafa (ABIPET, 2009).

Na Europa, desde o início da década de 90, existem ações efetivas com o intuito de reduzir a quantidade de embalagens, bem como a sua disposição final. O objetivo da União Européia era de reduzir a quantidade de resíduos de embalagens na Europa em 50% até 2001. No ano de 2006, o novo objetivo foi de alcançar a taxa

de reciclagem de 55% para 70%. Para executar a idéia da “lei” de reciclagem, era necessário pensar numa reciclagem de materiais dos produtos desde a sua concepção (ONUSSEIT, 2005).

O baixo volume de reciclagem de embalagens PET é atribuído ao seu valor econômico por tonelada, quando comparado, por exemplo, às embalagens de alumínio. Para Leite (2009), o índice de reciclagem das garrafas de PET é afetado por fatores logísticos como a dispersão geográfica das garrafas pós-consumo, a relação peso/volume ocupado e o fato de se tratar de um canal reverso de ciclo aberto.

Para minimizar o problema da disposição inadequada de resíduos no meio ambiente, a associação Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE, 2009) registra no Brasil negócios de reciclagem promovidos por associações empresariais ou empresas isoladas que acreditam nessa alternativa como uma maneira de reduzir custos de matéria-prima ou de seus processos, preservar recursos naturais e promover inclusão econômica e social.

Para a compreensão dos objetivos propostos neste trabalho, inicialmente descreve-se o panorama brasileiro em relação à reciclagem de garrafas PET e posteriormente faz-se a proposição de melhorias, visando um sistema de reciclagem alternativo considerando aspectos sociais, econômicos e ambientais com perspectivas integradas a longo prazo.

Diante do exposto, um desafio se faz presente não só no tocante aos processos que criem condições para o recolhimento desse produto pós-consumo atribuindo responsabilidade ao seu fabricante, mas também em relação a ações mais efetivas de reciclagem dentro da cadeia.

1.2 Problema de pesquisa

Em razão do aumento dos impactos causados por operações industriais, faz-se necessário tomar medidas que minimizem problemas ambientais resultantes desse processo.

Durante a década de 90, muitas empresas no Brasil passaram a utilizar embalagens fabricadas com politereftalato de etila (PET), reduzindo custos com esse material. Entretanto, isso trouxe consigo o aumento do impacto ambiental causado por sua disposição aleatória no meio-ambiente.

Sendo assim, as ações de logística reversa vêm ao encontro das necessidades que as empresas têm de descartar de forma adequada esse material. Porém fica a pergunta: quais os desafios e oportunidades de logística reversa seriam interessantes para sua adequação à cadeia produtiva de embalagens PET no pós-consumo?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Esta pesquisa teve como objetivo propor um sistema de retorno de PET pós-consumo para aplicação no Brasil.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a cadeia pós-consumo de embalagens PET no Brasil;
- Verificar os desafios e oportunidades presentes no destino das embalagens de PET pós-consumo no Brasil;
- Relacionar as estratégias pós-consumo de garrafas PET nos Países que compõem o *ranking* da Associação Brasileira de PET;
- Propor estratégias por meio do processo de logística reversa, descrevendo a sua contribuição ambiental.

1.4 Justificativa

A desvalorização da reciclagem de embalagens PET é um indicador que contribuiu de forma considerável para o aumento do resíduo pós-consumo no meio-ambiente.

A falta de ação efetiva de autoridades governamentais frente ao problema, principalmente em relação à disposição aleatória dessas embalagens, que demoram em média 100 anos para se decompor no meio ambiente, contribuiu para ações indiscriminadas da sociedade.

Em virtude disso, surge um desafio frente aos processos que estudam e criam condições para o recolhimento desse produto do mercado por parte do seu

produtor e também em relação às ações mais efetivas de reciclagem por parte dos consumidores do produto, metas estas presentes nesta pesquisa.

Nesse sentido, esta pesquisa justifica-se pela falta de estruturação logística para a coleta desses materiais, identificando no Brasil desafios e oportunidades a ponto de elucidar às empresas que utilizam a embalagem em sua cadeia produtiva a importância ambiental dessa ação, uma vez que as mesmas não têm interesse em reutilizar o material.

1.5 Métodos de pesquisa

Para a elaboração desta dissertação, os métodos e procedimentos técnicos utilizados estão apoiados em pesquisa aplicada, por originar conhecimentos para transferência e aplicabilidade prática, com vistas a solucionar problemas específicos, e também pesquisa bibliográfica, por abordar fontes impressas e eletrônicas envolvendo livros, revistas, artigos nacionais e internacionais disponíveis ou não na internet (GIL, 1999).

Além disso, foi também utilizada a pesquisa exploratória que, de acordo com Gil (1999), normalmente envolve o levantamento bibliográfico e documental, contendo experiências práticas relacionadas ao problema e análise de exemplos que estimulem a compreensão do tema estudado.

Sendo assim, para o desenvolvimento desta pesquisa, considerando os objetivos propostos, inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica a respeito dos temas referentes à problemática de resíduos sólidos, logística reversa, análise do ciclo de vida do produto e à caracterização das embalagens PET, com o intuito de consolidar conceitos e caracterizar o panorama atual do setor de embalagens PET no Brasil.

Pode-se afirmar ainda com base em Selltiz et al. (1974), que esta dissertação é uma pesquisa exploratória, uma vez que se caracteriza por proporcionar ao pesquisador um maior conhecimento sobre o tema ou problema que se deseja pesquisar, sendo apropriada para os estágios iniciais da investigação com o foco que se apresenta quando há necessidade, compreensão e o conhecimento adequados do fenômeno que se quer investigar e particularmente útil quando não se tem conhecimento mais profundo do problema de pesquisa.

A pesquisa exploratória consistiu no levantamento das informações junto a associações referentes ao setor de PET no Brasil, bem como em outros Países que se encontram em níveis importantes de reciclagem de embalagem PET.

Com as informações obtidas, procedeu-se ao cruzamento das informações da pesquisa bibliográfica e da pesquisa exploratória, a fim de identificar os desafios e oportunidades decorrentes do uso da PET no Brasil.

Num segundo momento, após a caracterização do setor foi realizada uma análise do sistema brasileiro pós-consumo de PET sob as óticas social, ambiental e econômica por meio de pesquisa bibliográfica.

1.6 Estrutura do trabalho

A pesquisa foi estruturada em 5 capítulos. No primeiro capítulo, realizou-se uma introdução sobre o tema, com a apresentação da justificativa, objetivos, materiais e métodos para sua realização.

No capítulo 2 foi desenvolvida a fundamentação teórica onde apresentam-se a problemática dos resíduos, logística reversa, o ciclo de vida do produto, com a caracterização da embalagem PET, bem como a sua utilização e destino no Brasil.

O capítulo 3 traz os resultados e discussões levantadas pela dissertação, onde foram discutidos os aspectos sociais, ambientais e econômicos da embalagem PET no Brasil; no quarto capítulo são apresentadas as propostas futuras fundamentada na pesquisa exploratória.

E por fim, no capítulo 5 são apresentadas as considerações finais obtidas ao longo desta pesquisa.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS E EMBALAGEM PET

2.1 A problemática dos resíduos sólidos

Os Países que norteiam seu modelo de desenvolvimento para o enfoque unicamente econômico buscam, de forma desenfreada, o crescimento e a intensificação de suas atividades econômicas. Como consequência, auxiliam no acelerado processo de urbanização e para transformações contínuas da natureza. Além disso, causam enormes desequilíbrios, pois, se de um lado produzem avanços tecnológicos, por outro, contribuem para o aumento da miséria, da degradação ambiental e da poluição (CAVALCANTI, 1995).

Segundo Tenório e Espinosa (2004), o ser humano é o único capaz de transformar em larga escala matéria-prima em produtos acabados, colocando no meio-ambiente substâncias não conhecidas, as quais não podem ser absorvidas nem mesmo em longo prazo, gerando assim resíduos que, se não forem bem administrados, poderão resultar em poluição. Do ponto de vista ambiental, essa poluição pode ser dividida em três classes diferentes: a poluição atmosférica, a contaminação das águas e os resíduos sólidos.

A Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos relata que anualmente no Brasil são gerados cerca de 2,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos, dos quais apenas 600 mil toneladas, ou seja, 22% recebem tratamento adequado. Dos rejeitos industriais tratados, 16% vão para aterros, 1% é incinerado e os 5% restantes são co-processados, ou seja, transformam-se, por meio de queima, em parte da matéria-prima para a fabricação de cimento (ABETRE, 2008).

Diante do contexto de tratamento, recuperação e disposição de resíduos, tramita em nível federal desde 1991 a Política Nacional de Resíduos (PNRS, 2002), a qual, em seu artigo 12, atribui ao Distrito Federal e aos municípios a gestão dos resíduos sólidos gerados em seus respectivos territórios.

Segundo a NBR 10004 (2004), o resíduo sólido pode apresentar-se nos estados sólido e semi-sólido, os quais resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como

determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

No contexto internacional, segundo Mahmood e Victor (2001), existem muitas variáveis envolvidas no gerenciamento dos resíduos sólidos, as quais dificultam a tomada de decisões para a implantação de políticas direcionadas aos resíduos sólidos.

Para Calderoni (2003), a definição e conceituação dos termos "lixo", "resíduo" e "reciclagem" diferem conforme a situação em que sejam aplicadas. Seu uso na linguagem corrente, com efeito, distingue-se de outras acepções adotadas consoante a visão institucional ou de acordo com seu significado econômico; na linguagem corrente, o termo resíduo é tido praticamente como sinônimo de lixo. Lixo é todo material inútil, designa todo material descartado, posto em lugar público; é o objeto ou substância que se considera inútil ou cuja existência em dado meio é tida como nociva. Resíduo é a palavra adotada, muitas vezes, para significar sobra no processo produtivo, geralmente industrial.

Um dos problemas evidentes no Brasil diz respeito ao manejo de resíduos sólidos urbanos, principalmente quando se trata dos impactos ambientais e da preservação dos recursos naturais. Os impactos causados no meio ambiente pela produção desenfreada de resíduos sólidos têm levado o governo e a sociedade a promover estudos direcionados às alternativas que visam a minimizar a degradação da natureza e aumentar o bem estar da sociedade como um todo.

Segundo Scholz (1993), a destinação final e o tratamento dos resíduos podem ser realizados mediante os seguintes métodos: aterros sanitários (disposição no solo de resíduos domiciliares); reciclagem energética (incineração ou queima de resíduos perigosos com reaproveitamento e transformação da energia gerada); reciclagem orgânica (compostagem da matéria orgânica); reciclagem industrial (reaproveitamento e transformação dos materiais recicláveis) e esterilização a vapor e desinfecção por microondas (tratamento dos resíduos patogênicos, sépticos e hospitalares).

As atividades de gerenciamento dos resíduos sólidos, conforme Cunha e Caixeta Filho (2002), podem ser agrupadas em seis elementos funcionais: geração, acondicionamento, coleta, estação de transferência/transbordo e/ou processamento e recuperação e/ou disposição final.

Segundo Machado et al. (2006), para que se consiga o desenvolvimento sustentável é necessário unir esforços de toda a sociedade, sem exclusão de qualquer de seus segmentos, caracterizando a importância do estudo da implementação e do desenvolvimento de cooperativas de coleta de materiais recicláveis nas cidades como um todo e, especificamente, nas indústrias.

Mesmo com a criação de medidas e procedimentos que visam reduzir o uso indiscriminado de produtos e de ações que venham prejudicar o meio-ambiente, a dificuldade de disposição do lixo urbano continua sendo um dos mais graves problemas ambientais.

2.2 Logística reversa

Diante da problemática dos resíduos dispostos no meio ambiente, a logística reversa surge no ambiente empresarial como uma ferramenta auxiliar no contexto ambiental.

A importância da logística reversa está atrelada às razões econômicas, governamentais, sociais e de responsabilidade corporativa (COSTA e VALLE, 2006). Sendo assim, todos os envolvidos direta ou indiretamente na cadeia produtiva da embalagem PET devem se conscientizar quanto à importância da preservação do meio ambiente e dos ganhos que todos os envolvidos podem obter, sejam eles, econômicos, sociais ou de imagem corporativa.

Neste cenário, segundo Leite et al. (2005), insere-se o conceito de logística reversa, área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo de informações do retorno de produtos pós-consumo e pós-venda, respectivamente, aos ciclos de negócios ou produtivo, agregando-lhes valor econômico, ambiental, legal, de imagem corporativa, entre outros.

Segundo Bowersox e Closs (2001), logística reversa é uma ferramenta de apoio ao ciclo da vida dos produtos, uma vez que existe um crescente número de leis que proíbem o descarte inapropriado e incentivam a reciclagem de produtos que estejam no fim da vida útil.

Para o *Council of Logistics Management* (CLM, 2008), a logística reversa, num sentido amplo, compreende as habilidades e as atividades envolvidas no gerenciamento da redução, da movimentação e da disposição de resíduos de produtos e embalagens.

Rogers e Tibben-Lembke (1998) entendem a logística reversa como sendo o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada disposição, conforme Figura 1.

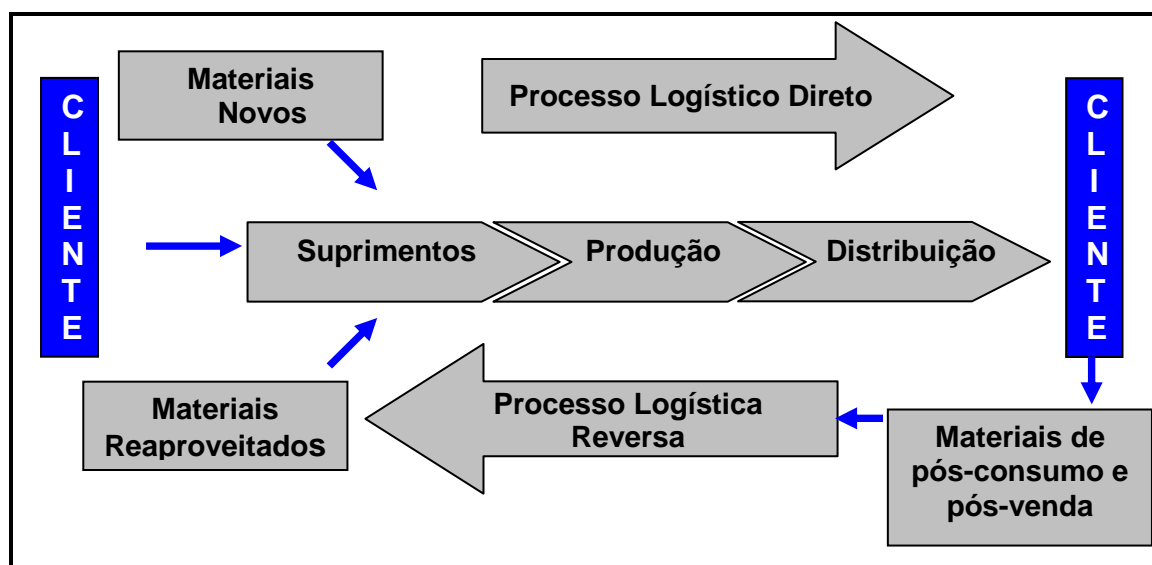


Figura 1 – Processo Logístico Reverso
Fonte: adaptado de Rogers e Tibben-Lembke (1998)

Para Ferreira (2008), a logística reversa está ligada ao ciclo de vida do produto, pois, do ponto de vista logístico, o produto passa por várias etapas de “vida” que conseqüentemente não terminam quando é entregue ao cliente, até porque esse produto pode se danificar ou apenas não funcionar mais. Como conseqüência, eles devem ser retornados ao seu ponto de origem, fechando assim o fluxo reverso.

Ainda de acordo com o mesmo autor, o processo de logística reversa é dividido em duas áreas, totalmente independentes, diferenciadas pelas etapas e pelo ciclo de vida dos produtos; essas áreas são denominadas de logística reversa de pós-venda e pós-consumo.

A logística reversa abrange a movimentação de materiais de pós-consumo (no final de sua vida útil e resíduos industriais) e de pós-venda (devolvidos por erros comerciais, problemas de garantia, entre outros), desde o seu descarte por parte do consumidor final, até sua reintegração ao ciclo dos negócios, sem causar

maiores impactos ambientais, que segundo Lacerda (2002) gera materiais reaproveitados que retornam ao processo tradicional de suprimento.

Para Leite (2009), pode-se definir a logística reversa pós-venda e pós-consumo como:

a) Logística reversa de pós-venda: trata do planejamento, do controle e da destinação dos bens sem uso ou com pouco uso, que retornam à cadeia de distribuição por diversos motivos, tais como a devolução por problemas de garantia, avarias no transporte, excesso de estoques e prazo de validade expirado, entre outros.

b) Logística reversa de pós-consumo: trata dos bens no final de sua vida útil, dos bens usados com possibilidade de reutilização (embalagens) e dos resíduos industriais. Para Santos et al. (2006), a aplicação da logística reversa de pós-consumo pode trazer resultados positivos relacionados à imagem corporativa de uma organização, pois é uma demonstração efetiva de que a organização está buscando atuar com responsabilidade ambiental e, conseqüentemente, com responsabilidade social, trazendo também a possibilidade de sustentabilidade no fornecimento de insumos.

Segundo Leite (2009), a logística reversa vai além da distribuição em si, pois a vida do produto não termina quando é entregue ao cliente, ou seja, ela tem a sua continuidade com o processo de pós-venda e pós-consumo. Para desenvolver a rede de distribuição reversa e saber qual o destino a ser dado a cada material coletado, é preciso conhecer aspectos importantes de seu ciclo de vida; de acordo com suas características, o bem pode ser:

- **Durável:** produto que pode ser usado diversas vezes e tem vida útil entre dois anos e algumas décadas. Constituem bens produzidos para satisfação das necessidades da vida social e incluem os bens de capital em geral. Fazem parte desta categoria os automóveis, eletrodomésticos, eletrônicos, máquinas, equipamentos industriais, edifícios, aviões, navios, entre outros.
- **Semidurável:** produto que pode ser utilizado diversas vezes, mas sua vida útil raramente ultrapassa a dois anos. É uma categoria intermediária que, sob o enfoque dos canais de distribuição reversos dos materiais, apresenta características ora de bens duráveis, ora de bens descartáveis. São bens

como baterias de veículos, óleos lubrificantes, baterias de celulares, computadores e seus periféricos, etc.

- **Descartável:** produtos que são utilizados apenas uma vez ou por algumas semanas. Trata-se de produtos como embalagens, brinquedos, materiais de escritório, suprimentos para computadores, artigos cirúrgicos, pilhas para equipamentos eletrônicos, fraldas, jornais, revistas, entre outros.

De acordo com as características dos produtos, estes podem ter destinos diferentes, como descritos no Quadro 1:

Características do bem	Classificação	Destino
Durável	Pós-venda	Reciclagem, remanufatura, retorno ao ciclo de negócios ou ainda a possibilidade de reaproveitamento.
Semidurável		
Descartável	Pós-consumo	Reciclagem ou disposição final em aterros sanitários, lixões ou incineração.

Quadro 1: Características, classificação e destino dos bens durável, semidurável e descartável
Fonte: adaptado de Leite (2009)

Segundo De Brito e Dekker (2002), existem três questões importantes para a análise e estrutura das cadeias reversas. A primeira delas está relacionada aos motivos pelos quais as embalagens retornam:

- Na perspectiva do fabricante, existem três forças que podem direcionar suas ações: a economia, a legislação e a responsabilidade estendida.
- Na perspectiva do consumidor, a embalagem deve ser descartada quando se encontra no final de sua vida. De forma geral, é difícil envolver os consumidores no retorno do produto aos fabricantes, uma vez que estes requerem incentivos para estimular o consumidor a lhes devolver o produto pós-consumo.

Para acontecer o retorno, devem-se considerar todos os atores envolvidos no processo, ou seja, busca-se entender como a logística reversa trabalha na prática. Os envolvidos podem ser diferenciados em quatro grupos: quem devolve, recebe, coleta e processa o material.

Qualquer parte da cadeia pode ser responsável pela devolução, incluindo os consumidores. Os receptores podem ser encontrados ao longo da cadeia de suprimentos (fornecedores, fabricantes, atacadistas ou varejistas). Em seguida, há o grupo que coleta, e que podem ser intermediários independentes, tais como: companhias específicas de recuperação, fornecedores de serviços de logística reversa, empresas coletoras de resíduos municipais, fundações públicas e privadas criadas para ajudar na recuperação. Por fim, os processadores, que são responsáveis pela transformação em um novo produto que retornará ao mercado (DIAS e TEODÓSIO, 2006).

Especificamente no setor de garrafas PET, os materiais reciclados ainda não retornam para fabricação de produto similar, caracterizando assim um canal reverso de “ciclo aberto” (LEITE, 2009).

O ciclo aberto de reciclagem caracteriza-se pelas diversas etapas de retorno de materiais, como metais, plásticos, vidros, papéis, etc., os quais são extraídos de diferentes produtos pós-consumo visando a sua reintegração ao ciclo produtivo e substituindo matérias-primas novas na fabricação de diferentes tipos de produtos (LEITE, 2009).

Para esse autor, diferentemente do ciclo aberto, o ciclo fechado é constituído por etapas de retorno de produtos de pós-consumo, no qual os materiais constituintes de determinado produto descartado, ao fim de sua vida útil, são extraídos seletivamente para a fabricação de um produto similar ao de origem.

A cadeia produtiva reversa desses produtos é especializada para a revalorização do material constituinte de determinado produto, conforme Quadro 2.

Produto de origem de pós-consumo	Principais materiais extraídos	Novo produto
Óleos lubrificantes usados	Eliminação de impurezas e acréscimo de aditivos	Óleos lubrificantes novos
Baterias de veículos descartadas	Plástico e extração do chumbo	Baterias de veículos novas
Latas de alumínio de embalagens descartadas	Extração da liga de alumínio	Latas de alumínio novas

Quadro 2: Exemplos de canais reversos de ciclo fechado
Fonte: Leite (2009)

A logística reversa inclui processos de desenvolvimento de mercadorias, inventários, reabastecimentos, revogações e inventário de excessos. Compreende também os programas de reciclagem, programas de materiais perigosos, disposição de equipamento obsoleto e recuperação de recursos.

As principais perspectivas que precisam ser consideradas em relação à logística reversa incluem não só as redes de trabalho e análise de inventário, mas também a coleta dos produtos pós-consumo, seu preço, uso, revenda e re-manufatura através de um sistema estabelecido (POKHAREL e MUTHA, 2009).

Para Chopra e Meindel (2003), uma cadeia de suprimento é dinâmica e envolve um fluxo constante de informações, produtos e dinheiro, entre os diferentes estágios, como: clientes, varejistas, atacadistas, distribuidores, fabricantes, fornecedores de peças e matérias-primas. Cada estágio da cadeia de suprimento executa diferentes processos, interagindo com outros estágios de cadeia. É o conjunto de organizações que se inter-relacionam, criando valor na forma de produtos e serviços, desde os fornecedores de matéria-prima até o consumidor final.

Segundo Leite et al. (2005), as práticas e procedimentos organizacionais envolvidos nas diversas fases de retorno dos produtos, o relacionamento e informações trocadas entre as empresas na cadeia e os recursos empregados nas operações de retorno definem o grau de estruturação de um canal reverso.

Para Fuller e Allen (1995), existem alguns fatores que levam à aplicação da logística reversa, dos quais apresentam cinco:

Econômicos	- relacionam-se com o custo da produção, por necessidade de adaptação dos produtos e processos para evitar ou diminuir o impacto ao meio ambiente;
Governamentais	- relacionam-se à legislação e à política de meio ambiente;
Responsabilidade Corporativa	- relacionam-se ao comprometimento das empresas fabricantes com a coleta de seus produtos ao final da vida útil;
Tecnológicos	- ligam-se aos avanços tecnológicos da reciclagem e projetos de produtos, com finalidade de reaproveitamento após descarte pela sociedade;
Logísticos	- relacionam-se aos aspectos logísticos da cadeia reversa como, por exemplo, a coleta de produtos, que se relaciona à legislação e à política de meio ambiente.

Quadro 3: Fatores que levam à aplicação da logística reversa
Fonte: adaptado de Fuller e Allen (1995)

Alguns fatores considerados por Fuller e Allen (1995) como fontes de aplicação da logística reversa, para Leite (2009) são fatores restritivos para o aumento dos níveis de reciclagem das garrafas PET, dentre eles:

a) Fator econômico: representa influência importante, uma vez que este material apresenta alta sensibilidade a preços de compra e venda e enfrenta com dificuldade a concorrência de outros materiais na coleta e ao longo da cadeia reversa, pelo fato de os valores envolvidos não remunerarem corretamente seus diversos elos;

b) Fator legal: refere-se à proibição do uso de reciclados em novas garrafas para uso alimentício, o que elimina uma substancial parcela do mercado para os reciclados;

c) Fator tecnologia: é restritivo a maiores quantidades recicladas, pela dificuldade técnica do processo industrial de reciclagem do material constituinte, que exige maiores investimentos e tecnologia específica que o diferencia dos demais plásticos.

De acordo com Leite (1999) e Felizardo et al. (1999), os fatores determinantes para a realização de projetos de logística reversa consistem em dimensionar os custos, controles de entrada, processos padronizados e mapeados, oferta de materiais reciclados, permitindo a continuidade do ciclo industrial, qualidade, tecnologia, logística, mercado consumidor, governo, responsabilidade social e as relações colaborativas entre clientes e fornecedores.

O fluxo logístico reverso deve ser sustentável, pois esse processo trata de questões muito mais amplas que simples devoluções. Os materiais envolvidos nesse processo podem ser devolvidos ao fornecedor, revendidos, reconicionados, reciclados ou, simplesmente, descartados e substituídos.

2.3 O ciclo de vida da embalagem PET e sua disposição no meio

A logística reversa é também caracterizada como um instrumento auxiliar para a elaboração das Avaliações de Ciclo de Vida – ACV; na concepção de produtos ou serviços, consideram-se as influências ambientais em todas as etapas de seu ciclo de vida.

A ACV é um instrumento de gestão ambiental que permite às organizações entenderem o ciclo ambiental de seus produtos, detectando aspectos a serem melhorados nos processos e no desenvolvimento de novos produtos com estratégias comerciais específicas.

Para Amano (2004), o impacto de um produto no meio-ambiente deve ser considerado por meio das fases do seu ciclo de vida, que se iniciam com a extração e processamento das matérias-primas para fabricação, transporte e distribuição e finalmente, a reutilização, manutenção, reciclagem e disposição final.

Conforme argumentação de Barbieri (2007), o ciclo de vida de um bem ou serviço resume-se em todos os seus estágios relacionados ao meio ambiente, ou seja, desde a origem dos recursos captados no meio ambiente até a disposição final dos resíduos de matérias e energia após o processo de utilização, tendo percorrido todas as etapas intermediárias, tais como beneficiamento, transporte e estocagens, entre outras.

Manzini e Vezzoli (2005) definem um conjunto de atividades e processos, relacionados ao ciclo de vida de um produto, cada um deles absorvendo certa quantidade de matéria e de energia, operando uma série de transformação e liberando emissões de naturezas diversas. Tais processos se agrupam nas diversas fases do ciclo de vida de um produto, subdividindo-se em:

a) pré-produção: fase em que são introduzidos os materiais, isto é, as matérias-primas semi-elaboradas, utilizadas para a produção dos componentes;

b) produção: fase em que os materiais são elaborados para o uso, envolvendo a transformação dos materiais, a montagem e o acabamento;

c) distribuição: fase que envolve a embalagem, o transporte e a armazenagem;

d) uso: fase de atendimento da finalidade do produto, para a qual ele foi produzido, atendendo as necessidades de seus usuários;

e) descarte: é o momento da “eliminação” do produto. Nesta fase, abre-se uma série de opções sobre o destino final; a logística reversa trata dos produtos no final do ciclo produtivo.

Todas essas etapas estão relacionadas à produção de garrafas PET, provocando impactos ambientais devido à extração de recursos naturais, a geração de rejeitos, bem como o descarte inapropriado.

Mendes et al. (2004) sugerem que um sistema adequado para a disposição do resíduo PET em uma determinada região deve ser determinado no próprio local, de modo a reduzir o impacto ambiental.

As garrafas PET possuem uma participação relevante no aumento do total de resíduos sólidos, decorrente das atividades econômicas com base na quantidade, produção em massa e disposição final de resíduos. Cada País tem buscado desenvolver um sistema sustentável para as garrafas PET e procurado analisar de forma integrada as melhores alternativas para essas embalagens. Amano (2004) compara o ciclo de vida da garrafa PET na Suécia e no Japão, concluindo que cada País tem um fluxo material e financeiro diferente.

De acordo com Barbieri (2007, p. 164), “a ACV também é conhecida pela expressão do berço ao túmulo (*cradle to grave*)”, sendo o berço a obtenção dos insumos primários (extração de recursos naturais) e túmulo, o destino final dos resíduos inutilizáveis.

Neste sentido, a logística reversa pode fornecer informações relevantes referentes ao gerenciamento e controle de resíduos, desde a extração da matéria prima ou aquisição, manufatura ou fabricação, suprimento, distribuição e transporte, uso ou consumo, chegando até a reciclagem, descarte e disposição final (SCHENIMI, et al. 2005).

Para que se dê início a uma avaliação de ciclo de vida, um fluxograma do processo é construído, especificando todos os fluxos de material e energia que entram e saem do sistema. O diagrama simplificado da Figura 2 mostra os principais estágios do ciclo de vida de um produto.

O primeiro passo é a aquisição de matéria prima (extração de recursos naturais), o que pode incluir, por exemplo, o plantio de árvores ou a extração de petróleo, no caso das garrafas PET (1).

No estágio seguinte, a matéria prima é processada para obtenção dos materiais ou peças de, por exemplo, papel ou plástico.

Esses materiais já processados são então transformados em produtos como papel, copos descartáveis, objetos de plástico ou metal, no estágio de manufatura do produto (2).

Depois dessas etapas, ocorrem a embalagem e o transporte - que podem ou não ser de responsabilidade do fabricante - (3), o uso (4) e o descarte ou a reciclagem (5).

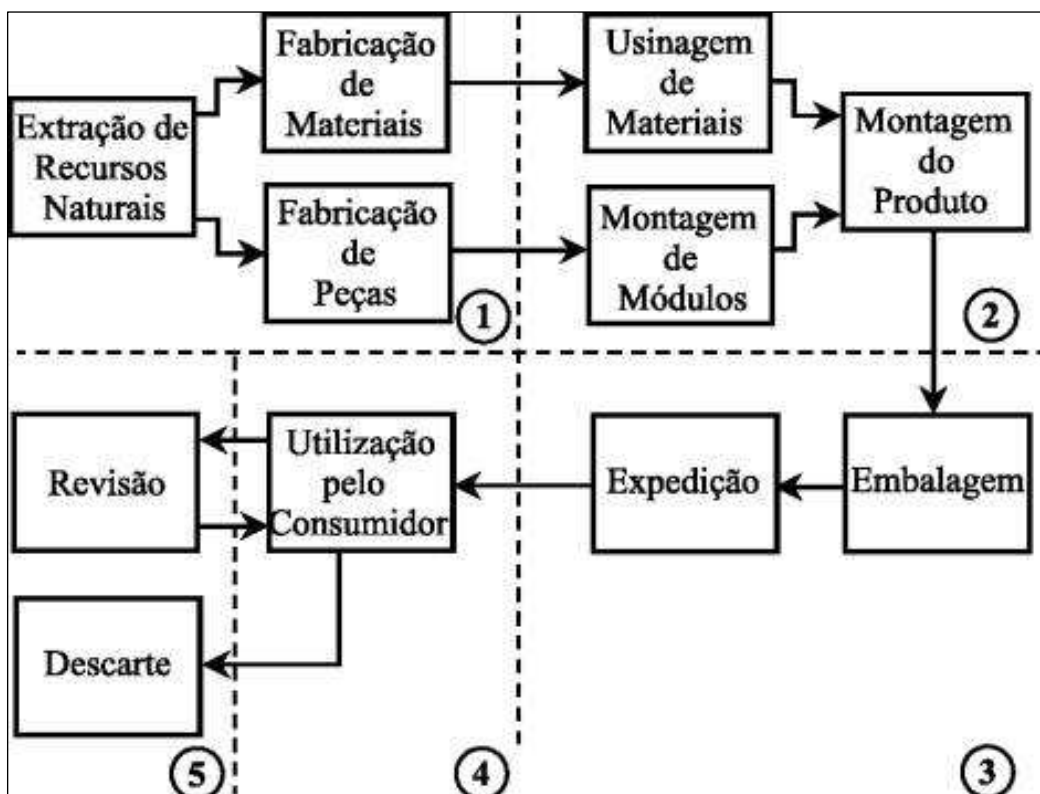


Figura 2 - Atividades nos Estágios de Ciclo de Vida de um Produto
 Fonte: Graedel e Allenby (1995)

Santos e Pereira (1999) ilustram o ciclo de vida das embalagens com uma abordagem interessante sobre sua função, disfunção e refunção, identificando três estágios fundamentais nesse ciclo:

1º Conceção e produção: considera-se aqui o conteúdo a ser embalado (características físico-químicas e conservação), o processo de embalagem, o material a ser utilizado, a produção e o transporte.

2º Consumo: neste estágio são considerados os procedimentos de venda do produto embalado, seu transporte e estocagem. Além disso, leva-se em conta o consumo do produto embalado e a interface do usuário-embalagem (uso da embalagem, conservação e informação); o descarte da embalagem e sua transformação em lixo fazem parte desta fase.

3º Pós-consumo: para esta fase, consideram-se duas possibilidades: o reuso da embalagem pelo consumidor ou a reciclagem, incluindo o complexo trabalho de coleta, triagem e revalorização da embalagem. A outra é a redução na origem, pelo uso de menos matéria-prima, de projetos de produtos recicláveis e, ainda, alterando o padrão de produção e consumo.

Nesse sentido, a função da embalagem propriamente dita está delimitada entre a fase de concepção e consumo. Durante o consumo, podem-se verificar alguns desvios em sua função principal como, por exemplo, problemas de saúde provocados por contaminação ou pelo descarte inadequado, acarretando a produção de lixo. Esses fatos são denominados disfunção da embalagem.

Quando se cria um novo uso para a embalagem após o consumo, ocorre a refuncão, ou seja, a embalagem é reciclada voltando ao ciclo produtivo ou reutilizada para outra finalidade, conforme Figura 3 (SANTOS e PEREIRA,1999):

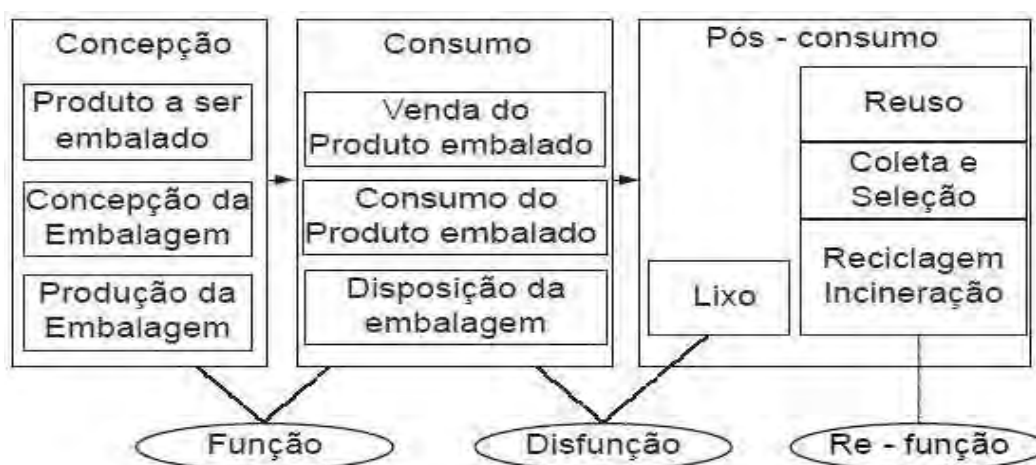


Figura 3 – O ciclo de vida da embalagem
Fonte: Santos e Pereira (1999)

Segundo Gianetti e Almeida (2006, p. 44), “o ciclo nada mais é do que a história do produto, desde a fase de extração das matérias-primas, passando pela fase de produção, distribuição, consumo e uso, até sua transformação em lixo ou resíduo”. O ciclo de vida ilustrado pela Figura 4 descreve os principais estágios do ciclo de vida de um produto.

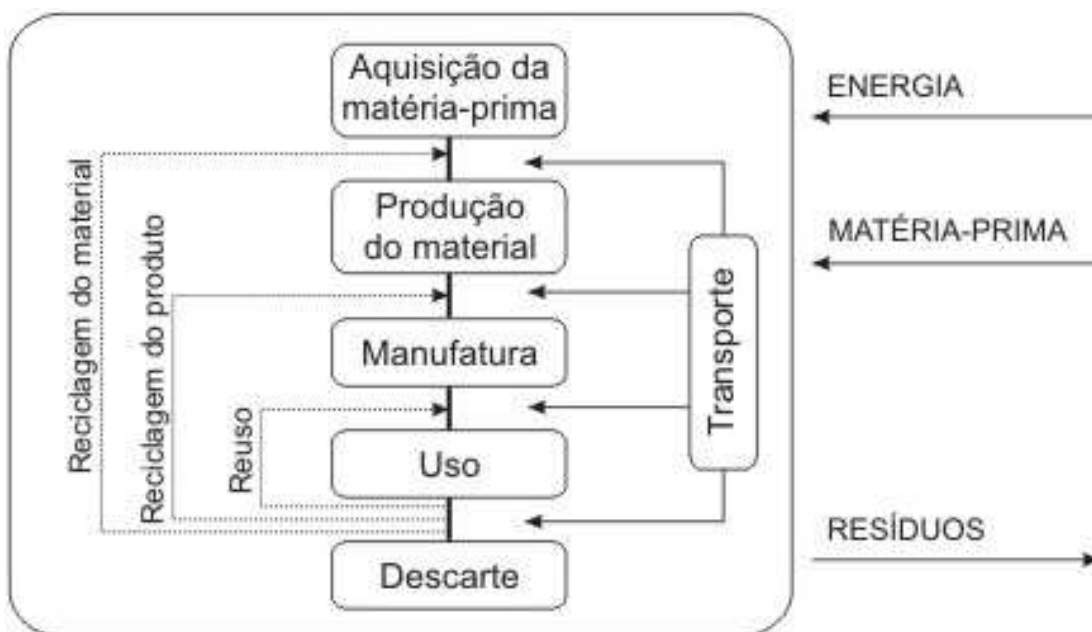


Figura 4 – Principais estágios do ciclo de vida de um produto
 Fonte: Giannetti e Almeida, (2006, p.45)

Em resumo, a ACV pode ser utilizada para obter-se um melhor entendimento de todo o sistema utilizado para se produzir um produto e, conseqüentemente, aprimorá-lo.

2.4 Responsabilidade estendida do fabricante

A Responsabilidade Estendida do Fabricante – REP trata da responsabilidade que deve ser assumida pelo fabricante até o “fim da vida” dos produtos que eles criam; os fabricantes e os produtores têm a influência direta sobre a maneira como os produtos são concebidos (CPSC, 2010).

Os programas de REP são caracterizados pelo envolvimento continuado dos produtores e distribuidores de bens comerciais na fase pós-consumo. O REP amplia as responsabilidades tradicionais como segurança do trabalhador, prevenção e tratamento de liberações ambientais da produção, responsabilidade financeira e legal para incluir a gestão na fase pós-consumo (ENVIRONMENT CANADA, 2010).

No Brasil, a responsabilidade estendida do fabricante consta na Política Nacional de Resíduos (2002), que foi sancionada no mês de agosto do ano de 2010, a qual dispõe em seu artigo 17 que a responsabilidade sobre os resíduos sólidos compete ao seu gerador. Consiste em um processo que compreende as etapas de

acondiçãoamento, disponibilização para coleta, tratamento e disposição final de rejeitos adequada ao meio ambiente. Em suma, o gerador de resíduo é responsável por ele desde a coleta até eventuais danos que vierem a ser provocados.

Desta forma, pode-se dizer que um sistema estruturado de logística reversa demonstra uma visão da responsabilidade da empresa sobre todo o ciclo de vida do produto, como responsável não só pelos impactos ambientais, mas também pelas possibilidades de desenvolvimento de atividades econômicas e comprometimento com o futuro da sociedade.

Ainda é possível destacar benefícios relacionados à logística reversa frente à responsabilidade das empresas (LEITE, 2009):

- Consolidação da imagem corporativa;
- Responsabilidade social: geração de novas atividades econômicas, empregos e renda; incentivo à pesquisa de desenvolvimento de tecnologias de materiais, de reuso e reciclagem;
- Responsabilidade ambiental: diminuição do volume de deposição final de produtos que possam ser revalorizados;
- Redução do consumo de matérias-primas virgens.

A Responsabilidade Estendida do Produtor é uma ferramenta para alcançar os objetivos de uma produção limpa por meio de (CPA, 2010):

- Redução de resíduos em geral;
- Uso de materiais e processos não-tóxicos;
- Desenvolvimento de materiais de ciclos fechados;
- Desenvolvimento de produtos mais duráveis;
- Desenvolvimento de mais produtos reutilizáveis e recicláveis;
- Aumento da reutilização, reciclagem e compostagem.

A atribuição de responsabilidade estendida ao fabricante - no caso dos produtores das garrafas PET - ou mesmo às empresas que utilizam o material para comercialização dos produtos contribuiria para o aumento dos índices de reciclagem e conseqüentemente a redução desses resíduos em aterros, rios, mares e vias públicas.

2.5 Embalagem politereftalato de etileno – (PET)

A primeira amostra de politereftalato de etileno - PET foi desenvolvida pelos ingleses *Whinfield e Dickson*, em 1941. As pesquisas que levaram à produção em larga escala do poliéster começaram somente após a Segunda Grande Guerra, nos anos 50, em laboratórios dos EUA e Europa. Baseavam-se, quase totalmente, nas aplicações têxteis. Em 1962, surgiu o primeiro poliéster pneumático. No início dos anos 70, o PET começou a ser utilizado pela indústria de embalagens (ABIPET, 2009).

O PET chegou ao Brasil no final da década de 80 e seguiu uma trajetória semelhante à do resto do mundo, sendo utilizado primeiramente na indústria têxtil. Apenas a partir de 1993 passou a ter forte expressão no mercado de embalagens, principalmente para os refrigerantes, o que acarretou um problema antes não vivenciado pela sociedade, ou seja, minimizaram-se os custos de produção em detrimento do aumento dos resíduos plásticos, resultantes do pós-consumo de PETs.

As primeiras garrafas apresentavam maior quantidade de plástico para equilibrar a forma da garrafa que tinha o formato cilíndrico, conforme Figura 5. Este tipo de garrafa começou a circular no Brasil no final da década de 80 e deixou de ser comercializada por volta de 1997. O fundo era feito de polipropileno, que ficava fixado ao corpo da garrafa com cola, um exemplo nada ecológico que dificultava o processo de reciclagem (JUSBRASIL, 2009).



Figura 5 – Modelo de garrafa PET do final da década de 80.
Fonte: ABIPET, (2009)

A embalagem PET evoluiu e a tecnologia deu às garrafas formato mais sofisticado e sustentável. A primeira mudança significativa ocorreu com a troca do plástico de polipropileno que dava sustentação à garrafa pelo fundo em formato de flor, conforme Figura 6.



Figura 6 – Garrafa PET fundo em formato de pétala de flor
Fonte: ABIPET, (2009)

Atualmente o PET está presente nos mais diversos produtos; o Brasil apresenta o seguinte histórico de consumo/reciclagem nos últimos 10 anos, conforme a Tabela 1:

Tabela 1: Consumo e percentual de reciclagem de PET no período de 1997 a 2008

Ano	Reciclagem (Pós-Consumo/Índice)
1994	13.0 Ktons = 18,8%
1995	18.0 Ktons = 25,4%
1996	22.0 Ktons = 21,0%
1997	30.0 Ktons = 16,2%
1998	40.0 Ktons = 17,9%
1999	50.0 Ktons = 20,4%
2000	67.0 Ktons = 26,3%
2001	89.0 Ktons = 32,9%
2002	105.0 Ktons = 35,0%
2003	141.5 Ktons = 43,0%
2004	167.0 Ktons = 47,0%
2005	174.0 Ktons = 47,0%
2006	194.0 Ktons = 51,3%
2007	231.0 Ktons = 53,5%
2008	253.0 Ktons = 54,8%

Fonte: Associação Brasileira da Indústria do PET - ABIPET (2009)

Em 2006, 51,3% do volume de PET consumido no Brasil voltou ao mercado por meio de reciclagem, sendo que em 2008 o índice de reciclagem foi de 54,8%. Estima-se que o índice de reciclagem continue crescendo, podendo atingir futuramente os níveis de reciclagem de latas de alumínio que, com forte demanda industrial, chega acima de 90% de reciclagem pós-consumo.

O aumento dos índices de reciclagem pode ser atribuído ao crescimento econômico do País, bem como o aumento do consumo do material; no ano de 2009, chegaram a ser industrializadas 522 mil toneladas de PET virgem. Embora o País tenha sentido reflexos de uma crise econômica mundial que teve início em 2008, não se observou diminuição no ritmo de consumo, bem como no de reciclagem. Contudo, a indústria da reciclagem do PET no Brasil apresenta uma ociosidade em torno de 30%, o que torna o setor capaz de absorver rapidamente qualquer aumento de volume, sem qualquer investimento (ABIPET, 2009).

A reciclagem de pós-consumo do PET garantiu ao Brasil o segundo lugar em nível mundial na reciclagem de PET, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Taxas de Recuperação de PET Pós-Consumo no Mundo

Países	Taxas de Recuperação de PET Pós-Consumo (%)
Japão (2007)	69,2
Brasil (2008)	54,8
Europa (2008)	46,0
Austrália (2007)	42,3
Argentina (2008)	34,0
Estados Unidos (2008)	27,0
México (2008)	12,6

Fonte: ABIPET - Censos da Reciclagem de PET no Brasil, (2009)

Mesmo frente aos desafios existentes na recuperação de garrafas PET no Brasil, o País encontra-se, em nível mundial, no segundo lugar dentre os Países que mais reciclam esse tipo de material, ficando apenas atrás do Japão, que recicla em torno de 70% das embalagens pós-consumo.

2.5.1 Características da embalagem

O PET faz parte de um grupo de materiais denominados plásticos, produzidos através de um processo químico chamado polimerização, que proporciona a união de monômeros para formar polímeros (ABIQUIM, 2008).

A embalagem PET é um polímero termoplástico que possui como características a transparência, o brilho, impermeabilidade e a leveza. A embalagem é ideal para a indústria de bebidas, que a utiliza como embalagens de água mineral, de óleo comestível, de produtos de limpeza, de higiene e de beleza. Outra característica interessante é que não libera substâncias tóxicas, mesmo quando queimado, além de ser 100% reciclável.

A utilização da garrafa PET concentra-se na embalagem de produtos alimentícios, devido às suas características. Segundo dados da ABIPET (2009), a utilização dessa embalagem para produtos alimentícios responde por aproximadamente 90% do mercado.

2.5.2 Aplicações no Brasil

O Brasil consumiu 432 mil toneladas de resina PET na fabricação de embalagens em 2007. Desse total consumido, aproximadamente 53,5% das embalagens pós-consumo foram efetivamente recicladas em 2007, ou seja, apenas 231 mil toneladas das 432 mil produzidas. Atualmente, o maior mercado para o PET pós-consumo no Brasil é a produção de fibra de poliéster para a indústria têxtil (CEMPRE, 2009).

O baixo custo industrial da embalagem aumenta a quantidade de embalagem disposta no meio ambiente. Existe ainda, a falta de estruturação logística para a coleta do material, uma vez que o fabricante das embalagens não tem interesse em reciclá-lo, pois a legislação brasileira que permite a reutilização das embalagens para alimentos data de março de 2008, ou seja, ainda é necessária a adequação das empresas a fim de atender as especificações, diferente de outros Países, incluindo os Estados Unidos, que utilizam a tecnologia *bottle-to-bottle*, que utiliza como matéria-prima o PET reciclado (EXAME, 2007).

Segundo Dias e Teodósio (2006), embora pareça que a tendência de crescimento do mercado de embalagens de refrigerantes esteja chegando ao limite,

o crescimento de PET no País aumenta mais rapidamente do que a produção. A tendência de produção do polímero é crescente, entretanto o fluxo inverso e as instalações de reciclagem precisam ser estruturados. Os autores comentam ainda que o Brasil é um dos maiores consumidores de PET em garrafa.

A necessidade de redução de resíduos em nível mundial faz da utilização do PET reciclado uma alternativa para aumentar a vida útil de aterros sanitários, uma vez que se trata de um material de longa degradação no meio-ambiente (COELHO; CASTRO; BAPTISTELLE, 2008).

Segundo dados da ABIPET (2009), o PET reciclado tem os mais diversos destinos, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Destino PET no Brasil nos anos de 2004 a 2008

Transformação PET	2004	2005	2006	2007	2008
Têxteis	49,4%	43,0%	40,0%	50,5%	38%
Extrusão de Chapas	-	-	16,0%	13,1%	15%
Termoformados	-	11,0%	15,0%	12,0%	-
Resinas Químicas	6,7%	16,0%	7,0%	6,1%	18%
Exportação	8,0%	12,0%	7,0%	5,8%	-
Injeção e Sopro	-	-	3,0%	4,1%	-
Fitas de Arquear	5,1%	5,0%	3,0%	3,6%	7%
Plásticos de Engenharia	-	-	4,0%	3,2%	-
Tubos	6,2%	6,0%	2,0%	1,7%	1%
Laminados	5,7%	4,0%	-	-	-
Embalagens	5,3%	3,0%	-	-	21%
Outros	13,6%	-	3,0%	-	-

Fonte: ABIPET - Censos da Reciclagem de PET no Brasil 2004-2008, (2009)

Segundo a ABIPET (2009), a utilização da garrafa PET no Brasil concentra-se na embalagem de produtos alimentícios, que responde por aproximadamente 90% do mercado de embalagem. O destino do maior volume do PET reciclado no Brasil está concentrado na indústria têxtil, de acordo com a Tabela 3.

Considerando apenas as aplicações têxteis, que representam mais de 40% do total, destaca-se o crescimento das aplicações em cordas, cerdas e monofilamentos, conforme Gráfico 1.

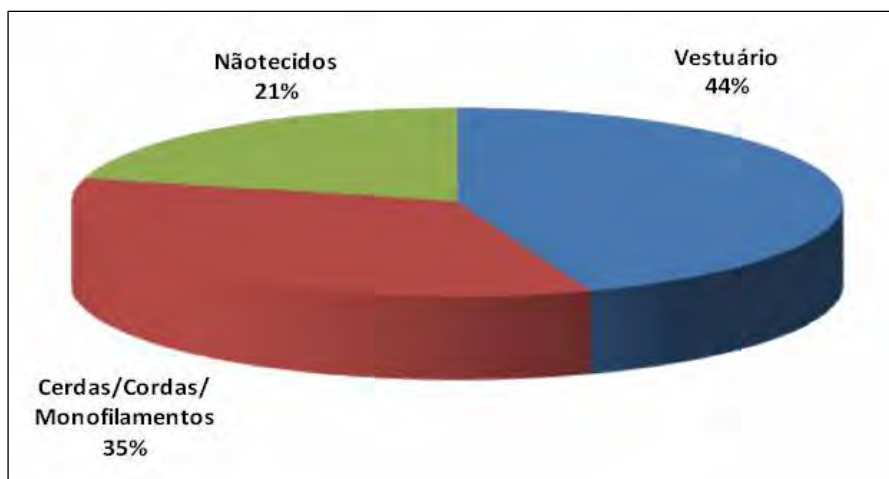


Gráfico 1: PET Reciclado - Usos Finais Têxteis em 2008
Fonte: ABIPET, (2009)

O uso do PET reciclado tem ampla aprovação dos usuários, a ponto de a grande maioria continuar fazendo planos para aumentar ou manter o consumo da resina, conforme Gráfico 2.

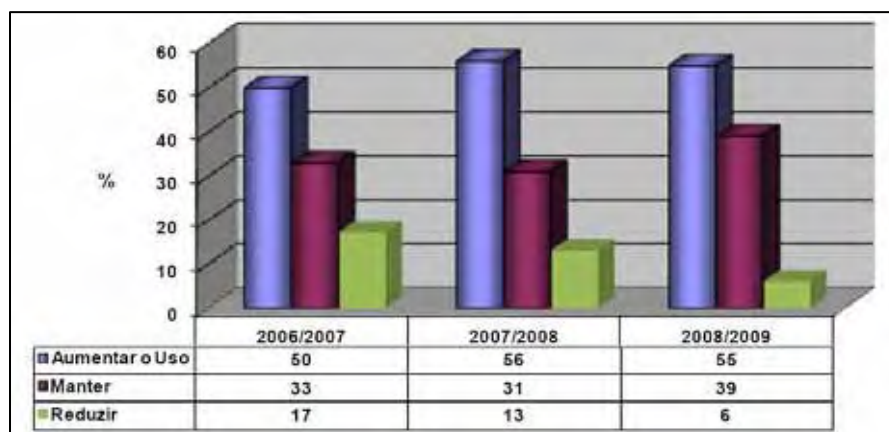


Gráfico 2: Intenção quanto ao uso de PET reciclado
Fonte: ABIPET, (2009)

Observa-se ainda no Gráfico 2, 12% no aumento do uso do PET reciclado entre os censos 2006/2007 e 2007/2008. Da mesma forma, quando se comparam os censos 2006/2007 e 2008/2009, verifica-se um aumento de 10% no do uso do PET reciclado. Ao analisar a intenção de redução do uso do material PET reciclado, há uma diminuição gradativa para 6% do índice de redução no censo 2008/2009. Pode-

se observar também o aumento da taxa de manutenção (18%) e do aumento do uso (10%) do material PET reciclado entre os censos 2006/2007 e 2008/2009, confirmando-se assim a aprovação uso do PET reciclado pelos usuários.

2.5.3 A RDC n.º 20 e as embalagens PET

Por meio da RDC n.º 20 - Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2010), publicada em 27 de março de 2008, foi autorizada a utilização renovada da embalagem PET. Esta lei autoriza o uso de embalagens produzidas a partir do material de polietilenotereftalato (PET) oriundo de reciclagem, fato este que pode modificar a realidade do Brasil em relação à produtividade desse tipo de embalagem.

A principal exigência para o uso do Polietilenotereftalato (PET) reciclado em contato com alimentos será o registro do produto na ANVISA. Além disso, o rótulo da embalagem deverá conter o nome do produtor, o número de lote e a expressão “PET-PCR”.

Existem ainda algumas exigências para a reciclagem de PET em alimentos:

- Habilitação e o registro do estabelecimento na ANVISA;
- Registro do plástico de Polietileno Tereftalato pós-consumo reciclado (PET - PCR) na Agência;
- Autorizações especiais de uso da tecnologia utilizada de PET-PCR (FDA ou outra referência reconhecida);
- Análise validada de contaminantes e análise sensorial;
- Comprovação pelo estabelecimento produtor que dispõe de: sistemas de controle de processo/ produto e garantia da qualidade, laboratório de análise e pessoal capacitado e programa de monitoramento analítico que assegure a continuidade da qualidade do PET-PCR;
- Na embalagem do produto deverá ser identificado o produtor, o número de lote ou codificação que permita a rastreabilidade;
- Inclusão da expressão “PET-PCR” na embalagem.

A partir de junho de 2008, foi regulamentado no Brasil o processo *bottle-to-bottle* de reciclagem de garrafas PET em novas embalagens, garantindo uma regularização segura deste material. A Coca-Cola Brasil investiu no País o mesmo processo que já é utilizado nos Estados Unidos desde a década de 90; pelo sistema *bottle-to-bottle*, as garrafas pós-consumo são selecionadas, moídas e limpas por um processo de intensa lavagem que permite retirar todos os resíduos contaminantes.

Após a lavagem, o material está, então, pronto para entrar no processo produtivo de novas garrafas pela injeção de pré-formas, de acordo com o processo convencional. A Coca-Cola Brasil incentiva a coleta das embalagens pós-consumo pelo programa Reciclou Ganhou, com o apoio das cooperativas de catadores. Além deste incentivo, desenvolve projetos contínuos de redução de peso (*Light Weight*) do PET; a nova família de pré-formas foi implementada em 2008: a garrafa de 600 ml teve seu peso reduzido de 28g para 22g e a garrafa de 2 l, de 52g para 48g. Em 2008, houve uma redução de aproximadamente 8 mil toneladas de PET no Brasil com a implantação desse projeto (COCA-COLA COMPANY, 2010).

A realidade do Brasil é de desenvolvimento crescente na perspectiva da logística reversa do PET. Houve crescimento constante desse mercado, contudo havia limitação de que embalagens recicladas não poderiam ser utilizadas no processo de industrialização de novas embalagens destinadas à indústria alimentícia. Com a homologação da RDC n.º 20 pela ANVISA, o mercado do PET pós-consumo pode crescer em grandes proporções, pois essa limitação deixa de existir. No entanto, uma analogia importante a ser considerada refere-se à tecnologia aplicada para esse material, que é importada dos Estados Unidos e da Europa e limita o mercado produtivo. Nesse aspecto, faz-se necessário realizar estudos que possibilitem desenvolver tecnologias aceitas pelos Países membros do MERCOSUL (LIMA, et al. 2008).

Buscando minimizar os impactos ambientais provocados pelos resíduos de PET pós-consumo, a Coca Cola *Company* (2010), divulgou uma outra alternativa para tornar a utilização da garrafa PET mais sustentável - a *plant bottle*. Trata-se de uma embalagem totalmente reciclável, com uma menor dependência de recurso não renovável (petróleo), ou seja, a composição da garrafa tem 30% de material à base de planta e tem as emissões de carbono reduzidas em 25% no processo de produção, em comparação com as garrafas de plástico 100% à base de petróleo.

Para Formigoni et al. (2009), o maior problema da cadeia reversa do PET no Brasil está na coleta seletiva – há um retardo na estrutura da cadeia pelo desinteresse por parte dos sucateiros; isso ocorre porque o PET compete financeiramente com o alumínio. Apesar da aceitabilidade do produto PET reciclado, as indústrias sentem sua carência, por haver falhas na coleta que prejudicam todo o abastecimento reverso desse material.

Pesquisas brasileiras estão sendo realizadas objetivando tecnologias mais limpas na cadeia logística reversa do PET, dentre elas, a lavagem química da garrafa pós-consumo. Segundo Mancini et al. (2010), a lavagem química pode ser considerada uma forma de fazer a reciclagem de PET limpa por ceder um produto com maior valor agregado muito semelhante ao material original.

Essa melhoria é esperada para abrir novos mercados bem como reforçar os tradicionais, que normalmente são secundários em termos de qualidade e propriedades que procuram. Este novo passo aumenta o custo dos processos de reciclagem, mas esse acréscimo pode provavelmente ser compensado pela venda tanto do filtro de polímero reciclado quanto dos subprodutos, o que podem ser obtidos com um elevado grau de pureza.

2.5.4 Reciclagem: uma atitude consciente e estratégica

A reciclagem surgiu para reintroduzir no sistema uma parte da matéria e da energia que se tornaria lixo. Trata-se de uma solução para a redução de resíduos, porém apresenta muitos aspectos a serem esclarecidos, não só quanto aos benefícios, mas também quanto à utilização dos materiais reciclados (GRIMBERG; BLAETH, 1998).

O retorno da matéria-prima ao ciclo de produção é denominado de reciclagem. O vocábulo surgiu na década 70, quando as preocupações ambientais passaram a ser tratadas com maior rigor e importância estratégica. As indústrias recicladoras são também chamadas secundárias, por processarem matéria-prima de recuperação.

Grimberg e Blauth (1998) descrevem que reciclar significa trazer de volta ao ciclo produtivo materiais descartados como lixo, utilizando-os na produção de novos objetos. Compete à reciclagem a separação dos resíduos que serão classificados em descartados (aqueles que não poderão ser utilizados) e em rejeitos

(os que podem ser aproveitados), caracterizando assim o papel fundamental da reciclagem.

Conforme Manzini e Vezzoli (2005), estender a vida dos materiais significa fazê-los viver por mais tempo do que duram os produtos que esses materiais estão compondo, ou seja, os materiais podem ser reprocessados para serem transformados em matérias-primas secundárias. Quando ocorre esse reprocessamento, acontece a reciclagem, que pode envolver dois processos distintos:

- **Reciclagem em anel fechado:** sistema em que materiais recuperados são utilizados em lugar de materiais virgens, na confecção dos mesmos produtos ou componentes que foram derivados. Teoricamente, este modelo pode se autoalimentar durante certo período de tempo, sem necessidade de ser completado com novos materiais virgens (Figura 7):



Figura 7 – Reciclagem em anel aberto
Fonte: adaptado Manzini e Vezzoli (2005)

- **Reciclagem em anel aberto:** neste caso, os materiais são encaminhados para um sistema, sendo o produto diferente do de origem; ocorre normalmente com materiais pós-consumo. Neste processo, opera-se com um mix de produtos diversificados e diferentes produtores (Figura 8):



Figura 8 – Reciclagem em anel aberto
 Fonte: adaptado de Manzini e Vezzoli (2005)

Já no que concerne à reciclagem pós-consumo, os mesmos autores distinguem as seguintes fases:

- **Recolha e transporte:** os produtos eliminados devem ser recolhidos e transportados aos lugares de armazenagem para ser efetivada a reciclagem. Durante a operação, muitos atores estão envolvidos inclusive o consumidor final, que tem um papel fundamental, uma vez que ele é que irá determinar o fim do uso do produto e destinar a recuperação.
- **Identificação e separação:** nesta fase, faz-se necessário identificar os materiais para saber quais partes devem ser recolhidas e quais devem ser descartadas.
- **Desmontagem e/ou desmembramento:** para que um material que compõe um produto possa ser reciclado, ele deve ser logicamente separado dos outros. Assim, devem ser separados não só os plásticos dos aços, mas também os diferentes tipos de plástico existentes no produto.
- **Limpeza e/ou lavagem:** após a separação, os materiais ainda podem apresentar várias formas de contaminação. Nesse caso, os materiais são limpos novamente, para não comprometer as características da reciclagem.
- **Pré-produção de matérias-primas secundárias:** o material pode ser reutilizado diretamente, mas geralmente passa por um reprocessamento, a fim de melhorar as suas características através de aditivismos e processos específicos.

A garrafa PET é um resíduo pós-consumo e sua disposição não é regulamentada por nenhum tipo de legislação no Brasil, ou seja, as ações existentes com referência ao retorno desses produtos para um novo ciclo produtivo estão relacionadas à iniciativa de catadores de materiais recicláveis que encaminham esses materiais para sucateiros que, por sua vez, os encaminham para empresas de reciclagem.

Ainda de acordo com Dias e Teodósio (2006), apesar da viabilidade tecnológica do processo, por força de lei, as embalagens feitas de PET reciclado não são usadas no Brasil para acondicionar alimentos e bebidas. Ainda assim, o Brasil possui três plantas industriais cuja tecnologia atende tal requisito. Entretanto, mesmo a legislação permitindo o uso da embalagem reciclada, a realidade brasileira tem sérios obstáculos à utilização do PET reciclado para embalagens alimentícias como dificuldade de fiscalização, falta de coleta seletiva estruturada, coleta em lixões e mistura do lixo seco e úmido.

Segundo a NBR 13230 (2008) da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, que padroniza os símbolos que identificam os diversos tipos de resina (plásticos) virgens, os plásticos são reunidos em sete grupos ou categorias: 1. PET, 2. PEAD, 3. PVC, 4. PEBD/PELBD, 5. PP, 6. PS e 7. outros (ABS/SAN, EVA, PA, PC).

O símbolo da reciclagem com um número ou uma sigla no centro, muitas vezes é encontrado no fundo dos produtos; o objetivo é facilitar a etapa de triagem dos resíduos plásticos que serão encaminhados à reciclagem, conforme Figura 9, que ilustra o símbolo da reciclagem da garrafa PET:



Figura 9 – Símbolo de reciclagem do PET
Fonte: ABIPET (2009)

Segundo o CEMPRE (2009), a reciclagem das embalagens PET está em franca ascensão no Brasil. A evolução do mercado e os avanços tecnológicos têm impulsionado novas aplicações para o PET reciclado, das cordas e fios de costura aos carpetes, bandejas de ovos e frutas e até mesmo novas garrafas para produtos

não alimentícios, já que esta aplicação ainda não é permitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.

A reciclagem, além de desviar lixo plástico dos aterros, utiliza apenas 0,3% da energia total necessária para a produção da resina virgem, tendo a vantagem de poder ser reciclado várias vezes sem prejudicar a qualidade do produto final.

De acordo com a ABIPET (2009), o PET pode ser reciclado de três maneiras diferentes:

➤ **Reciclagem química:** utilizada também para outros plásticos, separa os componentes das matérias-primas originais do PET, "desmontando" o polímero. É um processo que não está em uso no Brasil.

➤ **Reciclagem energética:** o calor gerado com a queima do produto pode ser aproveitado na geração de energia elétrica (usinas termoelétricas), alimentação de caldeiras e altos-fornos. O PET, por exemplo, tem alto poder calorífico e não exala substâncias tóxicas quando queimado; outros materiais combustíveis também podem ser utilizados. Este processo, entretanto, não é usado para o PET, pois o alto valor da sucata indica a reciclagem mecânica como a mais favorável.

➤ **Reciclagem mecânica:** Praticamente todo o PET reciclado no Brasil passa pelo processo mecânico, que pode ser dividido em três fases:

1ª - Recuperação: nesta fase, as embalagens que seriam atiradas no lixo comum ganham o *status* de matéria-prima. As embalagens recuperadas serão separadas por cor e posteriormente prensadas. A separação por cor é necessária para que os produtos resultantes do processo tenham uniformidade de cor, facilitando assim, sua aplicação no mercado. A prensagem, por outro lado, é importante para que o transporte das embalagens seja viabilizado, uma vez que o PET é muito leve.

2ª - Revalorização: as garrafas são moídas (*flake*), ganhando valor no mercado; o produto que resulta desta fase é o floco da garrafa. Pode ser produzido de maneiras diferentes e os flocos mais refinados podem ser utilizados diretamente como matéria-prima para a fabricação dos diversos produtos que o PET reciclado dá origem na etapa de transformação. No

entanto, há possibilidade de valorizar ainda mais o produto, produzindo os grãos plásticos (*pellets*). Desta forma, o produto fica muito mais condensado, otimizando o transporte e o desempenho na transformação.

3ª - Transformação: fase em que os flocos ou o granulado são transformados em um novo produto, fechando o ciclo.

A Figura 10 ilustra a linha de moagem e lavagem de PET, que é utilizada para a valorização do material.

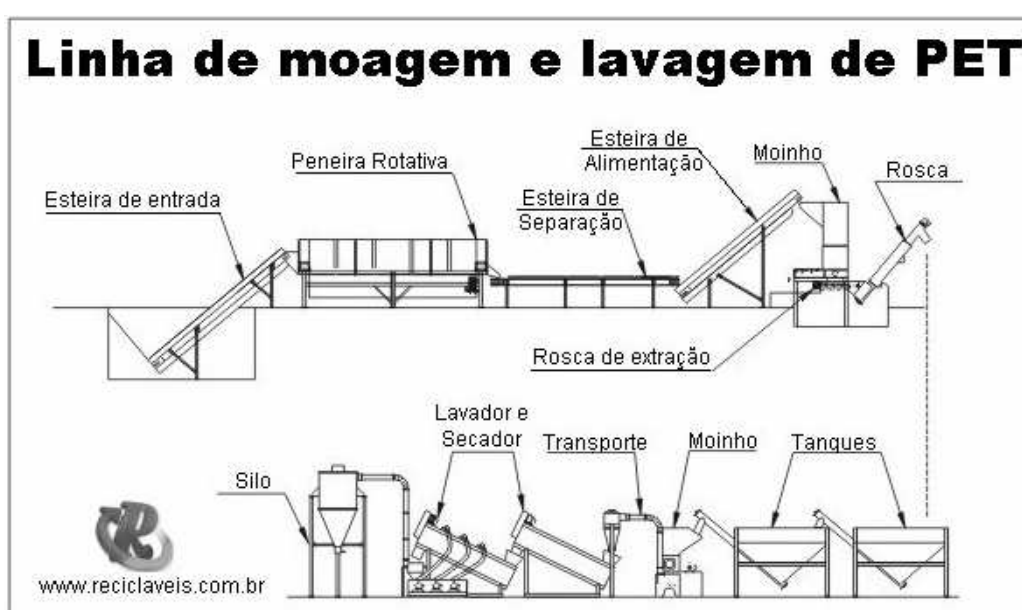


Figura 10 – Linha de moagem e lavagem do PET
Fonte: Recicláveis (2009)

Após o processo descrito, os transformadores podem utilizar o PET reciclado para fabricação de diversos produtos, incluindo novas garrafas para produtos não alimentícios.

No caso da garrafa PET no Brasil, a reciclagem é destinada à produção de fibra de poliéster para a indústria têxtil, na fabricação de cordas e cerdas de vassouras e escovas, produção de filmes e chapas para boxes de banheiro, termoformadores, formadores a vácuo, placas de trânsito e sinalização em geral, agregando valor aos negócios através logística reversa. Como o ciclo de vida do produto não termina mais ao chegar ao consumidor final, pode-se dizer que a reciclagem é o canal reverso da logística reversa, pois agrega valores ao produto após o uso.

A grande dificuldade para maximizar a reciclagem está relacionada aos custos envolvidos no processo, uma vez que devem ser considerados desde os custos relacionados à recolha, transporte e armazenagem até o valor de comercialização do material (MANZINI e VEZZOLI, 2005).

3 ANÁLISE DO SISTEMA BRASILEIRO DE PET PÓS-CONSUMO

A análise destina-se a identificar as vantagens e desvantagens do sistema brasileiro de PET pós-consumo e as eventuais melhorias a serem realizadas. O estudo é realizado de forma integrada, incluindo os aspectos ambientais, econômicos e sociais do sistema.

Segundo dados da Associação Brasileira de Embalagens – ABRE (2010), o perfil qualitativo dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, de uma maneira geral, é denominado de “lixo pobre”, por conter uma baixa parcela de materiais reaproveitáveis. A Constituição Federal estabelece que o Poder Público Municipal é o órgão responsável pela coleta de lixo, além da limpeza das ruas e praças da cidade. Nem sempre esse trabalho é realizado de forma organizada, resultando em formas inadequadas de acondicionamento de lixo, que podem gerar grandes prejuízos ao meio ambiente; os lixões, por exemplo, são formas inadequadas de acondicionamento, pois são responsáveis pela proliferação de doenças, solo contaminado e mau cheiro.

O Brasil, mesmo quando comparado a alguns Países desenvolvidos, apresenta elevados índices de reciclagem, uma vez que o País desenvolveu métodos próprios para incrementar essa atividade; convém enfatizar que o maior engajamento da população pode contribuir ainda mais para o aumento do índice de embalagens reaproveitadas.

3.1 Aspectos ambientais

Para Boustead e Lidgren (1984), o efeito ambiental do sistema de reciclagem de garrafas PET pode ser analisado a partir dos resíduos sólidos, utilização de energia, emissões de poluentes, poluição da água, higiene, impactos na saúde pública, entre outros. A estratégia ambientalmente mais eficaz é a de menor utilização de materiais e processos com o mínimo de energia (SAPHIRE, 1994).

No Brasil, a garrafa PET é um resíduo pós-consumo recentemente amparado por legislação, embora ainda necessite de regulamentação do setor para sua disposição. O retorno do produto para um novo ciclo produtivo é uma iniciativa dos catadores ou das cooperativas de recicláveis que recebem o material por meio

da coleta seletiva. O fato de a reciclagem das embalagens PET estar em franca ascensão e de os avanços tecnológicos estarem impulsionando novas aplicações para o PET reciclado resulta na retirada do lixo plástico do aterro sanitário, reduzindo o seu impacto no meio-ambiente.

No entanto, apenas 54,8% das embalagens PET pós-consumo foram efetivamente recicladas; é um índice que pode ser melhorado se ações forem efetivamente implantadas pelo poder público, uma vez que hoje a reciclagem é uma iniciativa de ações empresariais ou de empresas isoladas.

A reciclagem, sob o aspecto ambiental, contribui para a diminuição da poluição do solo, água e ar, prolonga a vida útil dos aterros, melhora a limpeza pública, etc. Uma grande solução para os resíduos PET é prever uma máxima redução da quantidade desses resíduos na fonte geradora; há no Brasil atitudes isoladas por parte de algumas empresas produtoras, mas não há uma política estabelecida pelo poder público que uniformize procedimentos ambientalmente corretos para essas empresas.

3.2 Aspectos Econômicos

Para estabelecer um sistema de produção sustentável faz-se necessário considerar o impacto econômico de forma adequada.

A revalorização é uma etapa da reciclagem que realiza a descontaminação e adequação do material coletado e selecionado para que possa ser utilizado como matéria prima na indústria de transformação. A indústria de transformação utiliza o material revalorizado e o transforma em outro produto vendável, o produto reciclado.

Milhões de dólares são gastos em logística, distribuição e marketing para que, no final das contas, os consumidores comprem os produtos embalados em PET; o correto equacionamento da logística reversa das embalagens pós-consumo é que vai viabilizar a reciclagem do PET.

A logística reversa é o processo pelo qual o material reciclável será coletado, selecionado e entregue na indústria de revalorização. Isto gera um grande impasse, ou seja, quem paga a conta da logística reversa não é a indústria de embalagens, nem a indústria dos produtos embalados e nem a prefeitura, é toda a sociedade, seja como contribuinte ou como consumidor.

Hoje a sociedade paga um valor maior por não possuir uma logística reversa adequada, diferentemente do que ocorre com os Países - EUA, Austrália, Japão e toda a Europa.

A reciclagem do PET traz muitos benefícios econômicos: redução do volume de lixo coletado, que é removido para aterros sanitários; economia de energia elétrica e petróleo, pois a maioria dos plásticos é derivada do petróleo (um quilo de plástico equivale a um litro de petróleo em energia); geração de empregos (catadores, sucateiros, operários, etc.); menor preço para o consumidor dos artefatos produzidos com plástico reciclado aproximadamente 30% mais baratos do que os mesmos produtos fabricados com matéria-prima virgem; reciclagem mecânica de embalagens plásticas para bebidas (PET) que requer, em média, apenas 30% da energia necessária para a produção de matéria-prima.

Diminuir os resíduos de garrafas PET nos aterros também reduz o custo do município com a gestão de resíduos. Por outro lado, aumentar a coleta seletiva desses resíduos melhora o transporte do varejista para a usina de reciclagem. O transporte de resíduos de PET promove o aumento do custo para o fabricante, pois é de sua responsabilidade (AMANO, 2004).

3.3 Aspectos Sociais

Segundo a ABIPET (2009), embora as embalagens de PET efetivamente recicladas tenham origem em sistemas de coleta alternativos, como a realizada por catadores e suas cooperativas ou através de empresas dedicadas a essa tarefa, parcela importante das embalagens acabam sendo enviadas aos lixões, sistema mais comum no Brasil para disposição dos resíduos sólidos urbanos.

Isso ocorre por dois motivos principais: primeiramente pela falta de coleta do lixo, pois nem todo município brasileiro tem coleta de lixo em 100% dos domicílios, especialmente nos bairros mais pobres e nas favelas; em segundo lugar, pelo hábito da população brasileira de se desfazer da embalagem jogando-a no lixo comum ou, quando este não é coletado, nos rios e nas ruas.

Muitas pessoas fazem a coleta de embalagens nos lixões, o que ocasiona sérios problemas. Por um lado, é possível ver brasileiros, adultos e crianças na atividade insalubre e sub-humana de revirar o lixo, sujeitando-se a todo tipo de

contágio e infecção, para deles obter alguns produtos passíveis de venda, produtos esses que poderiam ser obtidos de outra forma.

Por outro lado, o produto coletado nos lixões está fortemente contaminado por gorduras, tintas, metais pesados e sujeira de modo geral; a embalagem assim contaminada exigirá um processo de limpeza mais caro, o que a desvaloriza. Outro ponto relevante é que o catador da embalagem recebe um valor irrisório por sua coleta, seja porque o produto está contaminado, seja pela ação do intermediário, que revende o produto para a indústria recicladora.

No Brasil, os sistemas de coleta alternativos de embalagem PET, realizados por catadores e cooperativas contribuem para a geração de empregos para a população não qualificada; a sociedade, praticando a rotina do descarte de forma adequada, contribui para a preservação do meio ambiente e para a obtenção da melhoria contínua da qualidade de vida, possibilitando a geração de normas e condições de trabalho, bem como o desenvolvimento de responsabilidade social nos produtos e serviços.

As limitações do sistema concentram-se no consumidor, que ainda não está totalmente informado sobre a possibilidade de reciclagem e, conseqüentemente, o valor econômico da garrafa PET pós-consumo; com isso, as embalagens acabam descartadas no lixo comum. Além disso, a falta de sistemas eficientes de coleta seletiva impede a recuperação das garrafas, que acabam perdidas em aterros sanitários e lixões.

3.4 Relação das Estratégias do Sistema Pós-Consumo PET em outros Países

Para verificar o sistema pós-consumo de PET em outros Países, foi realizada uma análise comparativa dos dados obtidos através da revisão teórica, os quais foram posteriormente sistematizados em tabela.

Os Países pesquisados estão elencados pela ABIPET (2009) entre os que mais reciclam em nível mundial; suas ações estão descritas no Quadro 4.

País	Percentual de reciclagem/ano	Sistema Pós-Consumo
Japão	69,2% - 2007	<p>Existem 2 destinos para as embalagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aterro ou incineração; - Coleta seletiva: produção de novas embalagens que retornam para o fabricante de refrigerantes ou para fabricação de novos produtos. Conta com a participação da população para a separação do lixo e com legislações municipais que regulam a destinação dos resíduos (AMANO, 2004).
Brasil	54,8% - 2008	<p>Apesar de apresentar um alto índice de reciclagem comparado aos outros Países, o País dispõe de legislação recente, embora ainda não tenha regulamentação específica em nenhuma das esferas governamentais (municipal, estadual e federal). A coleta é realizada por catadores individuais ou cooperativas de catadores apoiados pelo poder público municipal. Este tipo de coleta também depende da participação da população.</p>
União Européia	46,6% - 2008	<p>Na União Européia, foram estabelecidas por lei metas de recuperação e reciclagem para o setor de embalagens, incluindo as garrafas PET (DIRETIVA 94/62/EC).</p>
Austrália	42,3% - 2007	<p>Pioneira na utilização de PET reciclável na fabricação de fibras têxteis.</p> <p>Não foram encontradas publicações a respeito.</p>
Argentina	34,0% - 2008	<p>Com o auxílio de uma associação sem fins lucrativos, auxilia os estados com projetos municipais para manejo integral dos resíduos sólidos urbanos domiciliares. Não existe publicação a respeito de legislação pertinente ao assunto (ARPET, 2010).</p>

Estados Unidos	27,0% - 2008	<p>O País possui legislações específicas por Estados.</p> <p>No caso da Califórnia, existe legislação para reduzir a quantidade de garrafas PET em aterros.</p> <p>Trata-se de uma lei que considera a responsabilidade estendida do produtor. O consumidor quando destina adequadamente a embalagem, recebe um crédito monetário a serem retirados em centros de resgates (CAWRECYCLE, 2010).</p>
México	12,6% - 2008	<p>País que apresenta o menor índice de reciclagem.</p> <p>Não foram encontradas publicações sobre o sistema.</p>

Quadro 4: Sistema pós-consumo de PET dos Países que mais reciclam – ABIPET
 Fonte: (AMANO, 2004; DIRETIVA 94/62/EC; ARPET, 2010; CAWRECYCLE, 2010).

Com este levantamento, é possível observar que cada País adota métodos mais adequados para sua realidade. Embora o Brasil não tenha recursos específicos para tratar o retorno das embalagens PET e, considerando a sua extensão territorial, pode-se dizer que o País tem números significativos de coleta, comparado a outros Países, bem como a extensão territorial. Porém, faz-se necessário elevar o número de embalagens que retornam ao processo de produção, a fim de minimizar os impactos ambientais.

3.5 O sistema brasileiro de PET pós-consumo

Para Leite (2009), os bens de pós-venda retornam por diferentes motivos e utilizam, em grande parte, os próprios canais de distribuição direta, enquanto os bens de pós-consumo possuem uma organização própria que dará origem à cadeia reversa de suprimentos. Especificamente no setor de garrafas PET, os materiais reciclados não retornam para fabricação de produto similar, caracterizando assim um canal reverso de “ciclo aberto”.

Neste caso, os produtos não são distinguidos em sua origem no pós-consumo, pois seu foco é na matéria-prima que os constitui, como no caso das garrafas PET.

A realidade brasileira pós-consumo de garrafas PET é caracterizada pela coleta individual mediante o trabalho de catadores que sobrevivem da atividade econômica provida pelo lixo.

A atividade de catadores de lixo de rua, no Brasil, é uma realidade fundamentada na grande desigualdade social existente; apesar disso, ao lutar pela própria sobrevivência, o catador torna-se um importante agente ambiental, promovendo a preservação do meio ambiente de muitas maneiras, seja pela limpeza pública que realizam, seja pelo alongamento da vida útil dos aterros, na medida em que os materiais coletados não são destinados para o aterramento, seja pelo aumento do ciclo de vida dos materiais (MOTA, 2005).

Segundo dados do CEMPRE (2009), no Brasil cerca de 200 mil catadores de rua são responsáveis pela coleta de diversos materiais. Entretanto, são poucos os catadores que vivem do lixo por opção ou, simplesmente, para complementar a renda familiar; muitos deles vivem em favelas e bairros suburbanos, trabalham por mais de 10 horas e percorrem mais de 12 km/dia.

Alguns trabalham acompanhados dos filhos e crianças de colo, reviram sacolas de lixo, sem muitas vezes sequer se alimentar durante o trabalho (MACHADO, 2006); após a coleta, o material segue o seu caminho por meio de intermediários, fato este que reduz o lucro dos catadores, uma vez que o mesmo deverá ser revendido para seu destino final, no caso do Brasil, para reciclagem.

Em 2008, foram encaminhadas 54,8% das garrafas PET pós-consumo para reciclagem por via dos sucateiros¹ que adquirem as garrafas pós-consumo dos catadores.

Como resultado do processo da reciclagem, tem-se a geração de novos produtos, conforme a Figura 11.

¹ Sucateiros - Sujeito que recolhe sucata (ferro velho) para comercialização em grande quantidade

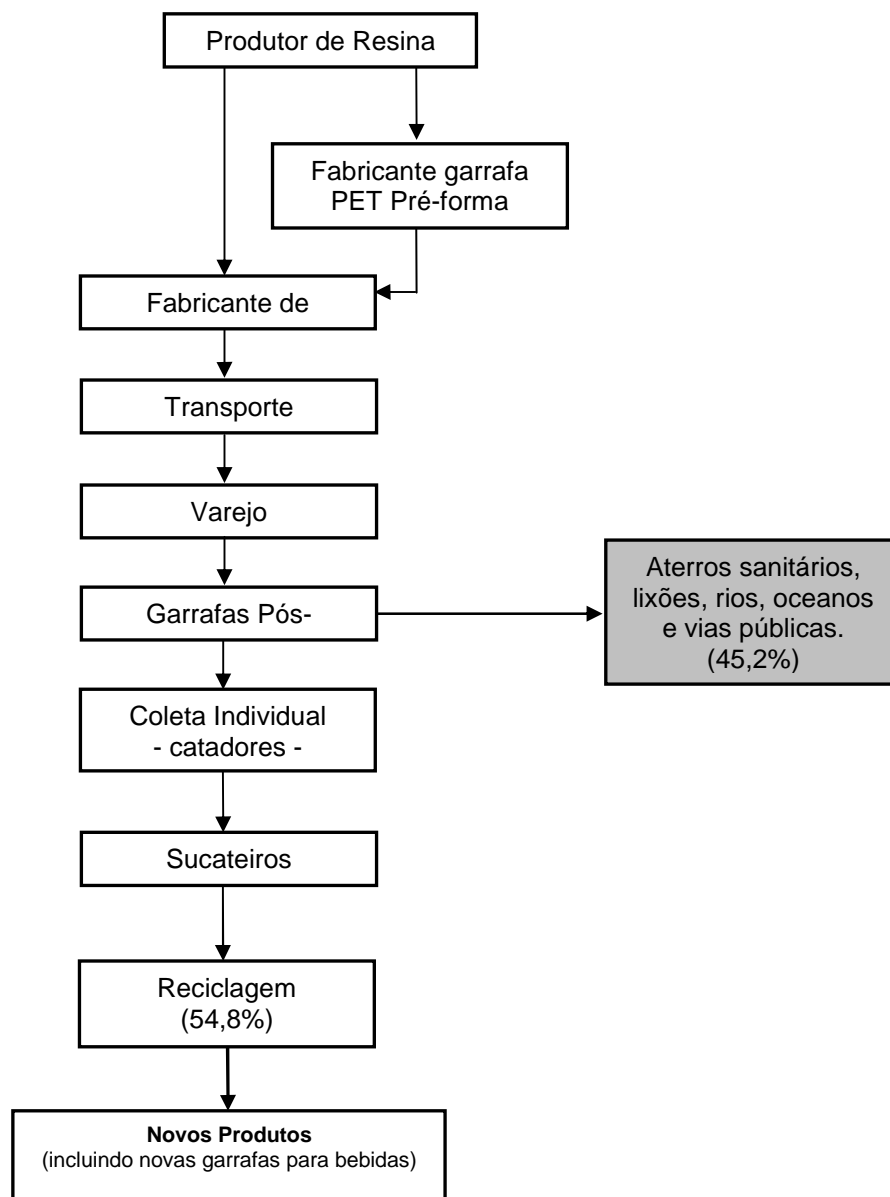


Figura 11: Sistema de retorno de PET pós-consumo no Brasil
 Fonte: autora (2010)

O fluxo logístico brasileiro das garrafas inicia-se na produção de resina PET e segue para a fabricação da pré-forma em empresas específicas ou no próprio fabricante de bebidas; após o envase, o produto segue para a rede varejista, onde será adquirido por consumidores que futuramente irão dispor esta garrafa pós-consumo.

A realidade brasileira de PET pós-consumo retratada, por se tratar de um sistema de “ciclo aberto”, necessita de melhorias que serão propostas no Capítulo 4.

Mesmo não dispondo de legislações específicas, o Brasil se organizou informalmente e consegue manter índices elevados de reciclagem, se comparado a outros Países.

Dentre todos os levantamentos realizados, a caracterização do processo de reciclagem não está definida se é realizada pelo fabricante ou consumidor.

4 SISTEMA BRASILEIRO DE PET PÓS-CONSUMO: UMA PROPOSTA DE MELHORIA

4.1 Proposta de um sistema pós-consumo de embalagens PET no Brasil

Para Leite (2009), os bens de pós-venda retornam por diferentes motivos e utilizam, em grande parte, os próprios canais de distribuição direta, enquanto os bens de pós-consumo possuem uma organização própria que dará origem à cadeia reversa de suprimentos.

Diante do panorama brasileiro, verifica-se que são necessárias ações efetivas no sentido de aumentar o retorno do PET para reciclagem, contudo, cabe salientar que a recolha e o transporte são momentos importantes por tratar de um processo que envolve custos. No caso das garrafas PET, esses momentos são fundamentais, já que não existe no Brasil nenhum tipo de legislação que obriga o fabricante ou o consumidor a dar o destino adequado ao material pós-consumo. Desse modo, devem ser trabalhados em termos de conscientização os principais envolvidos no processo, especificamente o consumidor.

A análise do sistema brasileiro de pós-consumo PET denota a necessidade de mudanças no sistema de retorno das garrafas PET, levando-se em consideração a importância dos aspectos econômicos, sociais e ambientais junto às novas propostas de logística pós-consumo, a fim de organizar os canais reversos; o objetivo dessa postura é aumentar o índice de retorno desse material para a reciclagem, bem como a redução do índice de disposição inadequada junto aos aterros sanitários, lixões, rios, oceanos e vias públicas.

A reciclagem pode ser considerada uma das ferramentas mais importantes no auxílio ao tratamento e disposição de resíduos, bem como uma forma de geração de empregos e renda para um número cada vez maior de pessoas.

4.2 Oportunidades e desafios do fluxo logístico pós-consumo de PET no Brasil

A discussão sobre o atual sistema de retorno PET pós-consumo no Brasil aponta a necessidade de nova proposta de logística pós-consumo, objetivando oportunidades econômicas, sociais e ambientais que viabilizem a sustentabilidade

do sistema reverso. Com base na proposta da Política Nacional de Resíduos (PNRS, 2002), de compartilhar a responsabilidade do resíduo pós-consumo, a Figura 12 propõe um novo sistema no qual existem três caminhos distintos para as garrafas pós-consumo de PET.

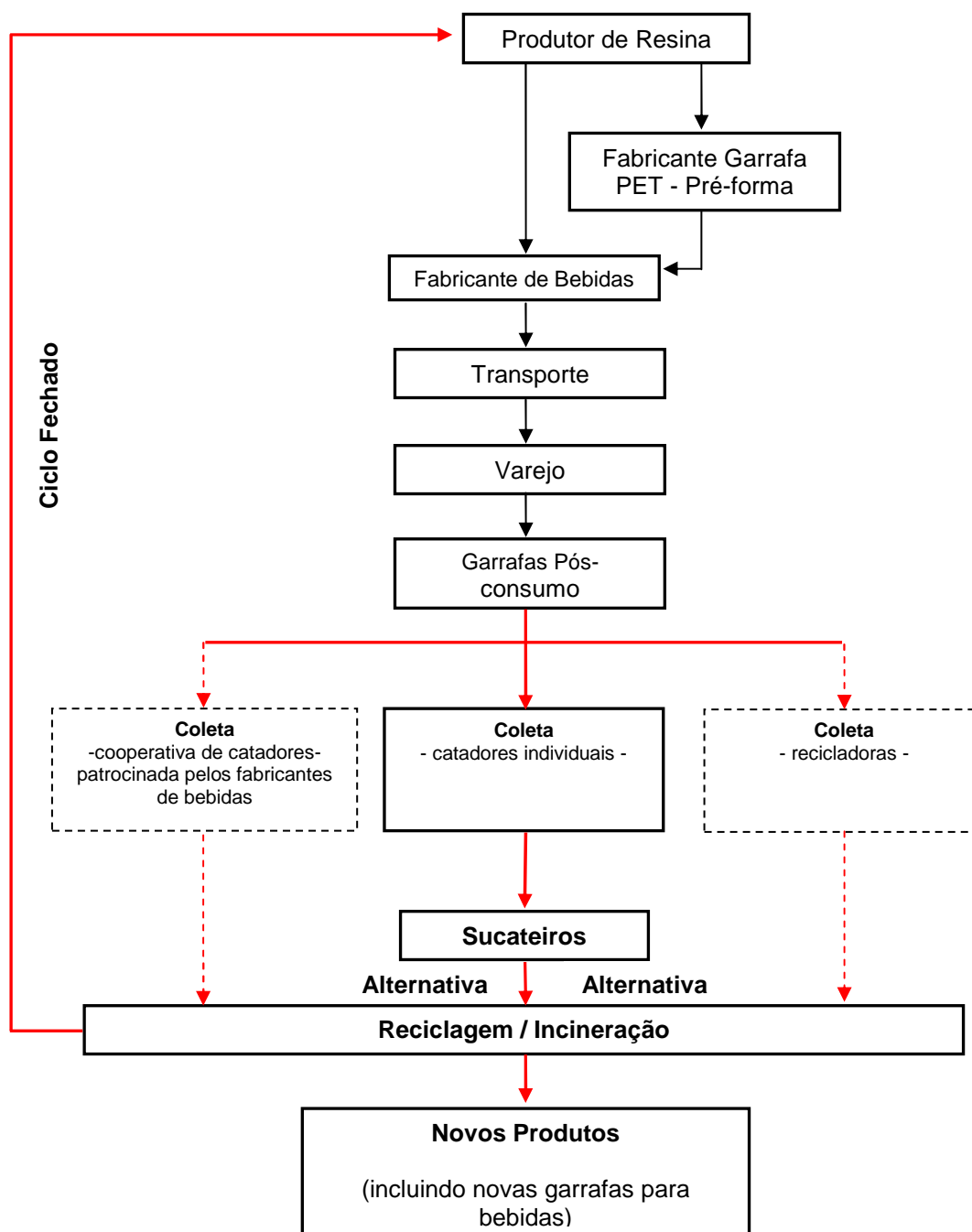


Figura 12: Proposta de sistema de retorno de PET pós-consumo no Brasil
Fonte: pesquisadora (2010)

Os desafios desse novo fluxo logístico pós-consumo de garrafas PET concentram-se na busca por políticas públicas relacionadas à responsabilidade pelo resíduo gerado no processo de produção; na definição de estratégias para o destino adequado de garrafas PET (mecanismos de transporte, coleta, reciclagem e valorização do material), para a inserção de cooperativas, ferramentas sociais de inclusão e para a busca da responsabilidade de cada um no ciclo da produção, aquisição, consumo e descarte, visando à redução do uso de matérias-primas, do desperdício e do descarte. Através de legislação e com a prática de políticas públicas é possível atribuir responsabilidade estendida aos fabricantes de garrafas PET.

No fluxo logístico proposto, as garrafas pós-consumo são obtidas mediante a coleta seletiva realizada por cooperativas de catadores subsidiada pelo município e pelos fabricantes de bebidas, participação espontânea vinculada à responsabilidade pela geração do resíduo por via do processo produtivo ou imposta pelo poder público via legislação ambiental; da coleta porta a porta (residências e pontos de consumo) pelos catadores individuais e da coleta no varejo pelas recicladoras.

4.2.1 Caracterização da coleta

Para facilitar o entendimento do sistema, será caracterizada passo a passo a coleta:

a) pelos catadores individuais: por se tratar de indivíduos que necessitam dessa atividade como meio de obtenção de renda familiar, espera-se que, das garrafas PET pós-consumo encaminhadas para a reciclagem, pelo menos 30% delas retornem por meio desses catadores, que realizam a coleta dos materiais “porta a porta”. Este tipo de coleta depende da consciência do consumidor, o qual deve realizar a separação dos materiais para o sucesso da coleta seletiva.

b) pelas cooperativas patrocinadas pelo setor público e pelos fabricantes de bebidas: de acordo com o PNRS (2010), a empresa tem responsabilidade pelos resíduos gerados; sendo assim, por via do ciclo produtivo, surge a possibilidade da criação de cooperativas de catadores como forma de organizar a atividade a fim de obter ganhos pela própria produção, sem ter o trabalho explorado, possibilitando a inserção de projetos sociais e ações de saúde e

promovendo melhor qualidade de vida. Além das questões econômicas e sociais relacionadas às cooperativas, o aspecto ambiental também é muito importante, pois as cooperativas contribuem para a redução do impacto ambiental causado pelo consumo.

É importante que a administração pública incentive a formação de associações de catadores, formalizando uma atividade de longa data marginalizada, auxiliando com a dotação de uma infra-estrutura mínima, bem como o resgate da cidadania desse segmento excluído. No sistema reverso proposto, as cooperativas são subsidiadas pelo setor público e privado (fabricantes de bebidas). Através de políticas públicas, são reivindicados investimentos das empresas privadas que utilizam o PET para envase de suas bebidas. Neste caso, espera-se que das garrafas PET pós-consumo encaminhadas para a reciclagem, pelo menos 50% delas retornem por meio destas cooperativas.

c) realizada diretamente pelas recicladoras: como são essas empresas que exploram de forma direta os produtos da reciclagem de garrafas PET, teriam mediante pontos de coleta no varejo a oportunidade de ampliar a obtenção de garrafas PET pós-consumo. Neste caso, espera-se que das garrafas PET pós-consumo encaminhadas para a reciclagem, pelo menos 20% fique sob responsabilidade destes atores. O sucesso deste tipo de atividade também dependerá do consumidor, que deve assumir o seu papel dentro deste ciclo.

Para que não exista competição entre os atores envolvidos no retorno de embalagens PET, fazem-se necessárias regulamentações e delimitações específicas para os tipos de coleta.

Todos esses mecanismos de coleta têm por objetivo retirar os resíduos PET pós-consumo dos aterros sanitários, dos lixões, dos rios, dos oceanos e das vias públicas, destinando-os à reciclagem; segundo Chilton et al. (2010), a reciclagem de PET resulta em redução na emissão de CO₂, monóxido de carbono, gases ácidos, partículas suspensas, metais pesados e dioxinas, devido à redução das emissões associadas com a fabricação de uma massa equivalente de PET a partir de matérias-primas virgens.

Dentre outras opções a serem consideradas como destinos das garrafas PET pós-consumo, a incineração é uma delas, uma vez que esse material tem capacidade de geração de energia. Para Chilton et al. (2010), resíduos pós-consumo de PET podem ser valorizados por meio da coleta, separados dos resíduos

domésticos não recicláveis ou ainda pela queima, a fim de gerar energia resultante da incineração.

Considerando, assim, que o resíduo PET possui a capacidade de geração de energia, existe a possibilidade de, após coletado, seguir o caminho da incineração, ou seja, o material pode ser vendido diretamente a fábricas para utilização do PET como fonte de geração de energia. Este destino, de certa forma não atrapalharia o sistema de coleta, apenas é uma opção a mais, além da reciclagem, para destino final adequado do material.

As ações realizadas em conjunto possibilitam a socialização dos custos e contribuem de forma direta com o meio ambiente, gerando outros produtos; existe ainda a oportunidade de transformar o material reciclado em novas embalagens para alimentos, regulamentadas pela ANVISA.

No sistema logístico pós-consumo proposto se faz fundamental a divisão de responsabilidades e de atribuições aos diversos atores envolvidos na cadeia de reciclagem; a manutenção do sistema se faz mediante investimentos da iniciativa privada e da intervenção do poder público nas esferas municipal, estadual e federal através de políticas públicas.

4.3 Sistema Atual *versus* Sistema Proposto

Diante do levantamento acerca do assunto, é possível identificar que o sistema atual apresenta deficiência em relação ao retorno do material às recicladoras, pois, mesmo o país reciclando em torno de 55% de PET, as empresas ainda possuem 30% da capacidade de reciclagem ociosa por falta de matéria-prima.

O sistema proposto tem como diferencial a estruturação da coleta seletiva, baseada no Plano Nacional de Resíduos. Embora a legislação em vigor ainda necessite de regulamentações específicas, é um passo importante para a estruturação do sistema de coleta proposto.

É possível que a proposta apresente dificuldades na adequação dos atores da coleta, uma vez que pode gerar competição entre os envolvidos, caso existam incentivos financeiros ou ainda ocorra a valorização do material em função do aumento da coleta.

5 O PÓS-CONSUMO DE PET VERSUS A QUESTÃO AMBIENTAL

5.1 A garrafa PET no Brasil: desafios e oportunidades

Os dados apresentados possibilitaram entender que existem necessidades de ações efetivas, objetivando o aumento do retorno do PET para reciclagem. Dentre os motivos para o aumento da utilização de materiais pós-consumo para reciclagem, especialmente a do PET, alguns estão relacionados à redução do custo de produção em relação ao material virgem e à diminuição da extração de recursos naturais. No Brasil faz-se necessária a atenção sobre o pós-consumo de garrafas PET, pois o que não é reciclado está disposto aleatoriamente no meio-ambiente.

A necessidade de estruturação dos canais de distribuição reversos se faz relevante, uma vez que há fatores restritivos em relação ao aumento dos níveis de reciclagem das garrafas PET, ou seja, fatores econômicos, legais e tecnológicos (LEITE, 2009).

De acordo com Manzini e Vezzoli (2005), a fase da reciclagem relacionada ao recolhimento e ao transporte não deve ser subestimada, seja em termos de planejamento logístico reverso, seja em relação ao impacto ambiental; muitas vezes essa fase prejudica a economia e as vantagens ambientais da reciclagem.

No caso das garrafas PET, a fase da reciclagem é fundamental, visto que ainda é necessário envolver, em termos de conscientização, os principais atores do processo, os consumidores.

Após a análise do sistema brasileiro de pós-consumo de garrafas PET sob os aspectos ambientais, econômicos e sociais, foi proposto um sistema de retorno de PET pós-consumo que apresenta oportunidades para a viabilidade da sustentabilidade do sistema reverso e desafios relacionados ao efetivo funcionamento da política nacional de resíduos sólidos.

São necessárias ações federais, estaduais e municipais para viabilização da logística reversa e do fortalecimento da indústria de reciclagem no Brasil; da conscientização dos atores envolvidos na estrutura da cadeia reversa pós-consumo do PET; da redução do consumo a fim de diminuir os resíduos gerados; bem como a necessidade de envolver os setores industriais na busca de tecnologias mais limpas

junto à cadeia produtiva do PET e o poder público com o objetivo de auxiliar o processo por meio de políticas públicas.

Existe ainda o desafio na distribuição de responsabilidades pelas embalagens por meio de legislação, ou seja, ao longo da cadeia quem deverá ser responsável pelos resíduos, o produtor de resina, o envasador, o distribuidor ou o consumidor, que é o elo final da cadeia. Em vista desta dificuldade, a Política Nacional de Resíduos (PNRS, 2002) distribuiu entre os componentes da cadeia produtiva a responsabilidade pela recuperação e reciclagem das embalagens descartadas pelo consumidor.

Com a implementação deste sistema, a empresa enfrentará outro desafio relacionado à contabilização dos custos de caráter ecológico dos seus produtos, a fim de cumprir as legislações ambientais e de minimizar o impacto ambiental gerado, propiciando revalorizações de diversas naturezas que estrategicamente podem ser utilizadas como diferencial competitivo, demonstrando o compromisso da empresa com o desenvolvimento sustentável.

Neste sentido, caso a lei entre em vigor na íntegra, as empresas deverão investir em mecanismos de coleta, tratamento e disposição de seus resíduos.

Algumas das dificuldades relacionadas à inclusão do sistema de retorno de PET pós-consumo são: custos relacionados ao ciclo de vida total, já que a empresa passa a ser responsável por seus produtos até o final de sua vida útil; uma maior integração da cadeia produtiva, atribuindo responsabilidades e o grau de cooperação na cadeia; desenvolvimento de maiores controles gerenciais de logística reversa e de sistemas de informações que permitam a integração da logística reversa ao fluxo normal de distribuição.

Apesar dos desafios apresentados, existem oportunidades relacionadas à redução das emissões de monóxido de carbono no processo de fabricação de embalagem PET por meio de novas tecnologias, como a *plant bottle*, bem como a produção de embalagens oriundas de materiais recicláveis. O importante é encontrar estratégias adequadas.

REFERÊNCIAS

_____. Resolução RDC nº 20 de 26 de março de 2008. ANVISA. Disponível em <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em 15 fev. 2010.

_____. NBR 10004. Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 13230: Embalagens e acondicionamentos plásticos recicláveis - Identificação e simbologia. Rio de Janeiro, 2008.

Asociacion Civil Argentina Pro Reciclado Del Pet - ARPET. Disponível em: <www.arpet.org>. Acesso em 15 jun. 2010.

Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais - ABETRE. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./residuos/index.php3&con teudo=./residuos/lixo.html>>. Acesso em 18 fev. 2008.

Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET - ABIPET. Reciclagem de Embalagens PET. Disponível em: <<http://www.abipet.com.br>>. Acesso em 08 jul. 2009.

Associação Brasileira das Indústrias Químicas - ABIQUIM. **Os plásticos**. Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/plastivida/plasticos.htm>>. Acesso em 06 jul. 2008.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Disponível em <www.anvisa.org.br>. Acesso em 15 fev. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM - ABRE. Disponível em <http://www.abre.org.br/meio_reci_brasil.php>. Acesso em 08 fev. 2010.

AMANO, M. PET Bottle System in Sweden and Japan: an Integrated Analysis from a Life-Cycle Perspective. Lund, Sweden; 2004.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BOUSTEAD, I; LIDGREN, K. Problems in Packaging – the Environmental Issue. Wiley & Sons, Incorporated, John, 1984..

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, versão II, 2002. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2010.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Humanitas, 2003.

Californians Against Waste. Disponível em <http://www.cawrecycles.org/issues/plastic_bottles>. Acesso em 15 jun. 2010.

California Product Stewardship Council – CPSC. Disponível em <http://www.calpsc.org/solution/QA_EPR.html>. Acesso em 15 jun. 2010.

CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 1995.

CHILTON, T; BURNLEY, S; SURESH, N. A life cycle assessment of the closed-loop recycling and thermal recovery of post-consumer PET. *Journal Resources, Conservation and Recycling*, 2010.

Clean Production Action - CPA. Disponível em <<http://www.cleanproduction.org/Producer.Introduction.php>>. Acesso em: 15 jun. 2010.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: Estratégia, planejamento e operação. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

Coca Cola Company. Disponível em <http://www.thecocacolacompany.com/presscenter/nr_20090514_plantbottle.html>. Acesso em 20 jun. 2010.

Compromisso Empresarial para a Reciclagem - CEMPRE. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em 15 dez. 2009.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGMENT - CLM. Disponível em: <http://www.schiefer.com.br/logistica/corpo_logistica.htm>. Acesso em 05 jun. 2008.

COSTA, L.G. ; VALLE, R. Aplicação da logística reversa e da reciclagem de embalagens PET como estratégia de operações “amigável” com o meio ambiente. XI Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (SIMPOI). In: **Anais...**, 2006.

COELHO, T.M; CASTRO, R; BATISTELLE, R.A.G. Analysis of the post-consumption reverse channel of the pet bottle in brazil. POMS 20th Annual Conference. In: **Anais...**, Orlando, Florida U.S.A., 2009

CUNHA, V., CAIXETA FILHO, J. V. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. *Gestão & Produção*. São Carlos, v. 9, n. 2, ago. 2002.

DE BRITO, M. P.; DEKKER, R. Reverse logistics: a framework. *Econometric Institute. Report EI 2002-38*, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, 2002.

DIAS, S.L.P. G; TEODÓSIO, A.S.S. Reciclagem do PET: desafios e possibilidades. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), out. 2006, Fortaleza. In: **Anais...** Fortaleza, 2005, p. 01-08.

Environment Canada. Extended Producer Responsibility. Disponível em <<http://www.ec.gc.ca/epr/default.asp?lang=En&n=EEBCC813-1>>. Acesso em 15 jun. 2010.

EUROPEAN COMMUNITIES COUNCIL. Diretiva 94/62/EC: on Packaging and Packaging Waste. Official Journal of the European Communities, 1994.

FELIZARDO, J.M.; LABIAK JR, S.; CASAGRANDE JR., E. F.; HATAKEYAMA, K. **A inserção da Logística reversa em habitats de empreendedorismo**: um estudo de caso.. CEFET-PR; 1999.

FERREIRA, A. R.; JOÃO, M.D.; SANT ANNA, L.C.C. O uso da logística reversa para atender à responsabilidade sócioambiental: o caso do tratamento de resíduos sólidos em organizações madeireiras. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ENEGEP: Rio de Janeiro. In: **Anais...**, 2008.

FORMIGONI, A.; RODRIGUES, E.F. A Busca pela Sustentabilidade do PET, através da Sustentabilidade da Cadeia de Suprimentos. Anais ... 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production, São Paulo – Brazil – May 20th-22nd – 2009.

FULLER, D. A., ALLEN, J. **Reverse Channel Systems**. New York: Haworth Press, 1995.

GIANNETTI, B; ALMEIDA, C. M. V. B. **Ecologia industrial**. Conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GRAEDEL, J. E.; ALLENBY, B. R. **Industrial Ecology**. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

GRIMBERG, E.; BLAUTH, P. **Coleta Seletiva reciclando materiais, reciclando valores**. São Paulo: Polis, 1998.

JUSBRASIL. Disponível em <<http://www.jusbrasil.com.br/noticias/253210/embalagens-sustentaveis-garrafas-pet-de-vilas-a-mocinhas>>. Acesso em 08 nov. 2009.

LACERDA, L. **Logística Reversa**: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD – UFRJ – 2002.

LEITE, P.R. **Estudo dos fatores que influenciam o índice de reciclagem efetivo de materiais em um grupo selecionado de “Canais de Distribuição Reverso”**. Dissertação (Mestrado); Mackenzie, São Paulo, 1999.

LEITE, P. R. et al. Determinantes da estruturação dos canais reversos: o papel dos ganhos econômicos e de imagem corporativa. In: Encontro Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, 29, 2005. **Anais...** Brasília: ANPAD, 2005.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

LIMA, A.M.; PIRAN, C.; BAGGENSTOSS S. Logística reversa do PET e suas perspectivas frente a RDC nº 20. **Anais ... XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.

MACHADO, B. A., et al. A importância social e econômica da implementação de cooperativas de materiais recicláveis. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2006.

MAHMOOD, N. Z.; VICTOR, D. Policy approach in life cycle of solid waste management in Malaysia. Life Cycle Management. In: 1st International Conference on Lyfe Cycle Management. Conpenhagen, Denmark, p .301-4, aug. 2001.

MANCINI, S.D.; SCHWARTZMAN, J.A.; SCHWARTZMAN, S.; NOGUEIRA, A.R.; KAGOHARA, D.A.; ZANIN, M. Additional steps in mechanical recycling of PET. *Journal of Cleaner Production* 2010; 18: 92-100.

MANZINI, E. ; VEZZOLI C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo: Edusp, 2005.

MOTA, A.V. **Do Lixo à Cidadania. Artigo. Democracia Viva**, n. 27. Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: <http://www.ibase.br/pubibase/media/dv27_artigo1_ibasenet.pdf>. Acesso em 25 mai. 2010.

ONUSSEIT, H. The influence of adhesives on recycling. A review. *International Journal Resources, Conservation and Recycling*. 2005; 46:168-181.

POKHAREL, S.; MUTHA A. Perspectives in reverse logistics: A review. *Journal Resources, Conservation and Recycling*. 2009 (53), 175-182.

Recicláveis. Disponível em <<http://www.reciclaveis.com.br/>>. Acesso em 15 nov. 2009.

REVISTA EXAME, Guia Exame 2007 Sustentabilidade. Publicação, Dez. 2007.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. Going backwards - reverse logistics trends and practics. University of Nevada, Reno - Center for Logistics Management, 1998.

SAPHIRE, D. Case Reopened – Reassessing Refillable Bottles. Inform Strategies for a better environment: New York, 1994.

SCHOLZ, L.C. **Coleta, tratamento e disposição final: problemas e perspectivas**. In: São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente. São Paulo: Pini, 1993.

SELLTIZ, C.; JAHODA, M.; DEUTSCH, K.; COOK, S. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: E.P.U., 1974.

SANTOS, C. H. S; BASSANESI, M. M. R; PAVONI, E. T. Modelo de logística reversa ampliada: uma investigação no pólo moveleiro da serra gaúcha. IX Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. SIMPOI: São Paulo. In: **Anais....**, 2006.

SOUZA, M.C.L; PEREIRA, A.F. Packaging: Function, Refunction and Malfunction. From Consumer Society to the Homeless Material Culture. **In:** EcoDesign.99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing. Tokyo, février 1999, p. 492-496.

TENÓRIO, J.A.S; ESPINOSA, D.C.R. **Curso de gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

Valor on line. **Coca-Cola ressuscita garrafa retornável, agora em versão PET**. Disponível em <<http://www.valoronline.com.br/?impresso/empresas/95/5101834/cocacola-ressuscita-garrafa-retornavel,-agora-em-versao-pet>>. Acesso em 20 mar. 2010.

ANEXO A

RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 20, DE 26 DE MARÇO DE 2008.

Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre embalagens de polietilenotereftalato (PET) pós-consumo reciclado grau alimentício (PET-PCR grau alimentício) destinados a entrar em contato com alimentos.

A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso da atribuição que lhe confere o inciso IV do art. 11 do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 3.029, de 16 de abril de 1999, e tendo em vista o disposto no inciso II e nos §§ 1º e 3º do art. 54 do Regimento Interno aprovado nos termos do Anexo I da Portaria nº 354 da ANVISA, de 11 de agosto de 2006, republicada no DOU de 21 de agosto de 2006, em reunião realizada em 18 de março de 2008, e

- considerando a necessidade de constante aperfeiçoamento das ações de controle sanitário na área de alimentos, visando à proteção da saúde da população;
- considerando a necessidade de segurança de fabricação e uso de embalagens produzidas com polietilenotereftalato (PET) pós-consumo reciclado grau alimentício em contato com alimentos;
- considerando o estabelecido no item 9 das Disposições Gerais da Resolução GMC nº. 56/92: que seja possível estudar processos tecnológicos especiais de obtenção de resinas a partir de materiais recicláveis;
- considerando que os estudos realizados avaliam a inclusão de novas tecnologias para o reciclado de PET pós-consumo e são fundamentados na avaliação da segurança de uso do material mencionado;
- considerando que é conveniente dispor de uma regulamentação comum sobre as embalagens de PET pós-consumo reciclado grau alimentício (PET-PCR grau alimentício);
- considerando que, por consequência, os Estados parte acordaram regulamentar as embalagens de PET-PCR grau alimentício destinados a entrar em contato com alimentos;
- considerando que a harmonização dos Regulamentos Técnicos tende a eliminar os obstáculos que geram as diferenças nas regulamentações nacionais vigentes, dando cumprimento ao estabelecido no Tratado de Assunção;
- considerando que este Regulamento Técnico contempla as solicitações dos Estados Partes do Mercosul;

- adota a seguinte Resolução da Diretoria Colegiada e eu, Diretor-Presidente, determino a sua publicação:

Art. 1º Aprovar o Regulamento Técnico sobre embalagens de polietilenotereftalato (PET) pós-consumo reciclado grau alimentício (PET-PCR grau alimentício) destinados a entrar em contato com alimentos, que consta como Anexo da presente Resolução.

Art. 2º O descumprimento desta Resolução constitui infração sanitária, sujeitando os infratores às penalidades da Lei nº. 6.437, de 20 de agosto de 1977, e demais disposições aplicáveis.

Art. 3º Revogam-se as disposições em contrário.

Art. 4º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

DIRCEU RAPOSO DE MELLO

ANEXO

REGULAMENTO TÉCNICO SOBRE EMBALAGENS DE POLIETILENOTEREFTALATO (PET) PÓS-CONSUMO RECICLADO GRAU ALIMENTÍCIO (PET-PCR GRAU ALIMENTÍCIO) DESTINADOS A ENTRAR EM CONTATO COM ALIMENTOS

1. ALCANCE

1.1 Objetivo

Estabelecer os requisitos gerais e os critérios de avaliação, aprovação/autorização e registro de embalagens de PET elaborados com proporções variáveis de PET virgem (grau alimentício) e de PET pós-consumo reciclado descontaminado (grau alimentício), destinados a entrar em contato com alimentos.

1.2. Âmbito de aplicação

O presente Regulamento se aplica aos produtos finais (embalagens de PET-PCR grau alimentício), artigos precursores dos mesmos e matéria-prima (PET-PCR grau alimentício).

2. DEFINIÇÕES

Para os efeitos deste Regulamento se consideram:

2.1. PET descarte industrial: é o material de descarte proveniente de embalagens ou artigos precursores dos mesmos, ambos de grau alimentício, gerado no estabelecimento industrial que elabora embalagens, artigos precursores e/ou alimentos, e que não se recupera a partir dos resíduos sólidos domiciliares. Não inclui o *scrap* (aparas do processo).

2.2. *Scrap* (Aparas de processo): PET de grau alimentício que não está contaminado nem degradado, que se pode reprocessar com a mesma tecnologia de transformação que o originou, e que pode ser utilizado para a fabricação de embalagens e materiais destinados a entrar em contato com alimentos.

2.3. PET pós-consumo: é o material proveniente de embalagens ou artigos precursores usados, ambos de grau alimentício, e que se obtêm a partir dos resíduos sólidos para os efeitos de aplicar as tecnologias de descontaminação.

2.4. Procedimento de validação normalizado (*challenge test* ou equivalente): protocolo de análise destinado a avaliar a eficiência de eliminação de contaminantes modelo da tecnologia de reciclagem física e/ou química com que se processa o PET pós-consumo e/ou de descarte industrial. O mesmo está estabelecido ou reconhecido pelo *Food and Drug Administration* (FDA) dos EUA, pela *European Food Safety Authority* (EFSA), pela Direção Geral de Sanidade e Proteção dos Consumidores (*Directorate General of Health and Consumer Protection*) da Comissão Europeia, pelas Autoridades Sanitárias Competentes dos Estados Membros da União Europeia, ou por aquele que no futuro seja concensuado no âmbito do MERCOSUL.

2.5. Contaminantes modelo (*surrogates*): substâncias utilizadas nos ensaios de validação (*challenge test* ou equivalente) das tecnologias de reciclagem física e/ou química, para avaliar sua eficiência de descontaminação, e que são representativas dos potenciais contaminantes presentes no PET pós-consumo e/ou de descarte industrial.

2.6. Autorizações especiais de uso: são as Cartas de não Objeção (*no objection letter* ou NOL) ao uso de PET-PCR grau alimentício, ou as Aprovações ou Decisões referentes ao seu uso, emitidas pelo *Food and Drug Administration* (FDA) dos EUA, pela *European Food Safety Authority* (EFSA), pela Direção Geral de Sanidade e Proteção dos Consumidores (*Directorate General of Health and Consumer Protection*) da Comissão Europeia, pelas Autoridades Sanitárias Competentes dos Estados Membros da União Europeia, ou por aquele que no futuro seja concensuado no âmbito do MERCOSUL.

2.7. PET-PCR grau alimentício (PET pós-consumo reciclado descontaminado de grau alimentício):

- é o material proveniente de um fornecedor de PET pós-consumo e/ou de descarte industrial;

- obtido por meio de uma tecnologia de reciclagem física e/ou química com alta eficiência de descontaminação, que tenha sido demonstrada submetendo-a a um procedimento de validação normalizado (*challenge test* ou equivalente), e que por isso, conta com autorizações especiais de uso, validadas pela Autoridade Nacional Competente;

- e que pode ser utilizado na elaboração de embalagens em contato direto com os alimentos.

2.8. Embalagens de PET-PCR grau alimentício: embalagens fabricadas com proporções variáveis de PET virgem e de PET-PCR grau alimentício, destinadas a entrar em contato com alimentos.

2.9. Artigos precursores de embalagens de PET-PCR grau alimentício: materiais semi-elaborados ou intermediários (películas, lâminas e pré-formas), fabricados com proporções variáveis de PET virgem e de PET-PCR grau alimentício, a partir dos quais se elaboram embalagens destinadas a entrar em contato com alimentos.

2.10. Grau alimentício: características próprias da composição dos materiais plásticos virgens que determinam sua adequação sanitária conforme a Regulamentação MERCOSUL correspondente. No caso dos materiais reciclados implica ainda, a remoção de substâncias contaminante a potencialmente presentes nos mesmos, obtida pela aplicação dos processos de descontaminação das tecnologias de reciclagem física e/ou química validadas, a tais níveis que seu uso não implica em risco sanitário para o consumidor, nem modificam a qualidade sensorial dos alimentos. Em ambos os casos estas características permitem o uso destes materiais em contato direto com os alimentos.

2.11. Matéria-Prima: é o material destinado à produção de PET-PCR, compreendendo PET de descarte industrial e PET pós-consumo, todos de grau alimentício.

3. CRITÉRIOS BÁSICOS PARA A CONFORMIDADE DA SEGURANÇA E APROVAÇÃO DE EMBALAGENS, ARTIGOS PRECURSORES E PET-PCR GRAU ALIMENTÍCIO

3.1. A proporção de PET-PCR grau alimentício a ser usada na elaboração das embalagens de PET-PCR grau alimentício estará sujeita às restrições estabelecidas nas autorizações especiais de uso definidas no item 2.

3.2. As embalagens de PET-PCR grau alimentício devem satisfazer os requisitos de adequação sanitária estabelecidos na Regulamentação MERCOSUL sobre embalagens de material plástico, e devem ser compatíveis com o alimento que as mesmas irão conter. No caso de embalagens retornáveis e/ou multicamadas, estas deverão cumprir também os requisitos estabelecidos para as mesmas na Regulamentação MERCOSUL correspondente.

3.3. As embalagens, e/ou artigos precursores, de PET-PCR grau alimentício, deverão ser aprovados/ autorizados e registrados perante a Autoridade Sanitária Nacional Competente, seguindo os procedimentos estabelecidos e deverá declarar se são embalagens (ou artigos precursores) multicamadas ou monocamadas, de uso único ou retornáveis, segundo corresponda, contendo PET- PCR grau alimentício.

3.4. As embalagens de PET-gCR grau alimentício não deverão ceder substâncias alheias à composição própria do plástico, em quantidades que impliquem em um risco para a saúde humana ou uma modificação das características sensoriais dos produtos embalados.

O aspecto toxicológico é assegurado quando as tecnologias de reciclagem física e/ou química estão devidamente validadas, e contam, por isso, com autorizações especiais de uso definidas no item 2.

Para isso, no procedimento de validação normalizado (*challenge test* ou equivalente) se deve verificar o cumprimento do limite de concentração de contaminantes modelo no PET-PCR grau alimentício de 220 ppb (g/kg) (para cada contaminante), ou do limite de migração específica de contaminantes modelo de 10 ppb (g/kg) em embalagens (para cada contaminante). Estes dois limites para o caso de PET-PCR grau alimentício derivam da concentração máxima de contaminantes admitidos na dieta humana de 0,5 ppb (g/kg de alimento) (umbral de regulação).

O aspecto organoléptico é assegurado com o programa de análise sensorial requerido no item 3.11.

3.5. No caso dos produtores de alimentos utilizarem embalagens, ou seus artigos precursores, de PET-PCR grau alimentício, somente deverão usar os aprovados/autorizados e registrados pela Autoridade Sanitária Nacional Competente (seguindo os procedimentos estabelecidos), e destiná-los a conter somente os alimentos especificados e somente sob as condições estipuladas na respectiva aprovação/autorização e registro, baseadas nas autorizações especiais de uso definidas no item 2.

3.6. Os estabelecimentos produtores de embalagens, ou dos artigos precursores, de PET-PCR grau alimentício, deverão estar habilitados e registrados pela Autoridade Sanitária Nacional Competente, e deverão solicitar a aprovação/autorização destas embalagens ou seus artigos precursores e seu registro perante a mesma, seguindo os procedimentos estabelecidos.

3.7. Para que um estabelecimento, que elabore embalagens ou seus artigos precursores de PET-PCR grau alimentício, seja habilitado e registrado, se requerirá também que disponha de:

- Procedimentos escritos e seus registros de aplicação sobre Boas Práticas de Fabricação que se encontrem à disposição da Autoridade Sanitária Nacional Competente;
- Registros de origem e composição/caracterização do PET-PCR grau alimentício e do PET virgem, com documentação que o confirme;
- Equipamento adequado para o acondicionamento e processamento do PET-PCR grau alimentício;
- Procedimentos de controle de processo de elaboração das embalagens ou seus artigos precursores de PET-PCR grau alimentício, que permita a rastreabilidade do mesmo;
- Pessoal, para a operação de todo o equipamento e para o controle de processo, capacitado especificamente para tal fim;
- Um sistema de garantia da qualidade que previna a contaminação com outras fontes de matéria reciclada para aplicações que não sejam de grau alimentício.

3.8. Os estabelecimentos habilitados e registrados para elaborar as embalagens ou seus artigos precursores de PET-PCR grau alimentício, deverão utilizar para este fim, além de resina de PET virgem, somente PET-PCR grau alimentício obtido por meio de uma tecnologia de reciclagem física e/ou química aprovada/autorizada e registrada pela Autoridade Sanitária Nacional Competente e avaliada por seu Laboratório de Referência reconhecido.

3.9. Os estabelecimentos habilitados e registrados para elaborar as embalagens ou seus artigos precursores de PET-PCR grau alimentício, deverão obter o PET-PCR grau alimentício de um produtor (habilitado e registrado pela Autoridade Sanitária Nacional Competente) e utilizá-la para a fabricação de embalagens ou seus artigos precursores destinados a conter somente os alimentos especificados e somente nas condições estipuladas na aprovação/autorização e registro por parte da Autoridade Sanitária Nacional Competente, baseadas nas autorizações especiais de uso definidas no item 2.

3.10. Para que um estabelecimento que produza PET-PCR grau alimentício seja habilitado e registrado pela Autoridade Sanitária Nacional Competente se requerirá que:

- Utilize como matéria-prima PET pós-consumo e/ou de descarte industrial, ambos de grau alimentício, cuja fonte e aplicação original estejam sujeitas às restrições estabelecidas nas autorizações especiais de uso definidas no item 2 e nas especificações sobre as mesmas da tecnologia de reciclagem física e/ou química utilizada;
- Utilize uma tecnologia de reciclagem física e/ou química aprovada/autorizada e registrada em cada caso particular pela Autoridade Sanitária Nacional Competente, e avaliada pelo Laboratório de Referência reconhecido pela Autoridade Sanitária Nacional Competente, com base em: descrição detalhada da tecnologia envolvida, os antecedentes internacionais de uso da mesma, os resultados do procedimento normalizado de sua validação (*challenge test* ou equivalente), as autorizações especiais de uso definidas no item 2, e os ensaios de avaliação de adequação sanitária das embalagens elaboradas com PET-PCR grau alimentício;
- Forneça o PET-PCR grau alimentício ao produtor de embalagens ou seus artigos precursores de PET-PCR grau alimentício, destinados somente à embalagem dos alimentos especificados e somente nas condições estipuladas na aprovação/autorização e registro por parte da Autoridade Sanitária Nacional Competente, baseadas nas autorizações especiais de uso definidas no item 2;
- Conte com procedimentos escritos e seus registros de aplicação sobre Boas Práticas de Fabricação que se encontrem à disposição da Autoridade Sanitária Nacional Competente;
- Mantenha registros da origem e composição/ caracterização da matéria-prima do processo de reciclagem física e/ou química de descontaminação, ou seja, do PET pós-consumo e/ou de descarte industrial, ambos de grau alimentício;
- Mantenha registros do destino e composição/ caracterização do PET-PCR grau alimentício produto do processo;

- Conte com procedimentos de controle do processo de obtenção do PET-PCR grau alimentício que permita a rastreabilidade do mesmo;
- Tenha montado um laboratório de análise que permita realizar os ensaios de caracterização dos contaminantes do PET pós-consumo e/ou de descarte industrial, ambos de grau alimentício, usado como matéria-prima da tecnologia de reciclagem física e/ou química, bem como do PET-PCR grau alimentício obtido, com a finalidade de determinar sua qualidade e a eficiência da tecnologia utilizada;
- Conte com pessoal para a operação de todo o equipamento, para o controle do processo, e para atuar no laboratório, capacitado especificamente para tal fim;
- Disponha de um sistema de garantia da qualidade que previna a contaminação com outras fontes de material reciclado para aplicações que não sejam de grau alimentício, ou com material não descontaminado.

3.11. Os produtores de PET - PCR grau alimentício deverão contar também com um sistema de garantia da qualidade que contemple:

- Alcance do ensaio de validação. Um procedimento de validação normalizado da tecnologia (*challenge test* ou equivalente) é válido enquanto os parâmetros de processo se mantenham constantes e o equipamento envolvido para realizar as operações de descontaminação seja o correspondente à tecnologia originalmente aprovada/ autorizada e registrada. Se existirem alterações, o produtor de PET-PCR grau alimentício deverá comunicá-las à Autoridade Sanitária Nacional Competente e ao seu Laboratório de Referência, e se aquelas comprometerem a qualidade do material obtido, deverá ser avaliada novamente a eficiência do processo mediante um novo procedimento de validação normalizado (*challenge test* ou equivalente).
- Programas de monitoramento analítico que assegurem a continuidade da qualidade do PET-PCR grau alimentício obtido ao longo do tempo.
- Análise sensorial. Para assegurar que o PET- PCR grau alimentício não altere as características sensoriais dos alimentos contidos, deverão ser realizados com a frequência adequada, ensaios sensoriais sobre as embalagens, segundo a Norma ISO 13302 *Sensory analysis - Methods for assessing modifications to the flavour of foodstuffs due to packaging* ou equivalentes.

4. ROTULAGEM

Na embalagem final deverá ser identificado de forma indelével: a identificação do produtor, o número de lote ou codificação que permita sua rastreabilidade e a expressão PET-PCR.