UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES

PAULA CAROLINA CIAMPAGLIA NARDI

Logística reversa: proposta de um modelo para acompanhamento da sustentabilidade de um
processo produtivo de Ref PET

PROFA. DRA. SONIA VALLE WALTER BORGES DE OLIVEIRA

RIBEIRÃO PRETO
2013

Prof. Dr. João Grandino Rodas
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Sigismundo Bialoskorski Neto
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Profa. Dra. Sonia Valle Walter Borges de Oliveira
Chefe do Departamento de Administração

PAULA CAROLINA CIAMPAGLIA NARDI

Logística reversa: proposta de um modelo para acompanhamento da sustentabilidade de um processo produtivo de Ref PET

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP

ORIENTADORA: PROFA. DRA. SONIA VALLE WALTER BORGES DE OLIVEIRA

RIBEIRÃO PRETO

2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Nardi, Paula Carolina Ciampaglia

Logística reversa: proposta de um modelo para acompanhamento da sustentabilidade de um processo produtivo de Ref PET. Ribeirão Preto, 2013.

237 p.: il.; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Administração de Organizações

Orientadora: Oliveira, Sonia Valle Walter Borges de

1. Sustentabilidade. 2. Logística Reversa. 3. Ref PET.

Aos meus pais,
ao meu irmão
e ao Ricardo,
por todo apoio e cumplicidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à Profa. Dra. Sonia Valle Walter Borges de Oliveira por cada palavra de incentivo e orientação despendidos durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores dos departamentos de Economia, Administração e Contabilidade, pelas inestimáveis contribuições durante todo este processo: Dr. Evandro Marcos Saidel Ribeiro, Dra. Maísa de Souza Ribeiro, Dr. Alexandre Bevilacqua Leoneti, Dr. Alexandre Chibebe Nicolella, Dr. Silvio Hiroshi Nakao, Dr. Sérgio Kannebley Júnior, Dr. Maurício Jorge Pinto de Souza, Dr. André Lucirton Costa, Dra. Adriana Maria Procópio de Araujo, Dra. Mariana S. F. Amaral Fregonesi, Dr. Marcelo Botelho da Costa Moraes.

Aos funcionários da empresa utilizada no estudo, extremamente atenciosos e prestativos, sem os quais esta pesquisa não seria a mesma: Fabia Medeiros Silva, José Roberto Brussolo, Luciana Vidal de Oliveira, José Eduardo Ventavolli, Andrea Sassa, Tiago Augusto dos Santos Silva, Edson Macedo, Luciano Alves Moreira, Fernanda M. Oliveira, Wanderlei R. Lara, Caio Furlan, Karina Luciane Faria, Carlos Eduardo Bobato, Fernando B. Alves, Ricardo J. Santos, Juliana Clemente Pocai, entre outros.

Aos amigos de curso, pela convivência e ajuda: Mitie Maemura, Thais Baccaro, Paulo Paiva, Eduardo Ribeiro, Francisco Breda, Ana Paula Pinheiro Zago, Lizia, entre outros.

Ao meu noivo Ricardo Silva por todo apoio e consideração na conquista de mais esta etapa.

Aos meus pais, irmãos e parentes que foram compreensíveis em cada encontro que não pude estar presente e nos momentos de minha ausência.

Aos funcionários da pós-graduação: Erica, Matheus e Vania por cada dúvida respondida e toda assistência recebida.

A todos eles: Muito Obrigada!

RESUMO

NARDI, P. C. C. Logística reversa: proposta de um modelo para acompanhamento da sustentabilidade de um processo produtivo de Ref PET. 2013, 237 p. Tese (Doutorado em Administração de Organizações) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

O aumento do consumo e a geração de resíduos e as novas propostas de desenvolvimento de conceitos e práticas de sustentabilidade fizeram com que a sociedade passasse a refletir sobre tais eventos, colocando em discussão o ciclo de vida dos produtos. Neste contexto, o conceito de logística reversa (LR) se desenvolveu, principalmente quanto ao aspecto econômico. Mas, sendo este conceito fundamentado ao da sustentabilidade, torna-se importante acompanhar as práticas, inclusive quanto aos efeitos sociais e ambientais. Atrelado a isso e a dois outros fatores: i) o fato de que alguns trabalhos identificaram que processos de LR nem sempre garantem melhorias econômicas para a empresa, sendo que o efeito econômico estava relacionado aos fatores intrínsecos do processo, e que ii) o Pet é um dos materiais de fácil acesso pela população, ocasionando um grande volume de resíduos de longa decomposição; o objetivo desta pesquisa foi identificar quais decisões sobre os fatores inerentes a um processo produtivo envolvendo LR de Ref Pet são capazes de impactar na sustentabilidade do mesmo. Neste sentido, a proposta volta-se para o desenvolvimento de um modelo que permita analisar os benefícios econômicos, sociais e ambientais, com base em informações do processo, de modo que a empresa possa acompanhar e melhorar o equilíbrio deste tripé em seu processo produtivo, buscando garantir ou identificar necessidades de mudanças para alcançar a sustentabilidade. O desenvolvimento do modelo deu-se por meio da revisão bibliográfica e do estudo exploratório realizado em uma indústria de refrigerantes, permitindo conhecer em detalhes o processo de logística reversa de Ref Pet. Esta etapa foi fundamental para a definição dos *inputs*, subindicadores e indicadores que formaram os três índices: econômico, social e ambiental. A transformação dos indicadores em índices ocorreu por meio da técnica de análise fatorial, sendo que, depois de finalizado o modelo procedeu-se com análise de sensibilidade, a qual permitiu identificar o fator intrínseco ao processo mais representativo para cada índice. Demonstrou-se que, com este modelo a empresa pode simular cenários de decisão, identificando o impacto que eles trarão para a sustentabilidade do processo produtivo, uma vez que é permitido identificar qual a sensibilidade de cada índice frente aos fatores inerentes ao processo. Assim, a empresa pode tomar decisões visando o equilíbrio econômico, social e ambiental em seu negócio buscando ações para mantê-lo, exercendo papel importante na sociedade. Portanto, o modelo proposto pode auxiliar uma empresa na identificação do impacto de seu processo de logística reversa nos três índices, acompanhando a evolução e tomando medidas para melhorá-los. Ademais, permite analisar a sensibilidade da sustentabilidade do processo quando das variações dos *inputs*. Finalmente, o estudo traz detalhamentos sobre as especificidades de um processo de logística reversa de Ref PET, capaz de contribuir para a literatura e para os próximos estudos nesta linha.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Logística Reversa. Ref PET.

ABSTRACT

NARDI, P. C. C. Reverse logistics: model proposal for monitoring the sustainability of a productive process of returnable PET bottles. 2013. 237 p. Thesis – Faculty of Economy, Business and Accounting of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

The increased consumption, and waste generation, and the new proposals of development concepts, and sustainability practices have caused society to reflect about these events, inciting discussions regarding the life cycle of these products. In this context, the reverse logistics concept (RL) was developed referring mainly to the economic aspect. But, considering that the RL concept is based on sustainability, it is important to monitor the practices including those that concern social and environmental effects. Connecting to this and to two other factors: i) the fact that some studies have identified that RL processes does not always guarantee economic improvements for the company, whereas economic effect was related to intrinsic factors in the process, and ii) Pet is easily accessible by the population, resulting in large amounts of long decomposition waste; the objective of this research was to identify which decisions regarding inherent factors in the production process involving RL Returnable PET Bottles can impact sustainability. In this sense, the proposal is aimed to the development of a model to analyze the economic, social and environmental benefits, based on information from the process, so that the company can monitor and improve the balance of this tripod in its production process, seeking to guarantee or identify changing needs to achieve sustainability. The development of the model occurred by means of literature review and exploratory study in a soft drink industry, which allowed knowing in detail the process of Returnable PET Bottles involving RL. This step was fundamental in order to define the inputs, indicators and sub-indicators that formed the three indices: economic, social and environmental. The transformation of the indicators into indices was obtained by applying technique of factor analysis, and, after the finalization of the model, sensitivity analysis was conducted, which allowed identifying the most representative intrinsic factor in the process for each index. Therefore, demonstrating with this model that the company can simulate scenarios for decision, identifying the impact they will bring upon the sustainability of the production process. Since it is possible to identify the sensitivity of each index compared to the inherent factors in the process. Thereby, the company can take decisions seeking economic, social and environmental balance in their business, seeking actions to maintain, performing an important role in society. Thus, the proposed model can assist a company in identifying the impact of their reverse logistics process in the three indices, monitoring the evolution and taking steps to improve them. Furthermore, the model allows analyzing the sensitivity of the sustainability of the process in the case of input variations. Finally, the study brings more details on the specific characteristics of a Reverse Logistics process of Returnable PET Bottles, contributing to the literature and future studies in this research line.

Keywords: Sustainability. Reverse Logistics. Returnable Bottles.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atividades de logística reversa.....	38
Tabela 2: Market Share e consumo de matéria prima por tipo de garrafas	69
Tabela 3 - Fatores de conversão em CO _{2e}	108
Tabela 4- Estatística descritiva dos indicadores econômicos.....	152
Tabela 5 - Teste de normalidade para indicadores econômicos	154
Tabela 6 - Matriz de correlação – Indicadores Econômicos	154
Tabela 7 - Matriz Anti-Imagem – Indicadores Econômicos	155
Tabela 8 - Comunalidades – Indicadores Econômicos.....	155
Tabela 9 - Autovalores e Percentual de variância explicada pelos fatores - Econômico	156
Tabela 10 - Matriz dos componentes dos indicadores econômicos.....	157
Tabela 11 - Matriz de Coeficiente – Indicadores Econômicos.....	157
Tabela 12 - Estatística descritiva dos indicadores ambientais.....	158
Tabela 13 - Teste de normalidade para indicadores ambientais.....	160
Tabela 14 - Matriz de correlação – Indicadores Ambientais.....	160
Tabela 15 - Matriz Anti-Imagem – Indicadores Ambientais.....	161
Tabela 16 - Comunalidades – Indicadores Ambientais	162
Tabela 17 - Autovalores e Percentual de variância explicada pelos fatores - Ambiental	162
Tabela 18 - Matriz dos componentes dos indicadores ambientais	163
Tabela 19 - Matriz de Coeficiente – Indicadores Ambientais	164
Tabela 20 - Estatística descritiva dos indicadores sociais	165
Tabela 21 - Teste de normalidade para indicadores sociais	166
Tabela 22 - Matriz de correlação – Indicadores Sociais.....	167
Tabela 23- Matriz Anti-Imagem – Indicadores Ambientais.....	167
Tabela 24 - Comunalidades – Indicadores Sociais.....	168
Tabela 25 - Autovalores e Percentual de variância explicada pelos fatores - Social	168
Tabela 26 - Matriz dos componentes dos indicadores sociais.....	169
Tabela 27 - Matriz de Coeficiente – Indicadores Sociais.....	170
Tabela 28 - <i>Inputs</i> independentes	171
Tabela 29 - <i>Inputs</i> com relações indiretas entre si.....	173
Tabela 30 - Teste de normalidade depreciação, imobilizado e caminhão	173
Tabela 31 - Matriz de correlação: depreciação geral, imobilizado e caminhão	174
Tabela 32 – Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre depreciação geral, imobilizado geral e caminhão.....	175
Tabela 33 - Regressão entre depreciação geral, imobilizado geral e caminhão.....	175
Tabela 34 - Matriz de correlação: depreciação linha 3 e imobilizado.....	175
Tabela 35 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre depreciação da linha 3 e imobilizado da linha 3	176
Tabela 36 - Regressão entre depreciação da linha 3 e imobilizado da linha 3.....	176
Tabela 37 - Matriz de correlação: depreciação coleta e triagem e caminhão.....	176
Tabela 38 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre depreciação de coleta e triagem e caminhão.....	177
Tabela 39 - Regressão entre depreciação de coleta e triagem e caminhão.....	177
Tabela 40 -: Matriz de correlação: seguro geral, imobilizado e caminhão.....	178
Tabela 41 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre seguro geral, imobilizado geral e caminhão	178
Tabela 42 - Regressão entre seguro geral, imobilizado geral e caminhão	178
Tabela 43 - Matriz de correlação: seguro linha 3 e imobilizado	179
Tabela 44 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre seguro da linha 3 e imobilizado da linha 3	179

Tabela 45 - Regressão entre seguro da linha 3 e imobilizado da linha 3.....	179
Tabela 46 - Matriz de correlação: seguro coleta e triagem, imobilizado e caminhão.....	179
Tabela 47 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre seguro de coleta e triagem, imobilizado de coleta e triagem e caminhão	180
Tabela 48 - Regressão entre seguro de coleta e triagem, imobilizado de coleta e triagem e caminhão	180
Tabela 49 - Matriz de correlação: água e quantidade vendida.....	181
Tabela 50 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre água e quantidade vendida	181
Tabela 51 - Regressão entre água e quantidade vendida	181
Tabela 52 - Matriz de correlação: quilômetro rodado em caminhão do tipo rota e quantidade vendida	182
Tabela 53 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre quilômetro rodado por caminhões do tipo rota e quantidade vendida	182
Tabela 54 - Regressão entre quilômetro rodado por caminhões do tipo rota e quantidade vendida.....	183
Tabela 55 - Matriz de correlação: quilômetro rodado em caminhão do tipo bitrem e quantidade vendida	183
Tabela 56 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre quilômetro rodado por caminhões do tipo bitrem e quantidade vendida.....	183
Tabela 57 - Regressão entre quilômetro rodado por caminhões do tipo bitrem e quantidade vendida.....	184
Tabela 58 - Matriz de correlação: horas trabalhadas pelas empilhadeiras e quantidade vendida	184
Tabela 59 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre horas consumida por empilhadeira e quantidade vendida.....	184
Tabela 60 - Regressão entre horas consumida por empilhadeira e quantidade vendida.....	185
Tabela 61 - Cenários Propostos	194
Tabela 62: Teste de normalidade para análise de sensibilidade.....	221

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Pesquisas Nacionais e Internacionais quanto ao material foco de estudo em logística reversa	24
Quadro 2: Definições de Logística Reversa	35
Quadro 3: Aspectos da logística reversa a serem considerados para tomada de decisão	59
Quadro 4: Pesquisas Nacionais em Logística Reversa com foco em Embalagens	68
Quadro 5: Consumo de energia em Gigajoule por embalagens retornáveis e não-retornáveis	70
Quadro 6: Pesquisas Internacionais em Logística Reversa com foco em embalagens e/ou modelagens	81
Quadro 7: Relação de pesquisas e o uso de indicadores de sustentabilidade	100
Quadro 8: <i>Inputs</i> no modelo	150
Quadro 9: Índice Econômico: indicadores e fator	152
Quadro 10: Índice Ambiental: indicadores e fator	158
Quadro 11: Índice Social: indicadores e fator	165
Quadro 12: <i>Inputs</i> com relação direta entre si	172

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Segmentação do PET	26
Figura 2: Processo de logística reversa	34
Figura 3: Possíveis destinos dos produtos.....	39
Figura 4: Distribuição Reversa	41
Figura 5: Tipologia dos canais de logística reversa	42
Figura 6: Interações e efeitos dos aspectos sociais, econômicos e ambientais da sustentabilidade.....	53
Figura 7: Simplificação do uso de Análise Fatorial	83
Figura 8: Processo simplificado de Logística Reversa de Ref PET da empresa em estudo	96
Figura 9: Esquema geral do modelo proposto	110
Figura 10: Processo simplificado de aquisição e armazenamento de embalagens virgens. ..	126
Figura 11: Processo simplificado de higienização, produção e armazenamento dos produtos.	138
Figura 12: Processo simplificado de entrega de produtos.....	140
Figura 13: Processo simplificado de retorno de vasilhames.	143

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP - Análise dos Componentes Principais

AFC - Análise dos Fatores Comuns

CEBDS - Ministério do Meio Ambiente, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

CO – Custo de Oportunidade

DVA - Demonstração do Valor Adicionado

GEE – Gases de Efeito Estufa

GLP - Gás liquefeito de petróleo

GNV - Gás Natural Veicular

GVces - Centro de Estudos em Sustentabilidade

IBASE - Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas

ISE - Índice de Sustentabilidade Empresarial

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

KMO – Teste Kaiser-Meyer-Olkin para medida de adequação da amostra

kWh - Quilowatt-hora

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

MQG - Mínimos Quadrados Generalizados

MQO - Mínimos Quadrados Ordinários

MSA - Medida de adequação da amostra

PET - Politereftalato de etileno

Ref PET – Garrafas PET do tipo retornáveis

UESPA – *United States Environmental Protection Agency*

VEA - Valor Econômico Adicionado

VIF - Fator de Inflação da Variância

WBSCD - *World Business Council for Sustainable Development*

WRI - *World Resource Institute*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contextualização e Situação-Problema	17
1.2	Tese	20
1.3	Objetivos	20
1.3.1	Objetivo Geral	20
1.3.2	Objetivos Específicos	21
1.4	Justificativa da Pesquisa	21
1.4.1	Sustentabilidade e Logística Reversa	21
1.4.2	Logística reversa: reutilização de embalagens	23
1.4.3	PET e Ref PET	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1	Sustentabilidade	29
2.1.1	Política de Análise do Ciclo de Vida	32
2.2	Logística Reversa	33
2.2.1	Funções e Atividades da Logística Reversa	37
2.2.2	Canais Reversos de Distribuição	40
2.2.3	Logística Reversa e Aspectos da Sustentabilidade	42
2.3	Política Nacional de Resíduos Sólidos	54
2.4	Tomada de decisão: implantação de ações de logística reversa	56
2.5	Evidências Empíricas na Logística Reversa de Embalagens	60
2.5.1	Pesquisas Nacionais	60
2.5.2	Pesquisas Internacionais	69
2.6	Técnicas de Pesquisa aplicadas aos estudos de logística reversa	81
2.6.1	Análise Fatorial	82
2.6.2	Determinação das relações entre <i>inputs</i>	85
2.6.3	Análise de Sensibilidade	86
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	89
3.1	Tipo de Pesquisa	89
3.2	Coleta de Dados	90
3.3	Etapas da Pesquisa	92
3.4	Aspectos Gerais da Empresa	93
4	PROPOSTA CONCEITUAL DO MODELO	95
4.1	Variáveis do Processo de Logística Reversa de reutilização de Ref PET	97
4.2	Determinação dos Indicadores para formação dos índices de Sustentabilidade	99
4.2.1	Indicadores Econômicos	101
4.2.2	Indicadores Sociais	102
4.2.3	Indicadores Ambientais	106
4.3	Desenvolvimento do Modelo Teórico	109
5	PROCESSO DE LOGÍSTICA REVERSA DE REF PET NA PRÁTICA	113
5.1	Algumas Atividades de Logística Reversa	113
5.2	Considerações no Mercado de Retornáveis	115
5.3	Vasilhames – Um Ativo Representativo	118
5.4	Área de Armazenagem na Logística Reversa de Ref PET	120
5.5	Fluxos de Logística Reversa de Ref PET	122
5.5.1	Compra de Vasilhames Virgens	123
5.5.2	Armazenamento dos Vasilhames Virgens	126
5.5.3	Produção e Preparação dos Vasilhames Retornados para Reutilização	127
5.5.4	Armazenar e Vender Produto	139

5.5.5	Retorno das Embalagens – Logística Reversa	141
5.5.6	Armazenar Embalagens Retornadas e Descarte.....	143
5.5.7	Ações Sociais e Ambientais	144
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	149
6.1	Aplicação do modelo	149
6.2	Preparação para desenvolvimento do modelo - <i>Inputs</i>	149
6.3	Determinação dos Índices	151
6.3.1	Índice Econômico.....	152
6.3.2	Índice Ambiental	158
6.3.3	Índice Social	164
6.4	Identificação das relações entre <i>inputs</i>	170
6.4.1	Depreciação	174
6.4.2	Seguro.....	177
6.4.3	Água	180
6.4.4	Combustíveis.....	182
6.5	Análise de sensibilidade.....	185
6.6	Determinação de Cenários	192
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	199
7.1	Limitações e Sugestões para Pesquisas Futuras	202
	REFERÊNCIAS	205
	APÊNDICE A	221
	APÊNDICE B.....	223

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo trata-se de uma pesquisa aplicada em verificar a sensibilidade dos aspectos econômicos, sociais e ambientais de um processo de logística reversa quando são alterados alguns fatores próprios deste processo, bem como quando são tomadas decisões relacionadas. Sendo essa apreciação possível mediante elaboração de um modelo capaz de permitir com que uma empresa possa analisar como as variações dos parâmetros envolvidos no processo de produção, incluindo atividade de logística reversa de Ref Pet, impactam na sustentabilidade do mesmo. Além disso, apresenta uma série de informações a cerca das especificidades e dos desafios de uma atividade envolvendo logística reversa de Ref PET, capaz de contribuir para o conhecimento mais detalhado desta operação.

No entanto, o desenvolvimento do estudo requer uma análise teórica quanto à evolução desses conceitos, os quais estão descritos a seguir.

A etapa histórica da Revolução Industrial foi marcada, entre outras coisas, pelo desenvolvimento das máquinas a vapor, cujos impactos foram: substituição da mão de obra humana e aumento na quantidade de produção, consequentemente elevação no volume de vendas. Desta forma, tem-se um marco em que se registrou um acréscimo no consumo, dentro do qual as indústrias constataram o potencial de maior obtenção de lucro. A princípio, produtos com elevada vida útil eram o foco, depois se percebeu a possibilidade de crescimento mais rápido dos resultados mediante um giro mais acelerado nas vendas, então o enfoque passou a ser nos produtos com características que resultavam em menor vida útil.

Contudo, o aumento de consumo ocasionou a geração de mais resíduos ou lixo no ambiente, que por sua vez, mais tardar, aumentou o índice de alterações e catástrofes ambientais. Em seguida, novas propostas de desenvolvimento de conceitos e práticas de sustentabilidade fizeram com que a sociedade passasse a refletir sobre tais eventos, colocando em discussões o ciclo de vida dos produtos, tanto do ponto de vista da viabilidade econômica quanto da ambiental e da social. Assim, novas considerações surgiram gradualmente, juntamente com as discussões a cerca da sustentabilidade, as quais seriam: logística reversa, reciclagem, remanufatura, reutilização¹, destinação correta dos resíduos, entre outras.

---

¹ Segundo Atamer, Bakal e Bayindir (2013), recipientes reutilizáveis são embalagens duráveis que protegem o principal produto durante o seu transporte através de diferentes elos da cadeia de abastecimento. Exemplos típicos de recipientes reutilizáveis são as garrafas de vidro de bebidas, bem como as PETs. Uma vez que os recipientes reutilizáveis são adquiridos, eles podem ser utilizados diversas vezes, sendo que essa operação é geralmente menos dispendiosa para o consumidor.

Nesse contexto algumas empresas procuraram desenvolver atividades relacionadas à reutilização, remanufatura e reciclagem de produtos, em função de incentivos econômicos e do crescimento com relação às preocupações ambientais. Todavia, percebeu-se que tais atividades poderiam gerar dois problemas: i) o primeiro está relacionado à coleta e ao transporte dos produtos, bem como recipientes e embalagens; ii) o segundo se refere à incerteza associada ao processo de recuperação (AMIN; ZHANG, 2012a). Sobre as incertezas inerentes a este processo, Fleischmann et al. (1997) e Melo, Nickel e Saldanha-Gama (2009) apontam a questão da demanda pelos clientes, a qual pode ser baixa quando da utilização dos produtos provenientes deste processo, além dos custos envolvidos e dificuldade em obter material de qualidade para reciclagem ou remanufatura. Isso significa que esses processos (remanufatura, reciclagem, reutilização etc.), por si só, não garantem um equilíbrio sustentável, mas sim que a eficiência em alcançar a sustentabilidade depende dos fatores intrínsecos a eles, bem como de suas alterações.

Diante deste cenário a pesquisa na linha de logística reversa conquistou espaço no meio acadêmico, com propostas de identificar a viabilidade econômica e, em menor escala, a viabilidade ambiental e social deste processo, sendo que algumas delas procuram desenvolver modelos capazes de relacionar as práticas de logística reversa ao retorno econômico das empresas, como por exemplo: Tan e Kumar (2006), Gonçalves e Marins (2006), Chaves, Alcântara e Assumpção (2008), Silva e Colmenero (2010) e Amin e Zhang (2012a).

Todavia, a proposta dos processos de logística reversa não se restringe apenas à análise de sua viabilidade econômica. Evidências acadêmicas demonstram outros benefícios como: i) redução de custos, embora haja resultados contrários na literatura; ii) vantagem competitiva; iii) satisfação do cliente; iv) benefícios ambientais e sociais (considerando aspectos da saúde humana); v) redução no uso de aterros, entre outros; ou seja, estão também relacionados com fatores ambientais e sociais. Dessa maneira, o estudo da logística reversa deve incluir esses três fatores e ainda questões de reciclagem, tecnologia limpa, capacidade de redução da poluição e custos ambientais (AMIN; ZHANG, 2012a).

A relevância de estudo em logística reversa, portanto, é fruto de diversos eventos sociais, ambientais e econômicos, que acompanharam o aumento do consumo, a mudança do perfil de ciclo de vida dos produtos, necessidade das empresas em manterem-se competitivas e em continuidade, busca por lucro, o aumento ou saturação de resíduos e lixo no ambiente, alterações climáticas, catástrofes ambientais, possibilidade de geração de doenças etc. Assim, dada a importância e a ligação entre um processo de logística reversa e a sustentabilidade, torna-se fundamental analisar quais os impactos das decisões e dos fatores inerentes a este

processo em índices econômicos, sociais e ambientais gerados por ele, de modo que a empresa possa acompanhar como suas ações modificam esses índices, buscando melhorias, de tal modo que possa contribuir para a sociedade, uma vez a sustentabilidade deveria ser capazes de garantir o bem estar para todos.

1.1 Contextualização e Situação-Problema

Em um cenário de tecnologias em rápida evolução, a concorrência global e as mudanças nas necessidades dos clientes contribuíram para um aumento na variedade de produtos ofertados pelas empresas, as quais consideraram que essa diversidade seria uma estratégia importante para enfrentar a concorrência. Com isso, as empresas poderiam servir de maneira mais adequada os segmentos de mercado tão heterogêneos e satisfazer as preferências diversas de consumo, contribuindo para o aumento ou manutenção da atual quota de suas participações no mercado, além de desfrutar de maiores lucros.

Nesse sentido, o crescimento do consumo e da oferta de produtos foi observado em diversos países, consequência do aumento do poder aquisitivo, do crescimento econômico e populacional, contudo, sem ter havido um acompanhamento adequado quanto à destinação dos resíduos deste consumo (UDA, 2010). Aspectos semelhantes foram destacados por Leite (2009) ao considerar que, após a 2ª Guerra Mundial, houve um desenvolvimento tecnológico com introdução constante e em alta velocidade de novas tecnologias. Consequentemente, o aparecimento de novos materiais com alterações de desempenhos técnicos e com redução de ciclo de vida, ocasionando em aumento do consumo de bens duráveis e semiduráveis que, por sua vez, levaram ao aumento na geração de resíduos.

Não obstante, outra consequência deste cenário de crescimento, segundo Figueiró (2010), foi a necessidade de adaptação e continuidade das empresas, a qual transcendia as questões financeiras e alcançava aspectos ambientais, sociais e de governança corporativa. Neste sentido, segundo a autora, houve uma necessidade urgente de que as empresas, seus financiadores, acionistas, dirigentes, seguradoras, consultores e auditor entendessem, medissem e avaliassem os riscos e oportunidades associados a esta nova realidade.

Neste contexto um fator que ganhou espaço e importância foi o tratamento ou a forma de lidar com os resíduos. Desse modo destacou-se a ideia de que o produtor deveria responsabilizar-se pelo seu produto até a correta destinação final, sendo esta visão

considerada uma das novas teorias econômicas sobre o meio ambiente, uma vez que as legislações de 1970 consideravam que o governo local era responsável pelas destinações e impactos dos resíduos sólidos (LEITE, 2009). Portanto, cresceu nas empresas a responsabilidade para com o cuidado, a atenção e o tratamento que deveriam ser despendidos com relação ao impacto ambiental e social que seus produtos, em toda sua vida útil, geravam para a sociedade. Isso pode ser explicado pelos diversos danos que os resíduos podem causar ao ambiente e à sociedade, como sobrecarga em aterros, enchentes, doenças, aumento no consumo de matéria prima virgem para fabricação de novos produtos etc. Então, neste cenário, surgiu a necessidade de reduzir ou tentar minimizar esses impactos, atrelada ao fato do desenvolvimento e importância de logística reversa, a qual está relacionada ao conceito de sustentabilidade.

A logística reversa é uma atividade com diversas possibilidades de atuação, e que por tratar do retorno do produto ao fabricante pode-se considerar a reciclagem, o reuso, a remanufatura ou mesmo a destinação final do material. Contudo, cabe pontuar que essas ações acompanham a necessidade de reestruturações físicas e de processos nas empresas, podendo ocasionar alguns custos, bem como reduzir outros, implicando em objeto de algumas pesquisas. Huang e Su (2013), por exemplo, consideram que embora as empresas estejam cada vez mais oferecendo diversos tipos de produtos aos clientes com a preocupação de garantir a satisfação de suas necessidades, esse cenário traz consigo a complexidade na reciclagem, remanufatura e processos de revenda, os quais podem corroer os lucros da empresa.

Ainda sim, considerando que os processos de logística reversa podem contribuir para a sustentabilidade, eles devem ser vistos sob as perspectivas econômicas, sociais e ambientais, avaliando e mensurando os impactos das decisões voltadas para o processo. Com base nisso, Leite (2009) comenta que está havendo uma preocupação estratégica tanto das companhias quanto da sociedade e do governo em relação aos canais reversos de distribuição. Tal atenção é justificada pela velocidade de lançamento dos produtos, rápido crescimento e desenvolvimento tecnológico, necessidade de a empresa manter-se competitiva e o aumento da consciência ecológica em relação aos impactos que os produtos causam no meio ambiente, os quais acrescidos de desastres ecológicos estão alterando a percepção das empresas sobre a importância dos canais reversos no reflexo de sua imagem corporativa. Além disso, Coelho, Castro e Gobbo Júnior (2011) ressaltam outro ponto importante da logística reversa: de que o uso de materiais pós-consumo está diretamente relacionado com a redução do custo de

produção e extração de recursos naturais, assunto que pode ser considerado motivacional para a prática da logística reversa.

Outro importante incentivo para a prática deve-se à atuação do governo com determinações de leis, de acordo com Peaker (1975), Fisher e Horton (1979) e Matar (2011), os quais consideram o papel do governo um fator fundamental para o estímulo deste exercício. No Brasil, por exemplo, já existem posições legais impondo a obrigatoriedade da atuação das empresas produtoras em processos de logística reversa, como no caso de agrotóxicos, produtos cuja embalagem seja um resíduo perigoso, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Porém, existem outros itens bastante consumidos pela população, mas que não apresentam posições legais cobrando a prática de logística reversa pelos produtores, como é o caso de embalagens de vidro e de plástico. Portanto, não existem no Brasil leis, normas ou regulamentos voltados para questões de produção, coleta, reciclagem, reutilização ou destinação final das garrafas do tipo PET (Politereftalato de Etileno) e Ref PET, material que, segundo Gonçalves-Dias e Teodósio (2006a), é preocupante, dado o tempo elevado para decomposição no meio ambiente, interferindo negativamente no processo de compostagem, além de ocupar um volume considerável nos aterros e por serem facilmente encontradas nos lixos, pois a vida útil dos produtos, como as bebidas, que utilizam este material é pequena.

Desta forma, considerando a importância sustentável do tratamento de resíduos, do desenvolvimento de conceitos como logística reversa, do aumento do consumo e do impacto e tempo para decomposição dos materiais que utilizam PET, surge o interesse em pesquisas que analisem a contribuição da logística reversa atrelada a este tipo de produto. Além disso, conforme as pesquisas evoluíam, percebeu-se que as atividades de logística reversa tinham aspectos positivos e negativos, os quais não eram homogêneos para cada empresa e dependiam dos custos em algumas atividades, como coleta e transporte, das incertezas associadas ao processo de recuperação, como se o cliente usaria o produto fruto de um processo de logística reversa ou não. Isso significa que esses processos (remanufatura, reciclagem, reutilização etc.), por si só, não significam um equilíbrio sustentável, mas sim que o alcance da sustentabilidade depende dos fatores intrínsecos a eles, bem como de suas alterações, ou seja, de melhorias e adaptações por parte da empresa. Diante deste contexto e pelo fato de ter havido grande foco das pesquisas apenas no aspecto econômico, surge o interesse em analisar a seguinte questão: **“Qual o impacto das decisões e das mudanças dos fatores inerentes ao processo de logística reversa, mais propriamente em relação à reutilização de garrafas Ref PET, na sustentabilidade do mesmo?”**

Este questionamento parte da construção teórica que diz que ações de logística reversa tem como pressuposto a sustentabilidade, uma vez que seu conceito foi desenvolvido com base nessa conjectura. Por outro lado, pesquisas com foco econômico alegam que nem sempre as empresas alcançam a sustentabilidade em função dos próprios fatores inerentes ao processo de logística reversa. Deste modo é fundamental acompanhar tais fatores e suas mudanças e ter informações para avaliar o equilíbrio econômico, social e ambiental gerados pelo processo. Este controle poderia ser alcançado com a criação de mecanismos, como um modelo, que relacione, em uma estrutura integrada, os principais fatores do processo e o impacto de suas mudanças na sustentabilidade do mesmo.

1.2 Tese

A proposta de pesquisa partiu da tese de que um processo de logística reversa, referente à reutilização de Ref PET, é capaz de garantir a sustentabilidade econômica, social e ambiental aos agentes envolvidos, de modo que as decisões e alterações nos fatores sob esse processo impactam, portanto, na sustentabilidade do mesmo.

1.3 Objetivos

A seguir são apresentados os objetivos “Geral” e “Específicos” da presente tese.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa é identificar o impacto das decisões acerca dos fatores inerentes a um processo envolvendo logística reversa sob a sustentabilidade do mesmo, por meio do desenvolvimento de um modelo que relacione os fatores intrínseco do processo aos resultados econômicos, sociais e ambientais.

1.3.2 Objetivos Específicos

Com relação aos objetivos específicos da pesquisa são definidos os seguintes:

- a) identificar as justificativas ambientais, sociais e econômicas para uso da logística reversa de reutilização de Ref PET com base em revisão bibliográfica;
- b) compreender o funcionamento e as características reais do processo objeto de estudo através do contato com um processo produtivo de Ref PET;
- c) identificar indicadores para elaboração de índices econômico, social e ambiental, inerentes ao processo produtivo de Ref PET;
- d) estabelecer um modelo por meio de mapeamento das relações entre variáveis próprias ao processo e, por sua vez, a identificação com os principais processos, indicadores e índices de sustentabilidade;
- e) aplicar o modelo em uma atividade de logística reversa com reutilização de Ref PET;
- f) verificar a sensibilidade dos índices econômico, social e ambiental frente às possíveis decisões e alterações das variáveis intrínsecas ao processo.

1.4 Justificativa da Pesquisa

Nos próximos itens são detalhados as justificativas que motivaram este estudo.

1.4.1 Sustentabilidade e Logística Reversa

A sustentabilidade permite investigar ações que possam garantir um equilíbrio econômico, social e ambiental na sociedade como um todo, ou seja, englobando empresas, governo e população. Esse tema tornou-se tão imperativo, devido ao desequilíbrio ambiental que se faz presente, contudo ainda pouco explorado, tornando instigante o aprofundamento em seu estudo. Em função disso, sendo uma das formas ou conjunto de ações que podem contribuir para garantir a sustentabilidade da sociedade, a prática de logística reversa vem

ganhando maior importância, principalmente devido à escassez crescente de recursos virgens, estimulando pesquisas relacionadas ao tema (SARKIS; HELMS; HERVANI, 2010).

Em um primeiro momento, a prática de logística reversa é constituída pelo retorno de materiais ao produtor, para que, em um segundo estágio ocorra um tratamento correto dos materiais que retornaram, o qual pode acontecer de diversas maneiras; seja por meio de reciclagem, remanufatura, reutilização ou mesmo o descarte, mas de acordo com as devidas preocupações ambientais. Sobre estes aspectos, Matar (2011) considera que o sistema mais significativo para redução de resíduos em aterros, contribuindo para garantir a sustentabilidade ambiental e social dos agentes envolvidos, é aquele baseado nos processos de reciclagem e reutilização dos materiais descartados, itens que fazem parte do conceito de um processo de logística reversa.

Entretanto, além dos aspectos sustentáveis que propulsionam a prática da logística reversa, outros fatores motivacionais seriam a preocupação pela busca de diferenciação das empresas, pelas mudanças na cultura do consumo dos clientes e até mesmo pela criação de leis. Sobre esse ponto tem-se a Resolução nº 258 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 1999), a qual estabelece a coleta e o destino final ambientalmente adequado aos pneus inservíveis, para que as fabricantes e importadoras possam desenvolver políticas de logística reversa (CHAVES; BATALHA, 2006).

Isso significa que práticas de logística reversa estão, atualmente, atreladas às questões de sustentabilidade, com busca de adequações na utilização de recursos ambientais, retornos para a sociedade e economia financeira para as empresas; e por serem capazes de proporcionar uma imagem positiva a elas, pela maneira como estão sendo percebidas pelo mercado consumidor e investidor. Somam-se a isso as alterações na cultura dos consumidores preferindo ou não produtos ambientalmente corretos, e a criação de legislações obrigando tais práticas em alguns casos.

Todos esses fatores evidenciam a logística reversa como um campo com diversas vertentes, os quais instigam, portando sua exploração científica. Contudo, mesmo a logística reversa sendo uma prática capaz de auxiliar a sustentabilidade, alguns estudos focaram apenas no aspecto econômico, dando pouca ou nenhuma ênfase para os aspectos sociais e ambientais. A título de exemplo tem-se: González-Torre e Adenso-Díaz (2002), Gonçalves e Marins (2006), Tan e Kumar (2006), Adlmaier e Sellito (2007), Chaves, Alcântara e Assumpção (2008), Matar (2011) e Amin e Zhang (2012b).

No entanto, as práticas de sustentabilidade transcendem a questão econômica, considerando como seus fundamentos também as questões ambientais e sociais. Partindo

deste pressuposto, surge o interesse em verificar a sensibilidade dos aspectos econômicos, sociais e ambientais de um processo de logística reversa quando são alterados alguns fatores próprios deste processo bem como quando são tomadas decisões relacionadas, ou seja, analisando também os aspectos sociais e ambientais.

A implementação da logística reversa permite poupar custo de transporte, de carregamento dos produtos, da eliminação dos resíduos no ambiente, por meio do retorno dos produtos, e ainda, eleva a lealdade do cliente considerando vendas futuras (LEE; GEN; RHEE, 2009). Todavia, embora tenha um forte apelo ambiental, há um menor grau de interesse pelos estudos dos canais de distribuição reversos, justificado pela sua menor importância econômica quando comparado com os canais diretos de distribuição. Apesar disso, nota-se crescimento nas atividades relacionadas à logística reversa pelos seguintes fatores: i) questões ambientais: devido à tendência de a legislação ambiental caminhar para tornar as empresas mais responsáveis pelo ciclo de vida de seus produtos, sendo elas responsáveis pela entrega dos produtos aos clientes e do impacto que estes causam no ambiente; ii) diferenciação por serviços: varejistas acreditam que clientes valorizam mais as políticas dos retornos dos produtos; iii) redução de custos: pois práticas de logística reversa trazem retornos consideráveis para empresas e economias com o uso de embalagens retornáveis (SOUZA, 2008).

Diante dos fatores expostos, os estudos das práticas de logística reversa apresentam-se como potenciais no cunho acadêmico e prático, visto que existem algumas lacunas e dúvidas que merecem o empenho e dedicação empírica, com o intuito de identificar e refletir sobre práticas de logística reversa que possam contribuir para a sociedade, nos três âmbitos: social, ambiental e econômico.

1.4.2 Logística reversa: reutilização de embalagens

Algumas pesquisas já foram realizadas na esfera da logística reversa, com base em diversos materiais e produtos, como pode ser observado no quadro 1 a seguir.

Material em foco	Autores
Alimentos Processados	Chaves et al. (2005)
Alumínio	Logozar, Radonjic e Bastic (2006); Diabat e Govindan (2011)
Aparelhos Celulares e Baterias (incluindo chumbo)	Tsoulfas, Pappis e Minner (2002); Daniel, Pappis e Voutsinas (2003); Hori (2010)
Construção Civil	Marcondes e Cardoso (2005)
E-Commerce	Yan et al. (2012)
Eletro-Eletrônico (incluem computadores, televisores)	Tan e Kumar (2006); Ahluwalia e Nema (2006); Miguez, Mendonça e Valle (2007); Hanafi, Kara e Kaebernick (2008); Lau e Wang (2009); Leite, Lavez e Souza (2009); Achillas et al. (2010); Dat et al. (2012)
Embalagens de Agrotóxicos	Carbone, Sato e Moori (2005), Cometti e Alves (2010)
Embalagens retornáveis e reutilizáveis de plástico	Peaker (1975); Fisher e Horton (1979); Kroon e Vrijens (1995); Ferrara e Plourde (2003); Grimes-Casey et al. (2007); Atamer, Bakal e Bayindir (2013); Silva et al. (2012);
Embalagens retornáveis e reutilizáveis de vidro	Lourenço e Lira (2012)
Indústria automotiva (incluindo <i>recall</i> e peças)	Richey et al. (2005); Schultmann, Zumkeller e Rentz (2006); Goto, Koga e Pereira (2006), Medeiros e Faria (2009)
Lojas de Departamento	Rodrigues e Pizzaloto (2003); Hsu, Alexander e Zhu (2009)
Madeiras	Ferreira, João e Sant Anna (2008)
Paletes de bebidas	Sabbadini, Pedro, Barbosa (2005)
Papel ou plástico	Molgaard (1995); Ravi e Shankar (2006)
Pneus	Gardin, Figueiró e Nascimento (2010), Lagarinhos (2011)
Pós-venda dos produtos	Padilha e Leite (2008)
Produtos Químicos	Linhares, Cardoso e Canciglieri Junior (2008)
Radiografias	Kawaguti et al. (2012)
Reciclagem de embalagens (incluindo garrafas PET, alimentos e cosmético)	Santos, Agnelli e Manrich (2004); Campos (2006); Gonçalves-Dias e Teodósio (2006b); Guelbert et al. (2007); Formigoni e Rodrigues (2009); Coelho (2010); Uda (2010), Moraes et al. (2011), Motta (2011); Carvalho (2011)
Saúde	Agapito (2007)
Sucata ferrosa	Johnson (1998)
Tapetes	Realff, Ammons e Newton (1999)
Vestuário	Abraham (2011)
Vidros	González-Torre e Adenso-Díaz (2006); Gonçalves e Marins (2006), Linhares, Cardoso e Canciglieri Junior (2008); Ko, Noh e Hwang (2012)

Quadro 1: Pesquisas Nacionais e Internacionais quanto ao material foco de estudo em logística reversa
Fonte: Elaborado pela autora

Pelo quadro anterior percebe-se o vasto campo de possibilidades de pesquisa em logística reversa, a qual, segundo Yongsheng e Shouyang (2008), é crescente, refletindo o aumento da consciência ambiental. Verifica-se também que existem alguns temas mais tratados pelas pesquisas, como: indústria automotiva, reciclagem de embalagens, eletrônicos, vidros etc.; e outros menos discutidos, como: e-commerce, sucata ferrosa e alimentos processados. No que tange ao processo de retorno de embalagens do tipo Ref PET, observa-se uma série de estudos, porém eles não se aprofundam em ações de reutilização das embalagens para o mesmo fim e não incluem análises sob seus aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Além da pouca ênfase nos estudos desta linha de pesquisa, existem outros motivos que justificam e incentivam a continuidade no estudo de logística reversa de garrafas do tipo PET, por exemplo:

- a) essas embalagens são atualmente, bastante utilizadas para alimentos e bebidas, como o caso dos refrigerantes, ou seja, produtos altamente consumidos pela população, gerando elevado volume de resíduos;
- b) tais embalagens demoram mais de 450 anos para se decompor no ambiente, o que significa que consomem grande espaço nos aterros sanitários dificultando o processo de decomposição dos outros materiais. Além disso, caso sejam disponibilizadas de forma irregular, podem formar uma camada impermeabilizante e gerando alguns problemas ambientais (MATAR, 2011);
- c) normalmente tais embalagens são utilizadas por produtos de acesso fácil pela população, sendo que nem todos possuem a cultura e a educação de se preocupar com a destinação correta dessas embalagens, as quais acabam sendo depositadas em lugares indevidos, como as ruas, e de forma inapropriada acabam acumulando água; ações que auxiliam em processos de enchentes e procriação de doenças como a dengue;
- d) como a logística reversa deste tipo de embalagem ainda não é obrigatória no Brasil, é muito provável que empresas não se atenham devidamente a esta questão, ou pelo desconhecimento dos benefícios econômicos, ambientais e sociais que este processo pode gerar, ou ainda, por considerar que, economicamente, está prática é inviável.

1.4.3 PET e Ref PET

Além dos aspectos expostos no item anterior, Coelho (2010) e Uda (2010) destacam que o Brasil é um dos maiores consumidores (12º país) *per capita* de PET em garrafas, principalmente para uso em refrigerantes, e que, atrelado ao fato de haver baixos custos industriais da embalagem pós-consumo e a não estruturação de canais reversos, condicionam a um aumento significativo desses resíduos no meio ambiente, podendo ocasionar problemas ambientais com o descarte indevido, além do que, a fabricação de mais embalagem consome mais recursos virgens do ambiente. Desta maneira, esse cenário torna-se propício para refletir

sobre a possibilidade de aplicação de um processo de logística reversa pós-consumo com ênfase na reutilização para o mesmo fim que o de sua origem.

Segundo a Associação Brasileira de Indústria do PET (ABIPET, 2010), a segmentação do mercado de consumo do PET tem como principal produto os refrigerantes. Essa proporção pode ser observada na figura 1 a seguir:

Figura 1: Segmentação do PET
Fonte: ABIPET (2010).

Consequentemente são os refrigerantes que mais consomem recursos para produção de PET virgem e os que mais podem gerar resíduos pós-consumo. Desta maneira, este cenário é outro motivo propulsor para o estudo direcionado a um processo de logística reversa com foco na reutilização destas embalagens, o que poderia evitar a produção de materiais não retornáveis e descartes inadequados.

É importante notar que o PET é muito utilizado para armazenar refrigerantes devido às suas características físicas, como a resistência, aparência (por ser transparente), pela barreira aos gases, aspectos que o tornam bem aceito pelas empresas e pelos consumidores, além de não conter o risco alto de acidentes se comparado às embalagens em vidro (FORMIGONI; RODRIGUES, 2009). Contudo, os resíduos plásticos descartados em lugares inadequados tem maior impacto no ambiente (GONÇALVES-DIAS; TEODÓSIO, 2006a). Neste sentido o consumo de garrafas em PET, contribui para poluição visível em rios, córregos ou indevidamente apropriadas em outras áreas, o que além de causar danos ambientais também impacta negativamente na imagem da empresa² (LEITE, 2009). Deste modo, este aspecto pode ser motivacional para prática de logística reversa pelas empresas que não querem ver sua

² A título de exemplo, em entrevista à empresa parte deste estudo, a mesma comentou que a verificação pelo consumidor de embalagens com a marca da empresa em lugares inapropriados como bueiros, ruas, terrenos, entre outros, causa um impacto negativo na imagem da companhia.

marca relacionada à disposição incorreta das embalagens, à poluição e outros aspectos negativos. Por exemplo, as garrafas em PET foram consideradas como as principais causas de entupimento de bueiros, alagamento de vias urbanas e volume nos aterros. Tais ocorrências poderiam ser minimizadas com a logística reversa de reutilização dessas garrafas (FIGUEIRÓ, 2010).

O processo de logística reversa de garrafas em PET pode abarcar diversas ações quando o material é recuperado do meio, como: reuso, reciclagem e outras destinações. Contudo, a reciclagem, que seria o recolhimento para transformação em grãos, fusão do mesmo para então produção de novos itens, segundo Gonçalves-Dias e Teodósio (2006b), pode implicar em risco de contaminação por cola, plásticos, metais, areias, terra e até ferrugem. Assim, mesmo que houvesse uma legislação favorável à reciclagem, o Brasil teria vários obstáculos para utilizar o PET reciclado como embalagens alimentícias e, isso se dá pelas dificuldades de fiscalização deste processo de reciclagem, pela falta de coleta seletiva e pelo recolhimento do material em lixões após contato com outros tipos de materiais. Além disso, o processo de reciclagem em uma empresa que lança um produto no mercado, caracterizando assim sua atividade de logística reversa, normalmente não ocorre, inclusive pelo fato da necessidade de estar apresentar outra CNAE³ - Classificação Nacional de Atividades Econômicas. Assim, esse cenário traz outro fator que contribui para o estudo da logística reversa no quesito de reuso para o mesmo fim.

Fleischmann et al. (1997) já afirmavam que, dos estudos de logística reversa revisados pelos autores, a recuperação de produtos é economicamente mais atrativa que a eliminação para os casos de garrafas de bebidas. Afirmam ainda que, os itens mais recuperados, entre as peças de reposição e os bens de consumo, estão as embalagens, principalmente as garrafas. Além disso, as garrafas Ref PET podem ser reutilizadas até 20 vezes, segundo Leite (2009), o que significa uma economia de recursos ambientais para produção de novas garrafas virgens.

Assim, diante da importância das questões de sustentabilidade, da possibilidade de garantir benefícios econômicos, sociais e ambientais para a sociedade, do volume e do impacto do consumo de embalagens plásticas ao ambiente, surge o interesse no estudo da logística reversa de embalagens do tipo Ref PET, utilizadas como refis de bebidas como o caso de refrigerante. Além de todos esses fatores, cabe salientar que ainda não há um quadro de literatura de logística reversa adequadamente desenvolvido, a pesquisa é recente e limitada,

---

³ A CNAE é um instrumento que padroniza, nacionalmente, os códigos de atividades econômicas e os critérios de enquadramento utilizados pelos órgãos da Administração Tributária do Brasil. Maiores informações podem ser obtidas pelo seguinte endereço: <http://www.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em: 26 set. 2012.

sendo de fundamental importância o enfoque na perspectiva econômica, ambiental e social (JAYANT; GUPTA; GARG, 2012).

Arelado a todos esses pontos, ao fato de que os setores público e privado não conseguiram se organizar para obterem uma efetividade operacional e ambiental na estrutura da cadeia reversa do PET, segundo Gonçalves-Dias e Teodósio (2006a), e a realidade de existirem poucos modelos que podem auxiliar nas decisões estratégicas de logística reversa, conforme já salientavam Meade e Sarkis (2002), surge o interesse em uma pesquisa com foco no desenvolvimento de um modelo que seja capaz de analisar impactos econômicos, ambientais e sociais de ações proveniente de decisões e mudanças nos fatores de logística reversa de reutilização de embalagens do tipo Ref PET, de modo a permitir que uma empresa identifique o impacto de suas ações quanto à sustentabilidade do processo de seu negócio.

A ideia da criação de um modelo que relacione os fatores próprios aos índices econômicos, ambientais e sociais de um processo de logística reversa é de ter um instrumento que possa determinar os impactos nos aspectos de sustentabilidade quando houver variações desses fatores, seja por questões econômicas do ambiente em que a empresa está inserida, ou por decisões estratégicas internas à mesma, de modo a gerenciar as práticas de sustentabilidade mediante observação dos índices. Complementa-se a essa ideia a reflexão de Amano (2004), o qual salienta que se houver um sistema ou processo eficaz ambientalmente, mas não economicamente, então não é um sistema sustentável; por outro lado, havendo um processo benéfico economicamente, mas não ambiental e socialmente também não há um sistema sustentável. Na verdade, o que o autor ressalta é que um sistema, para ser sustentável, deve lidar com esses três aspectos, com o propósito de atingir um equilíbrio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico desta pesquisa partiu do conceito de sustentabilidade e foi evoluindo para política do ciclo de vida do produto, logística reversa, política nacional de resíduos sólidos, tomada de decisão e evidências empíricas nacionais e internacionais sobre o tema, bem como sobre o método e técnica de análise dos estudos na área pesquisada.

2.1 Sustentabilidade

A sustentabilidade é assunto cada vez mais importante, principalmente devido ao rápido esgotamento dos recursos naturais e preocupações com disparidade de riqueza e responsabilidade social corporativa (GOVINDAN; KHODAVERDI; JAFARIAN, 2012).

Dada sua importância torna-se fundamental entender seu conceito. Nesse sentido, Formigoni e Rodrigues (2009, p. 4) colocam que a sustentabilidade é: “... ação de conseguir atender às necessidades atuais da sociedade sem afetar o suprimento das necessidades futuras.” Ou seja, é a capacidade de encontrar um equilíbrio entre o atendimento da população atual, porém preservando essa capacidade futura.

Contudo tem sido difícil para todos os grupos e indivíduos interessados no tema capturar o significado de sustentabilidade. Parte da razão para esta dificuldade é a imprecisão do conceito, e um conjunto diversificado de constituintes desenvolveram distintas visões de sustentabilidade com base em suas necessidades e aspirações (MIHELCIC et al., 2003). Nesse sentido, os autores definem sustentabilidade como sendo a concepção humana e industrial, de modo a garantir que o uso dos recursos naturais pela humanidade não levem à diminuição da qualidade de vida, tanto em relação às perdas econômicas quanto devido aos impactos negativos sob as condições sociais, saúde humana e ambiental⁴. Ou seja, refletem que as condições sociais, oportunidades econômicas e qualidade ambiental são essenciais se quiser conciliar objetivos de desenvolvimento da sociedade com as limitações ambientais.

---

⁴ A definição, na íntegra, seria: “Sustainability is defined here as the design of human and industrial systems to ensure that humankind’s use of natural resources and cycles do not lead to diminished quality of life due either to losses in future economic opportunities or to adverse impacts on social conditions, human health and the environment.” (MIHELCIC et al., 2003, p. 5315).

Nesse sentido, Linton, Klassen e Jayaraman (2007) comentam que centenas de interpretações diferentes evoluíram para operacionalizar a sustentabilidade, sendo que o resultado suscitou em mais perguntas do que respostas, como por exemplo: Quais os recursos que as futuras gerações exigem? Em que níveis podem ser lançados os poluentes sem ter um efeito negativo sobre as gerações futuras? Até que ponto as fontes de recursos renováveis podem ser exploradas, mas garantindo que esses recursos permaneçam renováveis? Até que ponto a tecnologia pode resolver o uso sustentável dos recursos com aumentos contínuos de riqueza material? Não seria necessário mudar os estilos de vida? Se sim, de que forma? Quais políticas são necessárias para alcançar a sustentabilidade? Deste modo, mesmo mediante diversas pesquisas e ações das empresas e instituições ainda há questionamentos mais abrangentes sobre o real estado e conceito de ações sustentáveis.

De modo geral, o conceito de sustentabilidade envolve um equilíbrio de questões de cunho econômico, social e ambiental, sendo este seu tripé. Assim, para alcançar o desenvolvimento sustentável deve-se caracterizar as conexões e interações entre seus pilares, isso porque, o balanço entre essas colunas não pode ser alcançado sem entendimento adequado de como as ações industriais e sociais afetam o meio ambiente e como as decisões de hoje podem impactar em gerações futuras (HUTCHINS; SUTHERLAND, 2008).

Nesse cenário, se por um lado Hutchins e Sutherland (2008) consideram que a sustentabilidade de uma cadeia depende da sustentabilidade individual das empresas e Dekker, Bloemhof e Mallidis (2012) afirmam que atualmente não é apenas o lucro o fator importante, mas que as empresas, governos e as pessoas estão preocupados com a sustentabilidade da sociedade; por outro Tseng et al. (2013) defendem que a principal causa para a contínua deterioração do meio ambiente global é o padrão insustentável e não regulamentado de consumo e produção. Para os autores, o setor industrial, por meio de seu papel na sociedade, tem contribuído significativamente para a poluição e exploração do meio ambiente. Consequentemente, enfrenta-se ainda o desafio de formular estratégias que promovam o uso eficiente dos recursos naturais e da inovação tecnológica em direção a uma melhor qualidade de vida, sem esquecer que neste panorama há ainda a pressão de enfrentar as causas da dicotomia sócio-econômico dessas decisões. Portanto, há posições contrárias com relação ao desenvolvimento de uma consciência sustentável por todos os agentes envolvidos nessa cadeia (o que inclui empresas, governo e consumidores).

Motta (2011) ressalta a intervenção do homem no meio ambiente, a qual ganhou maior peso no século XX juntamente com os avanços das indústrias, mas que persiste até os dias atuais, e quiçá com maior atuação, de modo que as ações de sustentabilidade e preservação

deveriam ser repensadas para verificar se, de fato, contribuem para preservação do ambiente ou se são apenas palavras. Esta reflexão ganha respaldo, por exemplo, nos últimos dados disponíveis no *Low carbon economy index 2012*, da PwC (PricewaterhouseCoopers), em que se estima a necessidade de redução de 5,1% da emissão de carbono de hoje até 2050 para que se consiga limitar o aquecimento global em um aumento de 2°C, ressaltando que desde 1950 em nenhum momento a taxa de descarbonização foi alcançada, estando essa em torno de 0,8% o que pode ocasionar em um aumento de até 6°C. Portanto, talvez fosse o caso de ajuizar, juntamente com a produção, sobre o nível de consumo, procurando um equilíbrio com o meio ambiente.

Neste sentido, Sarkis, Helms e Hernavi (2010) colocam que uma das maneiras de contribuir para melhora na sustentabilidade global, ou seja, considerando aspectos sociais, ambientais e econômicos, é por meio da redução de degradação institucional e humana. Essa diminuição das ações organizacionais e dos homens pode ocorrer com o aumento ou prolongamento da vida útil de materiais e produtos, o que pode ser auxiliado com ações de reciclagem e reutilização, sendo que ambas podem reduzir resíduos causados por embalagens descartáveis, por exemplo, as quais apresentam grande representatividade no consumo pelos indivíduos, consequentemente elevada geração de resíduos. No que tange às ações sustentáveis, Mihelcic et al. (2003) também consideram que reutilização e remanufatura são preferidas porque elas exigem menos recursos naturais e energia. Outro aspecto importante a ser considerado é que a extensão da vida útil dos materiais e produtos pode ocorrer com a criação de mercados secundários, fruto de reciclagem, reuso e remanufatura, sendo que ter conhecimentos sobre o tamanho e estrutura do mercado secundário vai melhorar a prática gerencial e as decisões políticas sobre as interações entre a sustentabilidade social e ambiental, contabilidade, gestão e política. Isso significa que existe um grande valor no mercado secundário, tanto para os compradores quanto para os vendedores, sendo que a utilização deste mercado corretamente pode fazer uma empresa, seus fornecedores e clientes mais sustentáveis (ROGERS; ROGERS; LEMBKE, 2010).

Dada a importância da sustentabilidade, esse tema também se tornou uma linha de pesquisa de grande relevância na academia. Segundo Linton, Klassen e Jayaraman (2007) o desenvolvimento sustentável é uma área rica para a pesquisa acadêmica que ainda está em sua infância e tem o potencial de afetar a política do governo futuro, as operações de produção atuais, e identificar novos modelos de negócios. Os autores afirmam ainda que as pesquisas com foco em logística são muito importantes para o desenvolvimento da sustentabilidade, já que considera o processo de utilização de matéria prima. Contudo, deve-se considerar além

desse fluxo, englobando a extensão da vida do produto, ou seja, o final de sua vida útil e os processos de recuperação, o que caberia as ações de logística reversa, as quais podem contribuir para a busca do equilíbrio sustentável das ações de empresas, governo e consumidores.

2.1.1 Política de Análise do Ciclo de Vida

Todos os produtos apresentam um ciclo de vida, ou seja, um tempo de duração e utilidade, sendo que este tempo era maior antigamente em que havia o hábito de desenvolver produtos para durar. Contudo, com o aumento do consumismo, da produção, das empresas buscando diferenciação e visando cada vez mais o lucro, o ciclo de vida dos produtos reduziu, cenário que faz parte da realidade nos dias de hoje. Mas esse dinamismo do consumo e a redução do ciclo de vida do produto trouxeram um aumento no dispêndio de recursos ambientais e maior geração de lixo, de modo que a busca por preservação ambiental e ações sustentáveis vem mostrando a necessidade de acompanhar e examinar a duração do ciclo de vida dos produtos e seu destino final. Neste sentido, Gonçalves e Marins (2006) comentam que a análise de ciclo de vida do produto é uma ferramenta adequada para o planejamento logístico, pois essa ferramenta permite determinar a quantidade de matéria prima, qualidade dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos gerada em cada fase.

A respeito da gestão do ciclo de vida, está havendo uma mudança no foco de atenção dos impactos da produção para os impactos no consumo (GRIMES-CASEY et al., 2007). Nesse contexto, Uda (2010) destaca que a análise do ciclo de vida do produto é diferente para cada região, isso porque há diferenças sociais, econômicas e culturais. O autor comenta que o ciclo de vida de um produto inicia-se quando os recursos são removidos da natureza (origem do processo) e finalizam quando o material retorna para a terra, o que ocorre normalmente no pós-consumo. Assim, do ponto de vista logístico, o ciclo de vida não se encerra com a entrega ao cliente, mas com seu retorno ao ponto de origem, para serem corretamente descartados, reparados ou reaproveitados em se tratando de produtos obsoletos ou danificados (GONÇALVES; MARINS, 2006). Contudo, nessa colocação dos autores não necessariamente o produto deva voltar para sua origem (seu fabricante), mas pode ser para pontos destinados à reciclagem, ao descarte correto, entre outros, que não necessariamente seja o próprio fabricante.

Nesse sentido três considerações sobre o conceito de ciclo de vida dos produtos devem ser feitas, sendo elas: a) ponto de vista logístico: considerar que a vida do produto não termina na entrega ao cliente, mas devem ser adequadamente descartados, reparados ou reaproveitados, assim como Campos (2006) também considera; b) ponto de vista financeiro: além dos custos até a venda é importante considerar os custos relacionados ao gerenciamento do fluxo reverso; e c) ponto de vista ambiental: avaliando o impacto que o produto produz durante toda sua vida (SHIBAO; MOORI; SANTOS, 2010).

Portanto, o ciclo de vida do produto é um conceito atrelado ao de logística reversa, sendo que Meade e Sarkis (2002) simplificam a atuação da logística reversa salientando que o objetivo geral é manter os materiais/produtos dentro do ciclo de vida operacional, assim, minimizar qualquer fluxo de material para o ambiente externo. Dito de outra maneira, a logística reversa está pautada no objetivo principal de possibilitar o retorno de materiais ao ciclo produtivo do negócio (LEITE, 2009).

É importante advertir, portanto, que a análise do ciclo de vida dos produtos deve ser capaz de assimilar as regras das organizações, as condutas existentes e as potenciais, bem como as barreiras com relação aos consumidores, sendo que isso tudo representa um desafio para as indústrias que buscam um equilíbrio entre matéria e energia (recursos consumidos), pois se verifica que há necessidade de conhecimento capaz de modelar estratégias comportamentais residentes, principalmente nas ciências sociais e não apenas nas físicas (GRIMES-CASEY et al., 2007). Isso corrobora com o fato de que o estudo do ciclo de vida está relacionado com a logística reversa e com a sustentabilidade, devendo considerar os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

2.2 Logística Reversa

A logística reversa é um processo relacionado com a movimentação de produtos à sua origem, passando por diversas definições que tentam descrever seu conceito, suas funções e seus aspectos. Tais pontos serão observados a seguir.

De forma geral é importante considerar, antes de qualquer coisa, que o fluxo de materiais ao longo dos canais de suprimento era unidirecional, ou seja, do fornecedor para o cliente. Foi nesse cenário que houve o desenvolvimento da “logística”, seus estudos, conceitos e estratégias. No entanto, esse fluxo passou a ser bidirecional: fornecedor-cliente-fornecedor,

cenário em que houve o desenvolvimento de pesquisas e conceitos relacionados à “logística reversa” (CHAVES; BATALHA, 2006).

Desde a consciência da possibilidade de práticas de logística reversa, esse termo vem recebendo algumas definições que, na maioria das vezes, se complementam. Sendo que, segundo Souza e Fonseca (2009), houve evolução também com relação às atitudes e às responsabilidades. Fleischmann et al. (1997), por exemplo, colocam que a logística reversa é uma maneira de reutilizar produtos a princípio não utilizáveis, sendo que o aspecto mais intuitivo para entendimento desse conceito é o transporte físico, ou seja, o produto utilizado pelo consumidor volta ao produtor. Assim, essa definição de logística reversa poderia ser esquematizada, segundo Chaves, Alcântara e Assumpção (2008), como destacado na figura 2.

Figura 2: Processo de logística reversa

Fonte: Chaves, Alcântara e Assumpção (2008, p. 4)

Por meio da figura 2 observa-se que a logística reversa está relacionada à coleta do produto ou material previamente colocado no mercado, e encaminhada até seu novo destino, que pode ir desde o retorno ao ciclo dos negócios até o descarte definitivo.

Com relação à definição de logística reversa, Rogers e Tibben-Lembke (2001) baseiam-se na definição do *Council of Logistics Management* e colocam-na como sendo o movimento de materiais do ponto de consumo ao ponto de origem. De forma geral, os autores afirmam que:

The process of planning, implementing, and controlling the efficient, cost effective, flow of raw materials, in-process inventory, finished goods, and related information from the point of consumption to the point of origin for the purpose of recapturing or creating value or proper disposal (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001, p. 130-131).

Rogers e Tibben-Lembke (2001) ressaltam ainda que o processo de logística reversa consiste na volta do produto à sua origem com o propósito de recapturar ou criar valor, o que seria possível por meio de ações de reciclagem, remanufatura, reutilização etc., e ainda a

disposição final adequada quando outra medida não puder ser utilizada. De maneira geral a definição de logística reversa não difere desta apresentada, mas alguns autores propõem as suas, sendo que algumas delas estão listadas no quadro 2.

Autor (es)	Definição de Logística Reversa
Kroon e Vrijens (1995, p. 56)	“Logística reversa refere-se às competências de gestão de logística e atividades envolvidas na redução, gestão e eliminação de resíduos perigosos ou não perigosos de embalagens e produtos. Inclui distribuição reversa, que faz com que as mercadorias e informação fluam na direção oposta a partir de atividades logísticas.”
Fleischmann et al. (1997, p. 2)	<i>“Reverse logistics encompasses the logistic activities all the way from used products no longer required by the user to products again usable in a market.”</i>
Meade e Sarkis (2002, p. 284)	<i>“The definition of reverse logistic from holistic environmental perspective focuses primarily in the return of recyclable or reusable products and materials into the forward supply-chain. That is, reverse logistics is necessary for the completion of the industrial eco-cycle.”</i>
González-Torre e Adenso-Díaz (2002, p. 398)	Os autores trabalham sobre o conceito de que a logística reversa não é apenas o transporte dos materiais do consumidor ao fabricante, mas também todo processo de transformação dos produtos retornados em novos produtos utilizáveis.
Leite (2002, p.2)	“... a área da Logística Empresarial que planeja, opera e controla o fluxo, e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através dos Canais de Distribuição Reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.”
Gonçalves e Marins (2006, p. 398)	“... todas as atividades relacionadas ao produto/serviço após a venda, sendo que o seu objetivo principal é otimizar ou tornar mais eficientes as atividades do pós-venda, resultando, portanto, em economia de recursos financeiros.”
Campos (2006, p. 10)	“A logística reversa envolve todas as operações relacionadas à reutilização de produtos e materiais, na busca de uma recuperação sustentável.”
Reverse Logistics Executive Council – RLEC	<i>“More precisely, reverse logistics is the process of moving goods from their typical final destination for the purpose of capturing value, or proper disposal.”</i>
Council of Supply Chain Management Professional – CSCMP (2010) ⁵	<i>“A specialized segment of logistics focusing on the movement and management of products and resources after the sale and after delivery to the customer. Includes product returns for repair and/or credit.”</i>
Lei 12.305/10 - Política Nacional de Resíduos Sólidos	No artigo 3 a lei 12.305/10 define logística reversa como um “...instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.”
Abraham (2011, p. 211)	Logística reversa pode ser definida como o processo de recolha de produtos usados e materiais de primeiros clientes, a fim de que eles possam ser reutilizados, reciclados, ou utilizado em outros produtos.

Quadro 2: Definições de Logística Reversa

Fonte: Elaborado pela autora

Pelo quadro 2 percebe-se que a definição de logística reversa, que a princípio poderia ser considerada mais simples, como “retornar os materiais previamente colocados no mercado pela logística para sua origem”, na verdade estende-se para uma definição mais completa, não se limitando ao retorno do material, mas considerando todo tratamento a esse recurso já

⁵Definição do glossário de termos da CSCMP. Disponível em: <<http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>>. Acesso em: 26 set. 2012.

retirado do ambiente e da sociedade, de modo a economizar mais explorações, o que poderia vir com ações de: reciclagem, reuso, remanufatura etc. Este é o sentido de logística reversa proposto pelo trabalho de Fleischmann et al. (1997), em que os autores colocam que a logística reversa está relacionada às atividades de logística de produtos que uma vez foram aproveitados pelo consumidor, mas que para os mesmos não apresentam mais utilidade, porém podem ser utilizáveis ainda em outro mercado.

Contudo, outros aspectos foram sendo percebidos como processos de logística reversa, dada a evolução de seu conceito, entre eles a reutilização de produtos ou embalagens para o mesmo fim a que foi criada, substituindo descartes e reciclagens. Portanto, um cuidado deve ser tomado ao considerar a definição de logística reversa de Fleischmann et al. (1997), pois o produto, fruto de uma logística reversa, é capaz de retomar sua utilidade voltando a ser consumido pelo mesmo mercado, portanto, não necessariamente por outro como os autores colocam. Além disso, a definição propõe que logística reversa está atrelada a recolocar aquele material novamente ao mercado para nova utilização, mas há a possibilidade do mesmo voltar ao seu distribuidor para uma correta destinação, o que seria o final do ciclo de vida deste material, ainda sim sendo uma prática de logística reversa.

Contrapondo as definições de Fleischmann et al. (1997) e Leite (2002) é possível perceber que naquela não engloba o conceito de logística pós-venda, em que um produto pode voltar por desacordo com o pedido. Contudo, Leite (2002) destaca a possibilidade de logística reversa pós-venda e pós-consumo, sendo que os produtos/materiais assim submetidos devem agregar valor em diversas questões, incluindo contribuir para a imagem da empresa. Este último ponto colocado pelo autor não é destacado pelas demais definições, embora seja uma forma de agregar valor à empresa pela prática de logística reversa.

A definição de logística reversa de Gonçalves e Marins (2006) destaca pós-venda, mesmo que intrinsecamente os autores possam considerar o pós-consumo em sua definição de pós-venda, esse não faz parte da definição em si de logística reversa. Destaque merece com o objetivo da logística reversa em gerar economia de recursos financeiros, sem citar benefícios sociais e ambientais. Contudo, os autores apontam ao longo do trabalho que o conceito de logística reversa deve estar atrelado a três aspectos, sendo eles: i) logístico: retorno dos produtos ou materiais; ii) financeiro: custo do gerenciamento de logística reversa como, por exemplo, transporte, armazenagem e estocagem; iii) ambiental: avaliar o impacto do produto sobre o meio ambiente durante toda sua vida. Especificamente, neste terceiro aspecto, é importante considerar não apenas o impacto de um produto ao longo de sua vida no ambiente, mas a mobilização de recursos para seu processo de logística reversa especificamente.

Tecendo os últimos comentários a cerca da definição de logística reversa, merece destaque a forma colocada por RLEC - *Reverse Logistics Executive Council* –, ou seja, apresentando uma definição simples, porém abrangente. O RLEC comenta que a logística reversa é a movimentação do material à sua origem para capturar valor ou ter um descarte apropriado, conforme também adotado por Rogers e Tibben-Lembke (2001). Deve-se observar que Campos (2006), na verdade, também parte da definição de logística reversa proposta por RLEC, fazendo então uma compilação geral deste significado.

De maneira geral pode-se considerar que a logística reversa envolve uma mudança de paradigma em termos de produto, passando da filosofia de “do berço para o túmulo” para “do berço para o berço” (POKHAREL; MUTHA, 2009).

2.2.1 Funções e Atividades da Logística Reversa

As definições atuais de logística reversa foram amadurecendo também em relação às necessidades que foram surgindo. Chaves, Alcântara e Assumpção (2008), por exemplo, destacam que a logística reversa, embora tenha iniciado nos anos 80 por países de vanguarda, a evolução de seu conceito ocorreu por volta da década de 90, juntamente com a pressão exercida pela legislação e órgãos fiscalizadores. Nesse sentido, no passado, a ideia de retorno dos produtos se dava por meio de depósitos em aterros sanitários e incineração, mas com o aumento do consumo, tais aterros e incineradores passaram a não serem suficientes, momento em que começam a considerar a necessidade de reintegrar os resíduos nos processos produtivos, culminando para a evolução do conceito de logística reversa, incluindo algumas ações (SOUZA 2008).

Com relação às funções básicas ou ações de práticas da logística reversa, Shibao, Moori e Santos (2010) destacam cinco aspectos, com base no *Council of Supply Chain Management Professional*: a) planejamento, implantação e controle do fluxo de materiais e de informações do ponto de consumo até a origem, b) movimentação de produtos na cadeia produtiva do consumidor para o produtor, c) busca de melhor uso de recursos por meio de economia no consumo de energia, redução da quantidade de materiais empregados, reaproveitando ou reciclando resíduos, d) recuperação de valor e, e) segurança na destinação após uso. Compartilhando a ideia de que há diferentes formas de reutilização, Fleischmann et al. (1997) colocam: a) reutilização direta; b) reparo; c) reciclagem e d) remanufatura. Sendo

que um dos principais exemplos de reuso direto, ou seja, sem reparos (embora haja limpeza e manutenções menores) são as garrafas e outros recipientes.

Os itens que passam pelo processo de reparo são aqueles cujas características iniciais devem ser restabelecidas, mesmo que haja uma perda da qualidade do produto (como os eletrônicos). O material reciclado é aquele que é recuperado sem conservar sua estrutura inicial (reciclagem do vidro, sucata, papel, plástico etc.). O produto manufaturado é aquele em que as características são preservadas, buscando deixá-lo como “novo” por meio de revisão, operações de substituição, entre outras (como no caso de motores de aviões e máquinas).

Rogers e Tibbern-Lembke (2001) também listam as principais atividades de logística reversa, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Atividades de logística reversa

Atividade de Logística Reversa	
Produtos	Embalagens
Retornar ao fornecedor	Reutilizar
Revender	Renovar
Vender via Outlet	Recuperar Materiais
Recondicionar	Reciclar
Renovar	
Remanufaturar	
Recuperar materiais	
Reciclar	
Doar	
Depositar em aterro	

Fonte: Adaptado de Rogers e Tibbern-Lembke (2001, p. 133)

Campos (2006) elenca ações que podem ser consideradas como exemplo de logística reversa, sendo elas: a) retorno de mercadorias e devoluções; b) retorno de embalagens como paletes e engradados; c) retorno de estoque por erro de quantidade ou modelo etc.; d) *recall*; e) substituição de componentes; f) reciclagem; g) recolhimento de materiais perigosos ao ambiente e as pessoas, como as pilhas e lixo hospitalar; h) recuperação de ativos; i) fim da vida útil com encaminhamento para desmanche ou disposição final.

Além destes pontos, Silva e Colmenero (2010) consideram a possibilidade de incinerar produtos, destacando que, embora esse processo possa ser uma fonte de energia, ele também gera gases nocivos que são lançados no meio ambiente, enquanto que Chaves e Batalha (2006) colocam que logística reversa é reintroduzir os produtos na cadeia de valor pelo ciclo produtivo, de modo que o descarte deve ser a última opção a ser considerada, isso porque foge ao conceito de logística reversa, considerada pelos autores como o processo para reintegrar os produtos/materiais na cadeia de valor por meio do ciclo produtivo ou dos negócios.

Stock (1998) exemplifica as várias possibilidades de destino dos produtos na figura 3.

Figura 3: Possíveis destinos dos produtos
 Fonte: Stock (1998, p. 22)

Dando outra ênfase às ações de logística reversa, Souza (2008) ressalta dois tipos de logísticas, sendo elas: i) logística para reciclagem: embora o produto percorra canais de distribuição reversos, as empresas escolhem componentes que interessam sua linha de produção, desprezando o que não tem utilidade e, ii) logística reversa: normalmente a empresa recolhe o produto em sua forma completa, mesmo que não aproveite todas as partes. Dentro desses tipos, Chaves, Alcântara e Assumpção (2008) colocam que um dos principais processos envolvidos com a logística reversa é a reciclagem. Este processo, segundo Gonçalves-Dias e Teodósio (2006b) envolve algumas etapas. Se tomar como exemplo a reciclagem de garrafas PET essas fases seriam: seleção; trituração; moagem; lavagem; separação por diferença de densidade; secagem e extrusão, sendo esta última etapa muito importante, pois é onde os flocos de PET são transformados em grãos, de modo que se houverem quantidades de contaminantes, mesmo que pequenas, pode causar degradação da qualidade do material, reduzindo sua aplicação. As embalagens descartáveis, como as PETs, perdem parte de seu valor durante o consumo do produto, contudo, as embalagens retornáveis, sobrevivem ao consumo, podendo ser realocada ao ciclo produtivo, de modo a extrair um valor pleno, como é o caso de garrafas do tipo Ref PET (ADLMAIER; SELLITO, 2007).

Assim, definido o conceito de logística reversa e verificado os possíveis destinos dos materiais e produtos é evidente que este processo pode ser utilizado por uma série de empresas com atividades e produtos distintos. A respeito disso, Carbone, Sato e Moori (2005) listaram algumas principais atividades de logística reversa por tipo de indústria, e

complementando os autores tem-se: a) fabricantes de bebidas: gerenciam o retorno das garrafas de vidro e Ref PET dos pontos de venda ao consumidor até as distribuidoras, também podem participar de processos de recolher as garrafas descartáveis para encaminhar a terceiros providenciarem a reciclagem; b) siderúrgicas: podem utilizar como insumo de fabricação de alguns produtos a própria sucata gerada pelos seus clientes, as quais são captadas por meio de centros coletores de carga; c) indústria de latas de alumínio: o aproveitamento da matéria prima reciclada é significativo e deu origem a criação de cooperativas de catadores. Contudo, os autores destacam que existem tipos de empresas que procuram evitar o processo de logística reversa, como é o caso da indústria automobilística, a qual procura utilizar matéria prima renovável na fabricação de seus produtos como a fibra de coco, juta e sisal nos revestimentos e estofamentos dos bancos, já que são materiais mais fáceis de reciclar e não agredem ao meio ambiente se comparados com o mesmo material proveniente de petróleo.

2.2.2 Canais Reversos de Distribuição

Além de todas essas atividades listadas, a logística reversa tem uma etapa importante, a distribuição reversa, a qual pode ocorrer pelo canal original de distribuição, por outro canal ou pela combinação desses dois tipos, segundo Fleischmann et al. (1997), os quais propõem uma estrutura de distribuição reversa como representado na figura 4:

Figura 4: Distribuição Reversa
 Fonte: Fleischmann et al. (1997, p. 5)

Nesse sentido, Souza (2008) coloca que os canais clássicos de logística reversa são: a) fabricantes de bebidas que gerenciam o retorno de engradados, b) siderurgias que utilizam sucatas geradas pelos clientes usando centros coletores, c) a indústria de latas de alumínio reutiliza as latas, entre outras. O autor chama a atenção para os trabalhos acadêmicos que nomeiam de logística reversa o que na verdade não tem nada a ver com o referido conceito. Um exemplo disto é o caso de movimentação, armazenagem e reciclagem de fibras de coco, pneus, cartuchos de tinta de impressoras, garrafas PET que não voltam para sua indústria de origem, mas são matérias-primas para outras indústrias, portanto não devendo ser classificado como processo de logística reversa, segundo o autor.

Além desta visão, com relação à distribuição reversa, pode-se complementar com a ideia de Chaves, Alcântara e Assumpção (2008). As autoras destacam a existência de dois canais gerais de logística reversa: a) canal pós-consumo: se caracteriza por produtos oriundos de descarte após uso, que pode ser reaproveitado de alguma forma ou descartado, em último caso e; b) canal pós-venda: se caracteriza pelo retorno de produtos com pouco ou nenhum uso, com problemas de responsabilidade do fabricante ou distribuidor e, ainda, por insatisfação do consumidor.

A respeito desses canais, Leite (2009) considera que a logística reversa de pós-consumo é aquela que operacionaliza o fluxo físico e informacional de bens descartados pela sociedade, mas que retornam ao ciclo dos negócios por meio de canais reversos de

distribuição. Os produtos originados desse processo, segundo o autor, podem ser provenientes de bens duráveis ou descartáveis, mas que serão reutilizados, remanufaturados ou reciclados.

Leite e Brito (2003) mapearam os canais de distribuições reversos, tanto para pós-venda quanto para pós-consumo, conforme figura 5.

Figura 5: Tipologia dos canais de logística reversa

Fonte: Leite e Brito (2003, p. 5)

Conhecer as possibilidades de canais reversos é importante, contudo, ressaltasse que os estudos em logística reversa tem um foco maior no canal de pós-consumo, uma vez que os produtos que retornam pós-venda ocorrem por erros em pedidos ou algum defeito detectado pelo cliente, mas que pode ser reparado e colocado a venda novamente. Além disso, o retorno de produtos pós-consumo e sua destinação causam muitas dúvidas sobre os benefícios econômicos, sociais e ambientais envolvendo todos os agentes atuantes deste processo, como empresas, sociedade, governo, entre outros.

2.2.3 Logística Reversa e Aspectos da Sustentabilidade

Uma vez compreendido que o conceito de sustentabilidade é algo amplo o suficiente para abarcar o conceito e justificar as práticas de logística reversa, pode-se dizer, então, que as ações de logística reversa são capazes de impactar aos agentes envolvidos no que diz respeito

aos 3 (três) fatores que esteiam a importância da sustentabilidade, ou seja, ambiental, social e econômico. Afinal, segundo Coelho (2010), a logística reversa não deve ser percebida apenas como uma perspectiva de negócios, mas como um procedimento sustentável, de modo a refletir preocupações com o meio ambiente e com a sociedade. Isso por que, segundo a autora, o processo reverso trata-se de algo muito mais amplo que simples devoluções.

Neste sentido, a poluição pelo excesso de materiais pós-consumo que não retornam ao ciclo produtivo tem consequências para a sociedade, pelo custo da destinação incorreta dos mesmos impactando o ambiente, e para a empresa pela repercussão negativa em sua imagem. A respeito dos impactos dos materiais pós-consumo, é importante conjecturar sobre as três esferas do *triple bottom line*, com base em resultados e reflexões das pesquisas existentes nesta linha, como será exposto a seguir. A proposta é pensar nos possíveis benefícios econômicos, sociais e ambientais de um processo de logística reversa, como sendo, por exemplo: a) econômico: lucro, atrair mais clientes, economia de custos, manter a competitividade, empregos; b) social: condições de trabalho, retorno para a comunidade; c) ambiental: redução do uso de recursos naturais por meio de novas extrações e explorações para criação de mais embalagens/produtos, menor acúmulo de lixo e contaminação de água (LEITE, 2009).

2.2.3.1 Logística Reversa e o Aspecto Ambiental

A respeito do papel da logística reversa no meio ambiente, Motta (2011) ressalta que a logística reversa de pós-consumo chama a atenção por estar relacionada diretamente com a preservação do meio ambiente, isso porque ela tem papel essencial contra a degradação do meio ambiente procurando então, contribuir para um desenvolvimento sustentável. Nessa linha, Coelho (2010) cita o caso da logística reversa pós-consumo de reciclagem de PET, o qual é capaz de reduzir a poluição do solo, da água e do ar, além de prolongar a vida útil dos aterros e melhorar a limpeza pública. Coelho, Castro e Gobbo Júnior (2011) também corroboram com esses benefícios ambientais provenientes da prática de logística reversa, destacando as melhorias em questões de saneamento público, fato este que também poder ser considerado um benefício sob o aspecto social.

Contudo, outros benefícios ambientais das práticas de logística reversa foram expostos por Fleischmann et al. (1997), sugerindo que um dos aspectos motivacionais para práticas de logística reversa é o fato de muitos países industrializados passarem por um esgotamento da capacidade de aterros e de incineração, assim a motivação ambiental dessas práticas é um aspecto típico, por exemplo, na Europa. Neste sentido González-Torre, Adenso-Díaz e Artiba (2004) também comentam que os benefícios ambientais obtidos com um processo de logística reversa é a redução da poluição por resíduos sólidos, menor saturação nos aterros sanitários e preservação de matéria-prima virgem. Nesse último ponto, Souza e Fonseca (2009) comentam sobre a redução ou possibilidade de eliminação de corte de árvores.

Embora o fator ambiental seja considerado como um benefício das práticas de logística reversa, algumas pesquisas, como será visto mais adiante, focam primordialmente no aspecto econômico, por esse ser mais fácil de mensurar, em segundo momento tecem considerações sobre o aspecto social. Tanto é que Campos (2006, p. 23) inicia sua revisão teórica sobre a relevância da logística reversa da seguinte maneira: “A importância da logística reversa pode ser vista em dois grandes âmbitos: o econômico e o social”. Contudo, provavelmente essa posição de Campos (2006) não significa que a autora deixou de considerar que o aspecto ambiental também é fruto das ações de logística reversa, mas ressaltou a importância, que talvez sejam o maior foco e preocupação de qualquer ação, pelas empresas, que é o aspecto econômico, atrelado à competitividade e a imagem corporativa. Tais pontos também são abordados por Hazen, Cegielski e Hanna (2011).

Portanto, dentre os vários benefícios ambientais com a prática de logística reversa, de modo simplificado, as pesquisas destacam os seguintes:

- redução na poluição do solo, da água e do ar;
- aumento da vida útil dos aterros;
- melhores condições de saúde pública;
- redução de resíduos sólidos e
- evita escassez de recursos ambientais por novas extrações, em que se podem incluir gastos com energia elétrica, petróleo, entre outros materiais.

De forma geral, o uso da logística reversa como estratégia organizacional pode ajudar a desacelerar o processo de degradação ambiental, mas, junto com isso, influenciar uma série de questões sociais e éticas (SARKIS; HELMS; HERVANI, 2010).

2.2.3.2 Logística Reversa e o Aspecto Social

Com relação às pesquisas acadêmicas referentes aos modelos de logística reversa elas raramente incorporam os aspectos sociais, porém este é também um fator crítico para medir a contribuição de uma empresa para o desenvolvimento sustentável (NIKOLAOU; EVANGELINOS; ALLAN, 2012).

A contribuição da logística reversa sob o ponto de vista social destacada pelas pesquisas refere-se, principalmente, às questões de emprego para pessoas que não tiveram oportunidades de melhores qualificações. Nesse sentido, Formigoni e Rodrigues (2009), ao analisarem o perfil dos catadores de São Paulo verificaram que a maioria veio de outras áreas de atuação pelo fechamento dos postos de trabalho, sendo que não haviam conseguido reingressar no mercado. A alternativa encontrada para renda foi o trabalho de reciclagem. Ou seja, esse processo abriu oportunidades para trabalhadores que estavam com dificuldades de se reinserirem no mercado. Isso significa que o catador seletivo acaba sendo uma opção viável para ocupação, resgate da cidadania e remuneração de uma parte da população desempregada. Contudo, a pesquisa dos autores destacou, ainda, que as condições de trabalho são precárias, quanto a reconhecimento e registro.

Sob esse aspecto, Coelho (2010) ressalta que os materiais descartados em lixões acabam sendo fonte de coleta para catadores, porém, tais materiais podem estar contaminados com metais pesados. Além disso, esses indivíduos ficam sujeitos a infecções, risco de cortes e contágios de doenças dado às atividades insalubres. Contudo, o processo coordenado de logística reversa é capaz de contribuir para geração de empregos a uma parcela da população e sem risco, desde que ele seja estruturado. Porém, um destaque importante dado pela autora é que o consumidor tem papel importante em alguns processos para evitar descarte incorreto do material em lixo comum, que seria o atendimento ao processo de coleta seletiva.

Entretanto, além dos aspectos tratados pelos autores quanto à geração de emprego, outra atuação social da logística reversa está relacionada à retirada de lixos e resíduos de aterros, ruas e outros locais de destinação incorreta, consequentemente reduzindo o risco da saúde pública para a sociedade. Campos (2006), por exemplo, considera que a redução de lixo em aterros sanitários, dada a atividade de reciclagem, diminui a contaminação de lençóis freáticos.

Com relação à logística reversa de garrafas reutilizáveis há alguns aspectos sociais de segurança relacionados a essa prática, como sendo: eliminação de embalagens cortantes

reduzindo possibilidades de cortes e lesões; tamanhos e pesos padronizados da embalagem também reduz lesões; *containers* e paletes padronizados facilitam a utilização de sistemas automatizados reduzindo a necessidade de operações manuais (contudo, este aspecto se contrapõe a ideia de geração de empregos). A título de exemplo, tem-se o caso da Motorola que reduziu em 58% as lesões ao substituir os paletes pelos retornáveis (SARKIS; HELMS; HERVANI, 2010).

Assim, de modo geral, as ações resultantes de práticas de logística reversa sob a perspectiva social podem ser:

- geração de emprego aos indivíduos sem formação ou desempregados;
- redução de contaminação pública, incluindo o lençol freático, com a destinação correta de materiais e resíduos, preservando a saúde pública e
- menor exposição do indivíduo a materiais cortantes.

2.2.3.3 Logística Reversa e o Aspecto Econômico

As ações de logística reversa também podem contribuir para questões econômicas e financeiras para as empresas. Por exemplo, Meade e Sarkis (2002) colocam que o processo de logística reversa tem uma perspectiva ambiental com ações de reciclagem, remanufatura e reclamação, mas que pode ser uma forma de financiar a operação da empresa, como o caso de máquinas remanufaturadas utilizadas pela Xerox; processo de reuso, remanufatura e reclamação de partes de computadores e equipamento da Compaq. Neste sentido Leite (2009) também assenta que o objetivo econômico da logística reversa pós-consumo é obtenção de resultados financeiros pelas economias obtidas nas operações industriais pelo fato de haver aproveitamento de componentes pelo reuso.

Um dos fatores econômicos motivacionais para prática de logística reversa está relacionado com a ideia de recuperação do valor incorporado ao produto utilizado, por meio da reposição de peças, venda em mercados secundários, sendo que os custos para deixar esses itens em condições de uso são inferiores. Tem-se ainda o fato de que as questões ecológicas e econômicas da sustentabilidade estão interligadas, isso porque, a redução de custos com minimização de resíduos gera ganho de custos para as empresas e os clientes, ecologicamente conscientes, passam a ser um novo mercado de oportunidades. Contudo, há que se notar, que

nem todo processo de logística reversa ocasiona em redução de custos, pelo contrário, o aumento de custos pode ocorrer em alguns casos, sendo ele repassado ao preço do produto, consequentemente ao cliente, o qual pode não estar disposto a pagar mais nesse sentido (FLEISCHMANN et al., 1997).

No entanto, cabe observar que esse impacto no custo das empresas pode ser diferente para países e localizações distintas por uma série de fatores que as pesquisas deveriam levar em consideração como: cultura, inflação, ação do governo, entre outros. Tanto é que Amano (2004) salienta que o consumo de garrafas PET e o retorno das mesmas para as indústrias, para então serem encaminhadas para o processo de reciclagem, elevam o custo para as empresas Suecas, mas no caso do Japão o aumento de custos ocorre para o município e as indústrias conseguem reduzir custos.

Além disso, uma das principais razões por trás dos processos de logística reversa com relação aos aspectos econômicos é a recuperação do valor incorporado ao produto utilizado e as economias de materiais e componentes, além disso, sucatas de metal, papel e garrafas de vidro são exemplos de reutilizações existentes há algum tempo que respondem, principalmente, pelas vantagens econômicas de seu processo (GONZÁLEZ-TORRE; ADENSO-DÍAZ; ARTIBA, 2004). Campos (2006) acrescenta ainda os ganhos financeiros obtidos a partir das práticas de logística reversa como a redução de custos pela reutilização de peças que seriam descartadas como cartuchos de impressoras, reutilização de engradados, entre outros.

Skinner, Bryant e Richey (2008) colocam que as políticas de retorno de materiais adotadas pelas empresas trazem vantagens competitivas em relação às companhias que não apresentam tais políticas. Isso porque, essas ações de retorno geram um impacto positivo na decisão dos clientes em adquirir os produtos destas empresas. Ao analisar a relação entre o desempenho econômico e decisões de descartar, reciclar, renovar, remanufaturar e reembalar de empresas de autopeças, os autores identificaram que as ações de descarte e reciclagem apresentaram relação positiva com o desempenho econômico, embora as demais não apresentassem relação estatisticamente significativa.

Diversos outros benefícios das práticas de logística reversa podem ser considerados, como redução do volume de lixo e sobrecarga em aterros, o que inclui redução nos gastos na gestão de resíduos pelos municípios; economia de energia elétrica e petróleo; capacidade de gerar empregos e redução de custos ao consumidor. Contudo, é importante lembrar que a logística reversa tem um custo para o fabricante, o transporte do material de volta ao estabelecimento (COELHO, 2010).

Por outro lado Fleischmann et al. (1997) destacam que existem ainda pressões dos consumidores para considerações das questões ambientais pelas companhias, pois a ideia de “imagem verde” vem se tornando um importante elemento do marketing, ou seja, impactando a imagem da empresa. Neste sentido Leite (2009), também destaca que se deve considerar que o *triple bottom line* tem como ideia principal as questões éticas, ambientais e sociais são a base necessária para que a empresa garanta sua sustentabilidade econômica. O autor considera que as ações das empresas quanto à preservação ambiental é capaz de recompensar, dando retornos pela imagem diferenciada, aumentando sua vantagem competitiva em relação aos concorrentes. Isso significa que o impacto na imagem da empresa é uma motivação forte para os programas de logística reversa. Porém o autor acrescenta que, a respeito dos custos da logística reversa, devem-se considerar os valores emanados da contabilidade de custos (como custos diretos, indiretos, fixos e variáveis); custos relacionados à gestão das operações (como custo de oportunidade e custos ocultos, ou seja: custos relativos às falhas e desperdício de tempo, custos envolvendo a marca, a imagem ou a reputação da empresa) e ainda os custos relacionados à imagem corporativa da marca. Leite (2009) também alerta que existem casos em que os custos de coleta de materiais pós-consumo até sua reintegração ao ciclo de vida do produto podem superar as vantagens econômicas de reutilizá-lo. Portanto, é uma análise que deve ser feita a cada processo de logística de reversa e não generalizar para todos os materiais, como plástico, vidro, pneus, madeira etc.

Nesse sentido, Grimes-Casey et al. (2007) colocam que a decisão das empresas em manter um negócio ecológico por ir contra ao modelo de negócio competitivo, pela necessidade de lidar com altos riscos financeiros e tecnológicos, porém, o ganho de imagem pública, a motivação pessoal do indivíduo tomador de decisão, ou mesmo os padrões morais que a empresa passa para outros agentes como governos, concorrentes ou membros da cadeia de suprimentos, podem ser fatores capazes de superar os custos e os riscos financeiros para este negócio voltado para o meio ambiente.

A título de exemplo, Bing, Bloemhof-Ruwaard e Van der Vorst (2012) salientam que o aumento de preço do petróleo eleva o preço do polímero virgem, tornando os materiais reciclados mais rentáveis, isso porque o preço do polímero está correlacionado com o preço do petróleo. Lambert, Riopel e Abdul-Kader (2011) também acrescentam que os custos crescentes de combustíveis fazem com que os custos logísticos subam também. Neste sentido, há um gasto alto para as empresas praticarem logística reversa, contudo, ela também está se tornando economicamente mais atraente, devido à subida dos preços das commodities nos últimos anos, como por exemplo: óleo, aço, cobre etc. (LI; OLORUNNIWO, 2008). Essa

relação indica que processos de reciclagem, remanufatura e reutilização de embalagens são uma opção capaz de reduzir o custo de produção. Contudo, também é importante considerar, no caso de reutilização, todos os gastos econômicos e ambientais no processo para deixar o material em condições de reuso.

Hsu, Alexander e Zhu (2008) consideram que a logística reversa é uma área emergente que está apenas começando a chamar a atenção da alta gerência, sendo uma "nova fronteira" que deve ser vista como uma excelente oportunidade para melhorar a rentabilidade de uma empresa. Contrariamente, Campos (2006) ressalta que a logística reversa normalmente não ocasiona em lucros, mas sim gera prejuízos para as empresa, de modo que elas não deem a atenção equitativa a este fluxo como é dada ao fluxo do produto.

Portanto, percebe-se que as pesquisas ressaltam diversos pontos econômicos que podem ser favorecidos pelas práticas de logística reversa, mas também colocam questionamentos e pontos para se refletir sobre a ocorrência ou não desta economia para as companhias. Todavia, resumindo os principais ganhos econômicos com esta prática tem-se:

- financiar a operação da empresa por meio de uso de máquinas remanufaturadas;
- recuperação de valor e venda em mercados secundários;
- melhora na imagem da empresa ocasionando em vantagem competitiva;
- redução dos gastos na gestão de resíduos pelos municípios;
- economia de energia elétrica e petróleo e
- redução de custos ao consumidor.

2.2.3.4 Outros Aspectos da Logística Reversa

Além dos benefícios econômicos, sociais e ambientais esperados com a prática da logística reversa, é importante considerar que há outros pontos de vista e aspectos inerentes. Por exemplo, em alguns momentos o volume de itens retornados pode ser maior que o processo de eliminação dos materiais; os materiais retornados ocupam espaço de armazenamento gerando custos de estocagem; o tempo de processar esse material retornado pode ser longo; tem a questão da confiança do cliente nos produtos que passaram por esse processo; pode vir no processo de retorno materiais não identificados ou não autorizados, ou

seja, aspectos que não fazem da logística reversa uma atividade sempre simples (SCHWARTZ, 2000). Além de não simplificarem a atividade, as variações desses aspectos podem impactar positivamente ou negativamente em índices ambientais, econômicos e sociais do processo de logística reversa.

Nesse sentido, Meade e Sarkis (2002) comentam que o *Reverse Logistics Executive Council* estimou o gasto com movimentação, transporte e processamento de produtos retornados em torno de U\$ 35 bilhões anuais, contudo, os autores destacam que nessa conta não estão inclusos os gastos com administração, tempo e custos de transformar um produto inutilizável em um ativo produtivo, mostrando que a atividade de logística reversa pode exigir gastos de recursos financeiros. Tanto é que Campos (2006) ressalta que uma das barreiras para as práticas de logística reversa é o fator financeiro e os custos que a própria atividade exige, podendo inclusive superar os custos de produção⁶. A título de exemplo, a autora destaca que entre embalagens do tipo *one-way* e as reutilizáveis, as empresas podem optar pela primeira, pois sua utilização acaba sendo mais barata do que recolher, separar, dar toda manutenção e higienização necessária para a reutilização de uma mesma embalagem. Krumwiede e Sheu (2002) também destacaram a necessidade de maiores gastos pelas empresas ao adotarem práticas de logística reversa, envolvendo: tratamento, processamento e transporte das mercadorias retornadas. Por outro lado, Daugherty, Autry e Ellinger (2001) consideram que a prática de logística reversa ocasiona em utilização mais eficaz dos estoques da empresa, o que acaba refletindo nas demonstrações financeiras da companhia.

Além desses pontos, outro aspecto importante que vem sendo considerado pelas pesquisas na área de logística reversa, e que se torna um motivo propulsor, ou não, deste processo, são as questões culturais; desde a educação, costume e moral desenvolvida pelo consumidor para o hábito de praticar a logística reversa, quanto para o consumo de materiais que fizeram parte de um procedimento reverso, seja reciclagem, remanufatura ou reuso. Neste contexto, Uda (2010) destaca que a análise do ciclo de vida do produto, o que inclui o processo de logística reversa, é diferente para cada região do país, isso porque há diferenças sociais, econômicas e culturais. Da mesma forma, Grimes-Casey et al. (2007) consideram que os valores morais e inerentes do consumidor tem relação com o uso de embalagens ambientalmente corretas ou não, bem como as pressões regulatórias para tal uso. Nesse sentido também são as reflexões de Hazen, Cegielski e Hanna (2011), ao identificarem que os

---

⁶ O coordenador de logística da empresa utilizada para conhecer o processo de reutilização de garrafas afirma que o custo de logística da empresa é elevado em 30% em função dos gastos nas atividades logísticas de retornáveis, corroborando com essa literatura.

consumidores não consideram produtos fruto de reutilização e remanufaturados como de mesma qualidade que os produtos novos, fato que pode estar atrelado à falta de conhecimento desses consumidores e carência de propagandas esclarecedoras. Por outro lado, Pedrosa (2008) considera que a logística reversa favorece a criação de uma nova mentalidade social.

González-Torre e Adenso-Díaz (2002) também já haviam verificado que a coleta de vidro apresentava relação com a educação do indivíduo, pois apresentar ensino de segundo grau ou ensino superior refletia em seus costumes e hábitos. Carbone, Sato e Moori (2005) também destacam a questão cultural ao colocarem que um aspecto importante para a adoção do gerenciamento da logística reversa é o aumento de consciência ecológica dos consumidores, os quais esperam que as empresas reduzam os impactos negativos de sua atividade ao meio ambiente. Chaves e Batalha (2006) enfatizaram que a preocupação com processos de logística reversa ocorre pela busca da diferenciação das empresas no mercado, pela mudança na cultura do consumo dos clientes e até mesmo pela existência de legislações.

Na linha de questões culturais Coelho, Castro e Gobbo Júnior (2011) ressaltam ainda, como fruto de sua pesquisa, a necessidade de educar as pessoas envolvidas, direta ou indiretamente no processo de logística reversa, para que se crie conscientização da necessidade de redução na geração de resíduos, além de reestruturar a cadeia de logística reversa pós-consumo e envolver indústrias e governo, por meio de políticas públicas. Portanto os autores colocam a posição de governos e a necessidade de legislações sobre o assunto.

O aspecto “legislação”, como motivador para práticas de logística reversa, também foi considerado por Souza (2008) ao ponderar que a legislação ambiental torna as empresas mais responsáveis pelo ciclo de vida de seus produtos (desde a entrega dos produtos aos clientes e do impacto que eles causam no ambiente). Chaves et al. (2005) também salientam que as atividades de logística reversa são mais intensas em locais em que a sociedade é mais exigente ou quando há uma legislação mais rígida. Esse aspecto é corroborado por Ferrara e Plourde (2003), que consideram a intervenção do governo necessária, por meio de ações corretivas como: impostos sobre produtos e lixos, depósitos obrigatórios, proibições claras etc.

Com relação ao destino de garrafas, Matar (2011) comenta que leis mais rígidas deveriam ser elaboradas pelos governantes para proteção ao ambiente em relação à decomposição de garrafas plásticas em aterros. Contudo, além da possível interferência positiva das leis no desenvolvimento e entendimento das práticas de logística reversa, porém relacionado com a questão da educação do indivíduo, é o fato de que a logística reversa é uma disciplina completamente ausente nos currículos escolares de programas de negócios (SKAPA; KLAPALOVÁ, 2012). Aspecto que poderia contribuir para maior contato,

desenvolvimento e reflexão dessas questões. Pokharel e Mutha (2009) também consideram que o sistema de logística reversa pode ser facilitado por direcionadores como as legislações.

Os efeitos e a importância de legislações a respeito de práticas de logística reversa já foram descritos por Peaker (1975) ao detalhar a respeito da economia de recursos que ocorreu com a aprovação de legislações no Estado de Oregon, Estados Unidos, requerendo o retorno de embalagens de bebidas como cerveja e refrigerantes. A implantação desta legislação ocasionou nos seguintes benefícios para a sociedade: a) preservação das reservas naturais de ferro e estanho; b) conservar as reservas de produtos energéticos como petróleo; c) menor consumo de energia e d) redução de lixo nas ruas. Embora Lambert, Riopel e Abdul-Kader (2011) também concordem que o aspecto legal é uma motivação para a prática de logística reversa, por outro lado eles pontuam que necessariamente não é a forma mais bem vista pelas empresas. Para complementar, os autores dizem que a razão comercial, em função de contratos de negociação entre as partes, com cláusulas exigindo ações de logística reversa ou preocupação ambiental, é uma razão importante e motivacional para a prática da logística reversa pelas empresas. Por outro lado, Rogers, Rogers e Lembke (2010), consideram que os canais reversos podem ser tratados como um mercado emergente, pois é provável que mais regulamentações, em um futuro próximo, sejam criadas para que empresas tenham que recuperar ou inutilizar os produtos devolvidos por meio desses canais.

Além desses pontos, pode-se considerar que a empresa pode ter benefícios diretos e indiretos com relação às práticas de logística reversa. Os benefícios diretos seriam os financeiros, obtidos por meio de lucro de produtos revendidos, economia pelas peças de reposição e reutilização de materiais reciclados; enquanto que os benefícios indiretos estão relacionados a duas áreas: a imagem da empresa e *feedback*. Este último, segundo os autores, é conseguido pelo fato de que a logística reversa contribui para identificar as necessidades dos clientes e traz essa informação para mais próxima da empresa (SKAPA; KLAPALOVÁ, 2012). Daugherty, Autry e Ellinger (2001) também consideram que o benefício indireto das práticas de logística reversa é o impacto positivo na imagem da corporativa, bem como a maior satisfação do cliente.

Outro benefício proveniente de um processo de logística reversa levantado por Andrade, Ferreira e Santos (2009) é com relação à redução dos riscos associados aos descartes inadequados de produtos considerados perigosos como: lâmpadas, baterias e embalagens tóxicas. Esses materiais podem conter substâncias cortantes e tóxicas ao ser humano.

Portanto, pode-se considerar que a logística reversa tem como um dos principais objetivos a redução do uso de recursos, minimização na geração de resíduos e no consumo de energia (MARQUES; AGUIAR, 2004).

Resumidamente, os aspectos deveriam ser considerados para e por influenciar as práticas de logística reversa comentados pelas pesquisas são:

- logística reversa também ocasiona em gastos, como no processo de retorno e armazenagem dos materiais;
- diferenças culturais, sociais e econômicas dos indivíduos;
- educação e conscientização das pessoas;
- legislações mais rígidas quanto a essa prática e
- impactos na imagem da empresa.

De forma geral, a eficácia do processo de logística reversa depende de todos os elos abrangidos, o que pode, em alguns casos, gerar dificuldades nesse processo por falta de colaboração de partes envolvidas. Além disso, o processo de engenharia reversa deve ter viabilidade técnica, econômica e ambiental, mas que é comum encontrar incoerências entre o resultado econômico e o ambiental, ou seja, deve garantir a sustentabilidade ambiental, porém deve remunerar todos os elos sem inviabilizar economicamente o processo (CHAVES; ALCÂNTARA; ASSUMPÇÃO, 2008).

Coelho, Castro e Gobbo Júnior (2011) também destacam que a logística reversa deve considerar a interação dos aspectos sociais, ambientais e econômicos como perspectivas integras, caso contrário, a dissociação de um desses elementos em um processo de logística reversa não está condizente com o pressuposto da sustentabilidade. Além disso, pode-se complementar que ações em qualquer um desses aspectos podem ocasionar impactos em um segundo ou terceiro. Tais relações estão esquematizadas na figura 6.

Figura 6: Interações e efeitos dos aspectos sociais, econômicos e ambientais da sustentabilidade
Fonte: Elaborado pela autora

Assim, diante dos benefícios econômicos, sociais e ambientais esperados de um processo de logística reversa, o qual pode ser influenciado por fatores como: volume de retorno, espaço de armazenagem, custos de estocagem, tempo de processar o produto retornado, movimentação ou transporte da logística, gasto com separação, manutenção, higienização; é que surge o interesse em verificar como as variações nesses impactam naqueles.

2.3 Política Nacional de Resíduos Sólidos

O aumento do consumo e da população, juntamente com padrões não sustentáveis de fabricação, conduziu ao aumento na geração de resíduos urbanos e industriais, os quais geram impactos negativos ao ambiente e deterioração das condições de vida por meio do comprometimento da saúde da população, mediante proliferação de parasitas, poluição do ar, do solo, de águas superficiais e subterrâneas e escassez de recursos naturais. Além disso, é importante considerar que a geração de resíduos é um desperdício de matéria prima e insumos (MARQUES; AGUIAR, 2004). Este cenário está mobilizando algumas legislações com objetivo de rever ações das empresas com relação ao tratamento aos seus produtos pós-consumo.

Tanto é que em 02 de agosto de 2010, o Presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, por meio da Lei número 12.305 (BRASIL, 2010), a qual alterou a Lei nº 9.605 de 1998 que dispunha sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. A Política Nacional de Resíduos Sólidos trata dos princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público. Apresenta ações adotadas pelo Governo Federal, que podem ser isoladamente ou em cooperação com os Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares.

Atualmente a logística reversa é um processo determinado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, que em sua seção II institui a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes com o governo a respeito do manejo de resíduos sólidos, como: aproveitamento dos resíduos; redução da geração de resíduos; reduzir desperdício de materiais e danos ambientais; incentivar o uso de insumos de menor

agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade; estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis, entre outros. Todavia, Gadia e Oliveira Júnior (2011) ressaltam que, apesar da Política Nacional de Resíduos Sólidos demandar a participação de todas as esferas da sociedade, o Poder Público não deve utilizar desta colocação para deixar de atuar no cumprimento de seu papel, ou seja, como de fundamental articulador do processo e responsável por toda a execução da proposta e cobrança de sua efetivação.

Mais propriamente, no artigo 32 da referida lei, há ainda a colocação de que as embalagens devem ser fabricadas com materiais que propiciem a reutilização ou a reciclagem. Contudo, é no artigo 33 da lei 12.305/10 que a logística reversa é citada como sendo obrigatória a estruturação e implementação de sistemas de logística reversa, por meio do retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, sendo colocado ainda que tal ação deva ocorrer de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. De acordo com este artigo, está obrigada por lei a logística reversa dos seguintes produtos: a) agrotóxicos: considerando seus resíduos e embalagens; b) produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso; c) pilhas e baterias; d) pneus; e) óleos lubrificantes: tanto seus resíduos quanto suas embalagens; f) lâmpadas fluorescentes: que possuem vapor de sódio, mercúrio e de luz mista; g) produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos não obrigue a prática de logística reversa de embalagens de vidro e plástico, o que incluiria as garrafas/engradados, no inciso parágrafo 1º do artigo 33 é colocado que pode haver acordos setoriais no estabelecimento de compromissos entre o poder público e o setor empresarial, para estender o processo de logística reversa para produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados. Tanto é que, o artigo 32 da lei salienta que as embalagens devem ser produzidas com materiais que permitam reutilização ou reciclagem, bem como projetadas para poderem ser reutilizadas de maneira tecnicamente viável e recicladas quando a reutilização não for possível.

Cabe ainda lembrar que a Lei 12.305/10 traz pontos necessários para adequada implantação e operacionalização da logística reversa como: a) estabelecer procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados e atuar em parceria com cooperativas ou associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis; e b) disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis. Nesse sentido, Gadia e Oliveira Júnior (2011)

destacam que a primeira medida é importante para melhorar as condições dos catadores que vivem do conteúdo dos lixos para sobreviver, a qual alinhada a um processo de capacitação para correta retirada dos resíduos dos lixos pode auxiliar na melhoria na vida de muitos cidadãos. Este seria o aspecto social atendido pelo processo de logística reversa. Com relação à segunda medida, ou seja, a existência de postos de entrega, Gadia e Oliveira Júnior (2011) afirmam que esses postos para recolher resíduos reutilizáveis e recicláveis é um fator importante ao processo, pois amplia a gama de locais credenciados para receberem o material além de ser mais uma opção capaz de atuar na educação dos cidadãos, de modo a incentivar a conscientização da importância da separação dos resíduos recicláveis e reutilizáveis e viabilizando assim seu retorno ao ciclo produtivo.

Percebe-se, pelo texto da lei, que há uma ênfase na reutilização das embalagens, antes mesmo de optar pelo processo de reciclagem.

2.4 Tomada de decisão: implantação de ações de logística reversa

De maneira geral as empresas em todas as áreas da cadeia de abastecimento estão considerando a adoção de uma série de iniciativas de sustentabilidade, a fim de alcançar uma vantagem competitiva, ou pelo menos manter uma paridade competitiva, sendo que esta vantagem, então traduz em um desempenho financeiro superior (HAZEN; CEGIELSKI; HANNA, 2011). Neste sentido, relacionando a logística reversa como uma possibilidade de garantir a sustentabilidade da empresa ela pode ser uma forma de auxiliar a empresa nos ganhos econômicos, sociais e ambientais. Nada obstante, as ações da logística reversa não são apenas benéficas, mas também há uma série de custos que são muito importantes para a organização e devem ser levados em consideração (RAMÍREZ, 2012).

A pesquisa de Grimes-Casey et al. (2007) foi uma das principais com a proposta de analisar a tomada de decisão das empresas em utilizarem embalagens retornáveis ou a reciclagem, identificando o equilíbrio de Nash na relação entre indústria e consumidor. Os autores ressaltam que as embalagens retornáveis podem reduzir em até 50% a quantidade de resíduos sólidos gerados, consumo de energia e custo de fabricação se comparada com as garrafas *one-way*. Mesmo assim, o que se verifica é que as embalagens reutilizáveis estão diminuindo nos EUA, enquanto que em 1980 elas representavam 30% do mercado, em 1998 elas representaram 1%, o que se deve, entre outros fatores, pela cultura e costume dos

consumidores. Além disso, o custo para a indústria depende da decisão do consumidor em retornar os vasilhames. Grimes-Casey et al. (2007) também destacam que embora as garrafas reutilizáveis tragam benefícios econômicos e ambientais, as descartáveis vem se tornando cada vez mais popular, pois o consumidor associa o reuso com contaminação, risco de quebra e aparência menos desejável. Assim a empresa, ao decidir implementar qualquer tipo de embalagem, deve ponderar a aceitação no mercado, caso contrário poderá ter impactos negativos em seu retorno ou lucratividade e esta consequência deve ser levada em consideração.

A relação benefício do uso de garrafas retornáveis atrelado ao número de retorno das mesmas também é considerado por Fisher e Horton (1979), os quais afirmam que é o retorno dessas garrafas que tem papel central na determinação da viabilidade privada e social do sistema de devolução. Contudo, além desse aspecto Fisher e Horton (1979) acrescentam um ponto importante a ser considerado na escolha entre garrafas retornáveis ou não-retornáveis que é o fato de que aquelas são mais pesadas e mais cara do que essas, de modo que o sistema de retorno acaba gerando maior custo de distribuição. Contrapondo esse aspecto, os autores ressaltam que é importante considerar que cada vez que uma garrafa é retornada, são alcançadas poupanças nos custos associados com a aquisição da matéria-prima e fabricação para um recipiente novo, consequentemente, nos custos totais das bebidas em garrafas retornáveis. Por exemplo, as garrafas retornáveis são capazes de gerar menor impacto ambiental, como: a) menor consumo de energia; b) menor geração de resíduos sólidos; c) menor poluição da água e do ar; porém, esses benefícios dependem da taxa de retorno das embalagens. Esses aspectos, colocados em debate a respeito dos benefícios ou custos das práticas de logística reversa foram tratados por Skapa e Klapalová (2012), os quais consideram que as empresas focam a atenção na implantação de logística reversa, na questão de redução de custos na empresa e não propriamente na criação de valor.

A padronização de garrafas entre empresas concorrentes também é colocada como uma forma de garantir os benefícios econômicos e ambientais de uma prática de logística reversa deste material. Neste sentido Ko, Noh e Hwang (2012) destacam o ocorrido por sete principais empresas de cerveja na Coreia, as quais padronizaram a forma e as cores de suas garrafas retornáveis para evitar maiores gastos no processo de triagem, intercâmbio e recuperação das garrafas vazias. Sendo assim, somente em 2007, cerca de 24 bilhões de garrafas de vidro foram padronizadas, o que resultou em uma economia de custo anual em cerca de 40 milhões de dólares para as empresas. A padronização também permitiu que os fabricantes de cerveja pudessem praticar o uso de estoque em conjunto (*inventory pooling*).

Essa prática refere-se a um acordo em que diferentes empresas ou pontos de estocagem compartilham seus estoques, ou seja, eles podem ser utilizados para satisfazer a demanda de uma empresa que está com estoque baixo de embalagens retornáveis, mediante outra com *superávit* de estoque; aspecto esse apontado como benéfico para a logística reversa das garrafas retornáveis.

Tais evidências corroboram a ideia de que a tomada de decisão de uma empresa, quanto à implantação de práticas de logística reversa, deve levar em consideração todos os aspectos positivos e negativos, para evitar surpresas posteriores, inclusive sob o ponto de vista financeiro, reduzindo assim o nível de incerteza para a tomada de decisão. Dada a importância desses aspectos torna-se importante refletir sobre eles, ponderá-los e identificar os aspectos mais presentes na atividade da empresa e qual seu impacto frente às ações de logística reversa.

A logística reversa de produtos oferece muitos desafios e oportunidades que não estão presentes na logística (TIBBEN-LEMBKE; ROGERS, 2002). Nesse sentido, a logística reversa representa uma das maiores oportunidades, e mais negligenciada, para facilitar lucros e retornos para uma empresa, isso porque, atualmente, poucas companhias estão fazendo um bom trabalho em abordar esta questão (LAMBERT; RIOPEL; ABDUL-KADER, 2011). Silva et al. (2012) acrescentam que a prática de logística reversa tem mostrado benefícios que contribuem tecnicamente, economicamente e ambientalmente para a sustentabilidade do negócio. Mais especificamente, Yongsheng e Shouyang (2008) destacam que a logística reversa tem se tornado um componente chave na cadeia de suprimentos moderna, e um dos motivos são que os custos de eliminação de produtos aumentaram significativamente nos últimos anos, como aterros sanitários e capacidade de incineração, os quais estão ficando esgotados. Além desses aspectos, Silva et al. (2012) ressaltam que, no Brasil, o foco é ainda em embalagens descartáveis, as quais geram grandes quantidades de resíduos e que as embalagens recuperáveis podem reduzir os custos e o consumo de recursos, reduzindo ou eliminando a geração de resíduos.

Por outro lado, alguns desafios ou aspectos negativos podem estar relacionados com ações de logística reversa, as quais, muitas vezes, tem sido vistas como um mal necessário pelas empresas com pensamento não voltado para a pró-atividade de gerenciar esse processo (DAUGHERTY; AUTRY; ELLINGER, 2001). Álvarez-Gil et al. (2007), por exemplo, afirmam que programas de logística reversa muitas vezes exigem investimentos de longo prazo, que são susceptíveis de prejudicar lucros a curto prazo. Tibben-Lembke e Rogers (2002) comparam ações de logística (ou *forward logistic*) com logística reversa e

identificaram que essa tem previsão mais difícil; que a qualidade do produto não é uniforme; a embalagem do produto muitas vezes é danificada; os custos são menos visíveis diretamente; as negociações são mais complicadas e a visibilidade do processo é menos transparente. Outros aspectos que os autores identificaram é que a logística reversa tem maiores custos com transporte; menor custo para manter o estoque; maior custo de obsolescência, de triagem, de manutenção, de remanufaturar e de controle do valor contábil. Além de todos esses pontos Genchev, Richey e Glaber (2011) destacam que há uma complexidade na gestão da logística reversa que tornam o planejamento e o orçamento dessa atividade mais difícil. Alguns fatores podem ser citados como a falta de visibilidade sobre o número de retornos e as condições do produto devolvido. Dessa forma, a falta de retornos ou conhecer as condições das embalagens pode dificultar a elaboração de balanços precisos e orçamentos anuais. Então, se a contabilidade dessa atividade elevar o custo pode-se ser que ela não compense, tornando-se inaceitável.

Por outro lado, considera-se a possibilidade de reduzir os principais custos de uma ação de logística reversa por meio de planejamento das empresas para execução dessas ações, formalização de processos, padronizações de embalagens, quando for o caso. Tais pontos podem ser fundamentais para obter os benefícios associados à prática de logística reversa, bem como minimizar os custos envolvidos nessas ações (GENCHEV; RICHEY; GLABER, 2011). Isso porque, as empresas geralmente não iniciam as atividades de logística reversa como um resultado de um planejamento e tomada de decisão mas, em resposta a uma ação por parte dos consumidores ou a jusante membros do canal (TIBBEN-LEMBKE; ROGERS, 2002).

Portanto, os principais pontos positivos e negativos de ações de logística reversa, expostos pela literatura, que a empresa deve considerar estão resumidos no quadro 3:

Aspectos da Logística Reversa que Influenciam a Tomada de Decisão	
Aspectos positivos	Aspectos negativos
Contribuição técnica, econômica e ambiental para a sustentabilidade do negócio	Qualidade de produto não uniforme e embalagem visualmente danificada
Reduz custo de eliminação do produto/material	Investimentos podem prejudicar os lucros
Reduz sobrecarga de aterros sanitários	Visibilidade do processo é menos transparente
Reduz consumo de recursos naturais (matéria prima, energia etc.)	Maiores custos de transporte, triagem, manutenção e de controle e custos menos visíveis
Reduz a geração de resíduos	Baixa visibilidade do retorno
Reduz a poluição de água, ar e terra	Dificuldade de elaborar balanços precisos e orçamentos anuais

Quadro 3: Aspectos da logística reversa a serem considerados para tomada de decisão

Fonte: Elaborado pela autora

2.5 Evidências Empíricas na Logística Reversa de Embalagens

O desenvolvimento de pesquisas em logística reversa é recente, tendo como o ano de 1995 o início marcante dessa linha, contudo, os anos de 2004 e 2005 marcam um período de evolução nesses estudos. Um dos aspectos deste crescimento foi o fato de haver criações de edições especiais sobre questões ambientais em alguns periódicos, sendo que o maior foco é quanto ao planejamento de produção e gestão de estoques. Com relação aos estudos de logística reversa, o método utilizado na maioria dos trabalhos é o estudo de caso, portanto, tendem a utilizar mais aspectos qualitativos, com base em descrições conceituais e revisão da literatura. Todavia, ao mesmo tempo em que este tema se expandiu, junto observou-se a tendência na utilização de modelos matemáticos. Destaque pode ser dado às pesquisas na Holanda, Alemanha e nos EUA, sendo que os dois primeiros têm tradição forte em tratar aspectos do meio ambiente, tanto em termos legislativos quanto ao que diz respeito às preocupações de suas sociedades, enquanto que o último se caracteriza por sua política de devoluções liberal. No entanto, seria necessário ampliar a investigação nessa linha em outros países, especialmente os emergentes e economias em transição, os quais desempenharão um papel de liderança na cadeia de abastecimento global nos próximos anos (RUBIO; CHAMORRO; MIRANDA, 2007).

Mais propriamente, alguns estudiosos acadêmicos nacionais e internacionais desenvolveram trabalhos relacionados com alguns aspectos-chave desta pesquisa, como logística reversa, embalagens e/ou garrafas, modelagem, entre outros. Assim, determinados estudos serão apresentados, com destaque para seus objetivos, métodos de pesquisa e principais resultados, em uma ordem cronológica que permite vislumbrar a evolução do desenvolvimento da pesquisa nacional e internacional na linha aqui definida.

2.5.1 Pesquisas Nacionais

Alguns trabalhos acadêmicos nacionais estudaram a logística reversa de embalagens e/ou garrafas em cenários de reciclagem, descarte ou reutilização, apoiados nos processos de logística reversa e no conceito de sustentabilidade.

Carbone, Sato e Moori (2005), por exemplo, procuraram explorar quais os fatores relevantes para implantação da logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil para o período de 2002 a 2004, mapeando a prática de logística reversa em culturas distintas. Para realização da pesquisa os autores analisaram legislações, consumo de agrotóxico, área de plantio, tipo da cultura, entre outros, por meio de dados secundários obtidos das seguintes instituições: INPEV - Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias; ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química; SINDAG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola e ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. Assim, verificaram que o retorno das embalagens está relacionado com o tamanho da área plantada, sendo que o Mato Grosso foi o Estado com maior retorno das embalagens, seguido de São Paulo e Paraná; bem como a cultura explorada, sendo a soja a maior consumidora de produtos defensivos.

Com relação à reciclagem de embalagens PET, Gonçalves-Dias e Teodósio (2006b) estudaram os aspectos motivadores e limitadores desta ação. O estudo partiu de fontes secundárias de informações e entrevistas semi-estruturadas. De forma resumida, os autores identificaram um aumento no volume de PET reciclada, inclusive pelo fato de novas organizações estarem se envolvendo neste processo, constataram que essa atividade é motivada por questões ecológicas, econômica e pelo apelo social; identificaram que a capilaridade dos catadores no Brasil torna a ação mais ampla e com melhor visibilidade; por fim, consideraram que está havendo mais educação ambiental, aumentando a consciência nesse sentido. Por outro lado, os autores também listaram alguns entraves desse processo como a regulação da atividade de reciclagem de PET; ausência de legislação específica sobre o manejo do lixo; os impostos e taxas federais sobre os resíduos plásticos (destacam que a embalagem PET é o único material não isento de IPI – Impostos sobre Produtos Industrializados, bem como o fato de sofrer bitributação de ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços); inovação tecnológica; baixos investimentos em pesquisa e desenvolvimento; exigência de classificação dos diversos tipos de plásticos, que aumenta muito o custo da triagem; bem como a falta de interação dos atores envolvidos nessa cadeia.

Também direcionando o estudo para a coleta de embalagens recicláveis, Chaves e Batalha (2006) analisaram se há relevância para os clientes de supermercados o papel de centros de coleta dessas embalagens. O estudo de caso se deu com base em pesquisa com 105 clientes de três lojas de um hipermercado com instalações no Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte, portanto, cerca de 30 clientes entrevistados por cada loja. Como resultado, verificaram que a existência de centros de coleta não é fator que influencia na escolha do

cliente por aquele estabelecimento, contrário ao afirmado pela literatura exposta pelos autores, que afirma que sistemas de logística reversa utilizado pelas empresas resulta da preocupação crescente com o meio ambiente por parte dos consumidores. Contudo, o estudo abrangeu poucos participantes na pesquisa.

Outro estudo sobre logística reversa e embalagens retornáveis foi elaborado por Campos (2006). Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar a logística reversa e contribuir para o dimensionamento do sistema de embalagens retornáveis de tomates, de modo a identificar o número adequado de embalagens a ser utilizado. Para reestruturar o sistema de retorno de embalagens, simulações do tipo estocásticas foram feitas em um modelo proposto com utilização do *software* Arena®. O modelo compreendia o seguinte fluxo das embalagens: “central de embalagens - ponto de comercialização intermediária – comercialização final – central de embalagens”. Como resultado, o estudo e as simulações de cenários indicaram que o dimensionamento das embalagens depende do fluxo de serviços e que as embalagens retornáveis podem custar até 20 vezes o valor das embalagens descartáveis que ainda continua compensando financeiramente, afinal, o uso de embalagens retornáveis reduz em 95% o uso das embalagens descartáveis.

Adlmaier e Sellito (2007) tiveram como objetivo analisar os ganhos proporcionados pela adoção de embalagens retornáveis, porém não garrafas PET, mas embalagens para transporte internacional de peças para motores a diesel. Segundo os autores, essa embalagem pode ser utilizada mais de uma vez e da mesma forma. A pesquisa foi feita por meio de estudo de caso em uma empresa fabricante de motores a diesel. O que se havia verificado é que o transporte de cabeçotes era feito em embalagens de papelão descartáveis, o que implicava uma séria de dificuldades em função da oxidação do produto, bem como a necessidade de trocar a embalagem no meio do caminho, acarretando custos e problemas de qualidade dos cabeçotes após três meses de armazenagem. Segundo os autores, essas embalagens descartáveis consomem recursos naturais e geram resíduos, comportam menos produtos e ocupam mais espaço, fatores esses que contribuíram para repensar o uso dessas embalagens. Porém, não foi apenas a motivação comercial que fez a empresa optar por embalagens reutilizáveis, mas também questões de custos mais baixo e menor impacto na qualidade do produto. A embalagem de material plástico desenvolvida melhorou os aspectos de espaço; de preservação da qualidade do produto contra o processo de oxidação ao dispensar o uso de óleos protetores, os quais depois deveriam ser lavados pelos clientes e dado um destino correto; não gerou resíduo e os custos foram reduzidos com o reaproveitamento. As embalagens vazias voltam em mesmo número que as despachadas, garantindo total

retorno/reutilização, evitando assim, gastos e consumo de recursos para produção de novas embalagens e ocasionou em economia de R\$ 950 mil por ano. Contudo, percebe-se que, o estudo não faz análise dos impactos ambientais e sociais desta mudança, apenas comentam que essa ação ocasionou em valor ecológico pela redução dos resíduos gerados. Tanto é que os autores ressaltam a consciência da empresa sobre a limpeza dessas embalagens antes de serem reutilizadas, mas que até o momento, nada estava claro. Ficou evidente no estudo, bem como comentado pelos autores, que o principal fator motivacional pela adoção de embalagens retornáveis foi o econômico.

Em 2008, outro estudo é direcionado à logística reversa para embalagens no setor de bebidas. Assim, Chaves, Alcântara e Assumpção (2008) procuraram identificar quais os indicadores utilizados por uma empresa do setor de bebidas para avaliar seu desempenho na logística reversa, de acordo com os fluxos de produtos e embalagens retornáveis. Para isso, as autoras realizaram um estudo de caso no setor de bebidas, identificando quais os indicadores da logística reversa utilizados pela empresa para monitorar e controlar a atividade, sendo eles: porcentagem de produtos retornados ou trocados, porcentagem de produtos coletados, custo das mercadorias devolvidas, trocadas ou estragadas. Na empresa analisada na pesquisa, as autoras citam as seguintes mobilizações de recursos para uma logística reversa pós-consumo: funcionários, automóvel, caminhão, *containers* de coletas, material de divulgação, *software* de roteirização, prensa e amassadores de lata. Além disso, a empresa tem campanha para dar prêmios às escolas que conseguirem levantar maior número de latas de alumínio, PET e embalagens cartonadas. Depois de recolhidas, as embalagens são levadas para a empresa responsável por inspeção para então serem destinadas às empresas de reciclagem. Por outro lado, os vasilhames de vidro são higienizados antes de retornar ao processo produtivo, utilizando recursos ambientais e sociais.

Formigoni e Rodrigues (2009) analisaram a logística reversa do PET, apontando as deficiências e indicando caminhos para sustentabilidade. Como metodologia, os autores analisaram três cooperativas e o perfil dos catadores, bem como um censo realizado pela ABIPET, o qual trouxe informações sobre a cadeia reversa do material. Perceberam que o PET representa 15% do faturamento dos catadores, e que há perspectivas do uso do PET em indústrias têxtil. Salientam ainda que o alcance da sustentabilidade nessa atividade esteja condicionado a uma mudança cultural das empresas envolvidas; além disso, alguns problemas são enfrentados pelos catadores como a densidade das embalagens de refrigerante ocupando um espaço representativo nos carrinhos de coleta, de modo que ele obtenha um baixo custo/benefício, bem como o descaso pelos próprios catadores com relação a esse material em

função do processo de separação e prensagem. Todos esses fatores são apontados pelos autores como motivacionais para o baixo volume de reciclados, bem como possibilidade de descontinuidade deste canal reverso. Assim, a proposta de um canal reverso sem passar por catadores e sucateiros precisaria ainda de um engajamento das empresas e interesse no material pelos *stakeholders*.

Coelho (2010) teve como objetivo principal a proposição de um sistema de retorno do PET pós-consumo, com a ideia de verificar os desafios e oportunidades do destino destas embalagens e de propor estratégias que contribuam ambientalmente. O estudo se apoiou em pesquisa aplicada e bibliográfica e, segundo a autora, buscou-se análise integrada de aspectos ambientais, sociais e econômicos. A pesquisa propõe um sistema de retorno de PET pós-consumo que passaria por cooperativas, catadores individuais ou recicladoras. Percebe-se, então, que o foco de reutilização para o mesmo fim não foi considerado. No quesito ambiental há uma observação com relação à porcentagem de reciclagem de PET no Brasil, identificando ser de 54,8% na logística pós-consumo, número que poderia ser melhorado. Além disso, outros pontos observados pela pesquisa foram: i) os principais motivos para aumento no uso de materiais pós-consumo para reciclagem é a redução do custo na aquisição de material virgem e a diminuição de extração de recursos naturais; ii) os canais de distribuição reversos devem ser reestruturados considerando fatores econômicos, legais e tecnológicos; iii) há necessidade de implementação de ações federais, estaduais e municipais para fortalecer a indústria de reciclagem no Brasil; iv) seria importante a redução do consumo deste material para diminuir os resíduos gerados; v) empresas enfrentarão desafios para contabilização dos custos de caráter ecológico de seus produtos ao cumprir legislações e adotar ações para reduzir seu impacto ambiental e assim demonstrar seu comprometimento com ações de desenvolvimento sustentável; vi) necessidade de desenvolvimento de controles gerenciais de logística reversa e sistemas de informações integrando a logística reversa ao fluxo normal de distribuição.

Uda (2010) também teve como objetivo a análise do processo de logística reversa pós-consumo quanto à reciclagem de garrafas PET. O autor utilizou pesquisa qualitativa, dados diretos e secundários para realização do estudo. Como resultado verificou que, financeiramente, o processo não compensa para o município de Curitiba, pois a coleta deveria ser em grande escala, contudo, ambientalmente há redução de resíduos sólidos e líquidos, bem como redução na emissão de gases na atmosfera, redução no uso de matéria-prima virgem e outros produtos. Uda (2010), coloca que se a legislação do Brasil permitisse que as embalagens PET recicladas pudesse ser reutilizadas para fabricação de novas garrafas,

poderia haver uma redução de 66,87% de recursos naturais, 90,44% do consumo de energia e 72,03% de matéria-prima secundária, no processo de fabricação das garrafas PET. O estudo de Uda (2010) analisou aspectos financeiros e ambientais, sendo um destaque em relação a muitos outros que focam apenas questões econômicas. Porém, nada foi abordado com relação aos aspectos sociais.

Silva e Colmenero (2010) tiveram como objetivo elucidar como a logística reversa se apresenta como diferencial competitivo e de redução de custos por meio de uma pesquisa baseada em revisão bibliográfica. Assim, os autores verificaram que os fatores motivacionais para práticas de logística reversa são: i) sensibilidade ecológica ou preocupação ambiental; ii) competitividade empresarial, sendo que embora o gerenciamento do processo logístico reverso seja custoso, ele aumenta o prestígio da empresa frente à sociedade, de modo que a logística reversa possa ser utilizada como ferramenta de estratégia de marketing, tornando-se um fator diferencial para a competitividade da empresa; e iii) diferenciação da imagem corporativa. Como considerações finais os autores colocam que a logística reversa é uma atividade que agrega valor sustentável e financeiro, devido ao aumento da preocupação dos clientes com o meio ambiente.

Faria, Pereira e Martins (2010) também concluíram que a prática de logística reversa é capaz de reduzir o custo para a empresa (considerando processo de transporte, frete e higienização das embalagens retornáveis), aumentar sua competitividade e ainda aumentar a agilidade nas operações. O estudo teve como objetivo verificar como uma decisão de operações sobre embalagem pode contribuir para a sustentabilidade empresarial, analisando todo processo de logística com embalagem descartáveis *versus* embalagens retornáveis de uma empresa distribuidora de produtos farmacêuticos.

Moraes et al. (2011) analisaram o ciclo de vida do PET e sugeriram um modelo de prática de logística reversa pós-consumo destas embalagens, com o pressuposto de que as empresas de bebidas podem obter vantagens competitivas, lucratividade, melhorar a sustentabilidade ambiental e ainda agregar valor à imagem corporativa frente aos clientes. A pesquisa foi elaborada com base em revisão bibliográfica, e um estudo de caso do tipo exploratório e descritivo. Como resultado, os autores verificaram que as empresas estudadas não praticam logística reversa do tipo pós-consumo, mas que as ações de reciclagem são externalizadas por meio de apoio a programas de reciclagem. Além disso, a prática comum é a logística reversa pós-venda, em que o produto é devolvido antes do consumo pelos seguintes motivos possíveis: término da validade do produto, estoques excessivos no canal de distribuição, venda por consignação, problemas de qualidade e defeitos.

Motta (2011) procurou esclarecer, no contexto da reciclagem de embalagens, a relação entre logística reversa e preservação do meio ambiente. O estudo se deu por meio de revisão bibliográfica, sendo possível enfatizar conceitos de logística reversa, reciclagem, benefícios na redução de custos, redução de resíduos sólidos, controle ambiental, entre outros. Contudo, percebe-se que o foco do trabalho é no avanço do conhecimento da relação entre logística reversa e meio ambiente, mas de cunho teórico, sem busca de cálculos para comprovação da relação entre logística reversa e meio ambiente.

Hernández, Marins e Castro (2012) analisaram a relação entre logística reversa e desempenho empresarial. A proposta resultou em um modelo conceitual com a finalidade de contribuir para a ampliação da visão gerencial sobre o processo de logística reversa, incluindo indicadores de desempenho que permitem avaliar a atividade. Como indicadores foram considerados os seguintes: econômicos, imagem, cidadania, serviços aos clientes e legais. De modo geral, os autores identificaram que os indicadores econômicos e de imagem são os prioritários sobre o desempenho empresarial frente às práticas de logística reversa.

Silva et al. (2012) desenvolveram um modelo de embalagens retornáveis, que substituiria o uso de embalagens descartáveis capaz de minimizar a geração de resíduos e aumentar a competitividade da empresa objeto de estudo, reduzindo custos e consumo de recursos e minimizando os impactos ambientais. Com base no estudo de caso de empresa exportadora de motores, entrevistas semi-estruturadas e análise de documentos, os autores verificaram que o modelo de embalagem retornável consumiu 18% a menos de material do que o modelo de embalagem descartável, reduzindo os custos; o modelo desenvolvido proporcionou maior proteção para os produtos exportados e minimizou a geração de resíduos; além disso, outras vantagens logísticas foram: a redução do volume ocupado e do peso da embalagem vazia durante o fluxo inverso. No que diz respeito ao desempenho ambiental, o modelo de embalagem retornável provou ser a melhor alternativa, uma vez que tem um impacto ambiental menor em comparação com as do modelo de embalagem descartável.

Resumidamente, segue quadro 4 com as informações básicas como objetivo, metodologia e principais resultados de algumas das pesquisas nacionais na linha de logística reversa com foco em embalagens.

Pesquisas	Objetivo da Pesquisa	Métodos	Principais Resultados
Carbone, Sato e Moori (2005)	Explorar quais os fatores relevantes para logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil.	Análise de dados secundários: área de plantio, tipo de cultura, consumo de agrotóxico, leis.	Maior volume de retorno está relacionado com o volume da área de plantio e com a cultura de soja.
Gonçalves-Dias e Teodósio (2006b)	Quais os aspectos motivadores e limitadores da reciclagem de embalagens PET.	Análise de dados secundários e entrevistas semi-estruturadas.	Motivações: apelo social, atuação dos catadores e consciência ambiental. Entraves: ausência de leis, tributos, custos etc.
Chaves e Batalha (2006)	Analisar se há relevância para os clientes de supermercados o papel de centros de coleta de embalagens.	Entrevista em três lojas de uma rede de hipermercados, totalizando 105 clientes respondentes.	Existência de centros de coleta não é fator que influencia na escolha do cliente por aquele estabelecimento, contrário ao afirmado pela literatura.
Campos (2006)	Caracterizar a logística reversa de embalagens retornáveis de tomates.	Simulações foram feitas em um modelo proposto com utilização do <i>software</i> Arena®.	O dimensionamento das embalagens depende do fluxo de serviços e as retornáveis podem custar até 20 vezes o valor das descartáveis, ainda compensando financeiramente.
Adlmaier e Sellito (2007)	Analisar os ganhos econômicos pela adoção de embalagens retornáveis.	Estudo de Caso de embalagens para transporte internacional de peças para motores e diesel.	As embalagens retornáveis compensam pelos seguintes ganhos: menor impacto na qualidade do produto e redução dos custos ocasionados pelo reaproveitamento das mesmas.
Chaves, Alcântara e Assumpção (2008)	Identificar quais os indicadores utilizados na avaliação de desempenho da logística reversa de embalagens retornáveis.	Estudo de caso em uma empresa do setor de bebidas	Os indicadores são: custos da logística reversa pós-consumo, como funcionários, containers, prensas, material de divulgação etc.; porcentagem de produtos retornados e coletados.
Formigoni e Rodrigues (2009)	Apontar deficiências e caminhos para a sustentabilidade na logística reversa de PET.	Estudo de caso em três cooperativas	PET representa 15% do faturamento dos catadores; perspectiva de uso do PET na área têxtil; densidade da garrafa desestimula a busca desse material pelos catadores.
Coelho (2010)	Propor um sistema de retorno do PET pós-consumo, com a ideia de verificar os desafios e oportunidades.	Pesquisa aplicada e revisão bibliográfica	O volume retornado deve ser melhorado; necessidade de ações federais, estaduais e municipais e legislações específicas; reduzir o consumo das embalagens para diminuir os resíduos; necessidade de controles gerenciais e informações pelas empresas.
Uda (2010)	Analisar o processo de logística reversa pós-consumo quanto à reciclagem de garrafas PET no município de Curitiba.	Pesquisa qualitativa, dados diretos e secundários	Financeiramente o processo não compensa; ambientalmente há redução de resíduos sólidos, líquidos, gases na atmosfera e uso de matéria-prima virgem; se a legislação permitisse uso das embalagens PET recicladas na fabricação de novas garrafas haveria redução na utilização de recursos naturais.
Silva e Colmenero (2010)	Elucidar como a logística reversa se apresenta como diferencial competitivo e	Pesquisa bibliográfica	Fatores motivacionais da logística reversa são: i) sensibilidade ecológica ii) competitividade

	de redução de custos.		empresarial; iii) diferenciação da imagem corporativa. A logística reversa agrega valor sustentável e financeiro.
Faria, Pereira e Martins (2010)	Verificar como uma decisão de operações sobre embalagem pode contribuir para a sustentabilidade empresarial.	Estudo de Caso	A logística reversa é capaz de reduzir o custo para a empresa, aumentar sua competitividade e aumentar a agilidade nas operações.
Moraes et al. (2011)	Analisar o ciclo de vida do PET e propor modelo de prática de logística reversa pós-consumo.	Estudo de Caso	As empresas estudadas não praticam logística reversa pós-consumo e as ações de reciclagem são externalizadas por meio de apoio a programas. A prática comum é a logística reversa pós-venda.
Hernández, Marins e Castro (2012)	Analisar a relação entre logística reversa e desempenho empresarial.	Estudo de Caso	Os indicadores econômicos e de imagem são os prioritários sobre o desempenho empresarial frente às práticas de logística reversa.
Silva et al. (2012)	Modelo para substituição de embalagens descartáveis por reutilizáveis	Estudo de Caso, Entrevistas semi-estruturadas e análise de documentos	Embalagem retornável consumiu 18% a menos de material do que embalagem descartável; houve redução de custos, maior proteção para os produtos exportados, menor geração de resíduos, redução do volume ocupado e do peso da embalagem vazia durante o fluxo inverso e tem um impacto ambiental menor.

Quadro 4: Pesquisas Nacionais em Logística Reversa com foco em Embalagens

Fonte: Elaborado pela autora

De uma maneira geral, as pesquisas nacionais apresentadas tem como base as embalagens retornáveis, ou seja, o processo de trazer de volta para possíveis destinações finais corretas ou reciclagem, o que não significa o processo de reutilização dessas embalagens. Por exemplo, Chaves, Alcântara e Assumpção (2008) analisaram os possíveis indicadores na avaliação de desempenho de retorno das embalagens, não de reutilização das mesmas. Além disso, a maioria tem como foco a pesquisa qualitativa com base em estudos de caso. Tais características das pesquisas nacionais são diferentes das internacionais, como serão expostas no item a seguir.

2.5.2 Pesquisas Internacionais

Além das pesquisas nacionais, expostas anteriormente, é interessante analisar os principais focos e descobertas das pesquisas internacionais em logística reversa com destaque em embalagens. Assim, algumas delas são comentadas a seguir.

No ano de 1975 houve uma pesquisa de grande relevância para os estudos da época, com o objetivo de analisar o impacto da adoção de uma legislação que obrigasse a prática de logística reversa envolvendo vários elos dessa cadeia, como: produtor, distribuidor, varejista e consumidor; bem como o impacto no meio ambiente. Este foi o estudo de Peaker (1975), estimulado pela quantidade de garrafas que eram depositadas nas estradas e ruas. Nesta pesquisa o autor identificou que a eliminação de garrafas não-retornáveis e o aumento no uso das retornáveis reduzem muito o consumo de matéria prima básica, como o vidro, minérios etc. O autor fez uma análise de utilização de matéria prima para fabricação das garrafas antes e após a lei e identificou que após a determinação da lei houve uma redução de 59% da utilização de novos recursos (incluindo areia, vidro, aço, alumínio etc.), bem como da participação de embalagens não-retornáveis no mercado. Os valores levantados pelo autor estão presentes na tabela 2.

Tabela 2: Market Share e consumo de matéria prima por tipo de garrafas

Embalagem	MarketShare		Índice de Matéria Prima usada	
	Pré-Lei	Pós-Lei	Pré-Lei	Pós-Lei
Latas de Alumínio	10%	1%	2.070	207
Latas de Aço	30%	4%	8.580	1.144
Garrafas <i>one-way</i>	20%	-	15.780	-
Garrafa Retornável (5 retornos)	40%	-	14.320	-
Garrafa Retornável (10 retornos)	-	95%	-	15.485
Total	100%	100%	40.750	16.836

Fonte: Adaptado de Peaker (1975, p. 268)

Outros benefícios apontados por Peaker (1975) foram: a redução de 127 para 43 unidades de número de recipientes de embalagem de bebidas espalhados por 1,61 km e o volume de lixo dessas embalagens, que reduziu de 43% para 19%. Além disso, identificou que a implantação de embalagens retornáveis reduziu substancialmente a necessidade de escavações e extrações de alumínio, aço, estanho e vidro, de modo que houve reduções impressionantes no uso dos recursos e em custos ambientais. Houve também redução significativa no consumo de combustíveis de hidrocarbonetos, petróleo e gás natural. Contudo o autor destaca que a decisão de utilizar garrafas retornáveis ou descartáveis também deve considerar o consumo de toda energia desse processo, como aquela utilizada na extração da

matéria prima virgem, na fabricação das embalagens, na lavagem, na esterilização, no enchimento, na distribuição física para o ponto de venda e na troca ou retorno para reabastecimento, de modo que a energia utilizada na fabricação de garrafas retornáveis excede a utilizada na fabricação das descartáveis, embora essa energia a mais acabe sendo compensada pelo retorno das embalagens evitando a extração de matéria prima. A título de exemplo, o autor coloca o consumo de energia em Gigajoule para cada 1.000 garrafas, comparando as retornáveis com as não retornáveis, conforme pode ser observado no quadro 5.

	Retornáveis			Não Retornáveis		
	De 19 retornos	De 10 retornos	De 5 retornos	Latas de Aço	Latas de Alumínio	Garrafas one-way
Energia GJ	16,78	22,80	45,24	56,69	79,16	67,93

Quadro 5: Consumo de energia em Gigajoule por embalagens retornáveis e não-retornáveis

Fonte: Adaptado de Peaker (1975, p. 274)

De acordo com Peaker (1975), com a legislação, Oregon reduziu o uso de latas de metal, eliminou a garrafa de vidro não retornável e aumentou o número de viagens por garrafa retornável, conseguindo agir com equilíbrio na conservação de recursos energéticos. Mas, todos esses benefícios conseguidos com a legislação, e o índice de retorno das garrafas, foram devido às facilidades criadas para implantação da lei, como: a) facilidade de retorno: a lei exige que os varejistas devam aceitar garrafas independentemente do local original, o que foi facilitado pelo incentivo ao uso de garrafas com padrão determinados pela legislação; b) aceitação dos varejistas: os varejistas aceitaram o esquema de depósito, porque eles já tinham um custo de depósito para o atacado; c) nenhum inconveniente para o consumidor: uma pesquisa por amostragem indicou que 87% das pessoas não encontraram nenhum inconveniente no uso de garrafas retornáveis; d) o sistema de taxas: uma pequena taxa de 2 (dois) centavos, atualmente 5 (cinco) centavos, foi suficiente para induzir a devolução de garrafas. Assim, a princípio, todos esses ganhos e fatores provenientes com a legislação, incluindo as ações dos indivíduos podem dar a impressão de serem extras às obrigações legais e relacionados com a cultura e conscientização dos indivíduos locais. Contudo, Peaker (1975) ressaltou que toda essa movimentação em Oregon teve um objetivo de desenvolver uma conscientização ambiental. Apesar disso, a incidência de lixos de forma geral aumentou constantemente ao longo do tempo, ou seja, mesmo com a redução de lixos de garrafas outros cresceram em magnitude. Isso significa que os fatores específicos de depósito provenientes da legislação foram eficazes, mas o desenvolvimento da "consciência ambiental" não foi.

Fisher e Horton (1979) propuseram um debate a respeito da escolha entre garrafas retornáveis e não-retornáveis; bem como da quantidade de retornos das embalagens

reutilizáveis pelos consumidores (denominado pelos autores de “*trippage*”), procurando identificar fatores que impactam nessa taxa de retorno, ou seja, identificar quais os motivos pelos quais as garrafas não retornam, e como esse fluxo reverso poderia aumentar. O trabalho foi realizado por meio de entrevistas aos consumidores, varejistas e indústrias de bebidas, com foco no mercado britânico de bebidas como cerveja, cidra e refrigerantes. A consideração a respeito do índice de retorno das embalagens foi determinada pela relação entre o total de vendas em garrafas retornáveis pelas compras totais de novas garrafas retornáveis.

De maneira geral, Fisher e Horton (1979) identificaram que dos consumidores entrevistados e que não retornam as embalagens, 50% alegaram que não sabem identificar se uma garrafa é ou não retornável. Além disso, as principais razões listadas pelos consumidores para o não retorno das garrafas foram: a) alguns chefes de família (8,2%) disseram que retornar as garrafas é um incômodo e que não compensa; b) a maioria dos entrevistados (41,2%) disse que acham difícil retornar as embalagens; c) uma minoria (2,4%) considerou que não tem tempo para esse processo; d) alguns (4,7%) disseram que se esquece de trocar; e) outros (3,5%) utilizam as embalagens para outras finalidades domésticas, por exemplo.

Desses pontos colocados, Fisher e Horton (1979) questionaram mais a fundo o que torna difícil o processo de retorno pelos consumidores e identificaram os seguintes aspectos: a) 13,4% dos entrevistados, sobretudo os idosos, dizem que as garrafas são pesadas e difíceis de transportar; b) alguns consumidores (8,7%) não sabem que a garrafa era retornável, portanto deveria haver uma indicação na embalagem; c) cerca de 13,4% dos entrevistados não sabiam onde poderiam retornar a garrafa para obter o reembolso de depósitos; d) muitos clientes (50%) disseram que identificaram problemas em encontrar uma loja que aceitasse as garrafas retornáveis; e) outros (1,7%) comentaram da dificuldade em encontrar loja adequada (ou seja, que aceite os retornáveis) aberta; f) 7,6% colocaram que precisa sair do caminho para conseguir executar o retorno das embalagens; g) alguns (4,1%) afirmam que compraram a garrafa retornável aleatoriamente, sem a devida intenção de retorno; e h) 1,2% alegam que a dificuldade é pelo fato de não terem carro. Diante de todas essas colocações, os consumidores foram questionados a respeito do que os incentivaria a devolver as embalagens, sendo que os pontos destacados foram: a) 13,5% consideraram a necessidade de campanhas e propagandas mostrando os benefícios sociais do retorno das garrafas; b) a maioria (35,1%) comentou que seria importante facilitar o processo de retorno das garrafas; c) outros (21%) consideram a necessidade de taxas de depósito maiores e uniformes em relação às bebidas; d) alguns (9,5%) apreciam a precisão de ações do governo com leis e deliberações; bem como outros fatores. Por fim, outros pontos identificados como importantes para o aumento do retorno das garrafas

seria tornar esse processo mais fácil para o consumidor por meio de: a) melhor informação no rótulo do frasco ou na loja, deixando claro que a garrafa é retornável e o local em que os consumidores podem retornar a garrafa e receber de volta seu depósito; b) sendo mais fácil carregar/transportar; c) lojas mais próximas dos consumidores; d) havendo padronização das garrafas; e) muitos consumidores disseram que seria mais fácil se eles pudessem retornar as garrafas em qualquer loja. Por fim, os autores ponderam que se houvesse mais fabricação de bebidas em embalagens retornáveis, mais venda desse tipo nos supermercados, mais varejistas aceitando esse produto, tudo isso poderia culminar em mais pessoas consumindo e devolvendo essas garrafas.

Outra proposta interessante de estudo para a época foi o de Fleischmann et al. (1997). Os autores apresentaram uma revisão teórica sobre os modelos quantitativos de logística reversa, sendo um dos principais trabalhos na ocasião. Assim, subdividiram a literatura e três áreas principais: i) planejamento de distribuição; ii) controle de estoque e iii) planejamento de produção. Para cada uma dessas áreas, os autores analisaram os esforços de reutilização e revisão dos modelos matemáticos existentes. Um dos objetivos era apontar quais dessas áreas necessitavam de mais pesquisas, sendo que, de forma geral, os autores constataram que as pesquisas em logística reversa tem se restringido a pontos de vista pouco abrangentes e em questões bastante individuais, além do que, os pesquisadores poderiam oferecer contribuições mais importantes para as realizações ecologicamente necessárias na produção industrial de maneira economicamente atraente. No entanto, os autores focaram na revisão bibliográfica, principalmente, os aspectos econômicos da logística reversa, como o custo de estocagem, relacionando pouco sob o ponto de vista social e ambiental.

Com relação aos estudos baseados em modelagem, Meade e Sarkis (2002) elaboraram um modelo de tomada de decisão para selecionar e avaliar terceiros para serem parceiros nas práticas de logística reversa, como reciclagem e reutilização. Identificaram que os principais fatores para essas decisões são: localização do produto em seu ciclo de vida; critérios de desempenho estratégicos da empresa; as funções dos processos de logística reversa necessários para a empresa e a rota da logística reversa. O modelo então considera itens tangíveis, intangíveis, qualitativos, quantitativos, estratégicos e operacionais para tomada de decisão da empresa.

Outra pesquisa com foco em modelagem foi o de González-Torre e Adenso-Díaz (2002). Os autores desenharam um modelo para o primeiro estágio do processo de logística reversa de vidros, ou seja, a coleta do material diretamente do consumidor por meio de contêineres. O objetivo foi identificar a melhor maneira de distribuir os contêineres de

reciclagem em determinada região, considerando questões econômicas e sociais da população. A locação eficiente dos *containers* é importante para maximizar a quantidade de material coletado e reduzir os custos de logística. Os autores aplicaram o modelo no Principado das Astúrias, Espanha. Como ferramenta os autores utilizaram análise de clusters (os municípios de coleta das garrafas) e regressão. Verificaram que a tonelada de vidro coletada tem relação com: a) o total da população da região; b) a população que vive em áreas com mais de 500 habitantes; c) a dispersão da população; d) a população com ensino de segundo grau ou ensino superior, dado que a educação reflete em seus costumes e hábitos; e) o número de estabelecimentos dedicados à coleta de garrafas (seja de vinho, água, refrigerante, conservas, molhos); e) o número de contêineres, ou seja, quanto maior o número destes recipientes disponíveis, maior a quantidade de material recolhido, devido à facilidade de acesso que a população passa a ter.

Tendo um foco na determinação de regulamentações quanto ao uso de garrafas de vidro retornáveis ou embalagens de alumínio e PET descartáveis, Ferrara e Plourde (2003) procuraram analisar os efeitos das diversas medidas regulamentares sobre as escolhas de produtores quanto ao mix e ao tipo de embalagem, na presença de consumidores com diferentes intensidades de demanda para discernir a alternativa com menores distorções. Justificam essa preocupação colocando, entre outros fatores, que a hipótese de que as garrafas retornáveis são melhores ambientalmente tem sido objeto de debates tendo em vista a alta taxa de recipientes *one-way* e a incerteza sobre o número de vezes que a garrafa reutilizável é de fato reutilizada. Assim, a pesquisa considera o processo de tomada de decisão de uma indústria que tem que escolher entre o tipo de garrafa (retornável ou descartável) e o respectivo *market share* de cada uma, fazendo uso de modelagem. Como resultados, os autores comentam que embora as referências bibliográficas considerem que as garrafas reutilizáveis são melhores para o meio ambiente, o trabalho em si não teve o objetivo de defender o uso das garrafas de vidro retornáveis, mas sim abordar a importância da heterogeneidade dos consumidores no que tange a determinações regulatórias para uma posição em relação ao tipo de embalagem. Explicaram que a escolha do tipo de embalagem que deva ser incentivada para utilização em função de seus menores impactos ambientais é difícil e é uma questão empírica, de modo que não altera qualquer fundamentação teórica a respeito de formulações de políticas. Assim, verificaram que quando os consumidores têm diferentes preferências de consumo e os produtores não conseguem distingui-las é que os reguladores podem obter mais informações úteis e formular medidas regulamentares mais eficientes.

Tan e Kumar (2006), por outro lado, propõem um modelo de tomada de decisão para logística reversa no setor de informática, mais propriamente, no sentido de maximizar seus lucros nas operações de logística reversa. Os autores complementaram modelos existentes e validaram por meio de testes utilizando dados recolhidos de um fabricante de computadores na Ásia. Um dos objetivos é que o modelo ajude os tomadores de decisões a explorar novas oportunidades na aplicação de logística reversa. Como resultados, identificaram que substituir fornecedores era algo mais rentável que peças recondicionadas, inclusive, que o atraso no transporte e fornecimento de peças no processo de retorno das peças teve um impacto significativo na viabilidade da logística reversa independentemente dos volumes de retorno. Aliás, um dos pontos observados pelos autores é a necessidade de elevar o preço nas peças de revenda para ser rentável, pois se percebeu que a qualidade do retorno dessas peças na logística reversa é importante, bem como a manutenção de baixos custos de transporte e armazenamento desnecessário de sucatas. Por fim, identificaram que os atrasos têm impacto significativo na logística reversa e na rentabilidade.

Grimes-Casey et al. (2007), de forma resumida, aplicaram a teoria dos jogos para análise da escolha entre garrafas reutilizáveis ou descartáveis com enfoque na rentabilidade para a empresa, ou seja, se a empresa deve recolher garrafas usadas e reabastecê-las, ou comprar novas garrafas descartáveis de um fornecedor. Em contrapartida, há também a ideia de identificar se o consumidor deve descartar as garrafas utilizadas ou devolvê-las para a empresa, de modo que se possa identificar a existência de um equilíbrio entre as decisões desses dois agentes. A proposta do estudo é baseada na ideia de que se as partes envolvidas (indústria de bebidas e consumidor) estão cientes de que o outro vai tentar minimizar os danos a si mesmos, de modo que eles podem encontrar uma alternativa aceitável que minimiza os custos de cada um. A indústria tem o custo da aquisição inicial da embalagem, de recolher e higienizá-la, enquanto que o consumidor tem o custo da taxa de depósito (embora possa ser reembolsado) e todo trabalho e tempo para retornar a embalagem; porém o custo da garrafa reutilizável para a indústria depende também das condições de como o consumidor trata essa garrafa pós-consumo. Além disso, os autores propõem o uso da teoria dos jogos para fornecer uma perspectiva de análise do ciclo de vida incorporando aspectos institucionais, comportamentais, questões históricas, culturais e regras organizacionais de cada jogador. De forma geral, o estudo identificou que apesar de garrafas reutilizáveis serem mais rentáveis no longo prazo, só há incentivo em usá-las quando houver certeza de que as taxas de retorno das embalagens pelos consumidores forem razoavelmente altas. Contudo, nos EUA o que se identificou foi a prevalência de garrafas descartáveis, o que foi atribuído a mudanças no

comportamento do consumidor que tornaram menos provável a devolução das reutilizáveis. Sob esta condição, a estratégia lógica para a maioria das empresas que utiliza garrafas é mudar para descartável. Portanto, se as empresas pudessem ter certeza de que os consumidores retornariam as garrafas elas poderiam mudar a estratégia para uso de refis obtendo maiores ganhos econômicos, bem como causando menores impactos ambientais. Porém, o mercado é pouco susceptível para atingir este equilíbrio sob as condições em que os custos de retorno são elevados em relação à despesa de eliminação das embalagens.

Atamer, Bakal e Bayindir (2013) analisaram o impacto da decisão de uso de recipientes reutilizáveis no preço dos mesmos, a fim de maximizar o lucro do fabricante, por meio de um estudo computacional. No modelo foi considerado um fabricante que tem duas opções de ações: fabricação em embalagens novas ou em retornáveis; também consideraram dois diferentes cenários ambientais: i) com capacidade de recursos irrestritos e ii) com capacidade de recursos limitados. Eles consideram que o custo unitário de produção com embalagens virgens é diferente do custo dos recipientes retornados, bem como o fato de que os clientes são indiferentes ao consumo de produtos em embalagem nova ou reutilizável, e que há restrições de recursos na operação. Os autores identificaram que o fato da garrafa retornável poder ser utilizada várias vezes significa que ela pode ser rentável para os fabricantes sob certas condições, ou seja, são mais rentáveis quando: i) o custo da unidade de recondicionamento (deixá-la em condições de reuso) é baixo, ii) o custo por unidade de fabricação é elevado, iii) o custo da unidade de aquisição de novos recipientes é alto, iv) e a sensibilidade da taxa de retorno é elevada. Em outras palavras, o fabricante pode escolher não utilizar a opção de reutilização, se o valor de um novo recipiente é significativamente reduzido. Além disso, observaram que quando não há restrição sobre a capacidade de produção, o fabricante sempre utiliza embalagens retornáveis, mesmo o custo seja maior que os de recipientes novos.

Hazen, Cegielski e Hanna (2011), embora não tiveram seu estudo atrelado às garrafas, realizaram uma pesquisa interessante com o objetivo de investigar a relação entre práticas de logística reversa verdes com a vantagem competitiva das empresas. Assim, os autores examinaram se os consumidores percebem ou não que os produtos feitos através de práticas de logística reversa verde (reutilizados, remanufaturados e elaborado com material reciclado) têm qualidade equivalente aos produtos novos. O estudo foi realizado por meio de entrevistas, em um questionário com escala de Likert de cinco pontos, a 533 participantes com experiência no uso de produtos fruto de logística reversa verde, entre eles: executivos, arquitetos, técnicos e gerentes de vendas de uma empresa de informações e serviço de

tecnologia; gerentes de aviões militares e técnicos de manutenção; alunos de uma universidade. Além disso, utilizaram testes ANOVA para análise de médias. Os autores identificaram que os fatores demográficos do estudo (idade, gênero, localização geográfica e profissão) não afetam significativamente a percepção do consumidor de qualidade, mas que os consumidores percebem os produtos feitos através de algumas práticas de logística reversa verde (reutilizados e remanufaturados) como sendo de qualidade inferior em relação aos produtos novos. No entanto, os participantes não indicaram diferenças de qualidade percebida entre produtos feitos com materiais reciclados se comparado aos produtos novos. Isso significa que nem todas as práticas de logística reversa não são percebidas da mesma maneira pelos consumidores, de modo que possa impedir a difusão de algumas práticas pelas empresas, uma vez que não observam ganhos competitivos com elas. Segundo os autores, estes resultados contradizem a literatura atual em relação à qual o processo pode ser mais desejável adotar. Isso porque a literatura afirma que o processo que extrai menos recurso e agrega mais valor deva ser utilizado primeiro, na seguinte ordem, portanto: reutilizar; atualizar o produto; recuperar materiais e gerir resíduos. Seguindo esta lógica, o resultado esperado por essa pesquisa seria a seguinte prioridade: reutilizar; remanufaturar; reciclar. Porém, os autores acrescentam que os resultados encontrados podem ser justificados pela não compreensão dos entrevistados sobre cada processo de logística reversa verde envolvendo reutilização e remanufatura. Além disso, em relação a essas diferenças de percepção, pode ser que a reciclagem seja percebida como melhor em relação ao reuso ou a remanufatura por causa do marketing extenso e das campanhas e propagandas que defendem os benefícios da reciclagem. Os consumidores, portanto, podem estar mais familiarizado com a reciclagem do que com a reutilização ou remanufatura, o que pode levar a percepções mais positivas.

Matar (2011) desenvolveu um modelo para análise de reciclagem de garrafas PET de dois litros, sendo que as embalagens coletadas eram separadas em “boas” ou “danificadas”, também considerou a possibilidade de mistura de material virgem para produção de novas garrafas, chamado de produto híbrido. O autor considerou os custos ambientais a valor presente a uma taxa média de 10%. Para determinação do modelo foram mapeados os processos de triagem, remanufatura, reciclagem e uso de material virgem, manufatura (produção de novas garrafas), seleção de garrafas contaminadas e custo de dispor as garrafas em aterros; sendo que a soma dos custos de tais processos individuais resultou no custo total do sistema. Verificou que: a) quando aumenta a porcentagem de garrafas contaminadas, que podem ser utilizadas para produção de materiais de baixo padrão, há uma redução do custo total do sistema, mas os custos dos demais processos não se alteram. Esse resultado, segundo

o autor é esperado, pois quando aumenta o número de garrafas contaminadas que podem ser reutilizadas, menos garrafas são destinadas aos aterros; b) quando há um aumento na porcentagem de garrafas não contaminadas, que podem ser remanufaturadas, os custos dos processos de triagem, de seleção ou classificação das garrafas e o custo de depósito em aterros não se alteram. Contudo, o custo do processo de remanufatura aumenta, pois há mais garrafas a serem remanufaturadas e os custos do processo de reciclagem diminui. Os custos do processo de manufatura também são reduzidos, pois menos garrafas novas são necessárias para atender a demanda. Desta forma, o custo do sistema como um todo diminui; c) mudanças no número de garrafas não contaminadas, que podem ser utilizadas para remanufatura, não alteraram o custo do processo de triagem, porém quando esse tipo de garrafa aumenta o custo do processo de remanufatura aumenta, o custo do processo de disposição em aterro diminui, a necessidade de material virgem reduz (diminuindo o custo de compra deste material) bem como o custo do processo de manufatura de novas garrafas, assim, no custo total do sistema há uma redução; d) por fim, a análise de regressão múltipla entre o custo total do sistema (variável dependente) e a quantidade de garrafas: (i) coletadas, (ii) não contaminadas, (iii) remanufaturadas e (iv) contaminadas que podem ser vendidas como material de baixo padrão; evidenciou que o aumento da quantidade de garrafas coletadas (i) eleva o custo do sistema total, contudo, os demais tipos e usos das garrafas e destinos (ii, iii e iv) contribuem para redução do custo total do sistema.

Ko, Noh e Hwang (2012), por meio do desenvolvimento de modelos matemáticos, determinaram uma política ótima de operação das duas cervejeiras, de modo que maximize a soma dos benefícios obtidos a partir da padronização das garrafas. O modelo foi aplicado antes e depois da padronização das embalagens. Os autores identificaram como benefícios imediatos a partir da padronização das garrafas o seguinte: i) os processos de classificação e inspeção a das garrafas recolhidas para reutilização para cada cervejaria tornou-se menos demorado, o que contribui para uma redução do custo total esperado; ii) houve redução de custos por meio da racionalização dos processos de coleta e reutilização; iii) sob a demanda estocástica de garrafas de vidro, os custos de manter estoque e de perda de venda diminuíram em função do transbordo de inventário. De forma geral, os resultados confirmam que houve uma redução substancial dos custos após a padronização das garrafas.

Amin e Zhang (2012a) destacam que está havendo uso maior de logística reversa e produtos remanufaturados, contudo, que não há ainda um modelo de otimização baseado em retorno e recuperação. Então, desenvolveram um trabalho de logística reversa baseado no ciclo de vida do produto, incluindo o fabricante, a coleta, reparação, desmontagem,

reciclagem e depósitos em aterros. Os produtos então desenvolvidos são primeiro coletados, desmontados, reciclados para que o fabricante possa utilizar peças recicladas e peças novas para fabricar o produto. Então, os autores fazem uso de programação linear com o objetivo de maximizar o lucro e determinar a quantidade de produtos e peças em cada parte da rede. O estudo estendeu-se para produtos remanufaturados que são comercializados no mercado secundário. Por fim, para validar seu modelo, os autores utilizaram testes computacionais e análise de sensibilidade. De forma geral, os autores trabalharam com um modelo integrado em duas fases cuja função objetivo é maximizar o lucro e peso dos fornecedores, minimizar taxas de defeitos, estabelecendo pesos aos fornecedores e locais de recondicionamento, de modo a identificar o caminho mais eficaz para a logística reversa. Os autores ressaltam que critérios ambientais são grupos importantes de características que devem ser consideradas, como reciclagem, tecnologia limpa, capacidade de redução da poluição e custos ambientais. Observam ainda que alguns trabalhos consideraram a seleção de fornecedores verdes, mas que eles não se concentram na logística reversa. Contudo, a pesquisa de Amin e Zhang (2012a) não considera no modelo os critérios ambientais como foco.

No mesmo ano, Amin e Zhang (2012b) elaboraram um modelo matemático a partir da configuração de uma rede geral de cadeia de suprimentos, incluindo desmontagem, renovação, e locais de eliminação. Consideram que o fabricante utilizava peças renovadas e novas para produzir novos produtos, portanto, havia a compra peças novas de fornecedores externos. O principal objetivo da configuração dessa rede foi determinar o número ótimo de produtos e peças em cada seção da rede, incluindo critérios para seleção dos fornecedores.

Não com um enfoque matemático e sim voltado para a identificação da percepção das empresas com relação às práticas de logística reversa Skapa e Klapalová (2012) investigaram se empresas Checas identificam algum valor gerado pela logística reversa, ou seja, se os gestores a consideram como uma prática rentável ou não; se e como elas controlam os custos e benefícios deste processo e que métodos e ferramentas utilizam para medir o desempenho de seus sistemas de logística reversa. Assim, a pesquisa ocorreu com 102 empresas de diversos setores e tamanhos no ano de 2009, por meio de entrevistas, teste U de Mann Whitney e correlação de Spearman. Com resultado os autores identificaram: a) que a maioria das empresas (64%) considera que o efeito geral da logística reversa no lucro é negativo, identificando uma queda no mesmo de 2% a 5%. As demais empresas consideram que há um efeito positivo, tendo sua estimativa de lucro aumentada em 7%. Esse resultado contraditório pode significar que existem outros fatores que afetam o lucro, não apenas a logística reversa; b) as empresas que afirmam haver uma relação positiva entre lucro e logística reversa

incorporam-na nos planos estratégicos e táticos da empresa, sendo que a preocupação com a proteção ambiental é menos presente nas estratégias dessas empresas, porém elas se esforçam para ganhar valor competitivo e recuperar o valor dos fluxos reversos. As outras empresas apresentaram essas pontuações inversamente; c) a maioria das empresas (83%) relataram que fluxos reversos têm, pelo menos, algum impacto positivo sobre o desempenho corporativo, sendo que a minoria das empresas relatou que tem apenas aspectos negativos. Nesse sentido, os pontos positivos comentados foram de que a logística reversa: i) diminuem os custos operacionais, aumentando assim os lucros (26% dos respondentes), ii) gera reprocessamento, informação e conhecimento, que é usado em programas de melhoria da qualidade (21%), iii) melhora a satisfação do cliente e o valor fornecido aos clientes (16%), iv) melhora a imagem corporativa (12%), v) afeta o meio ambiente de forma positiva, incluindo ferramentas de proteção ambiental (9%), e vi) que as necessidades e desejos dos clientes aprendidos a partir de fluxos reversos, tendo eles uma função de feedback (9%). Por outro lado, as empresas que apenas citaram aspectos negativos colocaram: i) nenhum valor adicional é criado através do processamento de fluxos bidirecionais (5%), ii) logística reversa diminui receitas e lucros (3%); d) com relação ao controle dos custos de logística reversa, 74% das empresas respondentes disseram que controlam tais custos e as demais não o fazem para economizar dinheiro, considerando que não compensa esse controle. Com relação aos custos monitorados as empresas puderam citar vários, contudo, os mais citados foram: gasto com transporte (66%), salários dos trabalhadores (34%), custo de resíduos (32%), material utilizado para reparo (24%); custo de remanufatura e reparo (12%), custo de embalagem (7%); custos de falhas (5%); custo de armazenamento e de garantia (5%); e com relação às medidas da eficiência da prática de logística foram identificados os seguintes pontos principais: atividade de logística reversa é mantida pelo limite do custo (18%), desempenho da logística reversa é medido pelo custo (14%), pelo número de produtos retornados (11%), pela satisfação do cliente (10%), por ferramentas de análise financeira (7%) e pela receita na venda de resíduos e de produtos reparados (6%). Assim, de modo geral, os autores verificaram que a visão sobre a logística reversa ainda é predominantemente negativa para as empresas.

Além destas, muitas outras pesquisas poderiam ser retratadas neste capítulo por contribuírem para o meio acadêmico na linha de logística reversa, como Daugherty, Autry e Ellinger (2001); Mellor et al. (2002); Jayaraman, Patterson e Rolland (2003); Richey et al. (2004); Oh e Hwang (2006), cujo modelo é voltado para reciclagem; Salema, Barbosa-Povoa e Novais (2007); Pishvaei, Jolai e Razmi (2009); El-Sayde, Afia e El-Kharbotly (2010), Rogers, Melamed e Lembke (2012), Daugherty et al. (2012).

Assim, para sintetizar algumas pesquisas internacionais em logística reversa, seja de garrafas PET ou com propostas de modelagens, segue quadro 6.

Pesquisas	Objetivo da Pesquisa	Métodos	Principais Resultados
Peaker (1975)	Analisar o impacto da adoção de uma legislação que obrigasse a prática de logística reversa.	Qualitativa	A eliminação de garrafas não-retornáveis e o aumento no uso das retornáveis reduzem o consumo de matéria prima básica e de combustíveis de hidrocarbonetos.
Fisher e Horton (1979)	Debate a respeito da escolha entre garrafas retornáveis e não-retornáveis.	Entrevistas	Consumidores não retornam as embalagens porque não sabiam que era possível; as pessoas consideram difícil retornar e não encontram com facilidade lojas que as aceitem; esse processo todo deve ser facilitado.
Fleischmann et al. (1997)	Elaborar uma revisão teórica sobre as pesquisas de logística reversa na época.	Revisão bibliográfica	As pesquisas têm se restringido a pontos de vista pouco abrangentes e em questões bastante individuais; pesquisadores poderiam oferecer contribuições mais importantes para as realizações ecologicamente necessárias na produção industrial de maneira economicamente atraente.
González-Torre e Adenso-Díaz (2002)	Elaborar um modelo para a coleta do material diretamente do consumidor por meio de contêineres.	Análise de clusters e Regressão	A tonelada de vidro coletada tem relação com: total da população; dispersão da população; educação, costumes e hábitos; número de estabelecimentos de coleta e de contêineres.
Ferrara e Plourde (2003)	Elaborar um modelo determinar regulamentações quanto ao uso de garrafas de vidro retornáveis, embalagens descartáveis de PET e alumínio.	Modelagem	Há importância da heterogeneidade dos consumidores nas determinações regulatórias quanto ao tipo de embalagem; incentivar o uso de retornáveis em função de seus menores impactos ambientais é difícil e é uma questão empírica e não altera qualquer fundamentação teórica a respeito de formulações de políticas; quando os consumidores têm diferentes preferências e os produtores não conseguem distingui-las é que os reguladores podem obter informações úteis e formular medidas regulamentares mais eficientes.
Tan e Kumar (2006)	Estabelecer um modelo de tomada de decisão para maximizar lucros nas operações de logística reversa em um setor de informática.	Modelagem e Estudo de Caso	Substituir fornecedores era algo mais rentável que peças reconcondicionadas; o atraso no fornecimento de peças no processo de retorno das peças tem impacto significativo na viabilidade da logística reversa; necessidade de elevar o preço nas peças de revenda; os atrasos têm impacto significativo na logística reversa e na rentabilidade.
Grimes-Casey et al. (2007)	Escolher entre garrafas reutilizáveis/descartáveis com enfoque na rentabilidade para a empresa.	Modelagem e Teoria dos Jogos	Garrafas reutilizáveis são mais rentáveis no longo prazo; mas seu uso só é motivado pela alta taxa de depósito; consumidores são menos propensos em utilizar retornáveis.
Atamer, Bakal e Bayindir(2013)	Analisar o impacto da decisão de uso de recipientes reutilizáveis no	Modelagem	Garrafas retornáveis são mais rentáveis quando: custo da unidade reconcondicionada é baixo, custo da unidade de fabricação e de

	preço dos mesmos, a fim de maximizar o lucro do fabricante.		aquisição de novos recipientes é alto, a sensibilidade da taxa de retorno é alta.
Hazen, Cegielski e Hanna (2011)	Investigar a relação entre práticas de logística reversa verdes com a vantagem competitiva das empresas	Entrevistas, questionário em escala Likert	Os consumidores consideram que produtos, fruto de reutilização ou remanufatura possuem qualidade inferior aos novos, porém essa diferença não é percebida se o produto utilizar pelas ou itens reciclados.
Matar (2011)	Elaborar um modelo para análise de reciclagem de garrafas PET de 2l.	Modelagem	O aumento no número de garrafas contaminadas reduz o custo do sistema; quando aumentam o número de garrafas não contaminadas os custos de triagem, seleção e o custo de depósito em aterros não se alteram; aumento das garrafas coletadas eleva o custo do sistema, mas as garrafas não contaminadas, remanufaturadas e contaminadas que podem ser vendidas contribuem para redução do custo total do sistema
Ko, Noh e Hwang (2012)	Determinar política de operação para maximizar benefícios obtidos com a padronização de garrafas	Modelagem	A padronização reduz tempo de inspeção reduzindo custo dessa etapa; reduz custo de estocagem; reduz substancialmente os custos totais.
Amin e Zhang (2012a)	Elaborar um modelo para maximizar o lucro e determinar a quantidade de produtos e peças em cada parte do processo de logística reversa.	Programação Linear	O modelo propõe maximizar o lucro e peso dos fornecedores, minimizar taxas de defeitos, estabelecendo pesos aos fornecedores e locais de recondicionamento, e assim identificar o caminho mais eficaz para a logística reversa.
Skapa e Klapalová (2012)	Identificar a percepção das empresas com relação às práticas de logística reversa.	Entrevistas, teste U de Mann Whitney e correlação de Spearman.	De modo geral, a visão sobre a logística reversa ainda é predominantemente negativa para as empresas.

Quadro 6: Pesquisas Internacionais em Logística Reversa com foco em embalagens e/ou modelagens

Fonte: Elaborado pela autora

2.6 Técnicas de Pesquisa aplicadas aos estudos de logística reversa

Os trabalhos desenvolvidos atualmente na linha de logística reversa utilizam o método Estudo de Caso de maneira significativa, principalmente os estudos nacionais. Entre eles tem-se: Adlmaier e Sellito (2007), Chaves, Alcântara e Assumpção (2008), Formigoni e Rodrigues (2009), Faria, Pereira e Martins (2010), Moraes et al. (2011), Hernández, Marins e Castro (2012) e Silva et al. (2012).

Com relação aos estudos internacionais também há casos de aplicação desta técnica (TAN; KUMAR, 2006), mas há um destaque para as pesquisas mais quantitativas com

aplicação de modelagem, como: Ferrara e Plourde (2003), Grimes-Casey et al. (2007), Atamer, Bakal e Bayindir (2013), Matar (2011) e Ko, Noh e Hwang (2012). O desenvolvimento de modelos nestes trabalhos teve como objetivo uma simplificação da realidade frente aos processos de logística reversa, de modo a auxiliar em análises, escolhas, impactos no lucro e tomada de decisão.

Para desenvolver um modelo é fundamental que o indivíduo se torne familiarizado com as realidades operacionais do sistema e com os objetivos de estudo, podendo assim reduzir o sistema real a um diagrama de fluxo. Esse sistema será desmembrado em um conjunto de componentes (em um fluxo mestre), e os mesmos poderão ser desmembrados em subcomponentes, e assim por diante, até que se estabeleçam regras de operação.

Outro aspecto importante a ser considerado é que qualquer modelo de simulação não precisa ser uma representação completamente realística do sistema, isso porque demandaria uma série de detalhes sinuosos, exigindo grande trabalho de programação e tempo para conseguir, as vezes, pequena quantidade de informação. Além disso, o fato de não eliminar apropriadamente fatores triviais, para então alcançar a essência do sistema, pode encobrir a significância dos resultados (HILLIER; LIEBERMAN, 1988).

Isso significa que se deve tomar um cuidado com o *trade-off* em: ter um modelo intensamente detalhado, mas que demandaria grande série de informações, perdendo sua eficiência, ou definir um modelo que elimine pontos prosaicos e que facilite a utilização para atender ao seu objetivo. É por esses fatores e por outros que os modelos podem ser sempre melhorados.

Os modelos podem ser desenvolvidos e analisados com base em técnicas, sendo que algumas delas, usadas neste trabalho, estão descritas a seguir.

2.6.1 Análise Fatorial

Alguns modelos têm como proposta a convergência de variáveis de um processo, sendo elas simplificadoras da realidade, em indicadores, e esses em índices. Neste caso, uma alternativa para a convergência dos indicadores em índices é trabalhar com a técnica de Análise Fatorial.

A análise fatorial é uma técnica para identificação de dimensões de variabilidade (que seria o “fator”) comuns em um conjunto de fenômenos, por meio da avaliação de diversas

variáveis. Isso significa que a técnica permite detectar a existência de padrões subjacentes nos dados, de modo que eles possam ser reagrupados em conjuntos menores de dimensões ou fatores, ou seja, seria identificar altas relações entre variáveis e propor agrupamentos entre elas que gerem os fatores (BEZERRA, 2009).

Dito de outra forma, a análise fatorial pode ser utilizada para examinar relações e padrões para um número de variáveis e determinar se a informação pode ser condensada a um conjunto menor de fatores ou componentes (HAIR JUNIOR et al., 2005a), o que pode ser simplificado na figura 7.

Figura 7: Simplificação do uso de Análise Fatorial
Fonte: Adaptado de Bezerra (2009, p. 75).

Dessa forma, segundo Corrar, Paulo e Dias Filho (2009), a técnica possibilita agrupar “i” variáveis em um número menor de “j” fatores, ou seja, permite fazer com que os diversos indicadores possam ser relacionados de modo a gerarem apenas um índice, objetivo deste estudo. De maneira geral, um fator pode ser estimado por uma combinação linear de variáveis originais, como segue na fórmula 1:

$$F_j = \omega_{j1}X_1 + \omega_{j2}X_2 + \omega_{j3}X_3 + \dots + \omega_{ji}X_i \quad (1)$$

Em que:

F_j : são os fatores comuns não relacionados

ω_{ji} : são os coeficientes dos escores fatoriais

X_i : são as variáveis originais envolvidas no estudo

A análise fatorial, segundo Fávero et al. (2009), tem como suposição a normalidade e linearidade dos dados, bem como uma matriz de correlação entre as variáveis com valores significativos. Deste modo, antes de utilizá-la é importante fazer uma análise descritiva, seguida de teste de normalidade, por fim de correlação das variáveis, para então analisar todos esses pressupostos.

A análise do pressuposto de normalidade pode ser feita observando o gráfico de *Box-Plot* e confirmada com o teste de Kolmogorov-Smirnov (FÁVERO et al., 2009). A correlação

entre as variáveis pode ser confirmada por meio do teste de KMO - Kaiser-Meyer-Olkin - e Bartlett. O resultado acima de 0,5 do teste KMO indica que há uma boa correlação entre as variáveis, uma vez que valores próximos a zero indicariam que há difusão no padrão das correlações, sendo a análise fatorial inadequada (FIELD, 2009).

Com relação ao teste de esfericidade de Bartlett, o objetivo é analisar a homogeneidade da variância entre dados diferentes, conforme comenta Field (2009). A ideia do teste é que, ao imaginar três dimensões (X, Y, Z), se houver 1 (um) de correlação em cada dimensão então se tem uma esfera de raio 1 (um), o que significa que não há distorções, dado que há uma esfera. Deste modo, se houver uma esfera significa que tudo que der fora da diagonal da matriz será zero, logo a correlação será zero. No teste o que se quer é que as correlações entre as variáveis sejam diferentes de zero. Portanto, o teste verifica se a hipótese de esfericidade foi satisfeita. Assim, quando houver significância nos resultados indica que há essa homogeneidade, confirmando a correlação entre as variáveis.

Uma observação importante destacada por Fávero et al. (2009) é que, no caso em que as correlações entre todas as variáveis sejam baixas, ou se a matriz não revelar um número substancial de valores superiores a 0,30, então há fortes indícios de que o uso da técnica de análise fatorial não é apropriada.

Na sequência é importante analisar a matriz anti-imagem dos dados. Essa matriz traz o poder de explicação dos fatores, sendo que a diagonal indica a medida de adequação da amostra - MSA - para cada fator, sendo que valores inferiores a 0,5 indicam variáveis que poderiam ser retiradas do modelo.

Outro aspecto básico a ser analisado antes da aplicação da análise fatorial é a análise das comunalidades. A interpretação das comunalidades é de que quando os resultados da extração forem próximos de zero, significa que a variável não compartilha sua variância com qualquer outra variável do conjunto, de modo que poderia ser retirada ou analisada separadamente, uma vez que o teste de análise fatorial busca variáveis com variância comum, de modo que quanto mais próximo de 1 (um) melhor (FIELD, 2009).

Os testes de análise fatorial podem ser realizados pelos seguintes métodos de extração: Análise dos Componentes Principais (ACP) ou Análise dos Fatores Comuns (AFC), segundo Fávero et al. (2009), sendo que a escolha do método depende do objetivo da pesquisa. Como o propósito é obter uma redução dos indicadores em um mínimo de fator (um índice), de modo que esse explique o máximo da variância representada pelos indicadores, então o método ACP é o mais indicado, considerando a rotação do tipo “varimax”.

2.6.2 Determinação das relações entre *inputs*

Depois da definição de modelo para tomada de decisão, pode ser que haja a necessidade de manter alguns *inputs* relacionados entre si, de modo que a variação em um deles causará efeito em outro, sendo que uma forma de definir essa relação pode ser com uso da técnica de regressão.

A utilização da regressão tem como finalidade a estimação do valor médio de uma variável em termos de valores médios conhecidos de outras variáveis explicativas, com base em uma relação linear (GUJARATI, 2006). Este método pode ser o dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), o qual apresenta algumas premissas que devem ser observadas quando da estruturação de uma equação, sendo algumas delas: normalidade (em que cada termo de erro seja distribuído normalmente), homocedasticidade (pressupõe que a variância do erro é a mesma para cada variável explicativa), ausência de autocorrelação nos termos de erro (ou seja, a correlação entre variáveis e o erro é zero), ausência de multicolinearidade (não existe relação linear perfeita entre as variáveis explicativas) (GUJARATI, 2006). Assim, atendendo a esses pressupostos, pode-se dizer que os estimadores em MQO são eficientes.

Com relação à normalidade dos resíduos é possível identificá-la por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, cuja hipótese nula é de que há presença de normalidade. A homocedasticidade pode ser verificada por meio do teste de White. A característica do teste de White é que ele não depende da premissa de normalidade e a hipótese nula é de homocedasticidade nos dados (GUJARATI, 2006).

Segundo Gujarati (2006), para identificar a existência ou não de autocorrelação é possível utilizar o teste de Durbin-Watson. Quando houver autocorrelação no modelo, uma das formas de correção pode ser feita usando a correção de Prais – Winsten, por meio da qual há a preservação da primeira observação, o que se torna interessante quando se tem amostras pequenas.

Não obstante, quando houver um modelo com presença de heterocedasticidade e autocorrelação o modelo gerado pelo MQO passa a não ter os melhores estimadores, ou seja, eles deixam de ser eficientes, sendo indicado o uso dos Mínimos Quadrados Generalizados - MQG (GUJARATI, 2006).

Por fim, com relação à multicolinearidade, uma das possíveis justificativas para sua existência pode ser o fato de que os regressores apresentem uma tendência comum de aumentar ou diminuir ao longo do tempo, assim, ela acaba sendo uma característica dos dados

e as vezes não há escolha quanto às informações disponíveis para análise, de modo que seria justificável permanecer com o modelo como está. Além disso, essa característica não cria graves problemas quando o R^2 do modelo é elevado e os coeficientes da regressão são significativos (GUJARATI, 2006).

Uma das maneiras de verificar se há multicolinearidade nos dados é por meio da análise de tolerância ou pelo fator de inflação da variância (VIF), sendo que, quanto maior o VIF mais colinear podem ser as variáveis. De uma maneira geral espera-se um VIF em torno de 1, indicado que o modelo estaria atendendo ao pressuposto de não multicolinearidade nos dados (FIELD, 2009).

2.6.3 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade permite verificar os impactos provenientes dos *estress* causados em variáveis de entradas nas de saída, bem como informar aos administradores sobre o quanto ele pode afastar-se da solução ótima sem que surjam custos excessivos ao adotarem modelos para auxílio a tomada de decisão. Deste modo o administrador pode determinar quais dados são mais importantes e que, portanto, devem ser considerados com mais precisão.

Além disso, a análise de sensibilidade pode ser usada para determinar faixas de valores e as consequências dessas variações, permitindo maior flexibilidade para a administração e geração de informações mais úteis para o processo decisório. Assim, a gerência terá flexibilidade para administrar e responder às necessidades mutáveis do ambiente sem precisar fazer recálculos; portanto, é uma maneira de dar uma resposta rápida a alguma pergunta (SHAMBLIN; STEVENS JUNIOR, 1979).

De maneira geral, esta técnica permite ao administrador obter respostas para perguntas como: Qual o efeito no *output* de uma mudança no *input*? (LACHTERMACHER, 2002).

Uma forma de visualizar quanto determinado *input* afeta os *outputs* pode ser por meio do gráfico de sensibilidade. Este gráfico permite identificar a influência de cada *input* nas saídas dos modelos propostos. Esta análise pode ser feita com o uso do *software* Crystal Ball, o qual calcula a sensibilidade entre os coeficientes de correlação dos *inputs* e dos *outputs* enquanto ocorre a simulação. Em seguida, os *inputs* são classificados entre os de maior e de

menor impacto nos *outputs*, mediante resultados dos coeficientes de correlação. Assim, coeficientes positivos elevam os *outputs* e os negativos diminuem.

Deste modo, segundo Singh et al. (2007), a análise de sensibilidade pode ajudar a avaliar a robustez de um índice, de modo a aumentar a transparência para os debates e tomada de decisão, uma vez que permite verificar como a análise da variação de um índice pode ser repartida pelas diferentes fontes de variação nos pressupostos. Além disso, mede como o índice depende da informação que o compõe.

Cabe salientar, conforme Hillier e Lieberman (1988), que uma solução “ótima” em um modelo só assim é com respeito ao modelo específico desenvolvido para representar um problema real. Os autores ressaltam que algumas decisões dos indivíduos têm por base aspectos políticos, contudo, essas decisões devem ser revistas depois de conhecer suas consequências quanto ao que pode ser alcançado. Por este aspecto é que a análise de sensibilidade torna-se importante.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritos os procedimentos metodológicos realizados no desenvolvimento da pesquisa, compreendendo as características do tipo de pesquisa e da coleta de dados.

3.1 Tipo de Pesquisa

O presente estudo trata-se de uma pesquisa aplicada na elaboração de um modelo capaz de permitir com que uma empresa possa analisar como as variações dos parâmetros envolvidos no processo de produção impactam na sustentabilidade do mesmo.

A pesquisa também pode ser considerada como bibliográfica e exploratória. Tal classificação se dá primeiramente porque a revisão bibliográfica é importante para utilização como suporte com relação ao levantamento e verificação das pesquisas nacionais e internacionais relacionadas à linha de estudo, bem como permite identificar as justificativas ambientais, sociais e econômicas para uso da logística reversa. Além disso, consente em compreender a evolução e o estado da arte dos estudos propostos sobre o tema a ser estudado, capacitando assim, uma identificação mais clara com relação às possibilidades de desenvolvimento de novas pesquisas, de modo a contribuir para evolução do conhecimento. Segundo Martins e Theóphilo (2009) a pesquisa bibliográfica é parte indispensável a qualquer trabalho científico, pois é a maneira de construir a plataforma teórica do estudo.

Ademais, em um segundo momento a pesquisa bibliográfica se junta ao estudo exploratório, o qual se torna importante para compreensão detalhada de um processo de logística reversa de Ref PET, bem como para a identificação dos parâmetros a serem aplicados no desenvolvimento do modelo. Assim, o estudo exploratório é capaz de permitir o levantamento e conceituação de parâmetros, processos e informações quanto à logística reversa de Ref PET que não puderam ser obtidos apenas com o levantamento bibliográfico atual. Portanto, segundo Hair Junior et al. (2005b) é um plano de pesquisa útil quando há pouca teoria disponível para orientar as previsões do estudo. Para tanto, fez-se a utilização de análise de documentos e entrevistas.

3.2 Coleta de Dados

A entrevista, segundo Hair Junior et al. (2005b) ocorre quando o pesquisador estabelece um diálogo direto com o respondente, permitindo obtenção de *feedbacks* imediatos, bem como auxílio visual sobre eventos ao redor, os quais podem gerar novas curiosidades, consequentemente, enriquecendo o processo com novos questionamentos.

Assim, o roteiro proposto para as entrevistas, apresentado no Apêndice B, foi semi-estruturado e não estruturado, uma vez que o objetivo era garantir flexibilidade na condução de novas perguntas à medida que se faziam necessárias durante a evolução do processo de diálogo e respostas dos entrevistados.

Todo conhecimento sobre a operação da empresa e sua estrutura de logística reversa de Ref PET ocorreu por meio de entrevistas com cerca de 10 (dez) funcionários, incluindo as seguintes áreas: Planejamento Estratégico (gerente e analista); Logística (gerente e analista); Meio Ambiente; Contabilidade; Controladoria (custos e orçamento); Responsabilidade Social; Tratamento de água e de efluentes; Reciclagem; Manutenção de veículo; Comercial e de finanças; Custos, Orçamento, Controladoria, Tratamento de Afluentes e Tratamento de Efluentes. Além desses funcionários outros foram envolvidos, indiretamente, no levantamento das informações.

As entrevistas se iniciaram em outubro de 2012 e finalizaram em agosto de 2013, sendo cerca de oito visitas com duração média de cinco horas, exceto a última, cujo objetivo foi o levantamento final dos dados, a qual perdurou por nove horas. Além disso, algumas dúvidas foram sanadas via e-mail e telefone, quando mais imediatas e pontuais.

A primeira entrevista para coleta de informações ocorreu com o objetivo de conhecer o processo como um todo. Então, desde a requisição das embalagens, passando pela área de armazenagem, carregar caminhão, retorno do caminhão, triagem dos vasilhames retornados etc., percorrendo toda fábrica, foi feito com o intuito de conhecer o processo como um todo e já levantar alguns dados, como quantidade de funcionários, a sequência das atividades. Essa etapa também foi fundamental para possibilitar o desenvolvimento do fluxo total do processo, o qual está destacado na figura 8 deste trabalho.

Outra visita fundamental para o desenvolvimento da pesquisa se deu na linha 3, sendo esta a linha de produção do Ref PET objeto do estudo. Foi possível acompanhar cada etapa do processo, da entrada da garrafa até a saída do produto final, obtendo informações sobre a quantidade de funcionários, os cargos, máquinas envolvidas, possíveis defeitos, consumo de

água mais significativa em cada passo, a temperatura da água em cada etapa, o consumo de energia, as diferenças entre os processos produtivos de retornáveis e descartáveis, entre outros.

A entrevista com o departamento de logística permitiu identificar outros custos, máquinas, mão de obra, bem como compreender diversas especificidades e estratégia de venda, conforme itens de 5.2 a 5.5 da tese.

Além destas visitas, outras foram importantes para compreensão da proporção do negócio em sua totalidade, como o conhecimento de todas as ações sociais externas realizadas pela empresa, cada projeto e seus objetivos; todo processo de tratamento de afluente e efluente, desde máquinas, produtos químicos, vazão da água etc.

Durante toda fase de conhecimento do processo, passando por cada etapa, percebeu-se que algumas atividades eram comuns aos retornáveis e aos descartáveis, mas que outras eram específicas dos Ref PET, como a higienização dos vasilhames que retornam e a coleta e triagem, como já destacado por Matar (2011), assim, todas as informações recebidas já eram separadas por tipo de processo⁷, sendo necessário a aplicação de rateio em alguns casos. De tal modo, o detalhe e a preocupação em conhecer cada atividade e seus custos envolvidos foi essencial para auxiliar no rateio e na identificação de custos para cada um dos processos que seriam analisados.

Uma vez conhecida cada etapa foi possível determinar quais eram os fatores inerentes ao processo, que por sua vez seriam os *inputs* na determinação do modelo, relacionando-os com os subindicadores, indicadores (determinados com base na literatura e apresentados no item 4.2) e índices.

O passo seguinte foi o levantamento quantitativo dos *inputs* para que pudesse proceder com a aplicação prática do modelo. Assim, a empresa disponibilizou informações para 41 meses, de janeiro de 2010 a maio de 2013. O motivo deste intervalo de dados é que houve troca de sistema na companhia, de modo que não foi possível resgatar informações anteriores a este período.

---

⁷ Mais detalhes sobre esses processos identificados estão descritos no item 4.1 desta tese.

3.3 Etapas da Pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu mediante algumas etapas. Primeiramente foi feita a revisão teórica, que se constituiu na leitura de trabalhos científicos, desenvolvidos na linha de pesquisa proposta, com objetivo de compreender o estado da arte e identificar aspectos para o desenvolvimento de um estudo que pudesse contribuir para a evolução das indagações na linha de logística reversa.

Em seguida, dado o nível de detalhamento em um processo de logística reversa em Ref PET nas pesquisas existentes, foi necessária a busca minuciosa do funcionamento do mesmo em uma empresa, ou seja, uma pesquisa exploratória. Essa segunda etapa contribuiu para um entendimento mais completo sobre o funcionamento deste processo, bem como as variáveis envolvidas e as possíveis etapas para sua realização.

Uma vez compreendidos os elementos básicos e os detalhes de um processo de logística reversa de Ref PET foi possível proceder com a elaboração dos fluxogramas, os quais foram desenhados com o objetivo de identificar as etapas, bem como relacionar as variáveis envolvidas a cada uma delas. Depois de conhecido cada etapa do processo e identificado os custos envolvidos a eles foi possível determinar quais os fatores inerentes ao processo de logística reversa que seriam os *inputs* para um modelo, seguindo para a determinação dos sub-indicadores e indicadores.

Na sequência, fez-se novo levantamento bibliográfico para determinar técnicas que pudessem relacionar os indicadores de modo que eles formassem os índices. Depois disso foi possível propor um modelo teórico.

Em seguida, houve a aplicação do modelo na empresa utilizada na pesquisa exploratória. Todavia, antes fez necessário identificar cada processo e seus custos, que seriam os valores iniciais dos *inputs* no modelo. Obtendo 41 meses de informações foi possível realizar uma análise fatorial para determinação das cargas que comporiam os índices. Uma vez aplicado o modelo foi feito um estudo de correlações e aplicação de regressão para deixar alguns *inputs* em função de outros, de modo que a variação em um causaria a variação em outro, o que permitiu a aplicação da técnica de sensibilidade para identificação dos impactos gerados nos índices de sustentabilidade quando da variação dos *inputs*.

Por fim, alguns cenários possíveis de decisão, com base nas expectativas da empresa, foram gerados para analisar a utilidade do modelo para a empresa.

Ressalta-se que os testes foram realizados utilizando os seguintes programas estatísticos: SPSS versão 17.0 e versão 20.0; STATA versões 10.1 e 11, Minitab versão 16 e Crystal Ball versão 3.

3.4 Aspectos Gerais da Empresa

A empresa utilizada como exemplo neste estudo é uma sociedade anônima de capital fechado que opera a cerca de 65 anos no mercado, tendo sido fundada em 1948.

Iniciou suas atividades no Brasil em uma área de 750 m², contudo atualmente seu parque industrial evoluiu para 238.095,95 m² de área útil e 58.279,81 m² de área construída, sendo toda ela coberta por seguro. Hoje em dia a distribuição da empresa atinge mais de 25 mil postos de venda e 131 cidades, das quais 78 localizadas no Estado de São Paulo e o restante em Minas Gerais.

Com relação ao seu conjunto de produtos, incluindo os diversos sabores, tipos e tamanhos de embalagens, a companhia apresenta em torno de 69 tipos de refrigerantes, 32 cervejas; 31 chás; 25 produtos de hidratação (como água e isotônicos); 53 sucos e 3 energéticos. Atualmente o maior giro é dado pelos refrigerantes do tipo PET 2 litros, cuja embalagem é descartável⁸ e não retornável, sendo que este produto sempre foi o maior volume de produção e venda da empresa, fator que contribuiu para que a companhia desenvolvesse uma linha de produção exclusiva para este tipo de produto.

---

⁸ A título de curiosidade, para o caso de vasilhames descartáveis, a empresa recebe a pré-forma dessas embalagens que em seguida é destinada a uma máquina de “sopro” para ser moldada no perfil desejado, ou seja, forma e volume.

4 PROPOSTA CONCEITUAL DO MODELO

A logística reversa pode ser considerada uma ação com objetivos de garantir benefícios econômicos, sociais e ambientais a diversos agentes, portanto, avalia-se como sendo uma proposta para garantir padrões de sustentabilidade.

Dentre diversas práticas de logística reversa existe aquela estruturada para o retorno de garrafas de bebidas com a finalidade de reutilização para o mesmo fim. Contudo, as pesquisas existentes nessa linha (CAMPOS, 2006; TAM; KUMAR, 2006; ADLMAIER; SELLITO, 2007; GRIMES-CASEY et al., 2007; CHAVES; ALCÂNTARA; ASSUMPÇÃO, 2008; MATAR, 2011; ATAMER; BAKAL; BAYINDIR, 2013) buscam analisar, principalmente, se esse processo garante benefícios econômicos para a empresa, mas normalmente não focam nos quesitos: social e ambiental, os quais são fatores intrínsecos ao se considerar o conceito de sustentabilidade.

Neste contexto, surge o interesse em analisar como um processo de logística reversa de Ref PET apresenta benefícios econômicos, sociais e ambientais, bem como o impacto nesses de mudanças nas variáveis e parâmetros do processo.

Para isso, é importante conhecer as etapas de um processo produtivo baseado na logística reversa, no caso a Ref PET. Por exemplo, dois principais fluxos são: a) o de retorno e b) aquele para deixar a embalagem em condições de reutilização.

Com relação ao retorno de embalagens, pode-se dizer que há uso de um processo misto de logística reversa, ou seja, são característicos de uma logística reversa pós-consumo, uma vez que são retornados após consumo, contudo, fazem uso do canal reverso de pós-venda para retornar até a indústria. Isso significa que o espaço vazio deixado pelos produtos entregues será reocupado pelos paletes e vasilhames vazios (CHAVES; ALCÂNTARA; ASSUMPÇÃO, 2008). Esse caminho de volta gera custos, consumo de recursos e tem impactos sociais, fatores que devem ser mapeados para melhor entendimento do processo. Fleischmann et al. (1997) já destacavam a importância dessa etapa, e salientam que quando se trata de materiais recolhidos para reutilização, é importante considerar que eles exigem um novo processo, ou seja é a transformação do produto, até então rejeitado pelo consumidor, em algo reutilizável.

Assim, por meio das entrevistas com os responsáveis pelas etapas de diversos processos de operação envolvendo logística reversa das embalagens Ref PET de uma empresa

e com base na literatura existente⁹, foi possível elaborar um fluxo simplificado e geral que inclui uma operação de negócio da companhia, incluindo atividades intrínsecas a logística reversa de Ref PET, compreendendo seus sub-processos, conforme podem ser observados na figura 8.

Figura 8: Processo simplificado de Logística Reversa de Ref PET da empresa em estudo

Fonte: Elaborado pela autora

Tal fluxo pode ser elaborado por meio do acúmulo de dois tipos de conhecimento: a) o empírico, devido ao levantamento e revisão bibliográfica e b) o prático, possível por meio do conhecimento em detalhes da aplicação de um processo de logística reversa de Ref PET em uma empresa.

De modo geral, o fluxo anterior apresenta etapas desde a fabricação das embalagens retornáveis até seu descarte final. As “caixas” em branco representam as etapas que serão abordadas na aplicação do modelo desta pesquisa, em cinza as etapas que não serão consideradas. Portanto, o processo da logística reversa de reutilização tem uma ponta que será definida como ponto inicial desta pesquisa: a aquisição das embalagens virgens.¹⁰

⁹ Cabe ressaltar que a maioria dos estudos presentes na literatura atualmente aborda a logística reversa de retorno das embalagens, não significando o processo de reutilização das mesmas. Mesmo assim, foram capazes de contribuir para o estudo e entendimento, consequentemente mapeamento de um processo de logística reversa envolvendo a reutilização de embalagens. Alguns desses estudos podem ser citados, como: Campos (2006), Chaves, Alcântara e Assumpção (2008), Grimes-Casey et al. (2007), Atamer, Bakal e Bayindir (2013) e Matar (2011).

¹⁰ O modelo proposto está restrito às etapas em branco, pois as outras etapas exigiriam conhecimento detalhado da realidade de seus respectivos processos, o que demandaria outros esforços do pesquisador. Além disso, como a proposta do trabalho foca no processo de logística reversa, considerou-se suficiente tratar dos fluxos em branco, apenas. Contudo, uma vez modelados os processos propostos, pesquisas futuras poderiam considerar a expansão da análise dos mesmos.

Uma vez que as embalagens já foram adquiridas e utilizadas por uma empresa, as etapas de compra e armazenamento da embalagem virgem não devem ser mais considerada, sendo o processo reduzido em: deixar as garrafas em condições de reutilização (o que inclui a etapa de armazenamento da garrafa retornada e todas as ações de higienização) em seguida a produção, representado pela seta 1.

Embora o fluxo apresente representações de “Produzir” e “Selecionar e higienizar garrafas para reutilização”, cabe esclarecer que essas duas etapas importantes fazem parte do processo global de produção; sendo esta uma pré-preparação para aquela. Ressalta-se também que as embalagens virgens, quando adquiridas, passam por um processo de higienização, porém, bem mais simples quando comparado ao processo de embalagens retornadas, desta maneira, optou-se por uma simplificação nesta relação, interligando diretamente a etapa “Comprar e armazenar garrafas Virgens” com “Produzir”.

Além disso, em algumas etapas do processo pode haver identificação ou ocorrência de perdas de embalagens por alguns danos físicos ou contaminações, de modo que elas se tornem inapropriadas para reutilização, tais situações estão definidas pelas setas 2, 3 e 4. Nestes casos as embalagens poderiam ser encaminhadas ao processo de preparação para destino à reciclagem, que poderá ser uma atividade interna da empresa ou terceirizada.

O conhecimento das atividades, do consumo de recursos, da mão-de-obra, das máquinas, do tempo etc. de cada uma dessas etapas é essencial para a elaboração de um modelo para auxílio à decisão. Assim, além do fluxo deve-se conhecer as variáveis que fazem parte deste processo, como será descrito a seguir.

4.1 Variáveis do Processo de Logística Reversa de reutilização de Ref PET

Por meio do estudo e definição dos fluxogramas de um negócio de venda de bebidas, com ênfase nos processos de logística reversa de Ref PET, foi possível estabelecer algumas variáveis gerais que compõem todas essas etapas e sub-processos.

Cada processo pode ter a ele seu custo e características atribuídas, o qual deve ser formado pelas variáveis respectivas. De maneira geral, os principais gastos, parâmetros e variáveis de um negócio de produção e venda de bebidas, incluindo o processo de logística reversa em Ref PET, podem ser resumidos como sendo:

- quantidade de produtos produzida e vendida;

- preço de venda do produto;
- volume e preço de garrafas virgens adquirida;
- gastos como: mão-de-obra, combustível, manutenção, produtos químicos, matéria-prima, seguro, água e energia;
- valor das máquinas e equipamentos, bem como a depreciação respectiva
- custo e Área de armazenagem;
- outras despesas como os impostos.

A título de exemplo, Matar (2011) considerou os seguintes itens: esteira para triagem; mão-de-obra (operadores tanto para coleta, triagem quanto higienização), caminhão, motorista, manutenção, espaço ocupado (custo de estocagem), solvente e produtos químicos para limpeza das embalagens, etiquetas, energia, água, máquinas e equipamentos.

Todavia, outro aspecto importante é determinar quais são os processos mais relevantes na operação, de modo a serem segregados para análise. Assim, é interessante que um modelo seja composto pelos principais processos, bem como as respectivas variáveis.

Sendo assim, e por considerar um negócio de produção e venda de bebidas Ref PET, deve-se dar destaque para o processo de **“Coleta e Triagem”**, o qual é característico da logística reversa de reutilização das embalagens, assim como abordado por Matar (2011), por trazer atividades intrínsecas a operação com análise e separação das garrafas que retornam.

Outro processo fundamental é o **“Produtivo”**. Neste caso é fundamental para o modelo que as etapas de produção estejam bem claras, uma vez que elas podem ter atividades gerais para fabricação de outros tipos de produtos, porém pode haver atividades mais específicas para o produto Ref PET, como o caso dos processos específicos de lavagem e higienização dos retornáveis.

Por fim, existem ainda os processos **“Gerais”**, os quais apresentam algumas ações comuns à operação com bebidas descartáveis, como por exemplo: aquisição de embalagem, armazenamento, envase, capsular, codificar, verificações visuais e eletrônicas (quando existirem), paletização; armazenamento etc.; porém existem outras ações específicas para as embalagens Ref PET como a de encaixotar que devem ser levadas em consideração com zelo quando no rateio dos gastos por processo.

A constituição do modelo nesses processos (relacionados à logística reversa e comuns ao caso de bebidas não reutilizáveis) é relevante por se considerar a possibilidade de análise de decisões nas variações dos *inputs* sobre cada processo, de modo a identificar se os processos mais intrínsecos à logística reversa de reutilização sobrecarregam ou contribuem

positivamente para os índices de sustentabilidade, se comparado com os demais processos com etapas comuns para as bebidas descartáveis.

A análise considerando a abertura desses processos é capaz de auxiliar o gestor na identificação específica da contribuição ou não dos processos específicos de retornáveis para a sustentabilidade da operação como um todo, portanto, devem ser considerados em um modelo de auxílio à decisão.

Outra etapa importante para construção do modelo é a definição de indicadores que poderão formar os índices de representatividade econômica, social e ambiental, como será descrito a seguir.

4.2 Determinação dos Indicadores para formação dos índices de Sustentabilidade

O termo indicador representa um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros, de modo a refletir sobre as condições do sistema em análise, sendo normalmente utilizado como um pré-tratamento aos dados originais. Por outro lado, o índice é formado por meio do agregado final de todo um processo de cálculo, o qual utiliza indicadores na composição. Portanto, pode-se dizer que o índice é uma junção de indicadores, podendo ser utilizado como um instrumento de tomada de decisão e previsão (SICHE et al., 2007; KHANNA; 2000).

Contudo, Singh et al. (2007) consideram que é bastante difícil avaliar o desempenho da empresa com base em um grande número de indicadores de sustentabilidade, de modo que a integração de indicadores-chave de sustentabilidade torna-se essencial para a tomada de decisões, sendo essa abordagem inovadora para avaliar o desempenho sustentável. Isso porque ela permite avaliação de uma multiplicidade de aspectos, os quais podem então serem decifrado num único índice comparável. Assim sendo, o índice seria uma tentativa de ter uma noção dos fenômenos dinâmicos e complexos, sendo valorizado pela sua capacidade de integrar grande quantidade de informações em formatos de fácil compreensão para o público em geral.

Diante desta prerrogativa partiu-se ainda do pressuposto de que cada um dos três índices (econômico, social e ambiental) deveria ser fruto do processo produtivo em análise, para isso, os indicadores também precisavam ser gerados com base na operação estudada. Neste sentido, com base na literatura foram identificados alguns indicadores do tipo

econômico, ambiental e social que poderiam ser utilizado com este fim. A título de exemplo segue quadro 7 resumindo os indicadores e as pesquisas que os utilizaram.

Indicadores		Pesquisas
Econômico	Lucro	Azapagic (2004), Székely e Knirsch (2005), Azevedo (2006), Vieira, Lima e Barros (2008)
	Valor agregado e/ou custo de capital	Azapagic e Perdan (2000), Azapagic (2004), Azevedo (2006), Singh et al. (2007)
	Margem e/ou Giro e/ou Rentabilidade	Singh et al. (2007)
Ambiental	Consumo de água	Meadows (1998), Azapagic e Perdan (2000), Epstein e Wisner (2001), Keeble, Topiol e Berkeley (2003), Azapagic (2004), Labuschagne, Brent e Erck (2005), Dias-Sardinha e Reijnders (2005), Székely e Knirsch (2005), Azevedo (2006), Tanzil e Beloff (2006), Gallego (2006), Labuschagne e Brent (2006), Singh et al. (2007), Vieira, Lima e Barros (2008)
	Consumo de energia	Azapagic e Perdan (2000), Epstein e Wisner (2001), Keeble, Topiol e Berkeley (2003), Azapagic (2004), Székely e Knirsch (2005), Dias-Sardinha e Reijnders (2005), Azevedo (2006), Tanzil e Beloff (2006), Gallego (2006), Labuschagne e Brent (2006), Singh et al. (2007), Hutchins e Sutherland (2008), Vieira, Lima e Barros (2008)
	Emissão de CO ₂	Meadows (1998), Azapagic e Perdan (2000), Epstein e Wisner (2001), Keeble, Topiol e Berkeley (2003), Azapagic (2004), Székely e Knirsch (2005), Dias-Sardinha e Reijnders (2005), Azevedo (2006), Gallego (2006), Labuschagne e Brent (2006), Singh et al. (2007), Hutchins e Sutherland (2008), Vieira, Lima e Barros (2008)
	Efluentes (produtos químicos e lubrificantes)	Meadows (1998), Epstein e Wisner (2001), Azapagic (2004), Székely e Knirsch (2005), Dias-Sardinha e Reijnders (2005), Azevedo (2006), Gallego (2006), Singh et al. (2007), Vieira, Lima e Barros (2008)
Social	Educação, saúde e segurança	Meadows (1998), Epstein e Wisner (2001), Keeble, Topiol e Berkeley (2003), Azapagic (2004), Dias-Sardinha e Reijnders (2005), Labuschagne, Brent e Erck (2005), Azevedo (2006), Tanzil e Beloff (2006), Gallego (2006), Labuschagne e Brent (2006), Hutchins e Sutherland (2008), Vieira, Lima e Barros (2008), Govindan, Khodaverdi e Jafarian (2013)
	Transporte e/ou alimentação	Epstein e Wisner (2001), Labuschagne, Brent e Erck (2005), Labuschagne e Brent (2006), Hutchins e Sutherland (2008)
	Previdência	Meadows (1998), Székely e Knirsch (2005), Azevedo (2006), Hutchins e Sutherland (2008), Vieira, Lima e Barros (2008)
	Remuneração (incluindo os encargos)	Meadows (1998), Azapagic (2004), Székely e Knirsch (2005), Azevedo (2006), Gallego (2006), Hutchins e Sutherland (2008), Vieira, Lima e Barros (2008)
	Participação no lucro	Meadows (1998), Azapagic (2004), Hutchins e Sutherland (2008), Vieira, Lima e Barros (2008)

Quadro 7: Relação de pesquisas e o uso de indicadores de sustentabilidade

Fonte: Elaborado pela autora

Além desses estudos, os indicadores ambientais considerados são também parte das pontuações do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE¹¹). Com base nisso, os indicadores foram definidos e serão apresentados na sequência.

¹¹ Para mais detalhe verifique o arquivo “Dimensão Ambiental_Grupo A” e o arquivo “Dimensão Social” disponível em: <<https://www.isebvmf.com.br/index.php?r=site/conteudo&id=52>>. Acesso em 27 de agosto de 2013.

4.2.1 Indicadores Econômicos

Com relação aos indicadores econômicos que farão parte do modelo, a seguir tem-se as proposições de relações que podem ser obtidas e relacionadas ao processo de logística reversa de Ref PET:

a) Resultado Operacional:

O resultado operacional será calculado conforme fórmula 2.

$$\text{Resultado Operacional (\$/garrafa)} = \text{Receita} - \text{Gastos Operacionais} \quad (2)$$

O lucro é um indicador econômico de sustentabilidade utilizado anteriormente pelas seguintes pesquisas: Azapagic (2004), Székely e Knirsch (2005), Azevedo (2006), Vieira, Lima e Barros (2008).

b) Rentabilidade:

$$\text{Rentabilidade (\$/garrafa)} = \frac{\text{Lucro Operacional}}{\text{Investimento}} \quad (3)$$

A fórmula 3 apresenta o cálculo da rentabilidade, sendo que investimentos são considerados como sendo as máquinas e equipamentos líquidos da depreciação envolvidos no processo. Essa relação, se > 1 , significa que a empresa está conseguindo gerar lucro maior que os investimentos. Este indicador foi utilizado por Singh et al. (2007).

c) Margem por garrafa:

A margem de contribuição por garrafa poderá ser determinada mediante a fórmula 4.

$$\text{Margem (\$/garrafa)} = \frac{\text{Lucro Operacional}}{\text{Receita}} \quad (4)$$

A proposta desta relação é verificar o desempenho da empresa na geração do lucro, ou seja, segundo Assaf Neto (2010) permite identificar quanto das receitas foram destinadas a cobrir despesas e quanto se transformou em lucro. Singh et al. (2007) também consideraram esse indicador em seus estudo.

d) Giro por garrafa:

A relação do giro por garrafa, encontrada por meio da fórmula 5, será capaz identificar o desempenho de aplicações alcançadas pela empresa, em outras palavras é a capacidade dos investimentos em realizar receitas (ASSAF NETO, 2010). Sendo que investimentos são considerados como sendo as máquinas e equipamentos envolvidos no processo.

$$\text{Giro (\$/garrafa)} = \frac{\text{Receita}}{\text{Investimento}} \quad (5)$$

O “Giro” também foi considerado um indicador econômico de sustentabilidade no trabalho de Singh et al. (2007).

e) Valor:

O indicador de valor poderá ser determinando conforme fórmula 6.

$$\text{Valor (\$/garrafa)} = \text{Resultado Operacional} - (\text{Investimento} \times \text{CO} (\%)) \quad (6)$$

Sendo que investimentos são considerados como sendo as máquinas e equipamentos, líquidos da depreciação, envolvidos no processo.

A proposta desta relação é uma medida próxima a agregação de valor do processo para a empresa, portanto, é baseada na essência do Valor Econômico Adicionado (VEA), explicitado por Assaf Neto (2010). A proposta deste indicador é analisar o valor adicionado pela operação aos proprietários da empresa, por meio da diferença entre o lucro gerado e o custo de oportunidade dos proprietários (CO) multiplicando os investimentos realizados.

Os trabalhos de Azapagic e Perdan (2000), Azapagic (2004), Azevedo (2006), Singh et al. (2007) também utilizaram esse conceito de valor para determinação de indicadores econômicos nos estudos de sustentabilidade.

4.2.2 Indicadores Sociais

A maioria dos trabalhos que consideram aspectos sociais da sustentabilidade trabalham com a frente qualitativa dos mesmos, como o caso de Lee e Saen (2012), Clarke-Sather et al. (2011) e Erol, Sencer e Sari (2011). Embora os autores proponham uma série de informações sociais eles não trazem qualquer relação com a operação de uma empresa como é

feito nesta pesquisa. Uma das justificativas para isso é o fato de que os indicadores sociais quantitativos são mais complexos de calcular, segundo Singh et al. (2007).

Todavia, identificou-se a possibilidade de utilização de aspectos sociais quantitativos e relacionados à operação em estudo com base na relação de benefícios sociais proposta pelo Balanço Social do Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (IBASE¹²-), ou seja, considerando os seguintes gastos com funcionário: alimentação, encargos sociais compulsórios, previdência privada, saúde, segurança e saúde no trabalho, educação, cultura, capacitação e desenvolvimento profissional, creches ou auxílio-creche, participação nos lucros ou resultados, bolsas e estágios. Mas, além desses, também poderia ser considerada a destinação para transporte, uma vez que o IBASE traz um conjunto de benefícios aos funcionários.

Contudo, além disso, a definição do índice social precisava considerar a proposta do trabalho, ou seja, a de analisar os efeitos nos índices de sustentabilidade relativos à própria operação. Logo, seria importante analisar como o processo produtivo que inclui uma atividade de logística reversa desempenha seu papel no quesito social.

Neste sentido, o conceito por traz da Demonstração do Valor Adicionado (DVA) pareceu ser bastante condizente com a ideia proposta de relação entre os aspectos sociais e a operação da empresa, uma vez que o conceito do valor adicionado é capaz de evidenciar a geração de riqueza pela empresa e sua forma de distribuição aos agentes que colaboraram na sua criação. Considerando os funcionários, o valor adicionado constitui-se numa visão nova para eles com relação ao desempenho da companhia, uma vez que eles podem acompanhar a oscilação da riqueza que a empresa produziu, acompanhar a parcela que está sendo levada por eles e, assim, conscientemente, analisar cenários de aumentos reais de salários e de incentivos, em virtude desse acréscimo na riqueza (CUNHA, RIBEIRO, SANTOS, 2005).

Desta maneira, a relação proposta para composição dos indicadores sociais foi entre os gastos com benefícios sociais na razão com o valor adicionado pelo processo, de modo que seria possível acompanhar a relação do retorno dados aos funcionários em função do que a empresa está gerando de riqueza, considerando a distribuição do valor adicionado aos colaboradores. Assim, as relações foram definidas conforme as fórmulas de 7 a 14.

a) Alimentação:

$$\text{Alimentação (\$/garrafa)} = \frac{\text{Alimentação}}{\text{Valor Adicionado}} \quad (7)$$

¹² O padrão do Balanço Social está disponível em: <<http://www.balancosocial.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

b) Transporte:

$$\text{Transporte (\$/garrafa)} = \frac{\text{Transporte}}{\text{Valor Adicionado}} \quad (8)$$

c) Encargos:

$$\text{Encargos (\$/garrafa)} = \frac{\text{Encargos}}{\text{Valor Adicionado}} \quad (9)$$

d) Previdência Privada:

$$\text{Previdência Privada (\$/garrafa)} = \frac{\text{Previdência Privada}}{\text{Valor Adicionado}} \quad (10)$$

e) Saúde:

$$\text{Saúde (\$/garrafa)} = \frac{\text{Saúde}}{\text{Valor Adicionado}} \quad (11)$$

f) Segurança

$$\text{Segurança (\$/garrafa)} = \frac{\text{Segurança}}{\text{Valor Adicionado}} \quad (12)$$

g) Educação:

$$\text{Educação (\$/garrafa)} = \frac{\text{Educação}}{\text{Valor Adicionado}} \quad (13)$$

h) Participação nos lucros

$$\text{Participação nos lucros (\$/garrafa)} = \frac{\text{Participação nos lucros}}{\text{Valor Adicionado}} \quad (14)$$

Sendo que o valor adicionado foi calculado partindo da receita, reduzindo a depreciação e os insumos adquiridos de terceiros, exceto salário e impostos¹³.

Cabe ressaltar a existência de diferença estrutural entre os índices, sendo que o “Econômico” e o “Ambiental” foram construídos em uma base linear quanto à operação, porém, o “Social” é uma razão. Assim, consequência observada com essa escolha foi o fato de que o índice social e o econômico estariam inversamente proporcionais. Dessa forma,

¹³ É muito importante considerar que o modelo tem a abertura de “Outros gastos”, os quais podem ser mais específicos para empresas distintas, de modo que a mesma deve analisar a essência desses gastos e se eles devem ou não compor o valor adicionado. Para isso, é importante o estudo do que compõe ou não o conceito de valor adicionado.

ressalta-se a importância em analisar a essência da relação proposta no social, ou seja, como está acompanhando a evolução nos gastos com benefícios sociais frente ao valor agregado pelo processo.

Outras alternativas foram pesquisadas e testadas partindo-se da consideração de índices sociais determinados pelo IBASE, ou seja, considerando a relação dos benefícios sociais com o lucro e receita da operação, bem como sobre o total da folha bruta de pagamento. Nesse sentido, a proposta utilizando como denominador o lucro representaria a relação do que é destinado aos funcionários, porém com o resultado final da operação, assim, teria um índice que estaria relacionado com diversos fatores inerentes à operação, o que daria mais sensibilidade ao índice a cada alteração nos *inputs*.

Porém, há uma particularidade nesta relação que poderia dificultar a análise do índice, que seria observado quando o processo da empresa apresentasse prejuízo. De modo que os gastos com social estariam relacionados ao prejuízo da operação, dificultando a consideração da proporção que isto representa para a companhia e para os funcionários. Por exemplo, uma vez dado lucro é compreensível a proporção distribuída, porém com o resultado negativo significaria que, mesmo assim, a empresa teve gastos sociais, de modo que é possível questionar se a representatividade desta relação seria a mesma quando comparada com a relação em resultados positivos. Além disso, esta alternativa também manteria uma relação inversamente proporcional com o índice econômico.

Também houve uma reflexão quanto ao uso da receita do negócio como denominador, assim seria possível obter o percentual destinado aos funcionários em relação ao que entra na empresa, antes das destinações, e não haveria problemas de sinais. Por outro lado o índice estaria em função apenas do preço de venda, o que não captaria as melhorias ou piores na operação como um todo.

Outra relação analisada foi considerando a folha bruta de pagamento, a qual evidencia a proporção do que está sendo destinado para benefícios sociais sobre tudo que o funcionário recebe para trabalhar. Porém, percebeu-se que essa relação pode ser contraditória em alguns momentos. Por exemplo, supondo que em determinado período a empresa elevou apenas o gasto com alimentação, aumentando, por conseguinte o valor da folha de pagamento, então a relação no indicador “Alimentação/Folha Bruta” aumentará, porém haveria uma queda na relação os outros gastos sociais. Isso porque o cálculo proposto ocorre sobre o total da folha, que inclui os próprios benefícios, de modo que o aumento em um “canibaliza” a relação de outros.

Dessa forma, uma alternativa seria utilizar apenas os salários e ordenados. Assim, não haveria essa situação, bem como relações negativas ou inversamente proporcionais ao índice econômico. Por outro lado, pouco estaria relacionado com a operação, ou seja, não seria possível captar, por exemplo, se a empresa tem valores elevados de lucro e receita, mas mantém salários baixos e gasto com social alto, de modo que o indicador seja bom, não representando a realidade, além disso, também não estaria relacionado com a evolução ou retração do negócio.

Assim, diante de todos esses aspectos foi considerado que a relação dos benefícios sociais com o valor adicionado pudesse trazer informações mais relevantes sobre o retorno dado aos funcionários mediante a evolução do negócio, mesmo que apresentando a relação inversa com o índice econômico.

4.2.3 Indicadores Ambientais

A determinação dos indicadores ambientais baseou-se nas variáveis do processo de logística reversa de Ref PET e nas possíveis ações diferenciais que uma empresa pode adotar com relação ao meio ambiente nessa atividade. Assim, com base diretamente nos processos identificou-se as seguintes relações como representativas do índice ambiental:

- Consumo de Energia Elétrica: calculado conforme fórmula 15.

$$\text{Energia Elétrica (tCO}_2\text{/garrafa)} = \text{kWh total} \times \text{Fator de emissão de CO}_2 \quad (15)$$

Sendo:

kWh total: Consumo total de energia medido em kWh

O fator de emissão de CO₂ para energia e para os demais recursos serão apresentados mais a frente.

- Consumo de Combustível: cujo cálculo está representado na fórmula 16

$$\text{Combustível (tCO}_2\text{/garrafa)} = \text{Consumo total} \times \text{Fator de emissão de CO}_2 \quad (16)$$

Sendo que o consumo total de combustível pode ser dado em quilômetros, m³, quilo, dependendo do tipo de combustível.

A emissão de CO_{2e} (equivalente) por combustíveis pode ocorrer no uso de GLP- Gás liquefeito de petróleo-, diesel, gasolina, etanol, entre outros. Portanto, para cada caso a empresa pode identificar a emissão de gases por tipo de combustível e identificar qual tem maior impacto no índice ambiental.

Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2006), o combustível de veículos móveis emitem gases de efeito estufa como: dióxido de carbono (CO₂); metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O). Tais gases são ditos como diretos, enquanto que os indiretos seriam: monóxido de carbono (CO); dióxido de enxofre (SO₂); óxido de nitrato (NO_x) e algumas partículas. Dessas, o volume de gases diretos emitidos podem ser medidos por meio de equivalentes de CO₂. Por outro lado, as emissões de CH₄ e N₂O são mais difíceis de estimar com precisão, pois dependem das características da tecnologia, de combustível e de operações dos veículo (UESPA, 2008). O IPCC (2006) ressalta a dificuldade de consideração desses gases em função da necessidade de levar em conta as populações de diferentes tipos de veículos e suas tecnologias de controle de poluição.

Dessa maneira, e em função de haver medidas de fatores de conversão dos gases diretos equivalentes ao volume de CO₂, essa medida pode ser considerada como indicador ambiental em um modelo.

A decisão da utilização destas relações de tonelada (t) de emissão de CO₂ deu-se, principalmente por esse ser um dos principais gases de efeito estufa (GEE), sendo ele responsável pela destruição da camada de ozônio, consequentemente aumentando o aquecimento global, desencadeando em diversos outros desequilíbrios ambientais. Este gás tem um tempo de permanência na atmosfera em média de 100 anos, portanto, as emissões atuais podem causar impactos ao longo do século (PÉLLICO NETTO et al., 2008). A esse respeito, segundo o IPCC (2007), a política de gestão de resíduos pode reduzir as emissões de GEE, reduzindo o consumo de energia por meio da reutilização de produto, sendo colocado como exemplo o caso das garrafas reutilizáveis. Além disso, ressaltou-se que o levantamento no *Low carbon economy index 2012*, pela PwC (PricewaterhouseCoopers), não indica que está se alcançando a meta para redução de carbono na atmosfera. Esta condição é um fator que explica a necessidade de acompanhamento da emissão de gases de efeito estufa pelas ações das empresas, justificando assim os indicadores propostos para constituição do índice ambiental.

Como o consumo de energia e combustível (incluindo diesel e GLP) serão transformado em CO_{2e} para composição dos indicadores ambientais é necessário considerar

os fatores de conversão para emissão deste gás. Nesse sentido, o Programa Brasileiro GHG Protocol tem a finalidade de estimular a elaboração e publicação de inventários de emissões de gases de efeito estufa. Para isso, desenvolveu uma ferramenta, a “GHG Protocol”, para quantificar e gerenciar a emissão de gases de efeito de estufa. Esta metodologia foi desenvolvida inicialmente pelo *World Resource Institute*¹⁴ (WRI), sendo atualmente utilizada mundialmente para cálculo dos inventários, além disso, é compatível com a ISO 14.064 (cujo foco é a emissão de gases de efeito estufa) e com as metodologias do IPCC. A metodologia foi adaptada ao Brasil em conjunto com o GVces¹⁵- Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getulio Vargas (FGV-EAESP), WRI, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS¹⁶) e com *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD¹⁷). Assim, a ferramenta GHG Protocol de 2012¹⁸, versão 0.3 apresenta os fatores de conversão em emissão de CO_{2e} de combustíveis, conforme serão apresentados a seguir. Contudo, além disso, faz-se necessário um fator para o caso de energia elétrica, o qual pode ser obtido por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT¹⁹-, o qual também foi utilizado por Santos et al. (2010).

Assim, alguns fatores foram listados na tabela 3.

Tabela 3 - Fatores de conversão em CO_{2e}

Item consumido	Fator de conversão
Energia Elétrica	0,0653tCO _{2e} /Mwh**
Gasolina A (pura)	2,269 (kg CO _{2e} /litro)*
Óleo Diesel	2,671 (kg CO _{2e} /litro)*
Biodiesel	2,499 (kg CO _{2e} /litro)*
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	2,9325 (kg CO _{2e} /kg)*
Gás Natural Veicular (GNV)	2,0025 (kg CO _{2e} /m ³)*
Lubrificantes	2,7331 (kg CO _{2e} /litro)*

Fonte: Adaptado de *GHG Protocol (2012) e **MCT

A *United State Environmental Protection Agency* (USEPA) também é outra fonte em que se pode encontrar esses fatores, sendo que os valores de conversão são bem próximos aos

¹⁴ O WRI trabalha com a relação entre o meio ambiente e o desenvolvimento sócio-econômico, considerando que se deve proteger o meio ambiente e promover a equidade social.

¹⁵ O GVces é um centro de estudos, de aprendizado, de reflexão e inovação voltado para o conhecimento, desenvolvimento de estratégias, políticas e ferramentas públicas e empresariais para a sustentabilidade.

¹⁶ O CEBDS emprega esforços quanto a implementação do desenvolvimento sustentável no Brasil, incluindo participações empresariais, do governo e da sociedade.

¹⁷ O WBSCD tem como objetivo a discussão de estratégias relacionadas ao desenvolvimento sustentável.

¹⁸ Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/ferramenta>>. Acesso: 27 maio 2013.

¹⁹ O MCT apresenta o fator médio mensal e anual, desde 2006 quanto a emissão de CO₂ por MWh de energia elétrica consumida.

apresentados anteriormente, onde podem ser encontrados fatores referentes também ao álcool, biodiesel, entre outros.

A abertura da emissão de CO_{2e} por combustível, energia e outros tem a finalidade de identificar o consumo ou emissão deste gás especificamente para cada item, uma vez que, se fosse feito pelo total de emissão o modelo perderia a sensibilidade em identificar no índice ambiental, qual desses consumos está contribuindo para maior emissão de CO_{2e} no processo.

Cabe lembrar que indicadores baseados nas emissões de CO₂ (emissão de gases de efeito estufa), consumo de água e produtos químicos já eram considerados por Meadows (1998) como indicadores de capital natural.

- Consumo de água: calculado conforme fórmula 17.

$$\text{Água (m}^3\text{/garrafa)} = \frac{\text{m}^3 \text{ total}}{\text{Garrafa Produzida}} \quad (17)$$

Sendo:

m³ total: consumo total de água em m³.

Importante considerar que este indicador poderá variar nas empresas ao adotarem políticas de reutilização de água no processo ou para outros fins.

- Consumo de produtos químicos no processo: cujo cálculo está representado na fórmula 18.

$$\text{Produtos Químicos (consumo/garrafa)} = \frac{\text{Consumo total}}{\text{Garrafa Produzida}} \quad (18)$$

Sendo que o consumo total pode ser em litros ou quilo, dependendo do produto químico em questão

4.3 Desenvolvimento do Modelo Teórico

O desenvolvimento do modelo e sua utilização compreendem uma série de etapas, sendo elas: a) compreensão e definição dos fluxos do processo de logística reversa das garrafas do tipo Ref PET de um caso prático; b) definição das variáveis a serem inseridas no

modelo; c) determinação de abertura por processos; d) definição de indicadores; e) método para transformação dos indicadores nos índices.

Ciente disso e com base nos demais conhecimentos adquiridos, a ideia do modelo, de forma esquematizada, está representada na figura 9.

Figura 9: Esquema geral do modelo proposto
Fonte: Elaborado pela autora

Os *inputs* compreendem as variáveis e parâmetros do processo como um todo, compreendendo: volume de venda, preço de venda, salários, depreciação, manutenção, seguro, custo de estocagem, matéria-prima, produtos químicos, água, energia, combustíveis, emissões de CO₂, impostos, outros gastos, imobilizado, custo de oportunidade, benefícios sociais (alimentação, transporte, encargos, previdência, saúde, educação, segurança e participação nos resultados). Sendo que alguns deles devem ser separados pelos processos: geral, produção, coleta e triagem. É importante considerar a abertura em maior detalhe de alguns *inputs*, como:

- Custo de estocagem: importante manter a abertura deste *input* em custo do m² e a área ocupada por cada processo em análise.
- Energia: alguns itens importantes a serem destacados são a tarifa, o consumo em kWh e o fator de emissão de CO₂ equivalente.
- Combustíveis: devem ser considerados o preço, o quilômetro percorrido ou o volume consumido, a eficiência (km/litro) e o fator de emissão de CO₂ equivalente.

Em seguida, os *inputs* irão compor os subindicadores, como: valor adicionado, receita (considerando preço e volume de venda), gastos (soma de todos os gastos, incluindo custos e despesas), investimento (imobilizado líquido) e lucro (a diferença entre a receita e os gastos).

Na sequência, os subindicadores e alguns *inputs* devem ser utilizados para determinação dos indicadores, os quais devem ser divididos nos três grupos determinados anteriormente: Econômico, Ambiental e Social.

Alguns *inputs* serão diretamente alocados aos subindicadores ou aos indicadores, por serem informações necessárias para cálculo dos mesmos, sem que necessariamente estejam atrelados aos processos. Por exemplo, a quantidade vendida, o preço de venda, o valor dos investimentos, o custo de oportunidade e os benefícios sociais.

Os indicadores, por sua vez, serão organizados para identificação dos 3 (três) índices: econômico, social e ambiental. Nesta etapa deve-se aplicar a técnica de análise fatorial, com todos os passos necessários para determinação das cargas que comporão a relação dos indicadores para formação dos índices.

Desta forma, a estrutura toda desenvolvida e amarrada permitirá identificar efeito nos três índices quando houver variações nos *inputs*. Assim, o modelo poderá auxiliar a empresa em alguns pontos, como:

- identificação do impacto de seu processo de logística reversa em índices econômicos, sociais e ambientais gerados pela própria companhia;
- acompanhar a evolução dos índices (tripé para a sustentabilidade) e tomar medidas para melhorá-los;
- perceber a sensibilidade dos três índices às variações dos *inputs*, identificando quais afetam mais ou menos os índices;
- compreender como as variações nos *inputs* podem interferir nos três índices de modo a melhorá-los ou não;
- compreender algumas decisões e seus impactos nos índices, como por exemplo: alterar a logística interna do processo; atender centros de venda ou distribuição mais longes ou mais pertos; reaproveitar água ou energia no processo, entre outros.

Ao definir o modelo com base na abertura dos principais processos para análise, é importante considerar que o gestor precisará identificar e mesurar os *inputs* para cada processo, uma vez que a integridade das variáveis iniciais serão fundamentais para determinar a qualidade do resultado final do modelo. Além disso, outro ponto que merece atenção é

quanto à alocação dos custos aos processos, principalmente se tiver várias linhas de produção e produtos distintos. O rateio ou rastreamento fazem toda diferença nos *inputs*, consequentemente nos *outputs*, o que implica em impacto na informação que será gerada para auxiliar a tomada de decisão.

5 PROCESSO DE LOGÍSTICA REVERSA DE REF PET NA PRÁTICA

Os próximos itens da tese trarão, em detalhes, os processos produtivos, incluindo logística reversa, da empresa utilizada no estudo.

5.1 Algumas Atividades de Logística Reversa

Na estrutura e atividade atual, a empresa apresenta alguns principais processos de logística reversa, sendo eles: i) retorno de materiais ou resíduos para destinação às empresas de reciclagem e ii) reutilização de embalagens. Tais processos representam exemplos de logística reversa pós-consumo, conforme considerado por Leite (2002). Contudo, a companhia também apresenta situações de aplicação de logística reversa pós-venda, como é o caso de identificação de irregularidades nos pedidos de venda dos clientes, sendo os produtos retornados à companhia.

A seguir é possível compreender melhor cada um desses processos da empresa em estudo.

A **logística reversa referente à reciclagem**, como denominado pela companhia, representa a volta ou a centralização em um ponto da companhia de resíduos que são gerados na própria operação e administração da empresa (ou seja, incluindo produção, retorno de vasilhames, resíduos gerados internamente etc.), como por exemplo: plásticos, garrafas dos tipos PET, vidros quebrados, latas, entre outros tipos de materiais. Esses resíduos são recolhidos pela empresa, separados, prensados e destinados às empresas de reciclagem de acordo com suas particularidades de tratamento. Desse modo, a companhia tem ações centralizadas para separação e destino ambientalmente correto desses materiais, embora ela não apresente atividades e processos de reciclagem internamente.

Além disso, outro ponto que passou a ser questionado pela companhia era o destino das embalagens descartáveis (incluindo plástico, latas, vidros e papelão) por meio do consumidor final, aspecto que culminou em outro foco da logística reversa. Segundo os entrevistados, o desenvolvimento desta logística pela companhia partiu de uma ação centralizada nos princípios da sustentabilidade, mais propriamente nos aspectos sociais, isso porque um cenário que passou a chamar atenção da companhia referia-se a quantidade de

embalagens que ficava na casa do consumidor final, o qual não a devolvia para o estabelecimento de revenda, que por sua vez não devolvia para a empresa.

No entanto, essas embalagens apresentavam grandes chances de serem acomodadas inapropriadamente no ambiente, podendo contribuir para proliferação de doenças, enchentes entre outros problemas sociais e ambientais. Então, a estratégia da empresa precisava ser concentrada na prática de logística reversa destas embalagens. Para isso, uma opção foi a criação de pontos de apoio à coleta seletiva nas escolas. Para desenvolver esse projeto a companhia criou um processo em que se fomentaram pontos de coletas de embalagens, os quais eram instalados em algumas escolas cadastradas. Havia um controle de quantos quilos de embalagem a escola ou ponto de coleta recolhia, bem como um acompanhamento do crescimento dessa quantidade, em toneladas. Assim, pela venda deste material e cobrindo alguns custos, a remuneração proveniente da venda destes materiais era revertida para a escola por meio de máquinas de xerox, impressoras, computadores e outros investimentos. Infelizmente o projeto não é mais uma prática da empresa.

Por outro lado, atualmente a companhia desenvolve um projeto em parceria com uma Organização Não Governamental (ONG) para apoio a nove cooperativas de catadores. Este projeto tem como objetivo incentivar a coleta de embalagens por cooperativas e catadores, os quais recebem treinamentos, auxílio administrativo, apoio financeiro, inclusive doações de caminhão feitas pela empresa para uma cooperativa para que a mesma pudesse realizar de forma mais eficiente seu trabalho. Esta ação da companhia é um apoio estritamente social, sem qualquer benefício econômico direto ou imediato. Além desses casos, a empresa também apresenta uma estação de coleta de recicláveis internamente, em que os funcionários trazem da casa materiais ou resíduos que podem ser reciclados, sendo que este material é doado para as cooperativas apoiadas pela companhia, ou seja, não são utilizados para gerar renda na empresa, mas doados, uma vez que se entende a receita deste tipo de coleta se dá mediante o giro e não com base na margem.

A logística reversa de **pós-venda** diz respeito aos produtos que já foram disponibilizados ao mercado, mas que por algum motivo, como erro no pedido, o cliente faz uma solicitação de troca ou devolução. Essas solicitações são prontamente atendidas pela empresa, sendo que esses produtos retornados podem ser descartados ou reutilizados, dependendo do fator motivacional para troca, das condições do produto ou do material do mesmo.

Por fim, no caso da **logística reversa para reutilização**, tem-se neste processo os produtos do tipo Ref PET 1,5 litros e 2 litros. Neste caso a empresa apresenta dados,

informações e processos bem formatados, tanto para os vasilhames quanto para os paletes e chapas prensadas de aglomerado, se comparado com os outros processos existentes na companhia. Destaca-se ainda que, a maior operação de logística reversa com a finalidade de reutilização refere-se à linha de produção de Ref PET de 1,5 litros. Este produto é industrializado na denominada linha 3 de produção, sendo a qual apresenta maior volume de informações disponíveis, fator suficiente para motivar a escolha do processo contendo Ref PET 1,5 litros para exemplificação do modelo proposto nesta pesquisa, sendo, portanto essa prática de logística reversa abordada no decorrer do trabalho e base para as respostas das entrevistas e levantamento de dados junto à companhia.

5.2 Considerações no Mercado de Retornáveis

Todo processo de entrevista, passando pelas diversas áreas, operações e percepções dos agentes foram capazes de contribuir para um conhecimento e entendimento mais consolidado da logística reversa, incluindo algumas considerações estratégicas da empresa na venda de produtos retornáveis. Tais aspectos serão abordados a seguir.

Conhecendo mais sobre os produtos retornáveis e seu mercado, a empresa levantou um ponto importante relacionado às estratégias de marketing e de vendas no que tange a ideia de lançamento de novos produtos ou novos conceitos. Destaca que, ao colocar um produto novo no mercado, antes de tudo, é importante saber quais produtos ele estará combatendo, afinal o produto novo pode canibalizar não apenas os produtos dos concorrentes, mas parte dos produtos da própria empresa. Isso significa que quaisquer produtos lançados no mercado não podem ser fator de crença de que eles serão capazes de conquistar o mercado sob a perspectiva de obter apenas bônus com essa ação, pelo contrário, é importante estar consciente de que não se conquista 100% de mercado, mas que pode perde-se um pouco do próprio mercado em função dos produtos que o consumidor deixará de consumir em preferência ao novo produto. Essas reflexões foram e são feitas pela empresa quando decidiram colocar em prática, novamente, a produção de Ref PET, considerando que este produto poderia canibalizar os produtos descartáveis.

Outro aspecto avaliado como importante pela companhia no que tange ao mercado dos produtos retornáveis parte de duas reflexões fundamentais relacionadas com a mudança de tamanho e interesses das famílias. Por um lado existe um perfil de consumidores cuja faixa

salarial permite privilegiar a comodidade, a qual, a título de exemplo seria, ao final do horário de expediente de seu trabalho poder passar no supermercado e comprar os produtos desejados para consumo, entre eles os provenientes de embalagens descartáveis. Essa ação contrapõe-se ao cenário de o consumidor sair do trabalho, passar em casa para pegar os vasilhames retornáveis vazios, para só então dirigir-se ao supermercado; ou mesmo deixar uma caixa de vasilhames no porta-malas de seu veículo, e no supermercado ficar em filas diferentes para conseguir o código de troca dos vasilhames vazios por cheios, consumindo mais tempo do cliente. Atualmente esta é uma característica dos indivíduos observada pela companhia, ou seja, de apresentarem um tempo mais reduzido para, entre outras coisas, fazerem compras nos mercados. Este aspecto também foi considerado por Ferrara e Plourde (2003), como uma das razões para explicar a forte tendência em relação ao uso e preferência de embalagens descartáveis. Segundo os autores, as famílias estão mais envolvidas no mercado de trabalho e enfrentam engarrafamentos maiores, de modo que procuram evitar gastar tempo como nas ações de embalagens retornáveis. Além disso, houve uma redução no tamanho das famílias, aspecto que interfere no perfil de consumo dos produtos, uma vez que as pessoas passam a preferir produtos com melhor facilidade de acesso e em menor quantidade, por exemplo, o consumo de refrigerantes em latas ou 200 mL em vez de 2,5 litros. Contudo, é importante ressaltar que este comportamento do perfil das famílias pode ser mais característico nas grandes cidades e não ser equivalente nas menores.

Por outro lado, a companhia destaca que os retornáveis são produtos para atender as classes inferiores economicamente, já que as classes superiores preferem não abrir mão desta comodidade relatada anteriormente. Porém, é importante salientar que existe uma faixa entre esses dois tipos de classe, a qual pode ser classificada como superior economicamente, mas que prefere o consumo de retornáveis, abrindo mão da comodidade em função do aspecto financeiro (o preço do produto), uma vez que os retornáveis tendem a ser mais baratos. Deste modo, quando a empresa decide investir nos produtos retornáveis ela deve estar ciente de que os mesmos poderão reduzir as vendas dos produtos descartáveis.

Além disso, deve-se ter um cuidado com a estratégia de produção e venda de retornáveis, isso porque este produto pode consumir margem da empresa (quando em excesso) e ao mesmo tempo reduzir o mercado (quando não existir). O que fato é que houve um aumento no número de indústrias de refrigerantes, sendo que no início esse mercado era dominado por grandes marcas, abrindo espaço para as tubaínas. Esse produto tem como foco o consumidor de baixa renda, o que fez com que as grandes marcas perdessem parte de seu mercado. Para manterem-se competitivas deveriam também conquistar esse nicho de

consumidor, e uma maneira era colocar um produto de primeira linha a um preço inferior, ou seja, os retornáveis.

Mesmo que os retornáveis não sejam capazes de alavancar a rentabilidade eles acabam funcionando como uma blindagem, usando um produto de baixo valor agregado (para atender um perfil consumidor) para permitir que um produto de alto valor agregado decole (ou seja, que outro produto permaneça com um preço mais rentável para a empresa, para atender outro perfil de consumidor, em vez de reduzir seu preço, consequentemente a margem da empresa, para atingir clientes de mais baixa renda). Desse modo, a empresa precisa identificar qual a faixa de quantidade de produtos mínimo e máximo que a mantenha competitiva no mercado.

Com relação ao mercado e ao consumo de refrigerantes, mais propriamente aqueles embalados em PET retornável, tem mais um ponto que se torna significativo de conhecimento, o qual diz respeito à evolução da utilização de vasilhames em vidro para os vasilhames em plástico ou PET.

Conhecer esse cenário é importante, pois foi um dos motivos que ocasionaram o reconhecimento e aceitação dos produtos em Ref PET pelo mercado. Então, essa evolução foi acompanhada de uma mudança cultural envolvendo o consumo de ambos (vidros e PET). A princípio, as embalagens retornáveis eram produzidas em vidro e quando os pais solicitavam aos seus filhos para irem até o estabelecimento de comércio, denominado popularmente de “venda”, buscar um refrigerante havia uma preocupação com o então cognominado “casco”, afinal, esse não poderia ser quebrado ou danificado, caso contrário estaria perdido e então outro deveria ser comprado gerando um gasto para as famílias.

Não obstante, atualmente tornou-se mais inconcebível a ideia de pedir a uma criança para comprar um refrigerante cuja embalagem seja de vidro, afinal a criança pode cair e se machucar. Então esta preocupação, atualmente, transcende ao fato de se perder o vasilhame com a quebra. Diante desta nova concepção, o plástico retornável foi muito bem aceito, afinal não mais haveria essa preocupação ou complicação com os filhos. Isso significou que além de permitir a segurança do indivíduo o vasilhame em PET ainda preserva as mesmas condições que o de vidro: características físicas, resistência, transparência e barreira aos gases, sendo então facilmente aceito pelo mercado, argumento também considerado por Formigoni e Rodrigues (2009).

Por outro lado, a empresa percebeu que também houve uma mudança por parte dos consumidores finais e estabelecimentos de revenda e distribuição no que tange aos cuidados com estes vasilhames do tipo Ref PET. As embalagens em vidro eram mais bem cuidadas na etapa de armazenagem para nova reutilização pelos clientes, elas não poderiam ficar

armazenadas de qualquer maneira, pois poderiam lascrar o vidro ou quebrar a garrafa inutilizando o vasilhame, de modo que o indivíduo poderia machucar-se e teria que adquirir nova embalagem para compras futuras. No entanto, sendo as embalagens em plástico, essa preocupação diminuiu de modo que não há maiores inquietações em onde ou como esses vasilhames serão armazenados, afinal, eles são mais difíceis de quebrar e praticamente não são capazes de causar ferimentos graves, além do que o consumidor não perderia sua embalagem na troca. Essa cultura comportamental significou para a empresa maior perda e maior custo com as embalagens retornáveis, pois as Ref PET ficam mais suscetíveis a detrimientos das características e condições básicas necessárias para reutilização. A título de exemplo, um dos principais problemas das condições dos retornáveis é com relação ao bico, pois qualquer fissura, por mais superficial que ela seja, já é suficiente para não manter a qualidade da gaseificação do produto, devendo a embalagem ser descartada. Outro exemplo seria o desgaste ou as más condições do rótulo, o qual já vem prensado no vasilhame, sendo que o rótulo, quando deteriorado inviabiliza a reutilização e recolocação da embalagem no mercado. Todos esses fatores (fissuras e desgaste físico da embalagem) são ocasionados pelos maus cuidados dos consumidores, fazendo com que as embalagens sejam descartadas e exigindo que novas sejam adquiridas.

Além de todos esses fatores, cabe considerar e destacar que os vasilhames em plástico do tipo Ref PET têm uma vida útil inferior aos vasilhames em vidro, então seu tempo de vencimento é menor o que faz com que ele tenha um giro maior. Segundo informações da empresa, enquanto que as embalagens em plástico retornável são capazes de durar 3 (três) meses, as embalagens em vidro teriam duração de cerca de 1 (um) ano. Isso significa que, para a empresa, economicamente a embalagem de vidro é mais interessante, porém é socialmente menos atraente no que tange a exposição ao risco pelo consumidor final.

5.3 Vasilhames – Um Ativo Representativo

O uso de embalagens retornáveis apresenta uma diferença importante se comparada com o processo de produção de bebidas em embalagens descartáveis, que é a existência dos vasilhames. Para a empresa os vasilhames retornáveis são considerados como sendo um dos principais ativos da companhia, tanto é que atualmente eles representam cerca de 30% a 33% dos ativos totais. Segundo a empresa, entre os anos de 2008 e 2010 o investimento em

vasilhames cresceu 60% em relação aos demais ativos da companhia. Neste mesmo período duas novas linhas de produção responsáveis por produtos retornáveis surgiram, sendo que uma delas era totalmente automatizada o que acarretou em cerca de R\$ 30 milhões de investimentos.

Embora os vasilhames apresentem essa importância em relação aos ativos totais da empresa, esta ainda é uma operação com necessidades de melhorias no processo de controle e geração de informações para análise e tomada de decisão. Este cenário, no entanto, é acompanhado pela empresa, uma vez que está se mobilizando em ações para progredir no processo de controle e geração de informações referentes aos retornáveis. Essa necessidade de melhoria foi observada quando, junto com a utilização do DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar) como direcionador de melhorias de processo, perceberam que a ação “medir” acarretava diversas dificuldades para a companhia, era um gargalo no processo. Por exemplo, o estoque de vasilhames era medido em uma data, um mês depois em outra data distinta, neste meio tempo os seis a oito funcionários envolvidos neste processo de contagem não conseguiam informar à empresa onde estavam 50% dos estoques de vasilhames.

Assim, para minimizar ou eliminar essas dificuldades em obter informações a empresa atualmente investe em um projeto específico para controlar os vasilhames, tanto na parte física quanto lógica, ou seja, desde a instalação de antenas e radiofrequência até o desenvolvimento de um sistema para armazenar e gerar as informações necessárias no momento solicitado. O investimento total neste projeto foi de R\$ 540 mil, e ele tem o objetivo de suprir essa carência de informação e controle da empresa, servindo como uma ferramenta que trará alguns indicadores para tomada de decisões e acompanhamento deste processo de logística reversa.

Outro aspecto importante que deve ser considerado a respeito dos vasilhames, além deles serem ativos representativos para a companhia, é a questão de que eles consomem uma área significativa para armazenagem/estocagem, tanto da empresa quanto dos centros de distribuições e estabelecimentos de venda, o que significa que há um custo de estocagem envolvido neste processo gerando algumas implicações para todos esses agentes envolvidos. A título de exemplo deve-se considerar que há vasilhames na linha de produção, na área de estocagem, com os clientes (revendedores e centros de distribuição) e com os consumidores finais. De acordo com a companhia, para se ter uma visão aproximada da quantidade de vasilhames que a empresa possui atualmente, uma conta simples seria observar as embalagens em estoque e considerar o triplo como total, o que representaria as embalagens que estão em posse dos clientes e dos consumidores finais em sua residência.

5.4 Área de Armazenagem na Logística Reversa de Ref PET

Conforme já comentado, um fator atrelado à produção, à venda e ao consumo de retornáveis é a área necessária para armazenagem ou estocagem dos mesmos. Sendo um ativo representativo para a indústria, sua área de armazenagem acaba sendo considerável, fator também exposto por Gonçalves e Martins (2006) e Schwartz (2000). Este aspecto não é diferente para os centros de distribuição, revenda e consumidores finais.

A questão da armazenagem para os estabelecimentos de revenda pode ser considerada como um fator limitante para negociação e venda de produtos retornáveis. A título de exemplo pode-se citar as redes de *fast food* em shoppings. Os retornáveis não penetram nesses estabelecimentos e um dos motivos é que o metro quadrado desses locais tem preço mais elevado. Os retornáveis ocupam um espaço para armazenar as embalagens vazias até que a indústria de bebidas as substituam pelas cheias, ou seja, geraria um custo de estocagem que poderia ser representativamente elevado para o negócio das redes.

Outro ponto que demanda atenção e tempo do consumidor é o fato de que as embalagens vazias devem ser mantidas com certo cuidado de armazenamento, como por exemplo, não ficarem expostas ao sol, de modo que se evite deformação; evitar ficarem expostas à chuva, o que poderia causar problemas relacionados às doenças, como o caso da procriação do mosquito transmissor da dengue etc. Isso significa que o cliente ou consumidor final deva se preocupar em manter um espaço adequado para o armazenamento de suas embalagens retornáveis.

Todos esses aspectos são importantes e devem ser considerados pela empresa para entender o mercado, seu comportamento e as questões estruturais envolvidas quando da decisão do tipo de produto que será colocado no mesmo, ou seja, na decisão de retornáveis em PET, vidro ou os produtos descartáveis.

Considerando ainda as redes de supermercado, no que tange ao espaço para armazenamento dos vasilhames, a empresa em estudo relata que enfrentou alguns cenários de resistência desses estabelecimentos em trabalhar com produtos retornáveis ao longo dos anos. Isso porque esta operação tem um custo para o supermercado, tanto pelo espaço destinado ao estoque e armazenagem dos vasilhames vazios, o qual poderia ser utilizado para outras atividades; quanto pela necessidade de haver uma gestão, incluindo mão de obra, desses retornáveis. A respeito disso, torna-se interessante entender melhor essa resistência, os fatores

que levam a tal e os fatores que minimizam a oposição com a comercialização de produtos retornáveis pelas redes de supermercados.

De acordo com a companhia, a área de armazenagem dos supermercados foi a que mais reduziu nos últimos 10 anos. Um dos motivos é o fato de que os consumidores querem um produto de ciclo rápido, o que inclui a ideia de novidade como sabores, tamanhos, formas, entre outros, consequentemente essa situação se contradiz com o conceito dos retornáveis. Além disso, há a questão de custo de armazenagem pelos estabelecimentos. Diante desses contextos a empresa considera que as forças despendidas e o processo de ampliação das áreas de armazenagem pelos supermercados foram traumáticos.

Então, a companhia viu a necessidade de trabalhar com questões de educação, ou seja, modelar o hábito e o costume da população no consumo da bebida em embalagens retornáveis, mas o fator principal foi mostrar aos supermercados a vantagem econômica que estaria por traz dessa estrutura de armazenagem, ou seja, estariam disponibilizando aos clientes produtos com preços mais acessíveis capazes de atrair cada vez mais consumidores ao supermercado. Dessa forma, a companhia conseguiu colocar e manter a área de armazenagens nos supermercados mediante negociações, dentro das quais os pontos chave levantados como atrativos aos estabelecimentos foram: o aumento de vendas e o aumento da margem total dos estabelecimentos.

O foco na vantagem econômica da área de armazenagem foi importante em vista dos investimentos necessários que deveriam ser feitos pelos supermercados para construção destes estabelecimentos, sendo que alguns aspectos na definição destas áreas precisavam considerar particularidades dos retornáveis, como a exposição à radiação solar que acaba degradando o material.

Por outro lado, além do entrave em relação à área de armazenagem para refrigerantes retornáveis existiu e ainda existe um fator capaz de contribuir para as operações de bebidas retornáveis no supermercado: a cerveja. A cerveja de 600 ml e a de 1 litro, popularmente conhecida como “litirão”, são produtos cujo público é bastante fiel, inclusive à embalagem. Por exemplo, a garrafa de vidro conseguiu dividir espaço com as latas, mas não se considera a possibilidade de consumo de cerveja em garrafas do tipo Ref PET, uma questão cultural do consumidor. Portanto consumo de cerveja em embalagens plásticas não é o perfil deste consumidor; o mercado não reagiu positivamente a essa possibilidade, segundo a companhia. Assim, pelo fato das redes de supermercados já trabalharem com os retornáveis da cerveja mantendo uma área de armazenamento e funcionários para gestão desses vasilhames, a entrada de refrigerantes retornáveis acabou funcionando. Contudo, a empresa destaca que

ainda há estabelecimentos na região, que mesmo considerando a visão positiva dos consumidores em relação às ações de sustentabilidade, são relutantes em trabalhar com produtos retornáveis, o que mostra que este processo todo, com uso deste tipo de produto, deve ser gradativo.

Além da armazenagem pelos agentes, a ação de descarte dessas embalagens é de fundamental importância. Não apenas a fabricação e colocação no mercado de embalagens retornáveis é fator que merece cuidado, mas também o desenvolvimento da cultura e do costume da população em como e quando descartar esses vasilhames, caso contrário, não estando às pessoas preparadas, as embalagens serão indevidamente descartadas em lixos ou outras áreas inapropriadas, e toda proposta de sustentabilidade e investimento acaba não fazendo sentido.

De modo geral, essas situações evidenciadas pela empresa remetem a uma reflexão. Talvez, antes de se ter uma cultura, ou mesmo um moral, desenvolvida pelos indivíduos com relação às práticas de sustentabilidade, seja necessário um poder de *enforcement*; ou seja, uma atuação de lei e governo para auxiliar no desenvolvimento do comportamento das pessoas em todas as pontas, ou seja, da indústria até o consumidor final. Contudo, não apenas uma lei, mas também propagandas e ações de conscientização do ser humano capazes de modelar a cultura e o moral do consumidor. Para quem sabe, então, aumentar a ponderação e a consideração no consumo e preferência por produtos que causam menos impacto ambiental.

Esta avaliação apóia a proposta de desenvolvimento de modelos capazes de orientar as decisões da empresa e identificar o impacto das mesmas atreladas as mudanças nos fatores envolvidos ao processo de logística reversa de Ref PET com relação aos efeitos sociais, ambientais e econômicos do mesmo.

5.5 Fluxos de Logística Reversa de Ref PET

A seguir será descrito com detalhes o fluxo de logística reversa de Ref PET da empresa estudada, compreendendo os processos, sub-processos e variáveis envolvidas especificamente à companhia, sendo informações importantes para uso na aplicação do modelo proposto.

5.5.1 Compra de Vasilhames Virgens

A aquisição dos vasilhames virgens ocorre por meio de 3 (três) fornecedores homologados pela empresa, isso significa que os processos de produção deles são reconhecidos por atenderem todas as condições de fabricação e qualidade exigidas pela companhia. Desta forma, tais fornecedores atendem a todas as franquias da empresa e estão localizados a cerca de 335 quilômetros da companhia. Nesta etapa o frete pela aquisição da embalagem já está embutido em seu preço, portanto é um custo para a companhia em estudo.

O custo da embalagem virgem varia entre R\$0,60 a R\$0,70, sendo que a mesma pode ser vendida no mercado por R\$1,00. Além disso, sabe-se que cada embalagem vazia de Ref PET 1,5 litros tem peso que pode variar de 106 a 107 gramas.

Além das garrafas virgens a empresa adquire também as garrafeiras, ou seja, as caixas com capacidade de transportar 12 (doze) garrafas do tipo Ref PET 1,5 litros. Essas garrafeiras custam em torno de R\$ 15,00 e podem ser vendidas no mercado a R\$ 24,00. Deste modo, se houver a venda das garrafeiras com 12 (doze) garrafas o valor de venda é de R\$ 36,00, sendo que não há nenhum gasto com processo para manutenção das garrafeiras, apenas análise visual de suas condições de utilização, as quais, quando não mais atendidas, passam a ser descartadas e encaminhadas para a área de reciclagem da companhia.

Atualmente a empresa possui mais de 5 milhões de garrafas, tanto em estoque, na produção, na venda e emprestados, sendo que a cada ano a expectativa de aquisição de novas garrafas gira em torno de 35.000 unidades. A empresa também mantém um seguro dos estoques pelo valor médio de R\$ 100.000,00 anual.

A respeito da capacidade de reutilização dessas garrafas, Amano (2004) fez uma pesquisa em uma indústria de cerveja sueca, e considerou que as garrafas podem ser reutilizadas cerca de 20 vezes. Contudo, a empresa considera que a identificação desta capacidade não é tão simples assim, pelos seguintes motivos: a) a embalagem deve manter aspectos em sua aparência que obedeçam aos critérios padronizados da companhia, incluindo o nível de desgaste da garrafa e de seu rótulo; b) as condições estruturais da garrafa devem estar em perfeitas condições, o que inclui boca sem fissura, fundo e estrutura geral alinhados; c) a garrafa pode conter resíduos de produtos capazes de influenciar na qualidade do produto, inutilizando-a. Alguns exemplos desses resíduos seriam: combustível, produtos de limpeza, leite, entre outros; d) além desses resíduos as embalagens podem conter substâncias consideradas de alto nível de sujidade, portanto de difícil remoção, como: reboque, tinta e

terra. Portanto, essas características e fatores podem variar muito, dificultando a determinação de quantas vezes uma garrafa pode ser reutilizada.

Quando as garrafas virgens chegam até a empresa elas devem ser descarregadas, encaixotadas e paletizadas, quando assim não vierem. Em alguns momentos as garrafas não vem organizadas em caixas, mas sim sobre os paletes²⁰, devendo então ser retiradas dos paletes (“despaletizadas”). Para essa atividade são necessários cinco funcionários, sendo que cada paleta contém em média 900 garrafas, demandando um tempo de 10 minutos para execução da atividade.

O descarregamento da carga ocorre com a utilização de empilhadeiras da empresa. O operador desta máquina tem um salário, já considerando tickets, em torno de R\$1.100, fora os encargos por conta da companhia. Ao todo há em torno de 80 a 82 funcionários com essa função, sendo de quatro a cinco funcionários atuando nesta etapa. Cada empilhadeira custa cerca de R\$ 60.000,00 a R\$ 70.000,00 com vida útil de três a quatro anos, desde que haja manutenção preventiva e corretiva. Todavia, essas empilhadeiras não são utilizadas apenas nesse processo, mas estão envolvidas em todas as movimentações das embalagens como: descarregamento do vasilhame do caminhão; transportá-los para área de classificação, de estocagem, até a linha; retirar o paleta cheio da linha e encaminhar para estocagem; bem como carregar os caminhões com os produtos cheios. Além disso, sabe-se que a empilhadeira deve transportar um paleta por vez. O combustível utilizado nas empilhadeiras é GLP – Gás Liquefeito de Petróleo-, sendo que há um local de reabastecimento instalado na própria companhia.

Se a carga for de garrafeiras, o processo de descarregamento é mais demorado, em torno de duas a três horas para descarregar, organizar e deixar corretamente armazenado. Isso porque as garrafeiras não vêm organizadas em paletes²¹ no caminhão. Essa situação ocorre em função da logística do fornecedor de garrafeiras, pois não estando organizadas em paletes, a quantidade de garrafeiras que podem ser suportadas no caminhão é maior.

Depois que a embalagem virgem é descarregada tem um processo simples de análise de qualidade da mesma. Assim, um analista de matéria prima é acionado para fazer uma pré-análise das condições das embalagens e dos paletes, com objetivo de verificar se eles não estavam desnivelados e se estão dentro dos padrões estabelecidos pela companhia. Esse

---

²⁰ Essa condição em que as garrafas se encontram na aquisição é denominada de “bolo”.

²¹ O paleta é o extrato de madeira que serve de suporte para recebimento dos vasilhames virgens ou das caixas com as embalagens. A empresa utiliza o paleta PBR ou conhecido como “Padrão Brasil”. A padronização deste paleta ocorreu entre 1995 a 1996 pela Abras - Associação Brasileira de Supermercados. Assim, o paleta PBR é uma marca registrada, sendo que existem fornecedores próprios e homologados pela Abras para produzi-lo.

analista não tem apenas essa função, sendo que sua mão de obra tem um valor médio de R\$ 2.300,00, sem encargos. O tempo gasto nessa atividade de análise visual gira em torno de 10 minutos por carga, considerando que cada carga corresponde a 24 paletes. Na aquisição de embalagens em palete, quando em “bolo” e não encaixotadas é possível carregar 1.008 garrafas por palete, contudo uma vez encaixotadas o máximo é de 50 caixas por palete, o que dariam 600 garrafas.

Com relação ao estado das embalagens, normalmente a carga encontra-se em perfeito estado, isso porque os fornecedores são homologados por seguirem todos os padrões e exigências da empresa, conforme comentado anteriormente. A título de curiosidade, ainda sobre a pré-análise da carga, se for constatado qualquer irregularidade ou aspecto duvidoso no transporte das embalagens, os funcionários da qualidade são acionados para executarem uma análise mais apurada da carga, com uso equipamentos específicos para verificação e teste de pressão ou de aspectos microbiológicos. Por exemplo, se a carga vier tombada uma amostra será selecionada e levada ao laboratório onde tem alguns equipamentos para efetuarem testes de pressão e do gargalo. Todavia, se qualquer irregularidade for encontrada como rótulo riscado ou queimado, o material é segregado e devolvido ao fornecedor.

Além disso, um processo mais completo de análise das embalagens virgens acaba ocorrendo na linha de produção, juntamente com as embalagens retornadas, dado o número de inspeções visuais e eletrônicas que fazem parte desta etapa em que todas as garrafas são submetidas.

Após a etapa de pré-análise as garrafas devem ser encaixotadas. O custo da mão-de-obra responsável por essa tarefa é em torno de R\$ 1.200,00, sem encargos, todavia este funcionário também atua no armazenamento dos produtos. Depois de encaixotadas as embalagens são encaminhadas para área de armazenagem.

A título de exemplificação segue, na figura 10, um fluxo simplificado dos processos de comprar as embalagens, equivalente ao processo “A” da figura 8, juntamente com o de armazenar, o qual será descrito no tópico seguinte.

Figura 10: Processo simplificado de aquisição e armazenamento de embalagens virgens.

Fonte: Elaborado pela autora

5.5.2 Armazenamento dos Vasilhames Virgens

Depois de descarregadas e pré-analisadas, as embalagens ficam armazenadas até que sejam necessárias no processo produtivo. Esse tempo de armazenamento pode durar, em média, de 10 a 20 dias, não passando de 1 (um) mês.

Para garantir a qualidade e integridade das embalagens, o ideal é que a área de armazenamento seja fechada, como um salão, para que a carga não fique exposta ao sol. Isso porque, a exposição das garrafas poderá implicar em deformidades, ocasionando problemas no processo de encapsular, consequentemente incapacidade da embalagem em manter o gás do produto, devendo ser descartada.

No entanto, de maneira geral a perda de embalagens pela empresa no processo de armazenamento é praticamente zero, mesmo porque elas estão encaixotadas, o que permite mais segurança a mesma. Além disso, se houver perda, devido, por exemplo, a queda de um palete, a identificação do problema da garrafa ocorrerá durante o processo produtivo. As embalagens virgens ocupam cerca de 700 m² de área de armazenagem.

A empresa calcula o custo por palete por movimentação, considerando carregar o palete no caminhão, sair para a rua e a volta; o conferente responsável por verificar a situação das embalagens; descarregamento; classificação e separação pelos diferentes tipos de produtos, movimentação para área de armazenamento, valor da empilhadeira, mão-de-obra, gás, manutenção, lubrificante e pneu, assim o valor é de R\$ 2,16. De maneira mais específica seriam os seguintes valores médios por atividade: a) carregar caminhão para venda, R\$ 0,53; b) caminhão volta para a empresa, então tem mais R\$ 0,53 para descarregá-lo; c) porém,

quando o palete volta, ele é destinado a um local para armazenar, então tem outros R\$ 0,53; d) por fim, tem R\$ 0,57 que é o custo para classificação e separação na esteira, área chamada pela empresa de “Logística Reversa”.

5.5.3 Produção e Preparação dos Vasilhames Retornados para Reutilização

A seguir serão descritos, em detalhes, as etapas envolvidas no processo de produção e nas atividades necessárias para deixar os Ref PET em condições de reutilização, sabendo que do total de produtos produzidos pela empresa, os refrigerantes do tipo Ref PET correspondem a 16,7% do volume total; se considerar apenas os retornáveis, incluindo cerveja e outros volumes de refrigerante, o Ref PET em estudo representa 62% do volume; por fim, considerando apenas a linha 3 objeto da pesquisa o valor seria de 75%.

5.5.3.1 Despaletizar, desencaixotar e descapsular

A produção de Ref PET 1,5 litros conta com a participação de 112 funcionários que trabalham sob o regime 12x36, portanto, são 28 colaboradores para 4 (quatro) turnos. No último ano a empresa produziu em torno de 3.331.539 unidades de caixas de Ref PET 1,5 litros, sendo que a produção ocorre a cada 1 (um) dia. De maneira geral, todo o processo de visualização, inspeção e produção registra uma perda de garrafas que varia de 5% a 6%. Outro dado importante a ser considerado é que cada paleta comporta o carregamento de até 50 caixas de Ref PET 1,5 litros.

A estimativa é de um consumo de energia elétrica na linha de produção de 47.290 kWh/mês e 4.500 m³/mês de água, sendo 4.000 m³ gastos na lavadora, 450 m³ na esteira e 50 m³ de taxa fixa para as demais etapas. Além disso, o gasto médio mensal com manutenção da linha é de R\$ 200.000,00 e o custo médio da tampinha R\$ 40,96 o milheiro.

Quando a produção necessita das embalagens para colocação na linha, a área de logística é acionada. Nesta etapa os funcionários de logística pegam os paletes contendo as caixas e os vasilhames com auxílio de 2 empilhadeiras e colocam na área que será destinada à

linha de produção, sendo que a distância entre a área de armazenagem e a linha de produção é de aproximadamente 30 metros.

Hoje em dia, novamente a embalagem é movimentada pela empilhadeira para deixá-la mais próxima da área de produção, contudo o planejamento da empresa é que a área de armazenagem já fique próxima à linha de produção, para evitar este custo.

Nesta etapa, que é a ponta inicial do processo de produção, as garrafas estão encaixotadas²² e distribuídas em paletes.

Depois que os paletes com as caixas contendo garrafas Ref PET vazias, tanto virgens quanto retornadas do mercado, chegam até a área de produção, a primeira ação que ocorre é a retirada das caixas dos paletes, em um processo denominado pela empresa de “Despaletização”. Nesta etapa há utilização de uma máquina, chamada pela companhia de “Despaletizadora”, que pega, de uma única vez, todas as caixas que estão sobre os paletes, levantando-as automaticamente para uma esteira, a qual irá movimentar essas caixas para o destino correto no processo de produção. Nesta etapa há o consumo de energia elétrica para o funcionamento da máquina, bem como um funcionário para acompanhar o processo, cujo salário médio, sem encargos, é de R\$ 1.106,00.

Os paletes, que estão neste momento no início da linha de produção, serão reutilizados quando os produtos estiverem finalizados e encaixotados, sendo que não há qualquer processo de higienização dos paletes. Outra informação importante é que, desde o momento em que as caixas foram retiradas dos paletes, todo movimento das mesmas e das garrafas no processo produtivo é feito por meio de esteiras elétricas.

Uma vez fora dos paletes, as garrafas devem ser desencaixotadas por uma máquina que retira todas as garrafas da caixa de uma só vez e as colocam sob a esteira. Nesta etapa as garrafas seguem para o fluxo normal de produção e as caixas são encaminhadas para um processo de lavagem ou higienização, para depois estarem disponíveis no fim do processo quando as garrafas cheias deverão ser novamente encaixotadas com o produto pronto. Esta etapa ocorre na presença de um colaborador, chamado de operador tipo I, cuja média salarial, sem encargos, é de R\$ 901,00.

É importante ressaltar que nas etapas de retirar as caixas dos paletes e de desencaixotar as garrafas pode haver perda de embalagens caso as máquinas apresentem algum defeito e deixam-nas cair. Contudo, não é um cenário comum no processo produtivo da companhia.

---

²² A título de comparação, esta etapa não ocorre com as embalagens descartáveis, as quais vão direto para a linha de produção.

Uma característica do processo da empresa é a política de solicitar aos clientes que as garrafas venham tampadas. Deste modo, as tampas devem ser retiradas antes do início do processo de produção. Esta etapa é denominada pela empresa de “Descapsulamento”²³. Assim, este processo utiliza máquina, energia elétrica para o funcionamento da mesma, bem como a mão-de-obra de um operador do tipo I, com salário médio mensal de R\$ 901,00 sem encargos.

De modo geral, percebe-se que embora os processos de retirar as caixas dos paletes, retirar as garrafas das caixas e remover as tampas das garrafas sejam mecânicos, há sempre funcionários supervisionando estas etapas para identificar qualquer defeito se ocorrerem. Esses funcionários também são operadores, podendo ser operadores dos tipos I, II ou III, dependendo da função exercida.

5.5.3.2 Primeiras Inspeções: visuais e eletrônica

Uma vez destampadas, as garrafas passam pela primeira inspeção visual, sendo que neste momento é verificada a qualidade física das embalagens, observando se estão quebradas ou com rótulo danificado, por exemplo. Caso haja incoerências com o padrão determinado pela empresa, a embalagem é rejeita e retirada manualmente pelo funcionário ou operador. Nesta função fica 1 (um) funcionário responsável, contudo, todos os funcionários envolvidos nas etapas de inspeção visual fazem rodízio a cada 20 minutos nesta atividade, para evitar cansaço e entrarem em um estado enviesado de análise, consequentemente perdendo a eficácia na análise das condições das garrafas deixando passar alguma garrafa fora do padrão. Este funcionário também é um operador do tipo I, cujo salário médio é de R\$ 901,00 sem encargos. Nesta etapa não há máquina própria envolvida, mas há utilização da esteira, consequentemente de energia elétrica.

Após esta pré-inspeção visual, as garrafas retornadas, antes de serem utilizadas na produção, passam por uma verificação de contaminação. Anterior a essa verificação a embalagem é preparada por um equipamento por meio do qual será dosado e adicionado, ao

---

²³ Quando tratar-se de garrafas de vidro, normalmente elas retornam tampadas para a empresa, as tampinhas metálicas são retiradas com um abridor, manualmente, portanto esta embalagem não passa pelo “descapsulador”. Outro ponto interessante é que quando os retornáveis são de volume menor, como o de 290 ml, é comum que os vasilhames venham com materiais em seu interior, como os canudos. Nesses casos, as garrafas passam por outra máquina que sugam esses canudos, ou outros materiais que estiverem contidos no vasilhame.

interior da embalagem, o carbonato de sódio juntamente com água tratada para diluí-lo. Esses dois produtos são responsáveis por estimular uma reação química com qualquer substância que esteja no interior das garrafas. Essa reação fará suspender um odor que será identificado por outro equipamento em uma próxima etapa do processo. Portanto, nesta fase não ocorrem rejeições e descartes de embalagens. Esta atividade é totalmente mecanizada, exceto pelo funcionário responsável por completar o reservatório de carbonato de sódio, ação que normalmente ocorre antes do início da produção; há também consumo de energia elétrica para o funcionamento da máquina e da esteira. As embalagens virgens não passam por essa etapa. Antes de serem encaminhadas para o próximo passo, as embalagens passam por uma pré-lavagem da boca da garrafa para retirar o resíduo da solução de carbonato, de modo que não interfira na análise seguinte.

Na sequência as embalagens são encaminhadas para a máquina capaz de detectar odores. Essa etapa pode ser considerada como a primeira inspeção eletrônica em que as embalagens são submetidas. Esta máquina é responsável por verificar o estado de odor dentro da garrafa, fruto da reação de resíduos em seu interior com a solução de carbonato de sódio. Sem adição de qualquer outro composto químico esta máquina pode acusar um grau de odor elevado, de modo que a embalagem deva ser descartada. A própria máquina tem a função de descartar a embalagem rejeitada encaminhando-a para uma esteira paralela, em que fica posicionado um operador do tipo III, cujo salário médio é de R\$ 1.346,00 sem encargos, para retirar a garrafa do processo. Este operador também é responsável por verificar se a máquina apresentou defeito e se por sua vez está descartando todas as embalagens.

Cabe advertir que uma das substâncias mais comuns que ocasionam o descarte das embalagens por esta máquina, é o combustível colocado nos vasilhames pelo consumidor, entre eles a gasolina. Assim, sendo o plástico um material permeável toda substância com odor inserida em seu interior é capaz de impregná-lo, contaminando-o, como é o caso dos combustíveis, do benzeno, sabão, cloro, detergente, entre outros. De modo geral, esta máquina é programada para detectar garrafas com compostos a base de nitrogênio (com a amônia e ureia) e de hidrocarboneto (que seria o caso da gasolina e querosene), os quais são capazes de alterar as qualidades organolépticas²⁴ do produto. Em média a empresa estima que há uma perda²⁵ de 5% a 6% nesta etapa.

---

²⁴ Organoléptico, segundo Ferreira (1995, p. 469) seria: "... propriedades dos corpos ou substâncias que impressionam os sentidos." Ou seja, aquelas que podem ser percebidas pelos sentidos humanos, neste caso no quesito odor.

²⁵ A quantidade total de embalagens perdidas não é perfeitamente identificada pela empresa, pois a única etapa em que há um registro desta perda é pela máquina detectora de odor, contudo podem ocorrer perdas durante as

Atualmente as embalagens rejeitadas nesta etapa são encaminhadas para a área de reciclagem da empresa após terem seu gargalo quebrado. Essa ação tem como finalidade evitar qualquer reutilização das mesmas, ressaltando que após o descarte pela máquina não há nenhuma verificação do tipo de contaminação que a garrafa está submetida. Ressalva-se que as garrafas virgens não precisam passar pela máquina de detectar odores.

5.5.3.3 Higienização e novas inspeções: visuais e eletrônicas

Estando a embalagem aprovada e liberada pela etapa anterior, a sequência é a inspeção visual de pré-lavagem. Nesta fase fica um operador do tipo I, cujo salário médio sem encargos é de R\$ 901,00. A função do colaborador é observar mais uma vez se há qualquer irregularidade física com as embalagens. Se houver, as garrafas são segregadas e rejeitadas. É importante notar que antes do descarte final das embalagens rejeitadas nas inspeções visuais, elas passam por uma nova triagem, que serve para fazer uma revisão dessas garrafas. Se for identificado um equívoco na rejeição, a embalagem volta para o processo de produção, seguindo para a lavagem que será descrito a seguir. Contudo, se confirmada uma situação inapropriada da garrafa, o pessoal de logística será acionado para encaminhá-la à área de reciclagem.

Na sequência as garrafas são encaminhadas para o processo de lavagem. Em um primeiro momento, as embalagens são encaixadas em células ou espaços individualizados, para então serem direcionadas aos tanques de lavagem e enxágue. A etapa de lavagem é considerada um processo mais rígido de higienização, envolvendo o consumo de soda cáustica, água, aditivo e vapor. É considerado pela empresa um tratamento químico mais pesado, pois é neste momento que todo odor e resíduos são eliminados da garrafa que serão reutilizadas. Para tanto, 2 (dois) operadores, do tipo II, ficam responsáveis pela inspeção desta

---

outras etapas do processo produtivo em que não há essa contagem, bem como entrar caixas faltando embalagens. Outro ponto que merece destaque é a comparação das perdas com as embalagens de vidro. A princípio pode-se levar à ideia de que perda das embalagens de vidro seja maior que as de Ref Pet, contudo, essa visão não é verdadeira. A perda das embalagens de vidro gira em torno de 2%, sendo que ocorrem quebras durante o processo produtivo com mais facilidade, contudo, o principal fato desse número inferior é que as garrafas de vidro não utilizam a etapa de verificação de odores, a máquina detectora de odor. Isso porque as garrafas de vidro são impermeáveis em relação às Ref PET, de modo que o processo de lavagem é suficiente para retirar todo resíduo e odor deste tipo de embalagem, diferentemente das Ref PET produzidas com material permeável.

fase do processo produtivo, sendo que o salário médio de cada um deles, sem encargos é de R\$ 1.106,00.

A lavadora é composta de 4 tanques e seu processo de lavagem funciona da seguinte maneira: i) em um primeiro momento, que será denominado de (A), tem um tanque em que é feito o enxágue das garrafas; ii) em um segundo momento (B) existem 2 (dois) tanques que utilizam soda cáustica no processo de higienização dos vasilhames; iii) por fim, há o momento final (C) em que ocorre o último enxágue na embalagem em outro tanque. A água utilizada no momento (C) é chamada de água semitratada, sendo proveniente da ETA – Estação de Tratamento de Água - da empresa. Esta água sai do processo (C) digna de ser reutilizada, pois neste momento a garrafa já passou pelo tanque de soda (B) em que os principais resíduos foram retirados, sendo essa água utilizada no último processo (C) apenas para em enxágue final. Dada suas condições, esta água é destinada para uso no primeiro momento (A), que compreende um processo de enxágue mais grosseiro, de modo que não há problemas em receber a água com um residual de soda, afinal o processo (B) acaba utilizando mais produto químico que o processo (A). Assim a água da etapa (C) é reutilizada para o primeiro enxágue (A), cujo abastecimento com água nova só ocorre se houver redução no nível do tanque. Depois de voltar e passar pela etapa (A) esta água será destinada a lavar as caixas ou as garrafeiras, não sendo necessário, segundo a empresa, novos volumes de água para lavagem desses itens.

Com relação ao consumo de água nos processos de lavagem e enxágue, no ano de 2012, por exemplo, todo esse processo consumiu, em média, 860 ml²⁶ de água por garrafa. Este valor médio está considerando o consumo total de água utilizada por mês neste processo dividido pela quantidade de garrafas produzidas no mesmo período. Contudo, cabe destacar que, essa quantidade de garrafas refere-se a tudo que foi produzido e que passou pelos processos de enxágue ou lavagem, sem discriminar volume de cada produto (ou seja, se utilizada em produto de 200 ml ou de 2 litros), se a embalagem era virgem ou reutilizada, portanto considerou as garrafas que foram cheias.

Entretanto, um indicador mais apurado do consumo de água neste processo, dado que o cálculo do anterior é uma média sobre garrafas de vários volumes, sem descriminá-los, seria o consumo de água por litro de bebida produzida pela empresa. Considerando esse critério o consumo de água se deu em 2012 no valor de 660 ml para 1 (um) litro de bebida produzida.

---

²⁶ A empresa destacou a preocupação em manter esse número, ao menos constante, ou seja, relativo embora haja aumento da produção, o intuito é evitar aumentos no consumo de água durante o processo. A empresa busca alternativas para redução deste consumo com aquisição de máquinas mais modernas ou adaptações técnicas nas existentes.

Portanto, se considerar a Ref PET de 1,5 litros há, aproximadamente, consumo de água no processo de produção de 990 ml por garrafa. Outra possibilidade de consideração do consumo de água na lavadora é utilizar uma estimativa de empresa de 4.000m^3 por mês.

O consumo de água para cada garrafa é um indicador proveniente da área de meio ambiente da empresa. Para cálculo deste valor a empresa considera toda água gasta apenas no processo de lavagem e enxágue que fazem parte do processo de produção, ou seja, não é a água consumida em todas as etapas de produção, desde a entrada da embalagem na linha até sua saída. Atualmente a empresa não apresenta um medidor de água para cada ponto do processo, apenas nas etapas de lavagem e enxágue.

A água utilizada na lavadora é então reutilizada na atividade de lavagem das garrafeiras, destacando-se que o volume de água utilizada é em torno $800\text{m}^3/\text{mês}$. Além disso, as caixas não saem do processo produtivo, depois que desencaixotou as garrafas elas vão, por esteira, até a lavadora de caixas e de lá para o final do processo produtivo em que as garrafas cheias serão encaixotadas. Outro ponto de destaque é que as garrafeiras não tem gasto com manutenção, sendo descartadas quando não apresentarem condições de reutilização.

Com relação à temperatura da água para lavagem das embalagens, quando as mesmas são virgens a temperatura é mais baixa, em torno de 35°C . Por outro lado, quando a garrafa é retornada a água é aquecida a temperatura média de 60°C . A água utilizada neste processo não é aquecida por energia elétrica, mas pelo vapor proveniente das caldeiras que chegam por tubulações. Ressalta-se que embora o aquecimento da água seja a vapor, a lavadora em si consome energia elétrica para o seu funcionamento.

O aditivo consumido neste processo tem a função de retirar a codificação que está na embalagem retornada, como a data de fabricação e de validade. Essa etapa é importante, pois depois de cheia essa garrafa receberá novas codificações. O uso deste aditivo não danifica a grafia da embalagem.

É importante ressaltar que a quantidade de garrafas que passaram pelo processo de enxágue e lavagem é igual à quantidade produzida, porém não significa que seja a quantidade de produtos finais disponíveis para venda. Esse pode ser menor que aquele, pois durante o processo de produção o produto finalizado ainda passa por uma inspeção visual a qual identifica se o volume de líquido no interior da garrafa está correto, etapa que será descrita a seguir. Não estando em acordo, a garrafa é aberta, esvaziada e levada de volta para o início do processo produtivo passando novamente pelas etapas de enxágue e lavagem. Portanto, o processo de lavar ocorre na maioria dos casos, e o de enxágue em todos eles.

Na lavadora, é importante lembrar que além de todo consumo de investimento nas máquinas (aquisição/depreciação), energia, água e produtos químicos tem outra mão-de-obra envolvida. Neste momento, o custo com mão-de-obra do processo de logística reversa de reutilização é superior aos demais casos, como o de descarte, por exemplo, afinal essas etapas até o momento não existem para este caso.

A cada 30 minutos, antes de continuar no processo produtivo, os funcionários do laboratório da empresa fazem testes nas embalagens com uso de fenolftaleína e azul de metileno para identificar se há resíduos de soda cáustica do processo de lavagem. Se a reação química identificar resíduos de soda, o processo de lavagem é abortado, bloqueando a produção até o último momento em que o teste foi feito anteriormente. Contudo, a empresa destaca que estas ocorrências não são frequentes.

A água contaminada que é gerada pelos processos de lavar e enxaguar durante o processo produtivo, antes de ser descarregada nos rios, passa pela área de tratamento de efluentes na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), sendo que uma parte desta água ainda é utilizada no predial.

A título de curiosidade, entre os anos de 2011 e 2012 a empresa conseguiu reduzir o consumo de água no processo produtivo por meio de aspectos técnicos como: melhorias nas lavadoras; reduzindo vazão de água e inserindo algumas tecnologias de esguichos rotativos. Além disso, a empresa aproveita a água utilizada no processo de higienização das garrafas para o mesmo processo nas garrafeiras. A água utilizada para lavar as garrafas PET descartáveis também vão para a ETA para ser reaproveitada. A empresa tem ainda um projeto para início nos próximos meses de construção de tratamento mais aprimorado desta água para destinação predial como na utilização de sanitários, por exemplo. Estes são mais exemplos que deixam claro a preocupação da empresa em estudo com questões ambientais provenientes de sua atividade.

Além disso, outra medida ambiental desenvolvida pela empresa durante o processo produtivo também está relacionado à etapa de lavagem das garrafeiras. Neste processo as caixas passam por uma máquina que faz um *looping* para que todos os resíduos ou lixos que estiverem nas garrafeiras sejam retirados. Quando pertinentes, ou seja, no caso de plástico, vidro e papel; eles são encaminhados para a área de reciclagem da empresa em vista de uma melhor destinação.

Depois de lavadas as garrafas, ainda vazias, passam pelas estações de inspeções visuais pós-lavagem. Nesta etapa estão presente 2 (dois) operadores do tipo I (salário médio mensal sem encargos de R\$ 901,00 cada um) que ficam um de cada lado da esteira, a qual é

dividida em duas partes. Entre essas partes existe uma tela iluminada (portanto com consumo de energia elétrica), bem como uma faixa de espelho para auxiliar na visualização da embalagem e do estado físico do gargalo. Nesta etapa esses operadores observam se ficou alguma sujeira ou resíduo, ou mesmo se a embalagem está danificada. Se for o caso, as embalagens serão rejeitadas. Contudo, é importante lembrar que não significa um descarte definitivo das garrafas, mas que ela passará pelo processo de revisão, assim como as embalagens rejeitas das demais inspeções já ocorridas no processo até o momento. Se for o caso, a embalagem poderá retornar para a linha de produção. Os operadores nesta função também fazem um rodízio a cada 20 minutos.

Após a inspeção visual anterior, a garrafa é submetida à outra inspeção eletrônica. Nesta etapa a garrafa passa por um equipamento, considerado um inspetor de garrafas, o qual consome energia elétrica. É uma máquina sensível ao aspecto físico da embalagem, parametrizada para verificar a boca (gargalo) e o fundo da garrafa; se ocorrer algum problema na regulagem a consequência pode ser aumento da sensibilidade ocasionando em descarte desnecessário de embalagens. Então, nesta fase pode ocorrer de garrafas serem rejeitadas. Esta verificação é feita por um operador do tipo I, com salário médio mensal de R\$ 901,00 sem encargos.

5.5.3.4 Envasar, capsular, codificar e inspecionar

Em seguida, a garrafa está pronta para ser envasada. É o processo de envase, no qual trabalham 2 (dois) colaboradores com função única e salário médio mensal de R\$ 1.523,00 cada um, sem encargos. Assim, entram em um tanque todos os ingredientes como: xarope, suco, açúcar, concentrados etc., que são misturados seguindo a receita de preparação. Ressalta-se que, na entrada do xarope e na saída da bebida final, há instalações de filtros para evitar substâncias sólidas proveniente da fabricação do xarope ou mesmo de partículas de vedação e tubulação. A mistura é feita com auxílio de um micrometro que regula a vazão do xarope e da água garantindo que as quantidades estejam de acordo com a receita. Após adicionar os ingredientes o próximo passo é colocar o CO₂, processo denominado de “carbonatação”. Neste momento o processo é feito com a bebida em temperatura mais baixa, ou seja, gelada. A temperatura baixa da bebida é importante para facilitar a absorção do CO₂

pelo líquido. Isso ocorre, pois quando a bebida não está gelada ela expande seu volume, consequentemente facilita a expansão do CO₂, o que significa que ele se despende mais facilmente. Nesta etapa podem ocorrer variações, para mais ou para menos, no volume das garrafas, contudo o descarte em função dessas irregularidades ocorre apenas na fase “Inspeção de Cheias”. Esse processo de resfriamento, bem como o resfriamento de todo processo da empresa, é feito em uma planta inteiramente para essa função, ou seja, com equipamentos, torres de resfriamento, condensadores, compressores etc., e utilização de amônia.

Uma vez cheias, as garrafas devem ser capsuladas com tampas plásticas pelo processo denominado de “Capsulamento”, envolvendo apenas uma máquina e consumo de energia elétrica, sem mão-de-obra.

Depois de tampadas as garrafas passam por um rápido enxágue no gargalo onde será prensado o código daquele produto contendo: data de fabricação e prazo de validade. Este é o processo denominado de “Codificação”, realizado por uma máquina. Nesta etapa são utilizados tinta e solvente e não fica um operador neste processo.

Em seguida as garrafas são encaminhadas a um detector de metais. O objetivo deste passo é analisar o interior das garrafas e certificar-se de que nenhuma peça das máquinas do processo produtivo está nos produtos. Acontece que na fase de envase das garrafas a utilização de bicos que variam de acordo com o volume e tamanho das garrafas, então, entre o processo de um tipo de garrafa e outro há a troca manual dessas peças, de modo que elas podem se desprender e cair no interior das garrafas. Contudo, esse evento não é comum, mas se ocorrer o detector de metais já descarta o produto separando-o em outra esteira. Portanto, não há necessidade de um operador nesta função.

Na sequência as garrafas passam por outra inspeção eletrônica, a qual só é utilizada para produtos Ref PET. Esta máquina é responsável por causar um movimento mais brusco na garrafa, como se fosse chacoalhar a embalagem para que uma espuma seja formada. Assim, quando esta garrafa passar pela próxima inspeção visual o operador deverá analisar se houve vazamento de produto, se houver é porque há alguma fissura na embalagem, o produto é descartado e a garrafa analisada novamente. Nesta etapa não há atuação de mão-de-obra, apenas máquina e consumo de energia elétrica.

5.5.3.5 Inspeção visual, encaixotar, paletizar e armazenar

Antes de serem encaminhadas para encaixotamento, as garrafas cheias são destinadas a mais uma inspeção visual ou “Inspeção de Cheias”. Neste ponto é analisado se alguma garrafa apresentou vazamento após a etapa anterior ou se está com conteúdo inferior ou superior ao que deveria, o que pode ocorrer durante o processo de enchimento. Se for identificada inconsistência, essa garrafa é retirada do processo, esvaziada e inserida novamente no processo de produção passando pelas etapas de lavagem e inspeções. As garrafas com conteúdo inferior ao volume padrão são esvaziadas e o líquido é destinado para a ETE da empresa; as garrafas com conteúdo levemente superior ao padrão são liberadas para comercialização, mas as que estiverem com nível muito acima também tem o descarte do conteúdo. Isso ocorre porque, assim como as garrafas com nível abaixo do padrão, as com nível acima também podem causar uma percepção ao consumidor de desconfiança sobre o produto, não sendo bem visto na gôndola. Além disso, existe um espaço mínimo entre a tampa e a quantidade de líquido estabelecido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). As garrafas, cujo líquido foi descartado, são encaixotadas pelo operador e encaminhadas para o início da linha de produção²⁷. Esta inspeção não é feita por máquinas, mas por um operador do tipo I, cuja faixa salarial média é de R\$ 901,00 sem encargos. Nesta etapa também é feito um rodízio de operadores em função do cansaço que a atividade pode ocasionar.

Depois de prontas as garrafas devem ser encaixotadas. As caixas já vem prontas da lavadora de caixas para a máquina de encaixotar. Este processo não é realizado por operadores, mas por uma máquina, contudo existe um operador do tipo II para fiscalizar a operação, cujo salário gira em torno de R\$ 1.106,00 sem encargos. Depois de encaixotar o fundo da caixa é enxaguado para evitar qualquer resíduo de sabão que é utilizado para lubrificar a esteira. Cabe lembrar que toda água e líquido do processo de produção é encaminhada para a ETE da empresa.

Depois de encaixotadas as garrafas serão paletizadas, também com auxílio de uma máquina e de um operador do tipo II (salário médio mensal de R\$ 1.106,00 em encargos), que

---

²⁷ As garrafas descartadas nesta etapa devem passar novamente pela lavadora porque elas estão codificadas com um horário de produção, mas cujo líquido foi descartado. Assim, esta codificação deverá ser apagada, processo que ocorre na lavadora, para então receber um novo código quando finalizar novamente o processo de enchimento, datando a hora correta e o lote do novo produto.

fica fiscalizando a atividade, sem haver necessidade de rodízio. Em seguida o operador de empilhadeira transporta os paletes para o estoque.

Pode-se perceber que toda produção é movimentada com uso de uma esteira elétrica lubrificada com água.

Em paralelo ao processo de produção, a empresa mantém uma última atividade de revisão das garrafas rejeitadas. Esta etapa não envolve máquinas, mas um operador do tipo I (com salário mensal de R\$ 901,00 sem encargos).

A título de exemplo, na figura 11, segue fluxo resumido com as etapas do processo de produção já incluindo: a) as etapas do processo de selecionar e higienizar as embalagens para deixá-las em condição de reutilização e b) armazenamento das garrafas cheias; ou seja, considerando os processos “B”, “C” e “D” representados na figura 8:

Figura 11: Processo simplificado de higienização, produção e armazenamento dos produtos.

Fonte: Elaborado pela autora

Uma observação importante é que tudo que passou pela área de produção é considerado produzido, mas não necessariamente representa a quantidade de produtos disponíveis para venda. Isso porque pode haver situações em que uma embalagem passou por todo processo, incluindo enxágue e lavagem, foi para a etapa de envase com o líquido, mas isso ocorreu pela metade da quantidade correta. Este produto não será disponível para venda, pelo contrário, depois de passar pela última inspeção visual ele será retirado da linha de

produção, aberto, esvaziado e o vasilhame será destinado novamente para o início do processo de produção. Contudo, a empresa ressaltou que embora não tenha o controle informacional da perda desta ocorrência, a quantidade é insignificante se comparada com o volume que é produzido.

De forma geral, alguns setores da companhia, como o setor de Planejamento Estratégico e o de Logística, consideram, a princípio, que as embalagens retornáveis apresentam maior custo para a empresa se comparadas com as descartáveis. Um dos motivos desta linha de pensamento é o processo de preparar, higienizar e deixá-las em condições de reutilização. Por outro lado, o setor Ambiental da empresa considera que, ambientalmente, a embalagem retornável compensa, embora a empresa não tenha, ainda, dados numéricos levantados que possam sustentar com maior objetividades esses pontos de vistas.

Nesse sentido, o modelo proposto é capaz de contribuir, por elencar as informações importantes para as tomadas de decisões da empresa em relação à logística reversa, identificação dos custos desta operação, bem como a sensibilidade desses se variando distâncias, preços etc.

Uma comparação mais completa seria possível se houvesse um modelo que também considerasse ou mapeasse uma operação de materiais descartáveis, desde a fabricação até sua reciclagem.

5.5.4 Armazenar e Vender Produto

Depois que as embalagens passaram por todo processo de produção a logística é responsável por armazená-las na área de estocagem, mediante utilização da empilhadeira. A empresa possui 5 funcionários responsáveis pelo processo de estoque, sendo que a faixa salarial dos mesmos é de R\$ 1.500,00 a R\$ 1.600,00. A política de estocagem da empresa compreende uma folga de até 5 (cinco) dias.

Depois da produção e armazenagem ocorre a venda do produto. Os produtos então são trazidos do estoque por meio das empilhadeiras para iniciar o processo de carregamento²⁸ dos caminhões rota e bitrem.

---

²⁸ Neste momento esta embalagem ocupa mais espaço no veículo do que uma caixa de produto descartável, em função do espaço dos paletes e da própria caixa. Isso consome mais frota (portanto mais número de viagens é necessário) e devido ao peso que consome mais combustível, se comparado com os produtos descartáveis.

Atualmente a empresa tem 70 funcionários responsáveis pelo armazenamento, ou seja, responsáveis por montar a carga nos caminhões, com um salário variando de R\$1.000 a R\$1.200. Além destes funcionários a empresa possui 4 administrativos responsáveis pela inspeção das atividades, sendo que o salário médio é de R\$ 1.300,00.

Para entrega dos produtos a empresa possui 2 (dois) tipos de caminhões: os de rota e os bitrens (caminhão com duas carretas). No caminhão de rota cabem até 10 paletes, tem caminhões de 8 e 12 paletes também, mas 90% da frota são caminhões com suporte para 10 paletes.

Para atender a região a empresa possui 85 caminhões de rota, os quais são movidos a diesel. Por dia há ainda a possibilidade de 10 a 15 recargas desses caminhões do tipo rota, lembrando que esse número pode variar de acordo com o período de sazonalidade das vendas, já tendo chegado a 40 recargas. Com relação aos centros de distribuições a empresa possui 12 bitrens, os quais viajam em média 3 vezes por dia.

Já nos caminhões do tipo bitrens a capacidade é de 28 paletes em cada caminhão. O caminhoneiro do bitrem tem uma faixa salarial mensal, sem encargos, de R\$ 2.100 a R\$ 2.200. Essa faixa de salário também é a mesma para o caminhoneiro da rota, a diferença é que este recebe uma comissão pela quantidade entregue. A frota de caminhão apresenta vida útil de 12 a 13 anos.

Com cada motorista vai também um assistente e 2 (dois) carrinhos de descarregamento que custam em torno de R\$ 300 a R\$ 400 cada um, sendo que eles apresentam uma vida útil de 1 ano, mediante ações de manutenção. A empresa entrega os produtos com caminhões de rota em um raio de até 110-120km.

O processo simplificado esquematizado da etapa de entrega de produtos, visualizado anteriormente na etapa “G” da figura 8, pela empresa também pode ser definido como esquematizado na figura 12.

Figura 12: Processo simplificado de entrega de produtos.

Fonte: Elaborado pela autora

Atualmente a empresa tem 3 (três) centros de distribuição cujos custos com logística, por ano, variam de R\$ 9.169.000,00 a R\$ 33.000.000,00. Esses custos consistem em receber a carreta, descarregar, armazenar, carregar de novo, classificar vasilhame e motorista.

A empresa leva os produtos e é responsável pelo descarregamento, sendo que nesta etapa conta com o motorista e com o assistente. O produto é descarregado com ajuda do carrinho de descarregamento.

Pode haver o caso em que o estabelecimento do cliente necessite de um empréstimo de vasilhames. Neste caso a empresa faz o empréstimo depois recolhe as garrafas. Contudo, isso significa que a empresa deve se deslocar duas vezes: quando vende e empresta e depois quando volta para recolhê-los.

A empresa considera, segundo seus controles de gastos da área de logística, que a movimentação de retornáveis na empresa gera um custo total de logística 30% maior do que se houvesse apenas os descartáveis, o que corrobora com Meade e Sarkis (2002) e Campos (2006).

5.5.5 Retorno das Embalagens – Logística Reversa

O recolhimento dos engradados ocorre da seguinte maneira: o caminhão de rota ou o bitrem vai até o estabelecimento para entregar mercadorias e já recolhe os vasilhames retornáveis com auxílio dos carrinhos de carregamento. O motorista e o ajudante, observam a forma de armazenagem e a situação dos engradados na devolução, isso consome tempo dos mesmos. Contudo, a empresa verificou que compensaria uma análise mais detalhada das condições dos vasilhames internamente, assim o tempo do caminhão na rua renderia mais. Ainda sim, é possível considerar que o tempo consumido pelo motorista e assistente na análise prévia das condições dos vasilhames representa 30% de sua jornada de trabalho.

Quando o caminhão chega até a empresa ele passa pelo Box de Conferência. Essa etapa consiste em verificar a carga e o estado interno do caminhão, retirando os resíduos provenientes da entrega como: papelão, plásticos entre outros, os quais são depositados em caixas e depois encaminhados para área de reciclagem. Neste momento, caso alguma embalagem venha danificada em condições visíveis de impossibilidade de reutilização a mesma é descartada e o custo cobrado do motorista. O conferente tem um salário médio mensal de R\$ 1.450,00 sem encargos ou de R\$ 2.450,00 com encargos, sendo que essa etapa leva em torno de 5 minutos para conferir um caminhão.

Para uma verificação mais detalhada do estado da embalagem retornada a empresa tem um tipo de fiscalização para acompanhamento do processo de armazenamento dos engradados

pelos comerciantes. Há um comitê responsável por analisar visualmente a área de armazenagem destes locais. Este processo de acompanhamento não pode ser entendido como uma auditoria, mas sim como conscientização e orientação a respeito da forma de armazenamento.

Então, depois que o caminhão chega, ele é descarregado e as embalagens levadas para a área denominada pela empresa de “Logística Reversa”. Nessa área trabalham 10 funcionários (com salário médio mensal de R\$ 1.800,00 com encargos), os quais são responsáveis por separar as garrafas por sabor e tamanho, analisar e descartar as que estiverem quebradas, bidadas, com tinta e sujas, a ponto de impedir a reutilização, bem como a chapa prensada de aglomerado²⁹ danificada e as garrafas da concorrência.

O processo de separação e análise das garrafas ocorre com uso de uma esteira, havendo, portanto, consumo de energia elétrica, sendo que o funcionário responsável por essa função é o mesmo responsável pelo armazenamento.

Nesta etapa ocorre também a separação da chapa (placa que deve ser colocada entre os paletes para evitar desnivelamentos) de acordo com o estado em que retornou, podendo ser reaproveitada para a linha de produção, *picking* e corte. O processo de *picking* é a separação da carga em que se coloca um paletete com caixas depois a chapa, na sequência outro paletete e assim sucessivamente. Quando mesmo assim houver desníveis a empresa utiliza as chapas de corte para ajustar.

As chapas que são classificadas para corte geralmente são as que voltam quebradas, sendo reaproveitada desta maneira. Cada folha dessas ou chapa custa em torno de R\$ 3,00, sendo que a empresa mantinha em estoque cerca de 200.000 folhas. Essas chapas são fabricadas para durarem 1 mês sem quebrar, mas depende muito da movimentação.

A seguir, na figura 13, tem-se o processo simplificado de retorno dos vasilhames esquematizado, incluindo a etapa de armazenamento das embalagens retornadas, os quais estão representados nas fases “E” e “F” da figura 8.

---

²⁹ Contudo, cabe destacar que a chapa prensada de aglomerado é uma proteção utilizada apenas para embalagens PET descartáveis, as quais não são encaixotadas e empilhadas em paletes, mas sim embaladas em volta de um plástico, usando a chapa como sustentação

Figura 13: Processo simplificado de retorno de vasilhames.
 Fonte: Elaborado pela autora

5.5.6 Armazenar Embalagens Retornadas e Descarte

Depois de separadas na etapa anterior as garrafas podem ser armazenadas. Este processo utiliza as empilhadeiras para armazenar as embalagens a uma distância de 100 a 150 metros deste local de separação. As embalagens retornadas e encaixotadas ocupam um espaço médio de 1.500 m². Deste ponto as garrafas são encaminhadas para a produção quando solicitadas.

A empresa possui internamente uma área de Reciclagem, cuja função primordial é receber resíduos como plástico PET, vidro e papelão, sendo que no caso das garrafas PET elas são prensadas para devido destino às empresas que modificam esse material para geração de novos produtos.

Então, quando as embalagens de Ref PET chegaram ao final de sua vida útil, não sendo mais permitido reutilização, elas são encaminhadas para esta área. Contudo, nem sempre as embalagens destinadas à reciclagem estão neste processo pelo fim de sua vida útil possível, mas existem casos de embalagens descartadas pelo mau uso pelos clientes, ou porque houve qualquer dano físico irreversível na garrafa capaz de impactar negativamente na imagem do produto no mercado.

Atualmente esta área de Reciclagem é terceirizada, ou seja, a companhia contrata uma empresa que faz todo o serviço que antes era feito por pessoas e com equipamentos da companhia. Então ultimamente tudo é terceirizado: os equipamentos, a empilhadeira e os funcionários. A companhia em estudo paga cerca de R\$ 25.000,00 pelos serviços desta empresa, mas ainda vende a R\$ 0,60 o quilo de Ref PET para a prestadora de serviços. Contudo, a área total (1.300m^2) em que esta operação está instalada é da companhia estudada e a mesma mantém uma funcionária para controle e acompanhamento de todo esse processo, além de haver consumo de energia elétrica e água, os quais são custos para a companhia.

No ano de 2012 foram descartados 289.527 kg de Ref PET no ano e 87.542 kg no ano de caixas de todas as embalagens retornáveis. Com a venda desses resíduos é possível considerar que essa atividade da empresa reduz o custo da logística reversa, pois gera uma renda. Além disso, esse material poderia ser lançado em aterro, em qualquer lugar ocasionando em diversos prejuízos ambientais e sociais, todavia, a companhia tem toda uma atuação nesse sentido para evitar ou minimizar esses danos.

É importante refletir que o caso utilizado como teste no modelo de análise de sustentabilidade de uma cadeia de logística reversa pode mostrar-se mais sustentável que o mesmo processo em outra empresa, em função de todos os investimentos e preocupações com o meio ambiente, como a reutilização de água e energia, tratamento de efluentes, destinação correta de resíduos, entre outros que esta companhia apresenta. Por outro lado, outras empresas podem utilizar combustíveis melhores ecologicamente e terem mais eficiência na relação entre uso de recursos ambientais e quantidade produzida. O importante é ter o cuidado para que o modelo não seja viesado pela aplicação de um caso. O modelo deve ser o mais abrangente possível, de modo a torna-se preparado para ser aderido a qualquer estrutura de logística reversa com foco em embalagens retornáveis. O que não significa um modelo finito, afinal, ele sempre poderá ser melhorado de acordo com as evoluções, parâmetros, etapas, logística etc.

5.5.7 Ações Sociais e Ambientais

A seguir serão descritos a seguir as principais ações da companhia referentes às práticas sociais e ambientais.

De modo geral cabe colocar que o nível de escolaridade dos funcionários é o ensino médio. Sendo que a única função que aceita a escolaridade inferior ao 2º grau é o armazenista que deve ter pelo menos o ensino fundamental.

Uma prática com respaldo social e ambiental da empresa foi a mobilização de catadores de rua para formação de cooperativas de modo a organizar esse trabalho. A empresa então auxiliava esses grupos nas questões de gestão necessárias para colocar uma cooperativa em prática, como por exemplo: maneiras de fazer a cotação do material, nota fiscal da venda desses materiais, entre outros. Além dessa assessoria em gestão, a empresa doava máquinas necessárias para a atividade de separação do material, carrinhos de coleta, inclusive caminhão. Todos esses catadores de rua receberam apoio psicológico e de saúde.

Outros trabalhos sociais são desenvolvidos pela empresa, principalmente os cursos extra-salas, ou seja, aqueles em horários diferentes ao escolar; como por exemplo: curso de informática, oficina de arte em vidro, aulas de flauta e teatro. Também existe o apoio ao esporte, entre eles o futebol e o basquete; monitoria de recreação por meio de patrocínio às creches; apoio à orquestra; apoio aos artesãos que utilizam materiais reaproveitados; ações voluntárias desenvolvida pelos funcionários como campanha do agasalho, doação de sangue e capacitação de jovens para prepará-los para o mercado de trabalho.

Essa capacitação envolve um trabalho de cerca de 2 (dois) meses com jovens de até 25 anos da comunidade que buscam acumular experiências e conhecimentos para ingressar no mercado de trabalho. Desse modo a empresa orienta com relação ao currículo, postura e vestimenta no ambiente de trabalho além de dicas relacionado ao trabalho de varejo, sendo o forte da companhia. Essa ação incentiva e motiva os jovens, deixando-os mais confiantes para o mercado. Em entrevista a um deles, que atualmente é funcionário registrado na empresa, ficou claro que a grande motivação inicial para aderir a esse programa é a expectativa de ingressar como empregado na própria companhia, vista pela maioria deles, segundo pesquisa interna realizada pela companhia, como uma empresa respeitada e com responsabilidade social.

A empresa também possui um espaço de reciclagem, em que recebe materiais como vidro, aço, madeira, plástico, papelão, orgânico, eletrônicos, baterias, *tonners*, material contaminado com óleo, entre outros gerados pela fábrica, fazem a separação e dão o destino correto às empresas de reciclagem. Além desses materiais, as Ref PET, quando não puderem mais ser utilizadas no processo produtivo, são prensadas e encaminhadas para empresas de reciclagem. Além da reciclagem, a empresa contém uma área e um processo para tratamento

de efluentes, em que toda água da empresa, seja predial, sanitário e industrial, é tratada e lançada nos córregos.

Outra prática da companhia é o estabelecimento de pontos de coleta de materiais descartáveis como PET, TetraPak, vidro e alumínio nos principais supermercados da cidade, bem como pontos de coleta internos à empresa para recolher esse tipo de material consumido pelos seus funcionários.

Além desses pontos de coleta a empresa também já teve um projeto que incentiva os alunos de escolas a levarem materiais para reciclagem na própria escola em trocas de prêmios. Por outro lado, o projeto também estimulava a educação e a pesquisa.

Contudo, o projeto chegou ao fim por um dos motivos bastante colocados pela empresa como ocasionadores das dificuldades de aplicação de algumas práticas sustentáveis que é o fator “custo” das ações, entre eles o custo de logística reversa. Segundo a empresa, é preciso analisar muito bem o custo dessas ações, pois eles podem ser elevados.

Além do custo, uma experiência da empresa em diversos momentos ocorreu com as ações de órgãos governamentais, indicando quão importante é a participação desses para promover ações sustentáveis nas empresas e na comunidade como um todo. Algumas das maneiras desse apoio podem ser por meio de: espaço cedido; redução do valor de despesas como água, luz, telefone; redução de alguns impostos; fornecimento de cestas básicas e outros custeios. Contudo, ficou evidente para a empresa que a falta deste apoio governamental é fator que motiva a não atuação em práticas sustentáveis, isso porque gera uma sobrecarga de gastos para as empresas privadas.

Nesse contexto, foi identificado que a visão de algumas gestões governamentais é a de que, se empresa privada financia e apoia essas ações, tornam-se obrigações das mesmas e não dos órgãos públicos. Além disso, a própria gestão da empresa é capaz de auxiliar ou não tais práticas.

Outro fator capaz de dificultar algumas ações ambientais e sociais, colocado pela empresa, é a falta de conscientização da população e a falta de incentivos às práticas pelos indivíduos, como a redução de impostos.

Com relação ao aspecto ambiental, a empresa mantém uma área de reciclagem multifuncional, ou seja, voltada para as Ref PETs, vidro, aço, madeira, plásticos, papelão, tonners, baterias, equipamentos e eletrônicos, materiais contaminados com óleo, inclusive material orgânico. Não é uma área com atividades de reciclagem, propriamente dita, mas sim de separação para a destinação correta desses resíduos por meio de empresas especializadas.

A empresa tem como parte do processo produtivo um tratamento de água antes da mesma ser utilizada nos produtos, passando por uma série de etapas de tratamento físico-químico de múltiplas barreiras, sendo que, neste processo existe a etapa de retrolavagem dos equipamentos e filtros, consumindo água. Contudo, essa água não é descartada, mas é reaproveitada, passando por todo o processo de tratamento de água para, então, poder ser utilizada no processo produtivo. Além desta água, aquela utilizada no processo de enxágue de embalagens descartáveis e lata, antes de receberem o produto, também é reaproveitada da mesma maneira.

Outra ação ambiental importante da empresa é a estação de tratamento de efluentes, a qual já existe desde 1981. Todo efluente líquido é tratado, ou seja, aquele proveniente da indústria; das prensas de reciclagem; da xaroparia; das linhas de envase; do processo de lavar as máquinas e caminhões; da manutenção; do refeitório, incluindo de sanitários. Neste processo o volume de efluentes que chega e sai é medido, para garantir que o todo seja tratado. O óleo, resíduos sólidos e gordura são separados em determinadas etapas do processo para serem acomodados em tambores e então recolhidos por empresas especializadas no destino correto desses materiais, incluindo empresas de cimentos licenciada. A título de curiosidade, a empresa mantém um “aquário” com peixes imersos na efluente tratado para verificar e garantir a qualidade do efluente.

A respeito do uso de ações sociais e ambientais como marketing, a experiência da empresa mostrou que deve haver um cuidado com esse fator, pois, ao mesmo tempo em que o impacto na imagem da companhia pode ser positivo, pode também ser negativo. De fato, incentivo a essas ações podem ser uma boa forma de promover a imagem da empresa, por outro lado, quanto mais a empresa aparece vinculada a esses projetos mais solicitações de apoio ela recebe. Assim, não podendo atender a todos e tendo que negar alguns pedidos o impacto na imagem pode ser negativo. Por outro lado, torna-se interessante identificar a abrangência do impacto positivo em contrapartida ao negativo, para de fato, afirmar se é ou não compensador o marketing dessas ações.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A seguir são apresentados os resultados da aplicação do modelo na empresa, bem como determinação dos índices, estudo das relações, análise de sensibilidade e projeção de cenários.

6.1 Aplicação do modelo

Inicialmente o processo de logística reversa de Ref PETs foi compreendido qualitativamente, em seguida as etapas foram conhecidas e transformadas em um diagrama de fluxo. Em seguida foi feito um levantamento quantitativo de todos os *inputs* envolvidos para cada uma das etapas.

Todavia, a aplicação do modelo tem algumas premissas importantes, como: a) a quantidade vendida é igual à quantidade produzida, sendo que essa premissa pode ser sustentada pelo alto giro do produto. Dessa forma, os cálculos usando o caso prático da empresa teve todas as informações baseadas na produção dos respectivos meses, incluindo os desperdícios normais do processo produtivo; b) o custo das caixas e das embalagens adquiridas são ativados em função da vida útil (característica de itens reutilizáveis), portanto, tem o custo refletido na despesa de depreciação; c) o volume de quantidade de produtos considerados é aquele pronto para ser vendido ao cliente, contudo, o consumo dos insumos para produção considerou todos os gastos, o que inclui aqueles despendidos para produtos que tiveram alguma inconsistência em qualquer etapa do processo produtivo e tiveram que ser descartados.

6.2 Preparação para desenvolvimento do modelo - *Inputs*

A composição do banco de dados com os *inputs* é uma etapa muito importante do trabalho, desse modo deve-se tomar cuidado de modo a garantir a assiduidade das informações quanto a sua relação com o processo operacional da empresa. Um exemplo é a

determinação de custos fixos às etapas importantes do processo, pois qualquer erro no critério de rateio definido poderá ocasionar erro nas análises.

Inicialmente, definiu-se os processos críticos na operação que se deseja analisar e obter informações. Neste caso, por se tratar do estudo de uma operação envolvendo atividades de logística reversa os processos foram subdivididos em:

a) **Geral**: incluindo as atividades comuns à produção de retornáveis e descartáveis, como as etapas de compra de embalagens, armazenamento do produto, carregamento nos caminhões, transporte etc.;

b) **Linha 3**: sendo a linha de produção de retornáveis da empresa, com atividades identificadas no processo produtivo de retornáveis, como a etapa de lavagem com uso de soda cáustica, e dos descartáveis, tais como envase, verificar conteúdo etc.

c) **Coleta e Tiragem**: atividades que se referem unicamente à especificidade de um produto retornável, como por exemplo a conferência e separação dos vasilhames.

Assim os *inputs* determinados estão listados no quadro 8.

Inputs determinados pelo processo da empresa	
Quantidade Vendida	Impostos
Preço de Venda	Consumo (em m ³) e despesa com água ³⁰
Salário total (Valor total da folha, incluindo benefícios)	Consumo (em kWh), tarifa (em R\$) e fator de emissão de CO ₂ para energia
Depreciação do imobilizado e do caminhão	Consumo (em kg) e preço de aditivo
Gastos com manutenção	Consumo (em kg) e preço de soda cáustica
Seguro	Consumo (em kg), preço e fator de emissão de CO ₂ para lubrificante
Valor do m ²	Quilômetros rodados, rendimento (Km/litro) e preço do diesel para caminhão rota e bitrem
Área ocupada	Horas trabalhadas, rendimento (kg/hora) e preço do GLP para as empilhadeiras
Custo de Logística	Fator de emissão de CO ₂ de diesel e GLP
Quantidade de açúcar (kg) por garrafa	Imobilizado
Preço do açúcar	Caminhão
Quantidade de concentrado (litros) por garrafa	Custo de Oportunidade
Preço do concentrado	Benefícios Sociais

Quadro 8: *Inputs* no modelo

Fonte: Elaborado pela autora

Nota: Os *inputs* foram determinados com base no conhecimento detalhado do processo produtivo, já descritos no capítulo 5, sendo obtido um histórico de 41 meses, de janeiro de 2010 a maio de 2013, todos via entrevista.

³⁰ O gasto com água inclui também os custos, investimentos e todos os gastos envolvidos com o tratamento de efluentes.

Os benefícios sociais utilizados foram: alimentação, transporte, encargos, previdência, saúde, segurança, educação, participação nos lucros. O “Custo de Logística” inclui todos os gastos estruturais para manter os três centros de distribuição da empresa.

Com relação ao salário total, depreciação, gastos com manutenção, seguro, área ocupada, imobilizado e benefícios sociais, todos foram identificados e separados pelos três processos: Geral, Linha 3 e Coleta e Triagem. Assim, toda informação considerada por esses três processos foram alocadas pela seguinte proporção: Geral (16,7%, representando a participação do Ref PET no volume total do que é produzido pela empresa); Linha 3 (75%, sendo o volume de Ref PET produzido nesta linha); Coleta e Triagem (62%, significa a representatividade de Re PET sobre todos os outros produtos retornáveis).

Foi necessária a separação do custo dos ativos “Caminhões” dos demais imobilizados, pois o seu valor, bem como sua depreciação, estão relacionados apenas aos processos Geral e Coleta e Triagem.

Um ponto a ser considerado é que alguns *inputs* (com exceção da quantidade vendida, do preço de venda, do consumo de açúcar e concentrado, preços, impostos, fator de emissão de CO₂ e custos de oportunidade) foram calculados proporcionalmente à produção de Ref Pet, dado que a empresa apresenta diversas outras linhas de produtos que utilizam os recursos em comum.

6.3 Determinação dos Índices

Um dos objetivos do estudo foi identificar três índices que pudessem refletir as ações sustentáveis das empresas, de modo que elas poderiam utilizá-los para analisar os impactos de suas decisões operacionais. Assim, a proposta foi de elaboração dos seguintes índices: um econômico, outro ambiental e outro social.

A construção desses índices partiu, então, de indicadores econômicos, sociais e ambientais, que estivessem relacionados ao processo produtivo das empresas, o qual inclui atividades de logística reversa, de modo que eles foram transformados em apenas 1 (um) índice de sua representatividade. Para isso, utilizou-se a técnica da Análise Fatorial.

6.3.1 Índice Econômico

Com o intuito de obter um índice econômico (E), primeiramente partiu-se de alguns indicadores, como apresentados no quadro 9.

Indicadores Econômicos	
X ₁ :	Lucro
X ₂ :	Rentabilidade
X ₃ :	Margem
X ₄ :	Giro
X ₅ :	Valor
Índice	
E	Econômico

Quadro 9: Índice Econômico: indicadores e fator
Fonte: Elaborado pela autora

Dessa forma, o índice econômico poderá ser estimado por meio da fórmula 19:

$$E = \omega_{E1} \text{Lucro} + \omega_{E2} \text{Rentabilidade} + \omega_{E3} \text{Margem} + \omega_{E4} \text{Giro} + \omega_{E5} \text{Valor} \quad (19)^{31}$$

Em que:

E: índice econômico

ω_{ji} são os coeficientes dos escores fatoriais.

Na sequência foi feita a verificação das estatísticas descritivas dos indicadores econômicos, apresentada na tabela 4.

Tabela 4- Estatística descritiva dos indicadores econômicos

Indicadores	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Lucro	0,4521	0,4484	0,1318	0,0582	0,6931
Rentabilidade	0,0839	0,0850	0,0284	0,0064	0,1460
Margem	0,2444	0,2545	0,0629	0,0305	0,3462
Giro	0,3348	0,3335	0,0483	0,2103	0,4982
Valor	0,3803	0,3854	0,1383	-0,0520	0,6353

Fonte: Elaborado pela autora

Aparentemente, os dados não apresentam grandes dispersões. A média e mediana em todos os indicadores estão bem próximas, o que gera indícios de que os dados apresentam uma distribuição normal, atendendo ao primeiro pressuposto para aplicação do teste de análise fatorial.

³¹ Importante ressaltar que na determinação dos índices econômicos, ambientais e sociais pelo uso das fórmulas, as observações dos indicadores devem estar normalizadas, ou seja, reduzidas da média e divididas pelo desvio padrão da amostra.

Outra forma de verificar se os dados apresentam indícios de normalidade multivariada é por meio da análise do *Box-Plot*, segundo Fávero (2009). O gráfico 1 para os indicadores econômicos é evidenciado a seguir.

Gráfico 1: *Box-Plot* de indicadores econômicos
Fonte: Elaborado pela autora

A construção do gráfico *Box-Plot* é feita por meio de dados padronizados, dessa forma, o “Zlucro” indica que o indicador “Lucro” foi padronizado para elaboração do gráfico, e o mesmo foi feito para os demais indicadores. Por meio do gráfico anterior é possível verificar a distribuição dos indicadores econômicos, sendo que para alguns é mais fácil a identificação da existência de uma distribuição normal, uma vez que a mediana, juntamente com a dispersão observada pelos *quartis* 1º e 3º, encontra-se equitativamente distribuída. No entanto, a mesma análise não pode ser empregada com segurança para todos os indicadores, como no caso do “Giro” e do “Valor”.

Assim, optou-se por realizar o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, como proposto por Fávero (2009), cujos resultados são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Teste de normalidade para indicadores econômicos

Teste Kolmogorov-Smirnov	
Indicadores	Z
Lucro	0,132
Rentabilidade	0,106
Margem	0,153
Giro	0,092
Valor	0,127

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados do teste de normalidade corroboram os resultados da estatística descritiva, ou seja, dado que o teste Kolmogorov-Smirnov parte da hipótese nula de que há uma distribuição normal, pode-se constatar que todos os indicadores apresentam distribuição normal³².

O próximo passo foi analisar a correlação entre os indicadores, sendo este o segundo pressuposto que deve ser atendido para aplicação da análise fatorial, ou seja de que os indicadores apresentem-se correlacionados. Nesse sentido, a verificação da correlação pode ser feita por meio do teste paramétrico de correlação de Pearson, conforme tabela 6.

Tabela 6 - Matriz de correlação – Indicadores Econômicos

Matriz de Correlação					
	Lucro	Rentabilidade	Margem	Giro	Valor
Lucro	1,000				
Rentabilidade	0,883***	1,000			
Margem	0,947***	0,941***	1,000		
Giro	0,624***	0,892***	0,715***	1,000	
Valor	0,998***	0,907***	0,960***	0,666***	1,000
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.				0,565	
Bartlett's Test of Sphericity				572,422***	

*** significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados apresentaram alta correlação entre os indicadores econômicos, sendo todas significantes. Este resultado pode ser confirmado os testes de KMO e Bartlett expostos no quadro anterior, sendo que o teste de KMO foi superior a 0,5 e o teste de Bartlett apresentou-se significante a 1%, portanto corroborando a existência de homogeneidade na correlação entre as variáveis.

Outro aspecto que deve ser analisado antes da determinação das cargas fatoriais é a matriz anti-imagem. Os resultados da diagonal dessa matriz para os indicadores econômicos estão apresentados na tabela 7.

³² Para confirmar os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, dado que a quantidade de observações é pequena, foi feito o teste de Shapiro-Wilk, proposto por Fávero et al. (2009, p. 114). Em todos os casos os resultados foram condizentes com o do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Tabela 7 - Matriz Anti-Imagem – Indicadores Econômicos

Matriz Anti-Imagem					
	Lucro	Rentabilidade	Margem	Giro	Valor
Lucro	0,566 ^a				
Rentabilidade	-0,468	0,647 ^a			
Margem	0,733	-0,770	0,577 ^a		
Giro	0,776	-0,884	0,815	0,450 ^a	
Valor	-0,997	0,444	-0,749	-0,757	0,578 ^a
a. Medida de Adequação da Amostra (MSA)					

Fonte: Elaborado pela autora

Pelos resultados anteriores verifica-se que o indicador “Giro” apresentou valor inferior a 0,5, sugerindo sua retirada do modelo, pois pode não se ajustar à estrutura definida pelas outras variáveis, conforme destacam Fávero et al. (2009). Contudo, os autores também colocam que a decisão da retirada de uma variável não precisa ser neste momento que antecede a aplicação da análise fatorial, uma vez que este indicador pode apresentar valores elevados de comunalidades e de cargas fatoriais. Assim sendo, essa variável poderia representar um segundo fator distinto do grupo. Todavia, optou-se por manter o indicador “Giro” de modo a analisar a comunalidade e sua carga fatorial no teste.

Os resultados da comunalidade para os indicadores econômicos estão representados na tabela 8.

Tabela 8 - Comunalidades – Indicadores Econômicos

Comunalidades	
Indicadores	Extração
Lucro	0,907
Rentabilidade	0,963
Margem	0,949
Giro	0,672
Valor	0,938

Fonte: Elaborado pela autora

Dos indicadores econômicos o “Lucro”, “Rentabilidade”, “Margem” e “Valor” apresentaram-se bem próximos de 1 (um), com exceção do “Giro”, que apresenta uma carga próxima a 0,7. Embora esse indicador tenha tido menor comunalidade decidiu-se permanecer com ele no grupo, pois ainda poderá apresentar uma carga fatorial significativa, de modo que a decisão de sua retirada ainda não será feita neste momento.

Mantidos os cinco indicadores e por meio do método da extração do principal componente com a escolha de extração de apenas 1 (um) fator, tem-se os resultados de autovalores na tabela 9.

Tabela 9 - Autovalores e Percentual de variância explicada pelos fatores - Econômico

Componente	Autovalores	
	% da Variância	% Cumulativo
1	88,605	88,605
2	10,079	98,684
3	1,116	99,799
4	0,197	99,996
5	0,004	100,000

Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se que o 1º fator é responsável por explicar 88,6% da variância dos indicadores econômicos originais e que esse percentual aumenta para 98,68% ao se considerar 2 fatores. Como o objetivo do trabalho é a consideração de um índice econômico, optou-se pela utilização de 1 (um) fator.

Outra maneira de analisar os autovalores é por meio do gráfico Scree Plot, também conhecido como diagrama de declividade. No eixo vertical tem-se os autovalores e no horizontal os números de fatores. O gráfico 2 evidencia quantos fatores tem condições de explicar o modelo proposto, para isso é possível observar o número de fatores acima do autovalor 1 (um), o que pode ser conhecido também como método Kaiser.

Gráfico 2: Scree Plot - Índice Econômico

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, o gráfico 2 evidencia que 1 (um) fator é suficiente para explicar a relação das variáveis propostas, no caso os indicadores econômicos. Essa análise pode ser feita identificando os pontos acima do autovalor 1 (um).

Outro ponto que pode ser observado antes da definição das cargas fatoriais é a matriz de componentes, representada na tabela 10. Esta matriz apresenta as cargas que correlacionam

as variáveis com os fatores, ou seja, permite verificar qual fator explica melhor cada um dos indicadores originais (FÁVERO et al., 2009).

Tabela 10 - Matriz dos componentes dos indicadores econômicos

Indicadores	Componente 1
Lucro	0,953
Rentabilidade	0,982
Margem	0,974
Giro	0,820
Valor	0,968

Fonte: Elaborado pela autora

Deste modo, todos os indicadores apresentaram cargas relevantes, inclusive o “Giro”, de modo que todos eles serão considerados na formação do índice Econômico para composição do modelo final para tomada de decisão.

Assim, uma vez que todos os testes da análise fatorial apresentaram significância estatística, é possível considerar a ponderação de cada indicador econômico para formulação do índice econômico no modelo, como pode ser observado na tabela 11³³.

Tabela 11 - Matriz de Coeficiente – Indicadores Econômicos

Matriz de Coeficiente do Componente Score	
Indicadores	Componente
Lucro	0,215
Rentabilidade	0,222
Margem	0,220
Giro	0,185
Valor	0,219

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, o cálculo do Índice Econômico, considerando as variáveis padronizadas, será dado pela fórmula 20:

$$E = 0,215 \times \text{Lucro} + 0,222 \times \text{Rentabilidade} + 0,220 \times \text{Margem} + 0,185 \times \text{Giro} + 0,219 \times \text{Valor} \quad (20)$$

Os mesmos passos e testes foram realizados para formulação dos índices “Ambiental” e “Social”, como serão apresentados na sequência.

³³ Cabe ressaltar que os testes foram realizados utilizando a rotação *varimax*. Contudo, pelo fato de haver apenas a procura de 1 (um) fator a forma de rotação não traz diferenças nos resultados.

6.3.2 Índice Ambiental

A proposta de elaboração do índice ambiental (A) considera a composição pelos indicadores listados no quadro 10.

Indicadores Ambientais	
X ₁ :	Energia
X ₂ :	Água
X ₃ :	GLP
X ₄ :	Diesel
X ₅ :	Lubrificantes
X ₆ :	Produtos Químicos
Índice	
A	Ambiental

Quadro 10: Índice Ambiental: indicadores e fator
Fonte: Elaborado pela autora

Dessa forma, a estimação do fator por uma combinação linear dos indicadores originais seria, conforme dado na fórmula 21:

$$A = \omega_{A1} \text{Energia} + \omega_{A2} \text{Água} + \omega_{A3} \text{GLP} + \omega_{A4} \text{Diesel} + \omega_{A5} \text{Lubrificante} + \omega_{A6} \text{Produtos Químicos} \quad (21)$$

Em que:

A: índice ambiental

ω_{ji} são os coeficientes dos escores fatoriais.

O primeiro contato com os dados deu-se pela estatística descritiva, a qual está demonstrada na tabela 12.

Tabela 12 - Estatística descritiva dos indicadores ambientais

Indicadores	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Energia	0,0266	0,0260	0,0050	0,0172	0,0422
Água	0,0034	0,0033	0,0004	0,0024	0,0043
GLP	0,0025	0,0024	0,0006	0,0018	0,0043
Diesel	0,0920	0,0902	0,0080	0,0788	0,1121
Lubrificante	0,0006	0,0005	0,0004	0,0002	0,0016
Produtos Químicos	0,0017	0,0015	0,0013	0,0003	0,0093

Fonte: Elaborado pela autora

Pela tabela 12 percebe-se que a maioria dos indicadores (Energia, Água, GLP) apresentam a média e mediana mais próximos se comparados com o “Diesel”, “Lubrificante” e com os “Produtos Químicos”. Deste modo, há indícios de que aqueles apresentam uma

distribuição normal, diferentemente destes outros. Os dados também foram plotados no *Box-Plot*, presente gráfico 3, para verificação, bem como passaram pelo teste de normalidade.

Gráfico 3: *Box-Plot* de indicadores ambientais
Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico em *Box-Plot* permite verificar que a distribuição do “Diesel” apresenta uma mediana não perfeitamente equidistante dos *quartis*. No caso dos indicadores “Lubrificantes” e “Produtos Químicos” verifica-se a presença de alguns pontos mais dispersos, o que pode ser em função da sazonalidade da operação ou mesmo por erro na medição e registro da informação³⁴.

A análise da estatística descritiva é corroborada com o teste de normalidade, ou seja, os indicadores “Energia”, “Água” e “GLP” apresentam uma distribuição normal, atendendo ao pressuposto do teste de análise fatorial, conforme resultados apresentados na tabela 13.

³⁴ Dessa forma, este tipo de verificação torna-se importante para a empresa, uma vez que, dado o conhecimento sobre a sazonalidade do negócio, é possível verificar como está o consumo e o comportamento de determinados insumos de produção, podendo questionar sobre a forma do registro desta informação no sistema ou a sobre a própria utilização dos recursos no processo produtivo.

Tabela 13 - Teste de normalidade para indicadores ambientais

Teste Kolmogorov-Smirnov	
Indicadores	Z
Energia	0,124
Água	0,093
GLP	0,125
Diesel	0,132*
Lubrificante	0,218***
Produtos Químicos	0,343***
* e ***Significante a 10% e 1%, respectivamente	
Fonte: Elaborado pela autora	

Contudo, observa-se na tabela que os indicadores “Diesel”, “Lubrificante” e “Produtos Químicos” tiveram coeficientes significantes estatisticamente, não permitindo aceitar a hipótese nula do teste. Segundo Fávero et al. (2009) quando os dados não atendem a este pressuposto da normalidade a consequência poderá ser a redução nas correlações observadas entre as variáveis, podendo prejudicar a solução. Além disso, deve-se considerar o fato de que o teste é aplicado para apenas 41 observações. Nesse sentido, a restrição no levantamento destes dados pela empresa em estudo³⁵, pode influenciar o estudo do comportamento das variáveis. Atrelado a isso, e considerando que consumo de diesel, lubrificantes e produtos químicos são itens essenciais para o processo produtivo, bem como agentes com impacto ambiental, decidiu-se por mantê-los no modelo, sendo que a possível consequência desta decisão é a baixa representatividade nas cargas fatoriais que eles possam vir a ter.

Em seguida, verificou-se a correlação entre os indicadores ambientais por meio do teste paramétrico de correlação de Pearson (na diagonal inferior) e do teste não paramétrico de Spearman (na diagonal superior) uma vez que três dos seis indicadores não atenderam ao pressuposto da normalidade. Tais resultados estão apresentados na tabela 14.

Tabela 14 - Matriz de correlação – Indicadores Ambientais

Matriz de Correlação						
Indicadores	Energia	Água	GLP	Diesel	Lubrificante	Produtos Químicos
Energia	1,000	0,120	0,806***	0,611***	-0,068	0,118
Água	0,403***	1,000	0,108	0,279	0,298	0,229
GLP	0,730***	0,210	1,000	0,784***	-0,193	0,168
Diesel	0,738***	0,405***	0,742***	1,000	0,092	0,208
Lubrificante	-0,063	0,261	-0,620***	0,069	1,000	-0,025
Produtos Químicos	0,033	0,208	0,041	0,168	0,030	1,000
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.						0,695
Bartlett's Test of Sphericity						85,458***
*** significante a 1%						

Fonte: Elaborado pela autora

³⁵ Ou seja, nem toda série histórica dessas informações estavam disponíveis, sendo necessária uma estimação em alguns meses, o que foi realizado pela própria empresa.

Por meio da tabela 14 verifica-se que não há correlação significativa entre todos os indicadores ambientais. Contudo, como comentado na seção 2.6 desta tese, Fávero et al. (2009) ressaltam que a análise fatorial torna-se inapropriada quando todas as correlações entre as variáveis forem baixas, o que não é o caso encontrado. Além disso, o resultado do teste de KMO indicou haver um nível adequado de correlação entre as variáveis, bem como o teste de Bartlett, o qual foi significativo a 1%, indicando homogeneidade nas relações.

Por outro lado, um aspecto importante que deve ser considerado é a qualidade das informações medidas pela empresa quando da aplicação dos testes, a qual pode interferir nos resultados dos mesmos. Nesse sentido, como já comentado anteriormente, houve casos em que as informações não estavam disponíveis para a empresa em todos os períodos, sendo necessário a realização de algumas estimativas por ela realizadas, por exemplo, o consumo de Lubrificantes e Produtos Químicos. Além disso, a identificação do uso desses itens no processo produtivo base não é tarefa simples para a empresa, visto que o controle é dado pelo consumo total na empresa, sendo necessário adotar uma estimativa de consumo³⁶.

Na tabela 15, apresenta-se a matriz anti-imagem dos indicadores ambientais.

Tabela 15 - Matriz Anti-Imagem – Indicadores Ambientais

Matriz Anti-Imagem						
	Energia	Água	GLP	Diesel	Lubrificante	Produtos Químicos
Energia	0,754 ^a					
Água	-0,295	0,666 ^a				
GLP	-0,393	0,179	0,700 ^a			
Diesel	-0,359	-0,166	-0,505	0,722 ^a		
Lubrificante	0,119	-0,246	0,223	-0,226	0,366 ^a	
Produtos Químicos	0,143	-0,180	0,048	-0,187	0,070	0,440 ^a
a. Medida de Adequação da Amostra (MSA)						

Fonte: Elaborado pela autora

Pelos resultados anteriores verifica-se que os indicadores “Lubrificantes” e “Produtos Químicos” apresentaram valor inferior a 0,5. Contudo, antes da decisão da retirada desses indicadores do modelo foi feito o teste de comunalidades e a identificação da carga fatorial dos mesmos para composição do índice ambiental.

Assim sendo, seguem os resultados da comunalidade para os indicadores ambientais, descritos na tabela 16.

³⁶ Além disso, outro ponto que pode ocasionar na identificação de não normalidade dos testes é a baixa quantidade de observações que foram disponibilizadas. Porém, segundo Triola (1999, p.62), a medida que o número de observações aumenta as aproximações tendem a ficar mais próximas da probabilidade efetiva, ou seja, a aproximação pela frequência relativa tende a melhorar, o que está baseado na teoria dos grandes números. Portanto, os testes, estando baseados em poucas observações e podem apresentar grandes divergências, segundo o autor, o que poderia ser mais preciso com um número maior de observações.

Tabela 16 - Comunalidades – Indicadores Ambientais

Comunalidades	
Indicadores	Extração
Energia	0,801
Água	0,308
GLP	0,723
Diesel	0,830
Lubrificante	0,000
Produtos Químicos	0,038

Os resultados da comunalidade indicaram que “Água”, “Lubrificante” e “Produtos Químicos” estão próximos a 0 (zero). Segundo Fávero et al. (2009) isso ocorre quando os fatores comuns explicam baixa ou nenhuma variância da variável. Contudo, adotando a mesma posição com relação ao indicador econômico “Giro”, decidiu-se permanecer com esses três indicadores, pois eles ainda podem apresentar carga fatorial significativa.

Dessa forma, com os seis indicadores pode-se observar o seguinte resultado de autovalores, pela tabela 17, e o gráfico 4 de Scree Plot:

Tabela 17 - Autovalores e Percentual de variância explicada pelos fatores - Ambiental

Componente	Autovalores	
	% da Variância	% Cumulativo
1	45,010	45,010
2	21,528	66,538
3	16,004	82,542
4	9,977	92,518
5	4,049	96,567
6	3,433	100,000

Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 4: Scree Plot - Índice Ambiental

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados apontaram que, tanto pelo quadro de autovalores quanto pelo Scree Plot, mais de um fator explicaria o comportamento dos indicadores. Percebe-se que o 1º fator é responsável por explicar 45% da variância dos indicadores ambientais, havendo um ganho de cerca de 20% ao considerar 2 fatores, e assim sucessivamente (observando o gráfico pelo autovalor 1 tem-se dois fatores acima). Esse resultado deve-se ao fato de que alguns indicadores não apresentam correlações entre si, podendo cada um deles ser considerado como um fator isoladamente. Porém, como a proposta do estudo é que uma empresa tenha condições de acompanhar seu fator ambiental, a utilização ficará limitada a 1 (um) fator, o qual, portanto, será fruto da explicação de cerca de 45% da variância dos indicadores.

Na tabela 18 tem-se a matriz de componentes apresenta as cargas que correlacionam as variáveis com os fatores.

Tabela 18 - Matriz dos componentes dos indicadores ambientais

Indicadores	Componente 1
Energia	0,895
Água	0,555
GLP	0,851
Diesel	0,911
Lubrificante	0,012
Produtos Químicos	0,196

Fonte: Elaborado pela autora

Pelos resultados anteriores tem-se a possibilidade de verificar qual fator explica melhor cada um dos indicadores originais. O “Diesel” apresentou-se elevado, de modo que a decisão de sua não retirada foi correta. Por outro caso, o “Lubrificante” e o “Produtos Químicos” apresentaram-se baixos. Como eles são recursos capazes de prejudicar o meio ambiente, a decisão foi mantê-los na determinação das cargas fatoriais. Ademais, há obrigação de logística reversa determinada pela lei 12.305/10 (BRASIL, 2010) (para o caso dos óleos lubrificantes), emissão de CO₂ em seu consumo e possibilidade de contaminar água.

Deste modo, segue ponderação de cada indicador ambiental para formulação do índice ambiental no modelo, como pode ser observado na tabela 19.

Tabela 19 - Matriz de Coeficiente – Indicadores Ambientais

Matriz de Coeficiente do Componente Score	
Indicadores	Componente
Energia	0,331
Água	0,205
GLP	0,315
Diesel	0,337
Lubrificante	0,004
Produtos Químicos	0,072

Fonte: Elaborado pela autora

Portanto, o cálculo do Índice Ambiental, considerando as variáveis padronizadas, será dado pela equação 22:

$$A = 0,331 \times \text{Energia} + 0,205 \times \text{Água} + 0,315 \times \text{GLP} + 0,337 \times \text{Diesel} + 0,004 \times \text{Lubrificante} + 0,072 \times \text{Produtos Químicos} \quad (22)$$

Por fim, a análise fatorial e todos os seus passos de verificação foram aplicados para cálculo do índice social.

6.3.3 Índice Social

O índice social (S) considera alguns indicadores para sua composição, conforme quadro 11.

Indicadores Sociais	
X ₁ :	Alimentação
X ₂ :	Transporte
X ₃ :	Encargos Sociais
X ₄ :	Previdência
X ₅ :	Saúde
X ₆ :	Segurança
X ₇ :	Educação
X ₈ :	Participação nos lucros
Índice	
S	Social

Quadro 11: Índice Social: indicadores e fator
Fonte: Elaborado pela autora

Assim, por meio de uma combinação linear dos indicadores originais, segue a estimação do fator social na fórmula 23.

$$S = \omega_{A1} \text{Alimentação} + \omega_{A2} \text{Transporte} + \omega_{A3} \text{Encargos Sociais} + \omega_{A4} \text{Previdência} + \\ + \omega_{A5} \text{Saúde} + \omega_{A6} \text{Segurança} + \omega_{A7} \text{Educação} + \omega_{A8} \text{Participação nos Lucros} \quad (23)$$

Em que:

S: índice social

ω_{ji} são os coeficientes dos escores fatoriais.

Em seguida também se analisou a estatística descritiva dos indicadores sociais, a qual está apresentada na tabela 20.

Tabela 20 - Estatística descritiva dos indicadores sociais

Indicadores	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Alimentação	0,0287	0,0273	0,0052	0,0219	0,0472
Transporte	0,0015	0,0015	0,0005	0,0008	0,0036
Encargos Sociais	0,0518	0,0497	0,0090	0,0402	0,0814
Previdência	0,0079	0,0076	0,0015	0,0058	0,0126
Saúde	0,0104	0,0092	0,0037	0,0058	0,0252
Segurança	0,0021	0,0022	0,0005	0,0010	0,0031
Educação	0,0012	0,0012	0,0002	0,0009	0,0019
Participação nos lucros	0,0489	0,0458	0,0448	0,0001	0,1107

Fonte: Elaborado pela autora

Como os indicadores sociais apresentam-se pequenos, dado que estão em função do valor adicionado, torna-se difícil verificar a possibilidade de normalidade nos dados. Dessa maneira, considera-se mais prudente a visualização pelo gráfico 5, seguido do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Gráfico 5: *Box-Plot* de indicadores sociais

Fonte: Elaborado pela autora

Por meio do gráfico anterior percebe-se que a mediana e a dispersão observada pelos 1º e 3º *quartis* não se encontram equitativamente distribuídas, o que fornece indícios de ausência de normalidade.

Tabela 21 - Teste de normalidade para indicadores sociais

Teste Kolmogorov-Smirnov	
Indicadores	Z
Alimentação	0,186***
Transporte	0,139**
Encargos Sociais	0,139**
Previdência	0,146**
Saúde	0,166***
Segurança	0,127*
Educação	0,167***
Participação nos lucros	0,487***

*, ** e ***Significante a 1%; 5% e 10%

Fonte: Elaborado pela autora

De fato, ao analisar os resultados do teste de normalidade, na tabela 21, tem-se que a 1% ou a 5%, as estatísticas são significantes para todos os indicadores, portanto, não atendem ao pressuposto da normalidade. Segundo Fávero et al. (2009), a consequência para esse resultado é que pode haver redução nas correlações observadas entre as variáveis de modo a

prejudicar a solução. Porém, para isso é importante verificar a matriz de correlação entre as variáveis e confirmar com os testes KMO e Bartlett, os quais estão apresentados na tabela 22.

Tabela 22 - Matriz de correlação – Indicadores Sociais

Matriz de Correlação								
	Alimen- tação	Trans- porte	Encargos Sociais	Previ- dência	Saúde	Segu- rança	Educa- ção	Participação nos lucros
Alimentação	1,000	0,109	0,766***	0,824***	0,682***	0,426***	0,442***	0,396**
Transporte	0,430***	1,000	-0,098	-0,087	0,098	0,056	0,281	0,287
Encargos Sociais	0,895***	0,300	1,000	0,896***	0,579***	0,381**	0,159	0,328**
Previdência	0,924***	0,289	0,956***	1,000	0,702***	0,384**	0,195	0,312**
Saúde	0,813***	0,439***	0,747***	0,783***	1,000	0,295	0,256	0,271
Segurança	0,377**	0,132	0,338**	0,323**	0,323**	1,000	-0,186	-0,011
Educação	0,393**	0,160	0,285	0,299	0,205	-0,349**	1,000	0,284
Participação nos lucros	0,644***	0,530***	0,623***	0,608***	0,580***	0,125	0,267	1,000
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.								0,771
Bartlett's Test of Sphericity								274,628***
*** e ** Significante a 1% e 5%, respectivamente								

Fonte: Elaborado pela autora

Na diagonal superior tem-se os resultados do teste de Spearman apresentando cerca de 50% das variáveis correlacionadas. Os resultados dos testes de KMO e Bartlett também foram satisfatórios, sendo que o primeiro indica a existência de correlação satisfatória entre as variáveis e o segundo, significativo a 1%, sugere homogeneidade nas relações.

Em seguida tem-se os resultados da matriz anti-imagem para os indicadores sociais, ilustrados na tabela 23.

Tabela 23- Matriz Anti-Imagem – Indicadores Ambientais

Matriz Anti-Imagem								
	Alimen- tação	Trans- porte	Encargos Sociais	Previ- dência	Saúde	Segu- rança	Educa- ção	Participação nos lucros
Alimentação	0,772 ^a							
Transporte	-0,294	0,724 ^a						
Encargos Sociais	-0,033	0,008	0,837 ^a					
Previdência	-0,296	-0,179	0,071	0,757 ^a				
Saúde	-0,464	0,054	-0,105	-0,151	0,931 ^a			
Segurança	-0,531	0,078	-0,017	0,225	0,055	0,476 ^a		
Educação	-0,093	-0,372	-0,176	0,193	0,182	0,613	0,443 ^a	
Participação nos lucros	-0,516	0,261	-0,726	0,032	-0,048	0,156	0,033	0,901 ^a
a. Medida de Adequação da Amostra (MSA)								

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados da matriz evidenciam medidas razoáveis de adequação para a maioria dos indicadores, com exceção de: “Segurança” e “Educação”. Todavia, antes da decisão de retirar esses indicadores é preciso analisar os resultados das comunalidades, a carga fatorial e ainda refletir sobre sua importância prática para aquilo em que eles foram propostos.

Na tabela 24 tem-se os resultados da comunalidade para os indicadores sociais.

Tabela 24 - Comunalidades – Indicadores Sociais

Comunalidades	
Indicadores	Extração
Alimentação	0,925
Transporte	0,276
Encargos Sociais	0,855
Previdência	0,872
Saúde	0,757
Segurança	0,135
Educação	0,127
Participação nos Lucros	0,580

Fonte: Elaborado pela autora

Por meio dos resultados das comunalidades verificou-se que as mais baixas são os indicadores de “Segurança” e “Educação”, o que indica que esses não compartilham sua variância com os outros indicadores. Porém, eles ainda poderão apresentar uma carga que contribua para formulação do índice social.

Outro aspecto a ser considerado são os resultados dos autovalores, na tabela 25, e o gráfico 6 (Scree Plot) para os oito indicadores sociais:

Tabela 25 - Autovalores e Percentual de variância explicada pelos fatores - Social

Componente	Autovalores	
	% da Variância	% Cumulativo
1	56,591	56,591
2	17,168	73,759
3	11,523	85,283
4	5,893	91,176
5	4,548	95,724
6	3,001	98,725
7	0,860	99,584
8	0,416	100,000

Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 6: Scree Plot - Índice Social

Fonte: Elaborado pela autora

Os autovalores encontrados e o gráfico Scree Plot evidenciam que mais de um fator poderiam explicar o comportamento dos indicadores sociais, sendo que apenas o primeiro fator elucida aproximadamente 57% da variância dos indicadores. Esse resultado deve-se ao fato de que alguns indicadores não apresentam correlações entre si, podendo cada um deles ser considerados como um fator isoladamente. Porém, como a sugestão da pesquisa é definir 1 (um) índice social a escolha permanece com o uso de um fator a 57% de explicação do comportamentos dos indicadores.

A respeito da matriz de componentes, segue tabela 26 com as cargas que correlacionam as variáveis com os fatores.

Tabela 26 - Matriz dos componentes dos indicadores sociais

Indicadores	Componente 1
Alimentação	0,962
Transporte	0,525
Encargos Sociais	0,925
Previdência	0,934
Saúde	0,870
Segurança	0,368
Educação	0,357
Participação nos Lucros	0,762

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados deixam claro que os principais fatores que explicam melhor cada um dos indicadores originais são: “Alimentação”, “Encargos Sociais”, “Previdência”, “Saúde”, e os

que menos explicam são “Segurança” e “Educação”. Entretanto, esse resultado pode ser explicado pelas características amostra, conforme já comentado. Além disso, esses aspectos são considerados importantes para explicar a sustentabilidade social, conforme se observa em: Meadows (1998), Epstein e Wisner (2001), Keeble, Topiol e Berkeley (2003), Azapagic (2004), Labuschagne, Brent e Erck (2005), Azevedo (2006), Labuschagne e Brent (2006), Hutchins e Sutherland (2008).

Por fim, a tabela 27 traz a ponderação de cada indicador social para formulação do índice:

Tabela 27 - Matriz de Coeficiente – Indicadores Sociais

Matriz de Coeficiente do Componente Score	
Indicadores	Componente
Alimentação	0,212
Transporte	0,116
Encargos Sociais	0,204
Previdência	0,206
Saúde	0,192
Segurança	0,081
Educação	0,079
Participação nos Lucros	0,168

Fonte: Elaborado pela autora

Deste modo, o Índice Social será dado pela equação 24:

$$S = 0,212 \times \text{Alimentação} + 0,116 \times \text{Transporte} + 0,204 \times \text{Encargos Sociais} + 0,206 \times \text{Previdência} + 0,192 \times \text{Saúde} + 0,081 \times \text{Segurança} + 0,079 \times \text{Educação} + 0,168 \times \text{Participação nos Lucros} \quad (24)$$

6.4 Identificação das relações entre *inputs*

Depois de definido o modelo, pode-se utilizá-lo para análise das decisões de uma empresa em seus índices de sustentabilidade. Para evidenciar essa prática foram supostos alguns cenários de decisão, com base no conhecimento adquirido junto à companhia, e aplicados no modelo para identificação de como se daria a variação dos índices frente às variações dos *inputs*.

Todavia, antes disso, foi necessário definir como e quais os *inputs* iriam variar, sendo que alguns deles poderiam alterar independente dos demais (por exemplos os preços), e outros estariam relacionados entre si. Com relação a este último caso, duas situações poderiam ser encontradas: a) *inputs* com relações diretas e b) *inputs* com relações indiretas. No caso dos *inputs* diretamente relacionados, aquele considerado dependente foi apresentado em função do

independente, dada a relação definida pela empresa. Por outro lado, no caso “b”, foi necessário um estudo de correlações e de regressão para determinar os parâmetros que seriam utilizados para manter os *inputs* relacionados.

É importante ressaltar que no momento em que a empresa adotar o modelo, ao alterar os *inputs* para tomada de decisão, é fundamental estar ciente de quais são os *inputs* que devem ser modificados, permitindo uma análise do impacto nos índices frente ao cenário investigado. Uma vez que o estudo das relações se faz necessário pela falta de conhecimento sobre quais e quanto varia os *outputs* com a alteração nos *inputs*.

Assim, a tabela 28 apresenta os *inputs* que poderiam ser tratados como independentes dos demais. Esta classificação considerou o fato de que alguns deles podem ser influenciados por aspectos econômicos, nem sempre de controle da empresa, como é o caso dos preços do(a): produto, m² de área ocupada, açúcar, kit ou concentrado, impostos, água, energia, aditivo, soda cáustica, lubrificante, diesel, GLP. Assim, não foi explorada relação com nenhuma outra variável intrínseca ao processo.

Tabela 28 - *Inputs* independentes

<i>Inputs</i> Independentes
Quantidade vendida
Preço de venda do produto
Manutenção
Valor do m ²
Área (m ²)
Custos de logística com os Centros de Distribuição
Preço do açúcar
Preço do kit (concentrado)
Impostos
Preço da água
Consumo, tarifa e fator de conversão de CO ₂ da energia
Consumo e preço dos aditivos
Consumo e preço da soda cáustica
Consumo, preço e fator de conversão de CO ₂ do lubrificante
Rendimentos dos caminhões rota e bitrem e da empilhadeira
Preço e fator de conversão de CO ₂ dos combustíveis: diesel e GLP
Imobilizado e caminhão
Custo de capital
Benefícios Sociais

Fonte: Elaborado pela autora

Além destes casos, alguns *inputs* foram considerados sem dependência imediata de outros pelo fato de poderem ser alterados pela empresa sem que ela altere outro concomitantemente, como é o caso de: quantidade vendida de produto, m² da área das áreas usadas por cada processo, eficiência dos caminhões e das empilhadeiras, custo de logística para os Centros de Distribuição, fatores de emissão de CO₂, benefícios sociais, custo de

capital, imobilizado e caminhão. Porém, alterações em alguns desses *inputs* podem acarretar mudanças em outros, como será explicado adiante.

É importante observar que existem casos de insumos que estão relacionados com a produção, sendo que o aumento desta ocasiona aumento no consumo dos mesmos, como é o caso de: água (m³), energia (kWh), aditivo (kg), lubrificantes (L) e soda cáustica (kg), contudo eles foram considerados independentes, pois não foi possível identificar correlação com o volume produzido, embora seja subentendido que esta relação exista. Isso ocorreu, pois as informações cedidas pela empresa não permitiram determinar com segurança essas relações. Alguns motivos possíveis para este resultado deve-se a ausência de um medidor de energia por linha, área ou principais atividades, de modo que o consumo deste insumo para as etapas estudadas foram repassadas de maneira aproximada pela empresa. Com relação ao aditivo, lubrificante e soda um fator que pode ter influenciado é o fato de não haver registro em todos os meses desses consumos.

Em determinado período houve troca do sistema, o que pode ter comprometido o registro da informação em 18 meses. Isso explica alguma divergência entre os dados que correspondem à realidade e a aproximação dos dados disponibilizados para o estudo. Dessa maneira, fica claro que a identificação e relação dos fatores inerentes ao processo devem estar bem claros, o que pode ser mais fácil para a empresa, uma vez que ela tem o conhecimento geral das mudanças necessárias nos insumos quando de qualquer decisão.

O consumo de água apresentou correlação com a quantidade produzida, mas os gastos com manutenção foram mantidos como independente, o que foi determinado após o estudo das correlações e regressões, como será detalhado mais adiante.

No quadro 12 tem-se os *inputs* que estão relacionados diretamente com outros.

<i>Inputs</i> Diretamente Relacionados	
Dependentes	Independentes
Salário Total	Alimentação, Transporte, Encargos Sociais, Previdência, Saúde, Segurança, Educação, Participação nos lucros e Ordenados
Consumo de Açúcar	Quantidade produzida
Consumo de Kit (concentrado)	Quantidade produzida

Quadro 12: *Inputs* com relação direta entre si
Fonte: Elaborado pela autora

O *input* “Salários”, que compõe o custo de produção, portanto impacta o índice econômico, equivale à soma dos gastos com benefícios sociais mais os salários e ordenados.

Os gastos sociais e os salários e ordenados não estão em função de nenhum outro *input*, podendo variar livremente³⁷.

O consumo de açúcar e de concentrado mantém uma relação direta com a quantidade produzida, isso porque existe uma receita que deve ser seguida para a produção.

Por fim, seguem os *inputs* que foram relacionados com outros mediante auxílio de regressões, conforme tabela 29.

Tabela 29 - *Inputs* com relações indiretas entre si

<i>Inputs</i> Relacionados com Regressão	
Dependentes	Independentes
Depreciação	Imobilizado/Caminhão
Seguro	Imobilizado/Caminhão
Água	Quantidade produzida
Quilômetro rodado (Rota e Bitrem)	Quantidade produzida
Horas de Empilhadeira	Quantidade produzida

Fonte: Elaborado pela autora

Um dos objetivos é entender a relação entre alguns *inputs* para que se possa deixar um em função de outro, de modo que alteração de um implica na transformação de outro, quando da análise dos cenários propostos. Na prática, a empresa deve saber exatamente o que é alterado em função de suas decisões e pontualmente fazer essas novas marcações no modelo. Contudo, para evitar qualquer erro nas alterações ao proceder com a análise de sensibilidade uma proposta é o estudo das relações desses *inputs*. Para isso, fez-se uso análise de correlações e de regressões.

Conquanto, antes de determinar o teste de correlação é necessário identificar se os *inputs* apresentam uma distribuição normal. O resultado está evidenciado na tabela 30.

Tabela 30 - Teste de normalidade depreciação, imobilizado e caminhão

Teste Kolmogorov-Smirnov			
<i>Inputs</i>	Z	<i>Inputs</i>	Z
Quantidade Vendida	0,129	Seguro Geral	0,331***
Depreciação Geral	0,222***	Seguro Linha 3	0,331***
Depreciação Linha 3	0,174***	Seguro Coleta e Triagem	0,331***
Depreciação Coleta e Triagem	0,211***	Água	0,088
Imobilizado Geral	0,046	Km_Rota	0,126*
Imobilizado Linha 3	0,100	Km_Bitrem	0,109
Imobilizado Coleta e Triagem	0,046	H_Empilhadeira	0,141**
Caminhão	0,193***		

***, ** e * Significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente

Fonte: Elaborado pela autora

³⁷ Contudo, é sabido que se a empresa aumentar sua capacidade de produção haverá necessidade de contratação de mais mão de obra, porém, esse novo funcionário tem um salário fixo em relação a determinada capacidade de produção, de modo que a relação direta com a quantidade produzida é difícil de ser identificada. Assim, quando for este o caso, a empresa deve alterar o volume de produção e de gastos com a folha concomitantemente, além de outros que estiverem atrelados a esse aumento de capacidade produtiva.

Por meio do resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov verifica-se que a maioria não atende ao pressuposto da normalidade, sendo necessário utilizar o teste de correlação se Spearman para analisar a relação entre os *inputs*.

6.4.1 Depreciação

A depreciação utilizada como *input* é calculada com base no imobilizado da empresa, incluindo os vasilhames, paletes, máquinas, equipamentos e caminhões, pertinentes especificamente a cada um dos três processos: Geral, Linha 3 e Coleta e Triagem. Dessa forma, partiu-se da ideia de que a depreciação poderia ficar estimada em função desses itens do imobilizado. Deste modo, o primeiro passo foi identificar a correlação entre essas variáveis.

Assim, dando continuidade, tem-se a análise de correlação para o processo “Geral” da empresa na tabela 31, sendo que na diagonal inferior são apresentados os resultados pelo teste de Pearson e na diagonal superior pelo de Spearman.

Tabela 31 - Matriz de correlação: depreciação geral, imobilizado e caminhão

Matriz de Correlação			
	Deprec. Geral	Imob. Geral	Caminhão
Deprec. Geral	1,00	0,806***	0,946***
Imob. Geral	0,783***	1,00	0,708***
Caminhão	0,983***	0,732***	1,00

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Por meio da tabela 31 verifica-se que há alta correlação entre a depreciação do processo geral com o imobilizado e caminhão, conforme esperado, pois quanto maior o imobilizado da empresa, maior será a parcela de depreciação.

O passo seguinte foi estimar um modelo de regressão em que a depreciação geral explicasse os investimentos em imobilizado e caminhão, além de identificar os pressupostos da regressão, cujos resultados são apresentados na tabela 32.

Tabela 32 – Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre depreciação geral, imobilizado geral e caminhão

$\text{Deprec.Geral}_t = \alpha + \beta_1 \times \text{Imob.Geral}_t + \beta_2 \times \text{Caminhão}_t + \varepsilon_t$	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,81
White	10,01 *
Durbin-Watson	0,56
VIF	1,50
* Significante 10%, respectivamente	
Fonte: Elaborado pela autora	

Os testes anteriores identificaram normalidade nos resíduos, heterocedasticidade e autocorrelação. Dessa maneira, o modelo final foi gerado com a utilização de MQG, conforme resultados da tabela 33.

Tabela 33 - Regressão entre depreciação geral, imobilizado geral e caminhão

$\text{Deprec.Geral}_t = \alpha + \beta_1 \times \text{Imob.Geral}_t + \beta_2 \times \text{Caminhão}_t + \varepsilon_t$		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	4.810,784	12,28***
Imob. Geral	0,0292156	7,54***
Caminhão	0,0136422	27,31***
R ² ajust.	97,60%	
Estatística F	966,35***	
*** Significante a 1%		
Fonte: Elaborado pela autora		

Definidos os coeficientes, o *input* “Depreciação Geral” ficou conforme fórmula 25:

$$\text{Deprec. Geral}_t = 4.810,78 + 0,0292 \times \text{Imob.Geral}_t + 0,0136 \times \text{Caminhão}_t \quad (25)$$

A depreciação referente à linha 3 também foi estudada a partir do imobilizado utilizado, composto de máquinas, equipamentos, paletes e vasilhames. A tabela 34 apresenta a correlação entre as variáveis.

Tabela 34 - Matriz de correlação: depreciação linha 3 e imobilizado

Matriz de Correlação		
	Deprec. Linha 3	Imob. Linha 3
Deprec. Linha 3	1,00	0,650***
Imob. Linha 3	0,700***	1,00
*** Significante a 1%		
Fonte: Elaborado pela autora		

Uma vez comprovada a correlação o próximo passo foi a verificação dos pressupostos da regressão, conforme tabela 35.

Tabela 35 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre depreciação da linha 3 e imobilizado da linha 3

Deprec.Linha 3 _t = $\alpha + \beta_1 x$ Imob.Linha 3 _t + ε_t	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,341***
White	8,53**
Durbin-Watson	0,139

*** e ** Significante a 1% e 5%, respectivamente

Fonte: Elaborado pela autora

Os testes para este caso não apresentaram normalidade nos resíduos, não atenderam ao pressuposto da homocedasticidade (modelo heterocedástico a 5%), bem como o de autocorrelação. Portanto, também foi utilizado o MQG para estimação dos parâmetros, sendo o modelo final representado na tabela 36.

Tabela 36 - Regressão entre depreciação da linha 3 e imobilizado da linha 3

Deprec.Linha 3 _t = $\alpha + \beta_1 x$ Imob.Linha 3 _t + ε_t		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	-266.384	-4,22***
Imob. Linha 3	0,0407304	11,82***
R ² ajust.	49,30%	
Estatística F	139,77***	

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Logo, o custo de “Depreciação da linha 3” pode ser estimado com base equação 26.

$$\text{Deprec.Linha } 3_t = -266.284 + 0,0407x \text{ Imob.Linha } 3_t \quad (26)$$

A respeito da determinação do custo da depreciação do processo de coleta e triagem notou-se que o imobilizado tem pequena representatividade, sendo composto de uma esteira de análise das garrafas. Por outro lado, a parcela do caminhão destinada a esse processo é significativa, sendo, inclusive, a responsável pela maior parte do custo da depreciação. Desta forma, o estudo considerou apenas a correlação entre a “Depreciação de coleta e triagem” e o valor do ativo “Caminhão”, conforme tabela 37.

Tabela 37 - Matriz de correlação: depreciação coleta e triagem e caminhão

Matriz de Correlação		
	Deprec. Coleta e Triagem	Caminhão
Deprec. Coleta e Triagem	1,00	0,826***
Caminhão	0,894***	1,00

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados indicaram alta correlação entre as variáveis, de modo que se tornou necessária a verificação dos pressupostos da regressão antes de definir o modelo final. Os resultados estão apresentados na tabela 38.

Tabela 38 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre depreciação de coleta e triagem e caminhão

Deprec.Coleta e Triagem _t = $\alpha + \beta_1 \times$ Caminhão _t + ε_t	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,081
White	8,49**
Durbin-Watson	0,5307

** Significante a 5%

Fonte: Elaborado pela autora

Os testes indicaram normalidade dos resíduos, presença de heterocedasticidade a 5% e autocorrelação, de modo que os estimadores foram gerados utilizando o MQG, cujo resultado encontra-se na tabela 39.

Tabela 39 - Regressão entre depreciação de coleta e triagem e caminhão

Deprec.Coleta e Triagem _t = $\alpha + \beta_1 \times$ Caminhão _t + ε_t		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	5.630,92	41,45***
Caminhão	0,0097247	32,08***
R ² ajust.	97,20%	
Estatística F	1.718,22*	

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Deste modo, o *input* “Depreciação Coleta e Triagem” pode ser previsto nos diferentes cenários mediante a equação 27:

$$\text{Deprec. Coleta e Triagem}_t = 5.630,92 + 0,00097 \times \text{Caminhão}_t \quad (27)$$

6.4.2 Seguro

Outra relação proposta foi com base nos gastos com seguro, imobilizado e caminhão, a partir da ideia de que quanto maior o ativo da empresa a ser segurado, maior será o prêmio cobrado. Assim, tem-se o seguro proporcional a cada processo considerado no estudo.

Sendo assim, buscou-se analisar a correlação entre o “Seguro Geral” e os valores de imobilizado e caminhão referentes a este processo, resultando na tabela 40.

Tabela 40 -: Matriz de correlação: seguro geral, imobilizado e caminhão

Matriz de Correlação			
	Seguro Geral	Imob. Geral	Caminhão
Seguro Geral	1,00	0,660***	0,732***
Imob. Geral	0,612***	1,00	0,708***
Caminhão	0,722***	0,733***	1,00

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Por meio da tabela anterior percebe-se que as variáveis são correlacionadas, embora o seguro tenha apresentado maior correlação com o custo do caminhão.

Antes de definir o modelo com base na regressão, os pressupostos para a mesma foram analisados e apresentados na tabela 41.

Tabela 41 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre seguro geral, imobilizado geral e caminhão

$\text{SeguroGera}_t = \alpha + \beta_1 \times \text{Imob.Gera}_t + \beta_2 \times \text{Caminhão}_t + \varepsilon_t$	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,106
White	38,67***
Durbin-Watson	0,278
VIF	1,23

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Os testes indicaram presença de normalidade, heterocedasticidade a 1% e autocorrelação. Portanto, utilizou-se o método MQG para definição do modelo, como apresentado na tabela 42.

Tabela 42 - Regressão entre seguro geral, imobilizado geral e caminhão

$\text{SeguroGera}_t = \alpha + \beta_1 \times \text{Imob.Gera}_t + \beta_2 \times \text{Caminhão}_t + \varepsilon_t$		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	2.089,044	130,75***
Imob. Geral	0,0041547	5,19***
Caminhão	0,0003834	4,28***
R ² ajust.	94,17%	
Estatística F	324,11***	

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Após isso, pode-se determinar a função a que estaria submetido o *input* “Seguro Geral”, sendo definida na fórmula 28.

$$\text{Seguro Geral}_t = 2.089,04 + 0,0042 \times \text{Imob.Geral}_t + 0,00038 \times \text{Caminhão}_t \quad (28)$$

A determinação do custo do seguro referente à linha 3 estaria relacionada ao imobilizado específico desta linha, cuja relação foi comprovada pelo resultado da correlação evidenciado na tabela 43.

Tabela 43 - Matriz de correlação: seguro linha 3 e imobilizado

Matriz de Correlação		
	Seguro Linha 3	Imob. Linha 3
Seguro Linha 3	1,00	0,733***
Imob. Linha 3	0,856***	1,00

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Observando os resultados dos testes dos pressupostos da regressão, há indícios de que o modelo apresentou normalidade, heterocedasticidade e autocorrelação, como segue na tabela 44.

Tabela 44 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre seguro da linha 3 e imobilizado da linha 3

SeguroLinha3_t = α + β₁x Imob.Linha3_t + ε_t	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,88
White	7,21**
Durbin-Watson	0,472

** Significante a 5%

Fonte: Elaborado pela autora

Diante dos resultados anteriores a regressão final foi estimada com base no método MQG, assim apresentados na tabela 45.

Tabela 45 - Regressão entre seguro da linha 3 e imobilizado da linha 3

Seguro Linha 3_t = α + β₁x Imob.Linha 3_t + ε_t		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	-1.267,141	-3,18***
Imob. Linha 3	0,0002302	10,69***
R ² ajust.	73,90%	
Estatística F	114,28*	

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Portanto, a estimação do “Seguro Linha 3” deu-se pela equação 29:

$$\text{Seguro Linha } 3_t = -1.267,141 + 0,00023x \text{ Imob.Linha } 3_t \quad (29)$$

Com respeito ao seguro do processo de coleta e triagem a correlação esperada seria com imobilizado e com o caminhão, como segue na tabela 46.

Tabela 46 - Matriz de correlação: seguro coleta e triagem, imobilizado e caminhão

Matriz de Correlação			
	Seguro Coleta e Triagem	Imob. Coleta e Triagem	Caminhão
Seguro Coleta e Triagem	1,00	0,660***	0,732***
Imob. Coleta e Triagem	0,612***	1,00	0,708***
Caminhão	0,722***	0,732***	1,00

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Depois de identificada a correlação entre as variáveis os pressupostos da regressão foram analisados e divulgados na tabela 47.

Tabela 47 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre seguro de coleta e triagem, imobilizado de coleta e triagem e caminhão

$\text{SeguroColeta e Triagem}_t = \alpha + \beta_1 \times \text{Imob.Coleta e Triagem}_t + \beta_2 \times \text{Caminhão}_t + \varepsilon_t$	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,099
White	38,67***
Durbin-Watson	0,278
VIF	2,35

*** Significante a 1%,

Fonte: Elaborado pela autora

Os testes apontaram para a normalidade dos resíduos, presença de heterocedasticidade e de autocorrelação, de modo que se fez necessário o uso do método MQG para estimação dos parâmetros, conforme demonstrado na tabela 48.

Tabela 48 - Regressão entre seguro de coleta e triagem, imobilizado de coleta e triagem e caminhão

$\text{SeguroColeta e Triagem}_t = \alpha + \beta_1 \times \text{Imob.Coleta e Triagem}_t + \beta_2 \times \text{Caminhão}_t + \varepsilon_t$		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	2.248,511	93,30***
Imob. Coleta e Triagem	0,0301351	6,40***
Caminhão	0,0003998	3,47***
R ² ajust.		93,62%
Estatística F		294,28***

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Portanto, o *input* “Seguro Coleta e Triagem” pode ser determinado conforme fórmula 30:

$$\begin{aligned} \text{Seguro Coleta e Triagem}_t &= 2.248,51 + 0,031 \times \text{Imob. Coleta e Triagem}_t + \\ &+ 0,0004 \times \text{Caminhão}_t \end{aligned} \quad (30)$$

6.4.3 Água

Outra relação investigada envolveu o consumo de energia mediante a quantidade produzida, todavia essa relação não foi encontrada. De uma maneira geral a fábrica tem um gasto fixo e variável com energia. Quando não está havendo processo produtivo as máquinas permanecem inativas, não consumindo energia, porém ainda há uma iluminação do local, consumindo energia. Esse pode ser o motivo pelo qual não se encontrou relação da quantidade

produzida com o consumo de energia, além do que, a empresa não possui medidores em etapas específicas do processo, que permitiria uma alocação real do consumo de energia.

Por outro lado, o consumo de água está diretamente relacionado à produção, uma vez que ela é consumida como matéria prima do produto, para lavagem de cada garrafa e para lubrificar a esteira do processo produtivo. Deste modo, foi possível identificar uma relação entre o consumo de água e a quantidade produzida, mesmo que singela, uma vez que a empresa não tem medidor de água por linha, de modo que não foi possível determinar o consumo separado para a linha 3. Tal resultado está apresentado na tabela 49.

Tabela 49 - Matriz de correlação: água e quantidade vendida

Matriz de Correlação		
	Água	Quantidade Vendida
Água	1,00	0,561***
Quantidade Vendida	0,501***	1,00

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Depois do teste de correlação foram analisados os pressupostos da regressão como segue na tabela 50.

Tabela 50 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre água e quantidade vendida

$\hat{Água}_t = \alpha + \beta_1 \times \text{Quantidade Vendida}_t + \varepsilon_t$	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,102
White	1,05
Durbin-Watson	1,09

Fonte: Elaborado pela autora

Por meio da tabela 51 constata-se o problema da autocorrelação, de modo que o modelo final foi determinado por meio da correção de Prais –Winsten, cujos resultados estão apresentados na tabela 51.

Tabela 51 - Regressão entre água e quantidade vendida

$\hat{Água}_t = \alpha + \beta_1 \times \text{Quantidade Vendida}_t + \varepsilon_t$		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	9.455,503	10,00***
Quantidade Vendida	0,0006597	2,52**
R ² ajust.	44,50%	
Estatística F	437,90*	

*** Significante a 1%, ** Significante a 5%

Fonte: Elaborado pela autora

Diante da regressão, o consumo de água em m³ ficou determinado pela função 31.

$$\hat{Água}_t = 9.455,50 + 0,00066 \times \text{Quantidade Vendida}_t \quad (31)$$

6.4.4 Combustíveis

Outra relação proposta é entre a quantidade produzida e o quilômetro percorrido pelos caminhões rota e bitrem, bem como as horas gastas pelas empilhadeiras. Neste caso, quanto maior a produção, maior será a venda e a movimentação dos caminhões e empilhadeiras. Todavia, é importante considerar que nem sempre um aumento ou uma redução da quantidade vendida vai provocar mudança na quilometragem dos caminhões. Isso porque a empresa pode atender a certa distância vendendo 1.000 garrafas, sendo que a encomenda de 800 ou 1.200 em outro mês implica na mesma distância percorrida, dada a capacidade do caminhão. Quando essa capacidade for extrapolada, então haverá mais quilômetros rodados com uma segunda viagem ou com a utilização de um segundo veículo.

Com base nisso, foi feito o teste de correlação entre o consumo em quilômetros do caminhão rota com a quantidade produzida, de modo a encontrar uma correlação significativa entre elas, conforme resultados da tabela 52.

Tabela 52 - Matriz de correlação: quilômetro rodado em caminhão do tipo rota e quantidade vendida

Matriz de Correlação		
	Km_Rota	Quantidade Vendida
Km_Rota	1,00	0,706***
Quantidade Vendida	0,816***	1,00

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Depois de identificada a forte relação, procedeu-se à análise de regressão simples, representada na tabela 53.

Tabela 53 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre quilômetro rodado por caminhões do tipo rota e quantidade vendida

$Km\_Rota = \alpha + \beta_1 \times QuantidadeVendida + \varepsilon_t$	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,106
White	0,63
Durbin-Watson	0,951

Fonte: Elaborado pela autora

Os testes apresentaram normalidade, homocedasticidade e autocorrelação. Portanto, o modelo final, evidenciado na tabela 54, foi determinado por meio da correção de Prais – Winsten.

Tabela 54 - Regressão entre quilômetro rodado por caminhões do tipo rota e quantidade vendida

Km_Rota _t = α + β ₁ x Quantidade Vendida _t + ε _t		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	44.073,32	10,34***
Quantidade Vendida	0,0137141	12,62***
R ² ajust.	77,73%	
Estatística F	2.694,33	
*** Significante a 1%		

Fonte: Elaborado pela autora

Assim sendo, o *input* “Km_Rota” pode ser estimado com base na quantidade vendida, conforme fórmula 32.

$$Km\_Rota_t = 44.073,32 + 0,0137x QuantidadeVendida_t \quad (32)$$

Os mesmos passos foram realizados para o consumo, em quilômetros, do caminhão do tipo bitrem. A seguir, na tabela 55, tem-se a correlação entre as informações.

Tabela 55 - Matriz de correlação: quilômetro rodado em caminhão do tipo bitrem e quantidade vendida

Matriz de Correlação		
	Km_Bitrem	Quantidade Vendida
Km_Bitrem	1,00	0,749***
Quantidade Vendida	0,706***	1,00
*** Significante a 1%		

Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o resultado da tabela anterior a quantidade de quilômetros rodados pelo caminhão bitrem apresenta-se correlacionada com a quantidade produzida. Assim sendo, antes da determinação do modelo foi necessário verificar os pressupostos da regressão, conforme tabela 56.

Tabela 56 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre quilômetro rodado por caminhões do tipo bitrem e quantidade vendida

$Km\_Bitrem_t = \alpha + \beta_1 x QuantidadeVendida_t + \varepsilon_t$	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,121
White	0,32
Durbin-Watson	1,62

Fonte: Elaborado pela autora

Os testes indicaram normalidade nos resíduos, homocedasticidade e autocorrelação, de modo que o modelo final foi gerado com base na correção de Prais –Winsten³⁸, e apresentado na tabela 57.

³⁸ Quando o teste de Durbin-Watson é próximo de 2, diz-se que o modelo não apresenta o problema de autocorrelação. Como o resultado deste modelo foi em torno de 1,6 preferiu-se adotar o modelo corrigido, embora as especificações entre esse modelo e o não corrigido sejam semelhantes.

Tabela 57 - Regressão entre quilômetro rodado por caminhões do tipo bitrem e quantidade vendida

$Km\_Bitrem_t = \alpha + \beta_1 \times QuantidadeVendida_t + \varepsilon_t$		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	9.653,305	3,86***
Quantidade Vendida	0,0052739	8,17***
R ² ajust.	45,45%	
Estatística F	1.780,65***	

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Logo, a definição do *input* “Km_Bitrem” ficou baseada na relação proposta na equação 33.

$$Km\_Bitrem_t = 9.653,305 + 0,00527 \times Quantidade\ Vendida_t \quad (33)$$

Por fim, os testes foram realizados para a quantidade de horas trabalhadas pelas empilhadeiras e a quantidade vendida. Primeiramente, aplicou-se a análise de correlação, cujos resultados estão apresentados na tabela 58.

Tabela 58 - Matriz de correlação: horas trabalhadas pelas empilhadeiras e quantidade vendida

Matriz de Correlação		
	H_Empilhadeira	Quantidade Vendida
H_Empilhadeira	1,00	0,192
Quantidade Vendida	0,239	1,00

Fonte: Elaborado pela autora

Embora haja uma relação lógica entre o consumo da empilhadeira e o volume produzido, o teste de correlação não permitiu identificar essa relação. Um dos motivos pode ser a dificuldade em determinar o tempo gasto por cada empilhadeira quando da produção do produto em questão, dado que a empresa usa o equipamento com outros produtos. Ciente dessa condição, decidiu-se proceder com os testes de regressão, com o intuito de determinar essa relação.

Com base nisso, foram feitos os testes de pressupostos da regressão presentes na tabela 59.

Tabela 59 - Verificação dos pressupostos da regressão MQO entre horas consumida por empilhadeira e quantidade vendida

$H\_Empilhadeira_t = \alpha + \beta_1 \times QuantidadeVendida_t + \varepsilon_t$	
	Estatística
Kolmogorov-Smirnov	0,075
White	0,67
Durbin-Watson	0,573

Fonte: Elaborado pela autora

A tabela anterior trouxe os resultados de que o modelo proposto apresenta normalidade nos resíduos, homocedasticidade e autocorrelação. Assim, o modelo corrigido encontra-se na tabela 60.

Tabela 60 - Regressão entre horas consumida por empilhadeira e quantidade vendida

$H\_Empilhadeira_t = \alpha + \beta_1 \times QuantidadeVendida_t + \varepsilon_t$		
Variáveis	Coefficientes	t
Constante	1.888,527	5,68***
Quantidade Vendida	0,0003004	4,31***
R ² ajust.	12,82%	
Estatística F	106,51***	

*** Significante a 1%

Fonte: Elaborado pela autora

Como o modelo apresentou estimadores significativos, embora com poder de explicação de aproximadamente 13%, o consumo de horas das empilhadeiras ficou designado em função da quantidade produzida como apresentado na equação 34:

$$H\_Empilhadeira_t = 1.888,527 + 0,0003 \times QuantidadeVendida_t \quad (34)$$

Para estimar os gastos com manutenção, partiu-se do pressuposto de que estariam correlacionados com o imobilizado, caminhão, quilômetro percorrido pelos caminhões rota e bitrem e pelas horas da empilhadeira, porém não foi identificada nenhuma dessas relações. Uma explicação para isso deve-se à renovação constante do seu imobilizado, de modo que não ocasione em flutuações nos gastos com manutenção. Além disso, pode haver dificuldade de alocação dos custos da manutenção ao processo envolvendo a logística reversa, dado a diversidade de outros processos que a empresa possui. Assim, os *inputs* de manutenção não foram relacionados a outro.

6.5 Análise de sensibilidade

O uso da análise de sensibilidade no modelo proposto permite identificar quais *inputs* têm maior impacto nos índices “Econômico”, “Social” e “Ambiental”. Neste contexto, uma das etapas que antecede este teste é a definição das distribuições de cada *input*, dentre os quais irão variar e impactar os *outputs* (os índices de sustentabilidade propostos). Esta demarcação deve ser feita antes do início do teste. Para isso, procedeu-se com o teste Kolmogorov-Smirnov de normalidade, sendo que os resultados apontaram para uma

distribuição normal para alguns *inputs*³⁹. Desta forma, dado a limitação de dados obtidos (41 meses) que pode dificultar o mapeamento do comportamento das variáveis, o estudo partiu do pressuposto da distribuição normal para todos os *inputs*. Além disso, para cada análise foram feitas 100.000 simulações.

Com relação ao índice econômico e considerando todos os *inputs* do modelo, foi possível perceber, pelo gráfico 7, que o preço de venda é o *input* cuja variação mais impacta positivamente no índice. Em seguida, tem-se a quantidade vendida, além de alguns gastos, sendo que o mais representativo corresponde ao imobilizado da linha de produção, gerando também custo com depreciação de valor relevante para a companhia.

Gráfico 7: Sensibilidade do índice econômico⁴⁰
Fonte: Elaborado pela autora

Analisando o peso dos *inputs* preço e quantidade vendida tem-se:

³⁹ Os resultados do teste de normalidade dos *inputs* podem ser observados no Apêndice A deste trabalho.

⁴⁰ Em que: “Preço_Venda” é o preço de venda do produto; “Qtd_Venda” é a quantidade vendida do produto; “Imob_L 3” é o valor do imobilizado relacionado à linha 3 de produção; “Preço_Açúcar” é o preço do açúcar; “Manut_L 3” são os gastos com manutenção da linha 3 de produção; “Impostos” são os tributos pagos pela empresa; “Custo_Logística” são os gastos com logística e estrutura para manter os centros de distribuição; “Salar_Geral” são os ordenados para os funcionários do processo geral de produção; “%_Lucro_Geral” é a participação no lucro pelos funcionários do processo geral; “Caminhão” é o valor imobilizado de caminhão; “%_Lucro_Coleta” é a participação no lucro pelos funcionários do processo de coleta e triagem; “Salar_Coleta” ordenados aos funcionários do processo de coleta e triagem; “Encargos_Geral” são os gastos com encargos em folha dos funcionários do processo geral; “Energia_Kwh” é o consumo de energia em Kwh.

Gráfico 8: Sensibilidade do índice econômico: preço e quantidade vendida

Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o gráfico 8 a empresa pode perceber que, mantendo todos os demais *inputs* invariáveis e alterando apenas o preço de venda e quantidade, o índice econômico mostra-se sensível em torno de 61% em relação ao preço. Portanto, aumentos ou reduções no preço do produto podem impactar significativamente no índice econômico. Desta forma, a empresa poderá fazer uma análise de cenários projetando possíveis descontos, por exemplo, e verificar o comportamento em seu índice.

Outra análise que pode ser feita, com relação ao impacto no índice econômico, é observar apenas os custos, despesas e investimentos da empresa de modo a identificar *inputs* cuja variação tem impacto maior no índice. Essa representação está presente no gráfico 9.

Gráfico 9: Sensibilidade do índice econômico: custos, despesas e investimentos⁴¹
 Fonte: Elaborado pela autora

Pelo gráfico 9 tem-se que os itens de maior impacto no índice econômico são: imobilizado da linha 3, preço do açúcar, manutenção da linha 3, impostos e custos de logística, os quais se referem aos gastos para manter os centros de distribuição.

O imobilizado da linha três pode impactar de duas maneiras no índice: a) pelo total do investimento, sendo que uma elevada inversão pode dificultar a geração de valor com base no lucro da operação, cujo valor não é muito distante dos custos; b) e pelo fato de gerar custo de depreciação das máquinas e equipamentos, que representam cerca de 99% dos ativos do processo de produção em estudo. De mesmo modo segue a manutenção da linha de produção. O quarto *input* de maior impacto negativo no índice econômico são os impostos, os quais

⁴¹ Em que: “Imob_L 3” é o valor do imobilizado relacionado à linha 3 de produção; “Preço_Açúcar” é o preço do açúcar; “Manut_L 3” são os gastos com manutenção da linha 3 de produção; “Impostos” são os tributos pagos pela empresa; “Custo_Logística” são os gastos com logística e estrutura para manter os centros de distribuição; “Salar_Geral” são os ordenados para os funcionários do processo geral de produção; “%_Lucro_Geral” é a participação no lucro pelos funcionários do processo geral; “Caminhão” é o valor imobilizado de caminhão; “%_Lucro_Coleta” é a participação no lucro pelos funcionários do processo de coleta e triagem; “Salar_Coleta” ordenados aos funcionários do processo de coleta e triagem; “Encargos_Geral” são os gastos com encargos em folha dos funcionários do processo geral; “Energia_Kwh” é o consumo de energia em Kwh; “Salar_L 3” são os ordenados gastos com os funcionários da linha 3; “%_Lucro_L3” é a participação no lucro pelos funcionários da linha 3; “Encargos_Coleta” são os gastos com encargos em folha dos funcionários do processo de coleta e triagem; “Soda_kg” consumo em kg de soda cáustica; “Encargos_L 3” são os gastos com encargos em folha dos funcionários da linha 3; “Alim_Geral” gastos com alimentação dos funcionários do processo geral; “Manut_Geral” gastos com manutenção do processo geral; “Imob_geral” valor imobilizado do processo geral; “Preço_Energia” tarifa da energia; “Preço_Água” preço da água; “Alim_L 3” gastos com alimentação dos funcionários da linha 3

giram em torno de 18% do preço do produto, já líquido dos créditos, ou seja, do valor que será repassado ao governo depois de deduzidos os créditos que tem direito.

Com relação à sensibilidade do índice ambiental, segue gráfico 10 considerando os *inputs* desta natureza⁴².

Gráfico 10: Sensibilidade do índice ambiental: quantidade vendida e aspectos ambientais⁴³
Fonte: Elaborado pela autora

Por meio do gráfico 10 a empresa consegue apreender que a quantidade tem maior influência no índice ambiental. Isso significa que quanto maior a quantidade fabricada, desde que utilizando o mesmo nível de recursos, ela torna-se mais eficiente ambientalmente. Contudo, na simulação de cenários para elaboração do gráfico alguns *inputs* foram calculados em função da quantidade, como as horas de funcionamento das empilhadeiras, o consumo de água e o quilômetro rodado de caminhões rota e bitrem, exceto o consumo de energia, sendo este o segundo fator que mais impacta negativamente o índice. Dessa forma, a empresa pode buscar o ponto de eficiência, o qual está consumindo determinado volume de recursos ambientais para um dado cenário de vendas.

⁴² Lembrando que a pesquisa está trabalhando com a premissa de que a quantidade vendida é a mesma que a produzida, deste modo, as informações do modelo tem como base a produção dos períodos.

⁴³ Em que: “Qtd_Venda” é a quantidade vendida do produto; “H_Empilhad” é o volume de horas de funcionamento das empilhadeiras; “Energia_kWh” é o consumo de energia em kWh; “Km_Rota” refere-se ao quilômetro rodado pelo caminhão rota; “Água_m3” é o volume de água consumido; Km_Bitrem” refere-se ao quilômetro rodado pelo caminhão bitrem; “Soda_kg” é consumo em kg de soda cáustica.

Outra análise importante que a companhia pode aplicar corresponde à identificação do fator que mais impacta o índice ambiental, de modo a ter base para mudanças que sejam capazes de melhorar esse índice na empresa. O gráfico 11 ilustra esse resultado.

Gráfico 11: Sensibilidade do índice ambiental aos *inputs* relacionados⁴⁴
 Fonte: Elaborado pela autora

Com estes resultados pode-se identificar que as horas de funcionamento das empilhadeiras, que está associada ao nível de emissão de CO₂ equivalente, tem maior impacto negativo no índice ambiental, seguida do consumo de energia elétrica e do combustível pelos caminhões do tipo rota. O combustível dos caminhões bitrem é o quinto aspecto de maior peso.

Essa análise permite identificar aspectos mais detalhados que não poderiam ser obtidos apenas com a consideração das cargas definidas para os indicadores. Por exemplo, pela análise fatorial o consumo de diesel tem maior carga, isso porque ela considera concomitantemente o diesel dos dois tipos de caminhões. Outro exemplo é a carga com relação aos produtos químicos, sendo a quinta maior na análise fatorial. No entanto, o gráfico de sensibilidade fornece uma análise mais minuciosa, de modo que é possível perceber a importância de cada *input*. Neste sentido, foi possível identificar maior representatividade da

⁴⁴ Em que: “H_Empilhad” é o volume de horas de funcionamento das empilhadeiras; “Energia_kWh” é o consumo de energia em kWh; “Km_Rota” refere-se ao quilômetro rodado pelo caminhão rota; “Água_m3” é o volume de água consumido; Km_Bitrem” refere-se ao quilômetro rodado pelo caminhão bitrem; “Soda_kg” é consumo em kg de soda cáustica.

soda cáustica entre os produtos químicos, bem como a posição ocupada pelo consumo de combustível dos caminhões rota e bitrem.

Com relação aos principais *inputs* que impactam positivamente no índice social segue resultado no gráfico 12.

Gráfico 12: Sensibilidade do índice social aos *inputs* relacionados⁴⁵

Fonte: Elaborado pela autora

De maneira geral os gastos com encargos e previdência do processo geral e do processo de coleta e triagem apresentaram maior impacto no índice social, e os de menor incidência foram os gastos com segurança e transporte do processo geral e de coleta e triagem.

⁴⁵ Em que: “Encargos_Geral” encargos em folha dos funcionários do processo geral; “Prev_Geral” previdência do processo geral; “Encargos_Coleta” encargos em folha dos funcionários do processo de coleta e triagem; “Prev_Coleta” previdência do processo de coleta e triagem; “Alim_Geral” gastos com alimentação aos funcionários do processo geral; “Saude_Geral” gastos com saúde aos funcionários do processo geral; “Alim_L3” gastos com alimentação aos funcionários da linha 3; “Transp_L3” gastos com transporte aos funcionários da linha 3; “Encargos_L3” encargos em folha dos funcionários da linha 3; “%_Lucro_Geral” participação nos lucros dos funcionários do processo geral; “%_Lucro_Coleta” participação nos lucros dos funcionários do processo de coleta e triagem; “Educ_Geral” gastos com educação no processo geral; “Saude_L3” gastos com saúde aos funcionários da linha 3; “Segur_L3” gastos com segurança na linha 3; “Educ_L3” gastos com educação na linha 3; “Previ_L3” previdência na linha 3; “Alim_Coleta” gastos com alimentação aos funcionários do processo de coleta e triagem; “Saude_Coleta” gastos com saúde aos funcionários do processo de coleta e triagem; “Educ_Coleta” gastos com educação no processo de coleta e triagem; “Segur_Geral” gastos com segurança no processo geral; “Transp_Geral” gastos com transporte aos funcionários no processo geral; “Segur_Coleta” gastos com segurança no processo de coleta e triagem; “Transp_Coleta” gastos com transporte aos funcionários no processo de coleta e triagem.

6.6 Determinação de Cenários

Após as entrevistas e acompanhamento do processo e rotina da empresa foi possível identificar alguns cenários possíveis, nos quais a empresa possui o interesse em analisar o impacto nos índices de sustentabilidade. Com base em cenários gerados a partir das expectativas da empresa, o modelo foi testado pelos seguintes panoramas:

- a) Aumento em 10% na quantidade vendida do produto.
- b) Queda de 5% na quantidade vendida do produto.
- c) Aumento em 10% no preço de venda do produto.
- d) Desconto no preço do produto de 8%.
- e) Aumento do salário pela média da variação do dissídio nos últimos 4 anos, ou seja de 7,25%, sem aumento nos benefícios.
- f) Aumento do salário pela média da variação do dissídio nos últimos 4 anos, ou seja de 7,25%, com aumento nos benefícios de 3%.
- g) Manter a frota de caminhões rota e bitrem com uso do diesel atual, alterando apenas o preço para R\$ 2,279, o qual se refere ao preço de agosto segundo ANP⁴⁶ – Agência Nacional de Petróleo.
- h) Trocar o combustível diesel para biodiesel, supondo mesma eficiência (km/litro), mudando o fator CO₂ equivalente e o preço para R\$ 2,416, referente a agosto segundo a ANP.
- i) Trocar o combustível das empilhadeiras de GLP para GNV⁴⁷, considerando o cenário atual da empresa, ou seja, mantendo o atual gasto com funcionamento das empilhadeiras. Essa mudança terá como alteração o preço e o fator de emissão de CO₂, mudando para: R\$ 1,787, segundo dados de agosto da ANP, e 2,499 de fator de conversão, segundo o Programa Brasileiro GHG Protocol.
- j) Alterações propostas nos cenários “h” e “i” concomitantemente.
- k) Supor a não existência das atividades do processo de Coleta e Triagem, ou seja, deixar apenas os processos equivalentes à produção de produtos em embalagens descartáveis. Importante lembrar que nesse caso não haverá consumo de 990 ml de água, que corresponde a um gasto do processo de lavagem das embalagens

---

⁴⁶ Todo histórico de preço do diesel, biodiesel, GLP e GNV podem ser encontrados no site da ANP.

⁴⁷ De acordo com dados da Copergas – Companhia Pernambucana de Gás Natural, empresa com mais de 20 anos de atuação, 1 kg de GLP equivale a 1,25m³ de GNV. Essa transformação foi necessária para aplicação do cenário proposto.

retornáveis. Pela produção do cenário padrão essa redução no consumo de água seria equivalente a 4.489 m³.

- l) Variar preço do açúcar com queda de 0,864%. Esta queda foi uma média dos últimos três meses de variação no preço do açúcar de acordo com a Udop - União dos Produtores de Bioenergia.
- m) Variar o preço da tarifa de energia para R\$ 0,22888/kWh, o que representa uma queda de 3% em relação ao valor da empresa no cenário base. Este é o valor da tarifa para o mês de agosto divulgado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).
- n) Fazer novo investimento, adquirindo um caminhão do tipo bitrem pelo valor de R\$ 350.0000,00, a qual irá atender a uma demanda maior de venda no centro de distribuição que está a 110 km de distância da companhia (considerando ida e volta do caminhão em 22 dias no mês tem-se: $110 \text{ km} \times 2 \times 22 = 4.840 \text{ km}$ a mais a ser considerado), supondo o uso do diesel atual e venda adiciona de 100.000 garrafas.
- o) Um dos aspectos levantados pela empresa é que não há incentivos do governo para esse tipo de produto. Assim, surgiu o interesse em verificar qual seria o impacto no índice econômico supondo um incentivo fiscal do governo para a operação com redução dos impostos em 25%.
- p) Supor um cenário de aumento no consumo de energia em 10%, com o objetivo de analisar o impacto no índice ambiental, caso a empresa não tivesse o reaproveitamento da energia a vapor.
- q) Supor um cenário de aumento no consumo de água em 10%, com o objetivo de analisar o impacto no índice ambiental, caso a empresa não tivesse o reaproveitamento da água nos processos de lavagem das embalagens e das caixas.
- r) Aumentar gasto com previdência privada em 7,25%, proporcional ao dissídio médio nos últimos 4 anos.
- s) Aumentar gasto com alimentação e saúde em 7,25%, proporcional ao dissídio médio nos últimos 4 anos.
- t) Aumentar todos os benefícios em 7,25%, com exceção dos encargos.
- u) Aumentar todos os benefícios em 7,25%, com exceção dos encargos e aumento de 5% no volume de venda.

Todos esses cenários foram comparados com um mês de maior índice econômico dentre os 41 repassados pela empresa. A justificativa pela escolha deste cenário base é que a

empresa não espera panoramas que repercutam negativamente no aspecto econômico do negócio, mas sim, tem o interesse em manter ou melhorar nesse sentido. Contudo, o índice social apresentou-se negativo, isso porque, neste caso, a proporção dos gastos com benefícios sociais em relação ao valor agregado pela operação foi inferior à média dos demais períodos.

Assim, as variações em cada índice frente aos cenários podem ser observadas na tabela 61.

Tabela 61 - Cenários Propostos

Cenários Propostos						
	E	Variação	A	Variação	S	Variação
A	2,598	31,83%	1,021	89,94%	-1,388	-47,98%
B	1,636	-16,96%	0,258	-52,03%	-0,671	28,54%
C	3,312	68,09%	0,538	0,00%	-1,497	-59,61%
D	0,865	-56,12%	0,538	0,00%	-0,351	62,54%
E	1,917	-2,73%	0,538	0,00%	-0,938	0,00%
F	1,893	-3,92%	0,538	0,00%	-0,811	13,55%
G	1,947	-1,21%	0,538	0,00%	-0,927	1,24%
H	1,952	-0,91%	0,759	41,16%	-0,929	0,94%
I	1,968	-0,13%	0,987	83,50%	-0,937	0,13%
J	1,935	-1,80%	1,208	124,64%	-0,921	1,85%
K	2,507	27,25%	1,021	89,81%	-2,233	-137,96%
L	1,978	0,38%	0,538	0,00%	-0,942	-0,39%
M	1,976	0,31%	0,538	0,00%	-0,941	-0,31%
N	2,048	3,94%	0,535	-0,51%	-1,038	-10,62%
O	2,488	26,29%	0,538	0,00%	-0,938	0,00%
P	1,969	-0,09%	0,389	-27,62%	-0,937	0,09%
Q	1,988	-0,09%	0,723	-34,50%	-0,947	0,92%
R	1,966	-0,22%	0,538	0,00%	-0,868	7,47%
S	1,952	-0,93%	0,538	0,00%	-0,849	9,56%
T	1,945	-1,28%	0,538	0,00%	-0,712	24,12%
U	2,266	15,00%	0,791	47,12%	-0,962	-2,57%

Sendo: Índice Econômico Base = 1,970; Índice Ambiental Base = 0,538 e Índice Social Base = -0,938

Fonte: Elaborado pela autora

A tabela 61 evidencia as projeções de cenários, que pode ser muito útil para estudo do efeito de uma decisão nos índices sustentáveis. Aliando esta ferramenta com o posicionamento estratégico da empresa, nota-se o grande potencial de seu uso, dado que os gestores podem avaliar as consequências de uma variação nos recursos usados na produção, ainda, no contexto da sustentabilidade.

A respeito da determinação desses panoramas, algumas considerações devem ser observadas.

Nos cenários “A” e “B” a empresa pode verificar o impacto no índice econômico a partir de variação na quantidade vendida. Percebe-se que o aumento na venda está ocasionando melhora no índice ambiental e vice versa. De fato, a empresa pode ter uma capacidade máxima de produção ao utilizar recursos como lubrificantes e aditivos. Assim, quanto maior o volume de produção com o uso da mesma quantidade de recursos, mais eficiente ela estará sendo. Da mesma maneira para o consumo de combustível de empilhadeiras e dos caminhões, uma vez que os mesmos podem fazer o trajeto (consumindo então combustível) com baixo volume de produtos até um limite máximo. Isso significa que a empresa pode encontrar um ponto ótimo para melhorar seu índice ambiental mantendo alguns recursos. Porém, o consumo de lubrificante, aditivo, energia e soda cáustica não foram alterados na proposta deste cenário, pois não foi possível definir uma relação clara com o volume produzido, o que pode ter impacto na variação encontrada para o índice ambiental.

No cenário “C”, percebe-se que o aumento de 10% no preço causa um impacto maior que o acréscimo na quantidade vendida ao analisar índice econômico, o que corrobora com a análise gráfica de que este índice é mais sensível ao preço. Assim, mesmo quando for o caso de um produto âncora para alavancar as vendas de outros produtos, a empresa pode analisar o impacto econômico da variação no preço.

Até o cenário “D” percebe-se que o índice social e o econômico são inversamente proporcionais. Isto se deve ao fato de que o denominador do índice social é o valor adicionado pela operação, sendo que quanto maior esse valor, positivo é o impacto no econômico e negativo no social. Contudo, é fundamental resgatar a essência do índice social proposto, uma vez que ele representa uma proporção do que é repassado aos funcionários com base no que a empresa está agregando de valor, por meio inclusive, do trabalho desses funcionários. Portanto, esse cuidado deve ser mantido na análise dos índices.

Um *trade-off* da empresa poderia ser no momento da definição do valor do dissídio. Com o modelo a empresa pode projetar o aumento no salário (vide cenário “E”) e identificar o impacto no índice econômico. A título de exemplo, um aumento de 7,25% nos salários tem uma redução de 2,7% no índice econômico. Outra análise que pode ser de interesse da empresa é aumentar o salário e os benefícios dos funcionários, analisando o impacto nos índices social e econômico. Supondo o aumento anterior de salário, mas com aumento de 3% nos benefícios sociais (vide cenário “F”), a empresa melhora o índice social em 14%, contra uma queda de 3,9% no econômico.

Outra análise que a empresa poderia levar em consideração seria a troca de combustível, buscando alternativas com menor impacto ambiental. Por exemplo, nos cenários

“H” e “T” o diesel foi trocado pelo biodiesel e o GLP pelo GNV, respectivamente. Em função do preço, o primeiro reduziu o índice econômico em 1% e o segundo em 0,1%. Por outro lado, o índice ambiental tem melhora de 41% e 84%. Assim, ponderando cada alteração nos índices essa alternativa de troca de combustível pode ser refletida pela empresa.

O processo de produção considerado no estudo tem atividades específicas de logística reversa, como o caso de Coleta e Triagem. Separando os *inputs* do modelo pelos processos a empresa pode identificar o impacto de alterações neles em cada índice. Então, a título de exemplo, no cenário “K”, foi suposto a não existência das atividades de coleta e triagem, mantendo apenas as ações gerais, de produção e venda dos produtos descartáveis. Portanto, retirando o processo de coleta e triagem (incluindo depreciação, máquinas, caminhão, funcionários e consumo de água característico do processo de lavagem dos vasilhames retornado) as alterações nos índices foram: aumento de 27% no econômico, aumento de 90% no ambiental e redução de 138% no social. O aumento do índice econômico corrobora com a expectativa dos gestores de logística da empresa, os quais afirmam que o custo do processo de logística reversa é de 30% a 33% mais caro, porém, sem nenhuma base de informação oficial. A melhora no índice ambiental deu-se, no teste realizado, apenas com a redução do consumo de água, uma vez que os retornáveis têm um consumo diferenciado desse recurso para lavagem e enxágue das embalagens que retornam. E o impacto negativo no índice social deve-se ao aumento no índice econômico (já foi comentando a relação inversa entre eles), mas também pelo corte que seria dado ao número de funcionários. Desse modo, percebe-se que nem sempre as decisões de uma empresa são simples quando tentam considerar o equilíbrio proposto pela sustentabilidade. Neste cenário houve melhora do aspecto econômico e ambiental, porém piorando o social. Porém não foi possível alterar o volume de energia com a retirada do processo de coleta e triagem, por não ter a informação separada por processo do consumo desses recursos.

A empresa tem uma particularidade em seu processo produtivo com relação ao reaproveitamento de energia e água. Assim, nos cenários “P” e “Q” foi feita uma simulação do aumento de 10% nesses recursos com o objetivo de ter uma ideia de quanto a empresa melhora seus índices com esse reaproveitamento. Percebe-se que o impacto econômico não é tão relevante, porém para o ambiental é mais relevante.

Por fim, os cenários “R”, “S”, “T”, “U” tiveram o propósito de confrontar as alterações nos índices social e econômico ao variar os gastos com benefícios dos funcionários. Os três primeiros cenários apresentam pequena queda no índice econômico, mas aumento representativo no social. No último cenário, considerando o efeito da relação inversa entre os

índices, foi possível identificar um cenário que ponderasse o aumento nas vendas com o retorno aos funcionários, de modo que a queda no índice social não fosse tão representativa como se houvesse apenas o aumento de 5% nas vendas sem repasses ao funcionário⁴⁸.

Assim, esses são exemplos de alguns cenários de mudanças nos processos e nos fatores inerentes a uma atividade que inclui logística reversa e os impactos nos índices de sustentabilidade do próprio processo, evidenciando como as alterações nos fatores impactam em índices econômico, social e ambiental.

De forma geral, os resultados, principalmente os obtidos com a projeção de cenários, evidenciaram a possibilidade e a importância de analisar os aspectos sociais e ambientais, uma vez que eles são fruto do processo, podendo ser melhorados, e não apenas manter o foco no econômico, como feito por González-Torre e Adenso-Díaz (2002), Gonçalves e Marins (2006), Tan e Kumar (2006), Adlmaier e Sellito (2007), Chaves, Alcântara e Assumpção (2008), Matar (2011) e Amim e Zhang (2012b).

Além disso, a possibilidade de identificar melhorias no consumo de recursos naturais, redução na emissão de CO₂ e retorno aos funcionários, são fatores que beneficiam a sociedade como um todo, permitindo garantir os aspectos positivos esperados de ações de logística reversa, como afirmam González-Torre, Adenso-Díaz e Artiba (2004), Formigoni e Rodrigues (2009), Coelho (2010) e Sarkis, Helms e Hervani (2010).

Por outro lado, a retirada dos processos intrínsecos à logística reversa, como higienização, coleta e triagem, permitiu verificar que essa atividade pode, de fato, sobrecarregar o custo da empresa, como já havia sido identificado por Fleischmann et al. (1997), Amano (2004), Grimes-Casey et al. (2007), Coelho (2010) e Lambert, Riopel e Abdul-Kader (2011).

Deste modo verifica-se que as decisões e as mudanças no processo envolvendo logística reversa impactam na sustentabilidade do mesmo, de modo que a empresa deve identificar os fatores com maior impacto positivo ou negativo para ter subsídio para mudanças e decisões. Sendo que, todas essas análises foram possíveis mediante a definição de indicadores, formulação dos índices e a construção do modelo. Nesse sentido, segundo Clarke-Sather et al. (2011), enquanto algumas empresas utilizam sistemas de indicadores de sustentabilidade já existentes para avaliar o seu desempenho, outras possuem uma visão mais além, procurando criar seu próprio sistema de indicadores para medir a sustentabilidade. Essa

---

⁴⁸ Neste caso de aumento das vendas em 5% e nenhum aumento para os benefícios aos funcionários o índice econômico eleva 16% em relação ao cenário base, enquanto que o social cai em torno de 25%.

é uma maneira da empresa poder acompanhar a evolução da sustentabilidade em sua operação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o surgimento do conceito de sustentabilidade, evoluindo para a fundamentação no tripé: econômico, social e ambiental, até os dias atuais, práticas e comportamentos de consumo também sofreram alteração, juntamente com a maior geração de acúmulo de resíduos e lixo pela sociedade. Neste contexto, outros conceitos foram amadurecendo com o propósito de auxiliar a sustentabilidade, entre eles o conceito de logística reversa. A logística reversa tem diversos propósitos, mas que ainda geram dúvidas em relação aos seus benefícios econômicos em função dos fatores inerentes ao próprio processo, como as atividades de coleta, transporte, consumo pelos clientes, entre outros (AMIN, ZHANG, 2012a; FLEISCHMANN et al., 1997; MELO, NICKEL, SALDANHA-GAMA, 2009). Percebe-se que, as dúvidas com relação aos aspectos econômico, social e ambiental também deveriam ser questionadas e analisadas, uma vez que o desenvolvimento deste tipo de logística tem cunho no conceito de sustentabilidade.

Portanto, se a logística reversa garante a sustentabilidade de um processo, pelo menos teoricamente, torna-se importante para uma empresa analisar se seu processo produtivo, com ações de logística reversa, está atingindo a sustentabilidade, e como suas decisões poderiam melhorar ou piorar índices econômicos, sociais e ambientais.

Para analisar o efeito das decisões relacionadas aos fatores inerentes (*inputs*) no processo de logística reversa, torna-se importante desenvolver um modelo que estabeleça uma ligação entre essas decisões e a sustentabilidade do processo.

Então, um passo importante é identificar como observar e mensurar a sustentabilidade do processo, garantindo informações baseadas nos tripé: econômico, social e ambiental. Para isso foram propostos alguns índices, com base em diversos indicadores, de modo que a organização dessas informações (a ligação entre *inputs* e índices) ocorreu por meio da criação de um modelo, que permitiu a análise do impacto na sustentabilidade do processo produtivo na presença de decisões acerca de seus fatores intrínsecos. Este foi o objetivo desta pesquisa, com foco em um produto que carece de estudo na literatura, que é bastante utilizado pela população. Ademais, o produto possui um ciclo de vida baixo, sendo capaz de gerar grande volume de lixo, cujo tempo de degradação é elevado, como o caso do PET.

Na empresa em que o modelo foi empregado, verificou-se que o fator econômico é bastante sensível ao preço, que o ambiental é afetado pelo consumo de GLP e o social apresenta a proporção do que é repassado ao funcionário em relação ao valor adicionado pelo

processo produtivo, sendo ele sensível principalmente aos encargos e previdência. Desse modo, uma vez identificado quais os fatores inerentes de maior peso na sustentabilidade, a empresa pode tomar decisões para adequar as três esferas da sustentabilidade.

Na simulação de cenários foi identificado que a troca do combustível GLP pelo GNV, revela um efeito positivo no índice ambiental. Outro resultado interessante que merece destaque é a retirada das atividades inerentes à logística reversa do processo, proporcionando melhoria de 27% no índice econômico, 90% no ambiental e queda de 138% no social, sendo que essa melhora no econômico já era considerada pelos gestores da empresa, ou seja, ela tinha a percepção de que o processo de logística reversa custava 30% a mais. Isso significa que o modelo teve uma adequação à realidade percebida pela empresa sobre o negócio, de tal modo que com o modelo a empresa pode verificar com mais exatidão impacto das decisões na sustentabilidade do processo, tendo valores mais fundamentados para analisar possíveis decisões.

Além disso, nesse caso em que houve a retirada do processo de coleta e triagem e outros que são totalmente relacionados à logística reversa, houve uma melhora no aspecto ambiental, identificada pelo impacto da diminuição no consumo de água. Ainda foi constatado que nem sempre é possível atingir o equilíbrio entre os três pilares, uma vez que houve uma queda significativa no índice social.

O modelo também verifica que determinadas alterações em um fator intrínseco ao processo gera pequena queda em um índice, como no econômico, e grande aumento em outro como no social dado o aumento do salário, cabendo à empresa ponderar essas questões em sua decisão.

Neste contexto, pode-se notar que o desenvolvimento do modelo permite orientar a empresa em examinar a viabilidade de implementação de decisões na sustentabilidade do processo. Desse modo, ela pode acompanhar o processo buscando equilíbrio econômico, social e ambiental em suas ações, atuando como um termômetro de análise interna, que pode ser usado como um parâmetro para acompanhar a evolução do processo no âmbito da sustentabilidade.

Deste modo, o modelo poderá auxiliar a empresa em alguns pontos, como identificar o impacto de seu processo de logística reversa em índices econômicos, sociais e ambientais gerados pela própria companhia. Poderá também acompanhar a evolução dos índices e permitir medidas para melhorá-los, compreender como as variações nos *inputs* podem influenciar os três índices de modo a melhorá-los ou não, além de investigar a sensibilidade dos três índices às variações dos *inputs*.

Segundo Clarke-Sather et al. (2011), as empresas devem buscar conhecimentos fora dos indicadores pré-determinados para obter uma visão objetiva dos impactos de sustentabilidade de suas próprias operações. Assim, com o uso de índices de sustentabilidade baseados no processo, a empresa pode analisar possíveis melhorias de sustentabilidade em seu processo. O modelo, então, permite que a empresa analise necessidades de melhoria e, que, os proprietários possam avaliar o papel da empresa no desenvolvimento sustentável, buscando ações para manter o equilíbrio da sustentabilidade, garantindo um retorno positivo para a sociedade nesse sentido.

Cabe ressaltar que uma solução “ótima” só assim é com respeito a um modelo específico voltado para representar o problema real, segundo Hillier e Lieberman (1988). Desse modo, um cenário escolhido por certa empresa pode não ser o melhor para outra. Isso significa que a aplicação do modelo em outras empresas ou processos de logística reversa deve passar por adequações.

Outro aspecto importante que deve ser considerado é que as decisões podem ir além dos resultados do modelo, principalmente quando envolver questões políticas e estratégicas. Por outro lado, sobre as mesmas podem-se tecer impactos nos índices de sustentabilidade com o modelo proposto.

Uma das diferenças entre essa pesquisa com as equivalentes já publicadas, entre elas a de Matar (2011), foi a consideração de indicadores ambientais e sociais, o registro, em detalhes, de um processo real envolvendo logística reversa de refrigerantes; além das simulações de cenários estabelecidas. Tais fatores contribuem para elaboração de um modelo capaz de gerar resultados com base na realidade das empresas, aumentando o suporte para tomadas de decisões com menor grau de incerteza. Além disso, o estudo também trouxe uma série de informações a cerca das especificidades e dos desafios de uma operação envolvendo logística reversa de Ref PET, capaz de contribuir para o conhecimento mais detalhado desta operação.

Todo trabalho de mensuração, acompanhamento e descrição detalhada de um processo de logística reversa de Ref PET é uma inovação para as pesquisas na área, bem como a determinação dos índices, entre eles a proposta de uso de informações sociais com base no conceito do Valor Adicionado para composição de índice social. Sendo que todos esse desenvolvimento e a possibilidade de confrontação de informações para conhecimento e mapeamento detalhado do processo só foi possível dado o nível de profundidade das entrevistas, do número de pessoas e das diversas áreas entrevistadas.

7.1 Limitações e Sugestões para Pesquisas Futuras

As dificuldades e limitações do trabalho representam pontos que devem ser melhorados em pesquisas futuras.

É importante lembrar que este tipo de pesquisa revela uma dificuldade em obter informações inteiramente precisas em relação às variáveis selecionadas para compor o modelo, uma vez que se torna dependente dos controles e registros da empresa sobre os recursos consumidos, tempo, custos etc.

Uma limitação do trabalho ocorreu quando da identificação das distribuições dos *inputs* para a análise de sensibilidade, ao partir da premissa de que eles tinham uma distribuição normal, o que foi necessário em função da quantidade limitada em 41 observações disponibilizadas pela empresa. Demais pesquisas poderiam, portanto, aprofundar no estudo das distribuições e aplicar o modelo em uma série histórica maior.

A pesquisa apresentou apenas um método para definição das cargas (análise fatorial), o qual relacionou os indicadores, mas outros poderiam ser utilizados, uma vez que os pesos atribuídos ao modelo podem ser tendenciosos. Conforme exposto por Segundo Singh et al. (2007), as limitações dos índices são: existe subjetividade embora os métodos para sua determinação sejam objetivos, porém a vantagem é que traz mais informação, sendo multidimensional. Ainda argumenta-se que os indicadores compostos são muito subjetivos, devido aos seguintes pontos: i) pressupostos na estimativa do erro de medição de dados; ii) mecanismo de inclusão ou exclusão de indicadores no índice; iii) transformação e corte de indicadores; iv) esquema de normalização; v) a escolha do algoritmo de imputação; vi) escolha de pesos e vii) escolha do sistema de agregação.

Dessa forma, deve-se considerar, conforme mencionam Martins e Theóphilo (2009), que um modelo não é falso ou verdadeiro por si só, mas são mais ou menos adequados para certos usos. Isso significa que o modelo aqui proposto pode ser alterado, sempre buscando melhorias.

Além disso, uma vez observada a ausência de correlação entre alguns indicadores na análise fatorial, uma alternativa poderia ser a adoção de mais de um fator ou índice para representar um tripé da sustentabilidade, o que não foi objetivo desta pesquisa, mas sim a identificação de apenas 1 (um) fator para econômico, outro para o social e outro para o ambiental.

O índice econômico e o social apresentaram-se inversamente proporcionais, o que pode dificultar a análise e a definição de um cenário que melhore os dois aspectos ao mesmo tempo. Assim, outras possibilidades para construção do índice social poderiam ser consideradas como: análise de satisfação; rotatividade; sobrecarga; capacidade produtiva; escolaridade do funcionário; quantidade de mulheres, negros, portadores de necessidades especiais etc. sobre o quadro de funcionários, de modo a refletir sobre aquelas que tiveram baixa correlação com os demais. Além disso, o modelo poderia ser expandido para além do acompanhamento da responsabilidade social interna, abrangendo a externa, considerando ações da empresa para com a comunidade.

De maneira semelhante, com relação ao índice ambiental, ele poderia ser composto por informações qualitativas, como reutilização de água e energia, tratamento de efluentes, entre outros.

Além disto, o presente estudo considerou etapas desde a aquisição das embalagens virgens, produção, armazenamento, retorno e processo de higienização, necessário para deixar as embalagens retornáveis em condições de uso. Porém, duas etapas importantes do processo que poderiam ser incorporadas, dando mais robustez ao estudo seria a fabricação das embalagens virgens e o processo de reciclagem; as quais podem ser estudadas e incorporadas em modelo futuro de modo a contribuir para uma análise mais apurada da cadeia todo deste processo de logística reversa de Ref PET.

Segundo Kroon e Vrijens (1995), embalagens retornáveis, em um processo de logística reversa, não podem ser mais prejudiciais ao ambiente do que o uso de embalagens descartáveis, caso contrário, não faria sentido. Assim, seria interessante medir os impactos econômicos, ambientais e sociais das embalagens descartáveis e comparar com os resultados das embalagens retornáveis. Assim poderia ser uma forma de comprovar ou não a eficácia da logística reversa desses materiais.

Uma ressalva relevante a ser feita foi quanto a falta de exemplos, na literatura, quanto a criação de modelos para análise social, ambiental e econômica de um processo de logística reversa, item que pode ser superado com a dedicação e esforços dos pesquisadores neste sentido nas pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- ABIPET – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DO PET. **Indústria do PET no Brasil**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/UserFiles/File/Site%201.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2012.
- ABRAHAM, Nandita. The apparel aftermarket in India - a case study focusing on reverse logistics. **Journal of Fashion Marketing and Management**, v.15, n. 2, p. 211-227. 2011.
- ACHILLAS, C.; VLACHOKOSTAS, C.; AIDONIS, D.; MOUSSIOPOULOS, N.; IAKOVOU, E.; BANIAS, G. Optimising reverse logistics network to support policy-making in the case of Electrical and Electronic Equipment. **Waste Management**, v. 30, n. 12, p. 2592–2600, dec. 2010.
- ADLMAIER, Diogo; SELLITO, Miguel Afonso. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. **Produção**, v.17, n.2, p. 395-406, maio-ago. 2007.
- AGAPITO, Naraiana. Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. In: GELOG - GRUPO DE ESTUDOS LOGÍSTICOS UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2007, Santa Catarina. **Anais...**, Santa Catarina, 2007.
- AHLUWALIA, Poonam Khanijo; NEMA, Arvind K. Multi-objective reverse logistics model for integrated computer waste management. **Waste Management & Research**, v. 24, n. 6, p. 514-527, Dec. 2006.
- ÁLVAREZ-GIL, M. José; BERRONE, Pascual; HUSILLOS, F. Javier; LADO, Nora. Reverse logistics, stakeholders' influence, organizational slack, and managers' posture. **Journal of Business Research**, v. 60, n. 5, p. 463–473, May. 2007.
- AMANO, Michiko. **PET Bottle System in Sweden and Japan: an Integrated Analysis from a Life-Cycle Perspective**. 2004. 47 f. Thesis (Masters) – Programme In Environmental Science, *Lund University International*, Suécia, 2004.
- AMIN, Saman Hassanzadeh; ZHANG, Guoqing. A proposed mathematical model for closed-loop network configuration based on product life cycle. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 58, n. 58, p. 791-801, 2012a.
- AMIN, Saman Hassanzadeh; ZHANG, Guoqing. An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach. **Expert Systems with Applications: An International Journal**, v. 39, n. 8, p. 6782-6791, June. 2012b.
- ANDRADE, Emília Mendonça; FERREIRA, Ana Carolina; SANTOS, Fernando César Almada. Tipologia de sistemas de logística reversa baseada nos processos de recuperação de valor: estudo de três casos empresariais. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS - SIMPOI, 12. 2009, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2009.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampRegCC.xls>

x&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1>. Acesso em: 25 ago. 2013.

ANP – Agência Nacional de Petróleo. Disponível em: <
http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp>. Acesso em: 25 ago. 2013.

ASSAF NETO, Alexandre. **Estrutura e Análise de Balanços**: um enfoque econômico-financeiro. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ATAMER, Bursa; BAKAL, Ismail S.; BAYINDIR, Z. Pelin. Optimal pricing and production decisions in utilizing reusable containers. **International Journal of Production Economics**, v. 143, n.2, p. 222-232, June 2013.

AZAPAGIC, Adisa. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. **Journal of Cleaner Production**, v.12, n. 6, p. 639-662, 2004.

AZAPAGIC, A.; PERDAN, S. Indicators of sustainable development for industry: a general framework. **International of Chemical Engineers**, v. 78, n. 4, p. 243-261. 2000.

AZEVEDO, Ana Luísa Vieira. Indicadores de sustentabilidade empresarial no Brasil: uma avaliação do Relatório do CEBDS. **Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**, v.5, p. 75-93, 2006.

BEZERRA, Francisco Antonio. Análise Fatorial. In: CORRAR, Luiz J.; PAULO, Edilson; DIAS FILHO, José Maria. **Análise Multivariada para os Cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2009.

BING, Xiaoyun; BLOEMHOF-RUWAARD, Jacqueline M.; VAN DER VORST, Jack G. A. J. Sustainable reverse logistics network design for household plastic waste. **Springer Science Business Media**, 2012. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10696-012-9149-0>. Acesso em: 4 nov. 2012.

BRASIL. Presidência da República. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Publicação **Diário Oficial da União**: 03/08/2010. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 06 nov. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 258 de 26 de agosto de 1999. Publicação **Diário Oficial da União**: 02/12/1999. Brasília, 1999. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html> Acesso em: set. 2012.

CAMPOS, Tatiana de. **Logística Reversa: Aplicação ao problema das embalagens da CEAGESP**. 2006. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CARBONE, Gleriani Torres; SATO, Geni Satiko; MOORI, Roberto Giro. Logística Reversa para Embalagens de Agrotóxicos no Brasil: Uma Visão sobre Conceitos e Práticas Operacionais. In: CONGRESSO DA SOBER- SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...**, Ribeirão Preto, 2005.

CARVALHO, André Pereira. **Gestão sustentável de cadeias de suprimento**: análise da indução e implementação de práticas de sustentabilidade por uma empresa brasileira do setor de cosméticos. 2011. 201 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2011.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/>>. Acesso em: 27 maio 2013.

CHAVES, G. L. D.; ALCÂNTARA, R. L. C. ASSUMPÇÃO, M. R. P. Medidas de Desempenho na Logística Reversa: o caso de uma empresa do setor de bebidas. **Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção**, v. 8, n.2, p. 1-23, 2008.

CHAVES, Gisele Lorena Diniz; BATALHA, Mário Otávio. Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. **Revista Gestão & Produção**, v.13, n.3, p.423-434, set.-dez. 2006.

CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; MARTINS, Ricardo Silveira; ROCHA JÚNIO, Weimar Freire; URIBE-OPAZO, Miguel Angel. Diagnóstico da Logística Reversa na Cadeia de Suprimentos de Alimentos Processados no Oeste Paranaense. In: CONGRESSO DA SOBER-SOCIEDADE BRAISILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...**, Ribeirão Preto, 2005.

CLARKE-SATHER, Abigail R.; HUTCHINS, Margot J.; ZHANG, Qiong; GERSHENSON, John K.; SUTHERLAND, John W. Development of social, environmental, and economic indicators for a small/medium enterprise. **International Journal of Accounting and Information Management**, v. 19, n. 3, p. 247-266, 2011.

CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 26 set. 2012.

COELHO, Tatiene Martins. **Logística reversa no Brasil: proposta de um sistema de retorno de embalagens PET**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Engenharia da Produção, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.

COELHO, Tatiene Martins; CASTRO, Rosani; GOBBO JÚNIOR, José Alcides. PET containers in Brazil: Opportunities and challenges of a logistics model for post-consumer waste recycling. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 3, p.291-299, Jan. 2011.

COMETTI, José Luís Said; ALVES, Isabel Teresa Gama. Responsabilização Pós-Consumo e Logística Reversa: O Caso das Embalagens de Agrotóxicos no Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 1, n. 1, p. 1–12, 2010.

COPERGAS - Companhia Pernambucana de Gás Natural. Disponível em: <<http://www.copergas.com.br/index.php/produtos/industrial/>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

CORRAR, Luiz J.; PAULO, Edilson; DIAS FILHO, José Maria. **Análise Multivariada para os Cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2009.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONAL - **CSCMP**. Supply chain and logistics terms and glossary, 2010. Disponível em: <<http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>>. Acesso em: 22 set. 2012.

CUNHA, Jacqueline Veneroso Alves; RIBEIRO, Máisa de Souza; SANTOS, Ariovaldo. A Demonstração do Valor Adicionado como instrumento de mensuração da distribuição da riqueza. **Revista de Contabilidade e Finanças**, v. 16, n. 37, p. 7-23, jan./abr. 2005.

DANIEL, Stavros E.; PAPPIS, Costas P.; VOUTSINAS, Theodore G. Applying life cycle inventory to reverse supply chains: a case study of lead recovery from batteries. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 37, n. 4, p. 251-281, Marc. 2003.

DAUGHERTY, Patricia J.; AUTRY, Chad W.; ELLINGER, Alexander E. Reverse logistics: the relationship between resource commitment and program performance. **Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 1, p. 107-123, 2001.

DAUGHERTY, Patricia J.; RICHEY, R. Glenn; HUDGES, Bryan; AUTRY, Chad W. Reverse logistics in the Automobile Aftermarket Industry. **The International Journal of Logistics Management**, v. 14, n. 1, p.49-62, 2003.

DAT, Luu Quoc; LINH, Doan, Thi Truc; CHOU, Shuo-Yan; YU, Vincent F. Optimizing reverse logistic costs for recycling end-of-life electrical and electronic products. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 7, p. 6380-6387, jun. 2012.

DEKKER, Rommert; BLOEMHOF, Jacqueline; MALLIDIS, Ioannis. Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. **European Journal of Operational Research**, v.219, n. 3, p. 671-679, jun.. 2012.

DIABAT, Ali; GOVINDAN, Kannan. An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 6, p. 659-667, Apr. 2011.

DIAS-SARDINHA, Idalina; REIJNDERS, Lucas. Evaluating Environmental and Social Performance of Large Portuguese Companies: A Balanced Scorecard Approach. **Business Strategy and the Environment**, v.14, n. 2, p. 73-91. 2005.

EL-SAYED, M.; AFIA, M.; EL-KHARBOTLY, A. A stochastic model for forward–reverse logistics network design under risk. **Computers & Industrial Engineering**, v. 58, n. 3, p. 423–431, apr. 2010.

EPSTEIN, Marc J.; WISNER, Priscilla. Using a Balanced Scorecard to Implement Sustainability. **Environmental Quality Management**, v.11, n. 2, p. 1-10, 2001.

EROL, Ismail; SENCER, Safiye; SARI, Ramazan. A new fuzzy multi-criteria framework for measuring sustainability performance of a supply chain. **Ecological Economics**, v. 70, n. 6, p. 1088-1100, Apr. 2011.

FARIA, Ana Cristina; PEREIRA, Raquel da Silva, MARTINS, Rômulo Adame. Decisões de embalagem e a logística reversa: opções para sustentabilidade. In: SIMPÓSIO DE

ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, SIMPOI, 10., 2009, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2010.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia; SILVA, Fabiana Lopes; CHAN, Betty Lilian. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FERRARA, Ida; PLOURDE, Charles. Refillable versus non-refillable containers: the impact of regulatory measures on packaging mix and quality choices. **Resources Policy**, v. 29, n. 1-2, p. 1-13, mar./jun. 2003.

FERREIRA, Alexandre Rodrigues; JOÃO, Daniel de Moraes; SANT ANNA, Luiz Carlos de Campos. O uso da logística reversa para atender à responsabilidade sócio-ambiental: o caso do tratamento de resíduos sólidos em organizações madeireiras In: SIMPOI – SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 2009, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2008.

FIGUEIRÓ, Paola Schmitt. **A logística reversa de pós-consumo vista sob duas perspectivas na cadeia de suprimentos**. 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FIELD, Andy. **Descobrimos a Estatística usando SPSS**. Tradução: Lorí Viali. Porto Alegre: Artmed, 2005

FISHER, Jonathan; HORTON, Paul. The return of returnable bottles: a study of consumers' and retailers' attitudes and practices concerning returnable bottles. **Resources Policy**, v. 5, n. 4, p. 279-297, Dec. 1979.

FLEISCHMANN, Moritz; BLOEMHOF-RUWARRD, Jacqueline M.; DEKKER, Rommert; VAN DER LAAN Erwin; VAN NUNEN, Jo A. E. E.; VAN WASSENHOVE, Luk N. Quantitative models for reverse logistics: a review. **European Journal of Operational Research**, v. 103, p. 1-17. 1997.

FORMIGONI, A.; RODRIGUES, E. F. A Busca pela Sustentabilidade do PET, através da Sustentabilidade da Cadeia de Suprimentos. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2009.

GADIA, Giovanna Cunha Mello Lazarini; OLIVEIRA JÚNIOR, Mário Ângelo. A logística reversa como instrumento de ação na garantia da sustentabilidade ambiental: análise das inovações trazidas pela política nacional de resíduos sólidos. **Revista IDEA**, v. 2, n. 2, p. 1-16, jan.-jul. 2011.

GALLEGO, Isabel. The Use of Economic, Social and Environmental Indicators as a Measure of Sustainable Development in Spain. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v.13, n. 2, p. 78-97. 2006.

GARDIN, Josy Alvarenga Carvalho; FIGUEIRÓ, Paola Schmitt; NASCIMENTO, Luis Felipe. Logística reversa de pneus inservíveis: discussões sobre três alternativas de reciclagem

para este passivo ambiental. **Revista Gestão e Planejamento**, v. 11, n. 2, p. 232–249, jul./dez. 2010.

GENCHEV, Stefan E.; RICHEY, R. Glenn; GLABER, Colin B. Evaluating reverse logistics programs: a suggested process formalization. **The International Journal of Logistics Management**, v. 22, n. 2, p. 242-263. 2011.

GHG - Programa Brasileiro GHG Protocol. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/conteudo&id=1>>. Acesso em: 27 maio 2013.

GONÇALVES, Marcus Eduardo; MARINS, Fernando Augusto Silva. Logística Reversa numa empresa de Laminação de Vidros: um estudo de caso. **Revista Gestão & Produção**, v.13, n.3, p. 397-410, set.-dez. 2006.

GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino; TEODÓSIO, Armino dos Santos de Souza. Estrutura da cadeia reversa: “caminhos” e “descaminhos” da embalagem PET. **Produção**, v.16, n.3, p. 429-441, set.-dez. 2006a.

GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino; TEODÓSIO, Armino dos Santos de Souza. Reciclagem do PET: desafios e possibilidades. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...**, Ceará, 2006b.

GONZÁLES-TORRE, Pilar, L.; ADENSO-DÍAZ, Belarmino. A model for the reallocation of recycling containers: application to the case of glass. **Waste Management & Research**, v. 20, n. 5, p. 398–406, Oct. 2002.

GONZÁLES-TORRE, Pilar, L.; ADENSO-DÍAZ, Belarmino; ARTIBA, Hakim. Environmental and reverse logistics policies in European bottling and packaging firms. **International Journal of Production Economics**, v. 88, n. 1, p. 95–104, March. 2004.

GONZÁLES-TORRE, Pilar, L.; ADENSO-DÍAZ, Belarmino. Reverse logistics practices in the glass sector in Spain and Belgium. **International Business Review**, v. 15, n. 5, p. 527–546, oct. 2006.

GOTO, André Kenreo; KOGA, Eduardo Koiti; PEREIRA, Raquel da Silva. Logística reversa: um estudo de caso em indústria automobilística. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, SIMPOI, 9., 2006, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2006.

GOVINDAN, Kannan; KHODAVERDI, Roohollah; JAFARIAN, Ahmad. A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 345-354, May 2013.

GRIMES-CASEY, Hilary G.; SEAGER, Thomas P.; THEIS, Thomas L.; POWERS, Susan E. A game theory framework for cooperative management of refillable and disposable bottle lifecycles. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 17, p. 1618-1627, nov. 2007.

GUELBERT, Tanatiana Ferreira; GUELBERT, Marcelo; CORREA, Maclovio; LESZCZYNSKI, Sonia Ana Charchut; GUERRA, Jorge Carlos C. A embalagem pet e a reciclagem: uma visão econômica sustentável para o planeta. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...**, Paraná, 2007.

GUJARATI, Damodar. **Econometria Básica**. Tradução: Maria José Cyhlar. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

GVCES - Centro de Estudos em Sustentabilidade. Disponível em: <<http://www.gvces.com.br/>>. Acesso em 27 de maio de 2013.

HAIR JUNIOR, Joseph F.; ANDERSON, Rolph E.; TATHAM, Ronald L.; BLACK, William C. **Análise Multivariada de Dados**. Tradução: Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto. Porto Alegre: Bookman, 2005a.

HAIR JUNIOR, Joseph F.; BABIN, Barry; MONEY, Arthur H.; SAMOUEL, Phillip. **Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração**. Tradução: Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005b.

HANAFI, Jessica; KARA, Sami; KAEBERNICK, Harmut. Reverse logistics strategies for end-of-life products. **The International Journal of Logistics Management**, v. 19, n. 3, p. 367-388. 2008.

HAZEN, Benjamim T.; CEGIELSKI, Casey; HANNA, Joe B. Diffusion of green supply chain management: Examining perceived quality of green reverse logistics. **The International Journal of Logistics Management**, v. 22, n. 3, p. 373-388. 2011.

HERNÁNDEZ, Cecilia Toledo; MARINS, Fernando Augusto Silva; CASTRO, Roberto Cespón. Modelo de Gerenciamento da Logística Reversa. **Revista Gestão & Produção**, v. 19, n. 3, p. 445-456. 2012.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 3ª ed. São Paulo: Campos, 1988.

HORI, Mitsue. **Custos da logística reversa de pós-consumo: um estudo de caso dos aparelhos e das baterias de telefonia celular descartados pelos consumidores**. 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

HUANG, Shui-Mu; SU, Jack C. P. Impact of product proliferation on the reverse supply chain. **The International Journal of Management Science**, v. 41, n. 3, p. 626–639, June. 2013.

HUTCHINS, Margot J.; SUTHERLAND, John W. An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions. **Journal of Cleaner Production**, v.16, n. 15, p. 1688-1698. 2008.

HSU, Hy Sonya; ALEXANDER, Christine A.; ZHU, Zhiwei. Understanding the reverse logistics operations of a retailer: a pilot study. **Industrial Management & Data Systems**, v. 109, n. 4, p. 515-531. 2009.

IBASE – Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas. - Disponível em: <<http://www.ibase.br/pt>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Chapter 3 – Mobile Combustion. Disponível em: < http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2013.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, (Metz, B.; Davidson, O.; Meyer, L.; Dave, R., Bosch, P. 2007.

ISE - Índice de Sustentabilidade Empresarial. **Dimensão Ambiental_Grupo A e Dimensão Social**. Disponível em: <<https://www.isebvmf.com.br/index.php?r=site/conteudo&id=52>>. Acesso em: 27 ago. 2013.

JAYANT, Arvind; GUPTA, P.; GARG, S.K. Perspectives in Reverse Supply Chain Management(R-SCM): A State of the Art Literature Review. **Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering**, v. 6, n. 1, p. 87–102, Feb. 2012.

JAYARAMAN, Vaidyanathan; PATTERSON, Raymond A.; ROLLAND, Erik. The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures. **European Journal of Operational Research**, v. 150, n. 1, p. 128–149, Oct. 2003.

JOHNSON, P. Fraser. Managing value in reverse logistics systems. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 34, n. 3, p. 217-227, Sep. 1998.

KAWAGUTI, Roberta Shizuko; SILVA, Dirceu; BAPTISTA, José Abel de Andrade; PINHEIRO, Luciane Ribeiro Dias. Logística Reversa: Um Estudo das Radiografias (Chapas de Raio X) na Cidade de São Paulo. **REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, p. 35–49, set.-dez., 2012.

KEEBLE, Justin J.; TOPIOL, Sophie; BERKELEY, Simon. Using Indicators to Measure Sustainability Performance at a Corporate and Project Level. **Journal of Business Ethics**, v. 44, n. 2-3, p. 149-158, 2003.

KHANNA, Neha. Measuring environmental quality: an index of pollution. **Ecological Economics**, v.35, n.2, p.191-202, Nov. 2000.

KO, Young Dae; NOH, Injoon; HWANG, Hark. Cost benefits from standardization of the packaging glass bottles. **Computers & Industrial Engineering**, v. 62, n. 3, p. 693–702, Apr. 2012.

KROON, Leo; VRIJENS, Gaby. Returnable containers: an example of reverse logistics. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 25, n. 2, p. 56–68, Apr. 1995.

KRUMWIEDE, Dennis K.; SHEU, Chwen. A model for reverse logistics entry by third-party providers. **The International Journal of Management Science**, v. 30, n. 5, p. 325–333, Oct. 2002.

LABUSCHANGNE, Carin; BRENT, Alan C.; ERCK, Ron P. G. Assessing the sustainability performances of industries. **Journal of Cleaner Production**, v.13, n. 4, p. 373-385, 2005.

LABUSCHANGNE, Carin; BRENT, Alan C. Social Indicators for Sustainable Project and Technology Life Cycle Management in the Process Industry. **Social Sustainability**, v.11, n. 1, p. 3-15. 2006.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

LAGARINHOS, Carlos Alberto Ferreira. **Reciclagem de pneus: análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa**. 2011. 291 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LAMBERT, Serge; RIOPEL, Diane; ABDUL-KADER, Walid. A reverse logistics decisions conceptual framework. **Computers & Industrial Engineering**, v. 61, n. 3, p. 561–581, 2011.

LAU, Kwok; WANG, Yiming. Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 14, n. 6, p. 447–465, 2009.

LEE, Jeong-Eun; GEN, Mitsuo; RHEE, Kyoung-Gu. Network model and optimization of reverse logistics by hybrid genetic algorithm. **Computers & Industrial Engineering**, v. 56, n. 3, p. 951–964, 2009.

LEE, Ki-Hoon; SAEN, Reza Farzipoor. Measuring corporate sustainability management: A data envelopment analysis approach. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 219-226, Nov. 2012.

LEITE, Paulo Roberto. Logística Reversa. **Revista Tecnológica**. Ed Publicare, maio, 2002.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LEITE, Paulo Roberto; BRITO, Eliane Zamith. Reverse Logistics os Returned Products: is Brazil ready for the increasing challenge? In: CONGRESSO BALAS – THE BUSINESS ASSOCIATION OF LATIN AMERICAN STUDIES, 2003, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2003.

LEITE, Paulo Roberto; LAVEZ, Natalie; SOUZA, Vivian Mansano. Fatores da logística reversa que influem no reaproveitamento do “lixo eletrônico” – um estudo no setor de

informática. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, SIMPOI, 9., 2009, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2009.

LI, Xiaoming; OLORUNNIWO, Festus. An exploration of reverse logistics practices in three companies. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 13, n. 5, p. 381–386, 2008.

LINHARES, Adriana Cristine Schwabe; CARDOSO, Patrícia Alcântara; CANCIGLIERI JUNIOR, Osiris. Logística reversa: o caso do destino de produtos químicos e vidrarias de uma instituição de ensino profissionalizante em Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2008.

LINTON, Jonatham D.; KLASSEN, Robert; JAYARAMAN, Vaidyanathan. Sustainable supply chains: An introduction. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 6, p. 1075–1082, Nov. 2007.

LOGOZAR, Klavdij; RADONJIC, Gregor; BASTIC, Majda. Incorporation of reverse logistics model into in-plant recycling process: A case of aluminium industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 49, n. 1, p. 49–67, Nov. 2006.

LOURENÇO, Joaquim Carlo; LIRA, Waleska Silveira. Logística Reversa: Uma Análise Comparativa entre Três Processos Reversos de Resíduos Vítreos. **REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, p. 19–34, set.-dez., 2012.

LOW CARBON ECONOMY INDEX 2012 – Too late for two degrees?, 2012. Disponível em: < http://www.pwc.com/en_GX/gx/low-carbon-economy-index/assets/pwc-low-carbon-economy-index-2012.pdf >. Acesso em 11 fev. 2013.

MARCONDES, Fábila Cristina Segatto; CARDOSO, Francisco Ferreira. Contribuição para aplicação do conceito de logística reversa na cadeia de suprimentos da construção civil. In: SIBRAGEC – SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 2005, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre, 2005.

MARQUES, Claudia Scoton Antonio; AGUIAR, Edson Martins. A importância da logística reversa no gerenciamento de resíduos sólidos. In: ICTR 2004 CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Florianópolis. **Anais...**, Santa Catarina, 2004.

MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 2ªed. São Paulo: Atlas, 2009.

MATAR, Nouri Dawood. **A production-recycling-reuse model for plastic beverages bottle**. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Aplicada) – Programa de Engenharia Mecânica, Ryerson University, Toronto, 2011.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>>. Acesso em: 28 maio 2013.

MEADE, Laura; SARKIS, Joseph. A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 7, n. 5, p. 283-295, 2002.

MEADOWS, Donella. **Indicators and Information Systems for Sustainable Development**. The Sustainability Institute. Disponível em: <<http://www.sustainabilityinstitute.org/pubs/Indicators&Information.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2013.

MEDEIROS, Bianca França; FARIA, Marina Dias. Impactos da logística reversa: o caso do *recall* do Volkswagen Fox. In: SEGeT – SIMPOSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 6., 2009, Resende. **Anais...**, Resende, 2009.

MELO M. T.; NICKEL S.; SALDANHA-DA-GAMA. F. Facility location and supply chain management—a review. **European Journal of Operating Research**, v. 196, n. 2, p. 401–412, 2009.

MELLOR, Warren; WRIGHT, Elizabeth; CLIFT, Roland; AZAPAGIC, Adisa; STEVENS, Gary. A mathematical model and decision-support framework for material recovery, recycling and cascaded use. **Chemical Engineering Science**, v. 57, n. 22-23, p. 4697-4713, nov./dec. 2002.

MIGUEZ, Eduardo; MENDONÇA, Fabrício Molica; VALLE, Rogerio de Aragão Bastos. Impactos ambientais, sociais e econômicos de uma política de logística reversa adotada por uma fábrica de televisão – um estudo de caso. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...**, Paraná, 2007.

MIHELIC, James R.; CRITTENDEN, John C.; SMALL, Mitchell J.; SHONNARD, David R.; HOKANSO, David R.; ZHANG, Qiong; CHEN, Hui; SORBY, Sheryl A.; JAMES, Valentine U.; SUTHERLAND, John W.; SCHOOR, Jerald L. Sustainability Science and Engineering: the emergence of a new metadiscipline. **Environmental Science and Technology**, v.37, n. 23, p. 5314-5324. 2003.

MOLGAARD, Claus. Environmental impacts by disposal of plastic from municipal solid waste. **Resources, Conservation and Recycling**, v.15, n. 1, p. 51-63, Oct. 1995.

MORAES, Rinaldo; RIBEIRO, Márcio Martins; MARINHO, Sarah Barradas; BOTELHO, Mario Augusto da Silva; SOUZA JUNIOR, Oswaldo Gomes de Souza. A importância da prática da logística reversa como ferramenta de responsabilidade socioambiental no setor de bebidas. In: SEGeT – SIMPOSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 8., 2011, Resende. **Anais...**, Resende, 2011.

MOTTA, Wladimir Henriques. Logística Reversa e a Reciclagem de Embalagens no Brasil. In: CNEG - CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2011.

NIKOLAOU, Ioannis E.; EVANGELINOS, Konstantinos I.; ALLAN, S. A reverse logistics social responsibility evaluation framework based on the triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, In Press, p. 1-12, jun. 2012.

- OH, Young Hui; HWANG, Hark. Deterministic inventory model for recycling system. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 17, n. 4, p. 423–428, 2006.
- PADILHA, Ligia Helena; LEITE, Paulo Roberto. Canais reversos e a imagem corporativa - um estudo de multicasos. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 5, n. 9, p.50-62, 2008.
- PEAKER, A. Resource savings from the re-introduction of a returnable system of beverage containers: a case study of experience in Oregon. **Resources Policy**, v. 1, n. 5, p. 266–276, Sep. 1975.
- PEDROSA, André de Sousa. A logística reversa como uma ferramenta gerencial: um novo diferencial competitivo para as organizações. **Revista Qualit@s**, v. 7, n. 2, p.1-9. 2008.
- PÉLLICO NETTO, Sylvio; KAUANO, Érico Emed; CORAIOLA, Márcio; WEBER, Saulo Henrique; ERDELYI, Sergius. Estimativa do potencial de neutralização de dióxido de carbono no programa vivat neutracarbo em tijucas do sul, agudos do sul e São José dos Pinhais, PR. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, v.6, n. 2, p. 293-306, abr./jun. 2008.
- PISHVAEE, Mir Saman; JOLAI, Fariborz; RAZMI, Jafar. A stochastic optimization model for integrated forward/reverse logistics network design. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 28, n. 4, p. 107–114, Dec. 2009.
- POKHAREL, Shaligram; MUTHA, Akshay. Perspectives in reverse logistics: A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, n. 4, p. 175-182, Feb. 2009.
- RAMÍREZ, Antonio Mihi. Product return and logistics knowledge: Influence on performance of the firm. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 48, n. 6, p. 1137-1151, 2012.
- RAVI, V.; SHANKAR, Ravi. Reverse logistics operations in paper industry: a case study. **Journal of Advances in Management Research**, v. 3, n. 2, p. 88–94, 2006.
- REALFF, Matthew J.; AMMONS, Jane C.; NEWTON, David. Carpet Recycling: Determining the Reverse Production System Design. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, v. 38, n. 3, p. 547–567. 1999.
- REVERSE LOGISTIC EXECUTIVE COUNCIL - RLEC. Disponível em: <www.rlec.org>. Acesso em: 08 maio 2012.
- RICHEY, R. Glenn; CHEN, Haozhe; GENCHEV, Stefan E.; DAUGHERTY, Patricia J. Developing effective reverse logistics programs. **Industrial Marketing Management**, v. 34, n. 8, p. 830-840, 2005.
- RICHEY, R. Glenn; DAUGHERTY, Patricia J.; GENCHEV, Stefan E.; AUTRY, Chad W. Reverse Logistics: the impact of timing and resources. **Journal of Business Logistics**, v. 25, n. 2, p. 229-250, 2004.

RODRIGUES, Gisela Gonzaga; PIZZOLATO, Nélío Domingues. A logística reversa nos centros de distribuição de lojas de departamento. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...**, Minas Gerais, 2003.

ROGERS, Dale S.; MELAMED, Benjamin; LEMBKE, Ronaldo S. Modeling and Analysis of Reverse Logistics. **Journal of Business Logistics**, v. 33, n. 2, p. 107-117. 2012.

ROGERS, Dale S.; ROGERS, Zachary S.; LEMBKE, Ronald. Creating value through product stewardship and take-back. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, v. 1, n. 2, p. 133-160, 2010.

ROGERS, Dale S.; TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. An examination of reverse logistics practices. **Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 2, p.129-148, 2001.

RUBIO, Segio; CHAMORRO, Antonio; MIRANDA, Francisco J. Characteristics of the Research on Reverse Logistics (1995-2005). **International Journal of Production Research**, v.46, n. 4, p. 1099-1120. 2007.

SABBADINI, Francisco Santos; PEDRO, José Valmir; BARBOSA, Paulo Jorge de Oliveira. A logística reversa no retorno de pallets de uma indústria de bebidas. In: SEGeT – SIMPOSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2., 2005, Resende. **Anais...**, Resende, 2005.

SALEMA, Maria Isabel Gomes; BARBOSA-POVOA, Ana Paula; NOVAIS, Augusto Q. An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 179, n. 3, p. 1063-1077, June 2007.

SANTOS, Amélia S. F.; AGNELLI, José Augusto M.; MANRICH, Sati. Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 5, p. 307- 312, 2004.

SANTOS, Diego Robson Rocha; PICANÇO, Aurélio Pessoa; MACIEL, Girlene Figueiredo; SERRA, Juan Carlos Valdés. Estudo de neutralização dos gases de efeito estufa da Universidade Federal do Tocantins - reitoria e campus universitário de Palmas: uma forma de mitigação ambiental. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.4, n.2, p. 29-40, 2010.

SARKIS, Joseph; HELMS, Marilyn Michelle; HERVANI, Aref A. Reverse Logistics and Social Sustainability. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 17, n. 6, p. 337-354, 2010.

SCHULTMANN, Frank; ZUMKELLER, Moritz; RENTZ, Otto. Modeling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains: An example from the automotive industry. **European Journal of Operational Research**, v. 171, n. 3, p. 1033-1050, 2006.

SCHWARTZ, Beth. Reverse logistics strengthens supply chain. **Transportation and Distribution**, v. 41, n. 5, p. 95-100, 2000.

SHAMBLIN, James E.; STEVENS JUNIOR, G. T. **Pesquisa Operacional: uma abordagem básica**. Tradução: Carlos Roberto Vieira de Araújo. São Paulo: Atlas, 1979.

SHIBAO, Fábio, Ytoshi; MOORI, Roberto Giro; SANTOS, Mario Roberto. A Logística Reversa e a Sustentabilidade Empresarial. In: SEMEAD – SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 13., 2010, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2010.

SICHE, Raul; AGOSTINHO, Feni; ORTEGA, Enrique; ROMEIRO, Ademar. Índices versus Indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v.10, n.2, p.137-148, jul.-dez. 2007.

SILVA, Mayara Cristina Ghedini; COLMENERO, João Carlos. A Logística Reversa como forma de desenvolvimento sustentável e competitivo das empresas. In: 5º EETCG - ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS COMPOS GERAIS, 2010, Ponta Grossa. **Anais...**, Ponta Grossa, 2010.

SILVA, Diogo Aparecido Lopes; RENÓ, Gece Wallace Santos; SEVEGNANI, Gustavo; SEVEGNANI, Tacila Berkenbrock; TRUZZI, Oswaldo Mário Serra. Comparison of disposable and returnable packaging: a case study of reverse logistics in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, In Press, aug. 2012.

SINGH, Rajesh Kumar; MURTY, H. R.; GUPTA, S. K.; DIKKSHIT, A. K. Development of composite sustainability performanceindex for steel industry. **Ecological Indicators**, v. 7, n. 3, p. 565-588, July 2007.

SKAPA, Radoslav, KLAPALOVÁ, Alena. Reverse logistics in Czech companies: increasing interest in performance measurement. **Management Research Review**, v. 35, n. 8, p. 676-692, 2012.

SKINNER, Lauren R.; BRYANT, Paul T.; RICHEY, R. Glenn. Examining the impact of reverse logistics disposition strategies. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 38, n. 7, p. 518-539, 2008.

SOUZA, João Carlos. Reciclagem e Sustentabilidade: a importância da logística. In: SPOLM – SIMPOSIO DE PESQUISA OPERACIONAL & LOGÍSTICA DA MARINHA, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2008.

SOUZA, Sueli Ferreira; FONSECA, Sérgio Ulisses Lage. Logística reversa: oportunidades para redução de custos em decorrência da evolução do fator ecológico. **Revista Terceiro Setor**, v. 3, n. 1, p. 29-39, 2009.

STOCK, J. R. **Development and Implementation of Reverse Logistics Programs**. Oak Brook: Council of Logistics Management, 1998. 247 p.

SZÉKELY, Francisco; KNIRSCH, Marianna. Responsible Leadership and Corporate Social Responsibility: Metrics for Sustainable Performance. **European Management Journal**, v. 23, n. 6, p. 628-647. 2005.

TAN, Albert Wee Kwan; KUMAR, Arun. A decision-making model for reverse logistics in the computer industry. **The International Journal of Logistics Management**, v. 17, n. 3, p. 331-354, 2006.

TANZIL, Dicksen; BELOFF, Beth R. Assessing Impacts: Overview on Sustainability Indicators and Metrics. **Environmental Quality Management**, v.15, n. 4, p. 41-56. 2006.

TIBBEN-LEMBKE, Ronald S.; ROGERS, Dale S. Differences between forward and reverse logistics in a retail environmental. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 7, n. 5, p. 271-282, 2002.

TRIOLA, Mario F. **Introdução á Estatística**. Tradução: Alfredo Alves de Farias. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

TSENG, Ming-Lang; CHIU, Anthony Shun Fung; TAN, Raymond R.; SIRIBAN-MANALANG, Anna Bella. Sustainable consumption and production for Asia: sustainability through green design and practice. **Journal of Cleaner Production**, vv. 40, p. 1-5, feb. 2013.

TSOULFAS, Giannis T.; PAPPIS, Costas P.; MINNER, Stefan. An environmental analysis of the reverse supply chain of SLI batteries. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 36, n. 2, p. 135–154, Aug. 2002.

UDA, Marcos Junitsi. **Logística reversa da reciclagem de garrafas PET em Curitiba**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Tecnologia, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba, 2010.

União dos Produtores de Bioenergia - **UDOP**. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=acucar_historico&op=1>. Acesso em: 25 ago. 2013.

UESPA – United States Environmental Protection Agency. Climate Leaders - Greenhouse gas inventory protocol core module guidance. Direct Emissions from Mobile Combustion Sources. Disponível em: <http://epa.gov/climateleadership/documents/resources/mobilesource_guidance.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2013.

VIEIRA, Thea Maria de Paiva; LIMA, Gilson Brito Alves; BARROS, Sérgio Ricardo da Silveira. Indicadores de sustentabilidade para industria do petróleo: uma análise comparativa. In: CNEG - CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2008.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - **WBSCD** . Disponível em: <<http://www.wbcsd.org/home.aspx>>. Acesso em: 27 maio 2013.

WORLD RESOURCE INSTITUTE -**WRI** -. Disponível em: <<http://www.wri.org/>>. Acesso em: 27 maio 2013.

YAN, Qian Xiao; YONG, Han; QINLI, Da; STOKES, Peter. Reverse logistics network design model based on e-commerce. **International Journal of Organizational Analysis**, v. 20, n. 2, p. 251–261. 2012.

YONGSHENG, Zhou; SHOUYANG, Wang. Generic Model of Reverse Logistics Network Design. **Journal of Transportation System Engineering and Information Technology**, v. 8, n. 3, p. 71–78, June. 2008.

APÊNDICE A

Resultado do teste de normalidade, Kolmogorov-Smirnov, para os *inputs* no estudo da sensibilidade do modelo.

Tabela 62: Teste de normalidade para análise de sensibilidade

Teste Kolmogorov-Smirnov			
	Estatística		Estatística
Quantidade Vendida	0,129	Alimentação Geral	0,160**
Preço de Venda	0,159**	Alimentação Linha 3	0,114
Manutenção Geral	0,118	Alimentação Coleta e Triagem	0,086
Manutenção Linha 3	0,225*	Transporte Geral	0,114
Manutenção Coleta e Triagem	0,097	Transporte Linha 3	0,135***
Custo de logística	0,088	Transporte Coleta e Triagem	0,168*
Preço do açúcar	0,091	Encargos Sociais Geral	0,120
Impostos	0,131	Encargos Sociais Linha 3	0,125
Preço da água	0,268*	Encargos Sociais Coleta e Triagem	0,163*
Tarifa da energia	0,095	Previdência Geral	0,128
Consumo de energia (kWh)	0,093	Previdência Linha 3	0,158**
Consumo de aditivos (kg)	0,180*	Previdência Coleta e Triagem	0,156**
Preço dos aditivos	0,314*	Saúde Geral	0,150**
Consumo de soda cáustica (kg)	0,275*	Saúde Linha 3	0,106
Preço da soda cáustica	0,530*	Saúde Coleta e Triagem	0,149**
Consumo de lubrificantes (kg)	0,242*	Segurança Geral	0,127***
Preço de lubrificantes	0,357*	Segurança Linha 3	0,108
km/litro (caminhão rota)	0,176**	Segurança Coleta e Triagem	0,103
Preço do diesel (caminhão rota)	0,202*	Educação Geral	0,173*
km/litro (caminhão bitrem)	0,401*	Educação Linha 3	0,136***
Preço do diesel (caminhão bitrem)	0,202*	Educação Coleta e Triagem	0,135***
kg/hora (empilhadeira)	0,222*	Participação no lucro Geral	0,494*
GLP_Preço	0,296*	Participação no lucro Linha 3	0,497*
Imobilizado Geral	0,046	Participação no lucro Coleta e Triagem	0,494*
Imobilizado Linha 3	0,100	Salário (Ordenados) Geral	0,132
Imobilizado Coleta e Triagem	0,046	Salário (Ordenados) Linha 3	0,179*
Caminhão	0,193*	Salário (Ordenados) Coleta e Triagem	0,131
Custo de Capital	0,360*		

*, ** e *** Significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE B

A seguir têm-se algumas questões que nortearam as entrevistas para elaboração desta pesquisa, contudo, importante ressaltar que outras, além das pré-definidas foram feitas conforme verificação das necessidades mediante as entrevistas.

Questões Gerais

- 1) Qual o número total de funcionários da empresa?
- 2) Qual o total dos ativos?
- 3) Qual o salário dos coordenadores?
- 4) Qual o faturamento anual?
- 5) Qual a quantidade mínima e máxima considerada adequada de volume de venda?
- 6) Qual a capacidade máxima (em unidades de garrafas) de produção da empresa na atual situação de investimento?
- 7) Dentro dessa capacidade (supondo demanda total), qual o máximo de caminhão que atenderia o total de vendas?
- 8) Qual o Custo Real por garrafa e o Custo padrão (orçado) por garrafa?
- 9) Qual o custo final do produto? Qual o valor médio em que é vendido para os centros de distribuição e comércio?
- 10) Qual o lucro orçado por garrafa?
- 11) Quais os impostos cumulativos sobre a atividade e as %?
- 12) Qual o total de embalagem que a empresa possui como ativo (incluindo: armazenada e vazias, cheias, e entregues no mercado)?
- 13) Dessas qual o percentual de embalagem virgem e de retornadas?
- 14) Qual a proporção da representatividade dos vasilhames retornáveis e Ref Pet no ativo da empresa?
Qual a representatividade de Ref Pet sobre o total de produtos que a empresa produz, sobre os retornáveis e na linha 3?
- 15) Em quais etapas as empilhadeiras estão envolvidas? Quantas horas por dia as empilhadeiras funcionam?
- 16) Qual o gasto mensal de manutenção com as empilhadeiras?
- 17) Quantos quilômetros faz a empilhadeira (eficiência das empilhadeiras)? Em que parte do fluxo de logística o estoquista atua? Qual o combustível usado nas empilhadeiras?

- 18) Qual o salário do operador de empilhadeira?
- 19) Qual o nível de escolaridade dos funcionários?
- 20) O que está coberto pelo seguro da empresa? Qual o valor pago pelo seguro?
- 21) Qual a área total (m²) da empresa, de estocagem de embalagens vazias, da linha 3, do estoque de produtos cheios, logística reversa e reciclagem?

Vasilhames virgens - Compra

- 22) Qual o volume médio de novas embalagens adquiridas por mês ou no ano?
- 23) As novas aquisições são, na maioria dos casos, para atender nova demanda de mercado ou em função das perdas de embalagens?
- 24) Qual o custo de aquisição da garrafa virgem?
- 25) Quantas garrafas novas são vendidas no ano, em média?
- 26) Quantas caixas um palete transporta?
- 27) Qual a quantidade de fornecedores das embalagens retornáveis e onde estão localizados?
- 28) Qual a quantidade de garrafeiras? Qual seu custo e valor de venda?
- 29) Qual o volume médio de venda das garrafeiras?
- 30) Qual o custo de aquisição de cada garrafeira?
- 31) Qual a vida útil das garrafeiras?
- 32) Tem gastos com manutenção nas garrafeiras? Qual o valor mensal médio do gasto com manutenção das garrafeiras?
- 33) Quantas vezes, em média, cada garrafa pode ser reutilizada (Taxa média de vida útil proveniente do fornecedor)? E na prática?

Descarregar e Analisar Vasilhames comprados

- 34) Com o custo por palete de descarregar o bolo (considerando movimentação da empilhadeira)?
- 35) Quem descarrega essas embalagens virgens é uma transportadora. Este custo é da Cia ou do fornecedor? Se for da Cia, qual o valor médio mensal ou por caminhão? Há utilização de máquinas para movimentar essas embalagens? Qual o valor da máquina e a vida útil?
- 36) Qual o valor pago para a empresa terceirizada contratada para paletizar as garrafeiras novas? Ela utiliza máquinas da Cia ou particulares? Se forem máquinas da Cia qual seria a máquina, seu valor e sua vida útil?

- 37) Qual o tempo de descarregar, encaixotar e paletizar as embalagens?
- 38) Qual o equipamento utilizado neste processo? Valor contábil, vida útil? Qual o funcionário que opera essa máquina? Qual sua faixa salarial? Sua jornada de trabalho é inteira nesta função? Se não, qual a proporção?
- 39) Qual o consumo (litros e valor monetário) de combustível pelas empilhadeiras por mês?
- 40) Quantos funcionários analisam a qualidade e fazem contagem dos vasilhames? Qual sua faixa salarial? Sua jornada de trabalho é inteira nesta função? Se não, qual a proporção?

Armazena, Encaixotar e Paletizar

- 41) Quantos funcionários estão envolvidos no processo de encaixotar? Eles exercem outras funções na empresa? Qual o tempo gasto com processo de encaixotar e paletizar as embalagens?
- 42) Tem uso de equipamento no processo de encaixotar?
- 43) Qual o equipamento utilizado no processo de paletizar? Valor contábil, vida útil? Utiliza combustível?

Armazenar Vasilhames

- 44) Qual a área em m² que a embalagem virgem de Ref Pet ocupa para ficar armazenada antes de ir para a linha de produção?
- 45) Qual o valor médio do aluguel desta área? (importante para determinar o custo de estocagem)
- 46) Quanto tempo eles permanecem armazenados?
- 47) Há perda de vasilhames no processo de armazenagem? Quantas embalagens são perdidas nesta etapa em relação ao que chega?
- 48) Qual a distância entre a área de armazenagem das garrafas Ref Pet vazias até a linha de produção?
- 49) Qual a capacidade de paletes que uma empilhadeira consegue carregar por viagem?

Produção – Processo de envase dos vasilhames e Preparar vasilhames retornados para reutilização

- 50) Qual o tipo de Lubrificantes usado? Qual o consumo médio (litros) no mês e por garrafa? Qual o valor \$ do litro?
- 51) Qual o custo do xarope suco, açúcar, concentrados?
- 52) As garrafas virgens passam por todas as etapas?
- 53) Qual o número de funcionários envolvidos na produção de Ref Pet?
- 54) Qual a distância em que os vasilhames estão estocados até a área de produção?
- 55) A embalagem é movida com auxílio da empilhadeira?
- 56) Qual o funcionário que busca as embalagens e leva até a linha? Qual o tempo gasto no transporte de 1 palete?
- 57) Qual o volume de refrigerantes retornáveis (que passam pela linha 3) e de Ref Pet produzido?
- 58) Qual o consumo de energia elétrica na linha 3 mensal ou no ano? E de Vapor? Tem esse consumo por máquina?
- 59) Qual o consumo total de água (em m³ e valor monetário) na linha 3 por mês ou no ano?
- 60) Qual a média de gasto mensal com manutenção na linha 3?
- 61) Qual o volume de perdas de Ref Pet na linha 3?
- 62) Quantos funcionários ficam responsáveis pela inspeção durante o período de fabricação?
- 63) Qual a jornada de funcionamento da fábrica por dia?
- 64) Quais os principais funcionários deste processo (funções e formação)? Onde eles atuam especificamente? Qual a faixa salarial dos mesmos?
- 65) Qual o custo das tampinhas (unidade) de Ref Pet 1,5?

Busca dos Vasilhames

- 66) O Qual funcionário (função, salário) busca as embalagens no estoque?

Despaletização

- 67) Quais os principais gastos, recursos e produtos utilizados nesta etapa?
- 68) Qual o tempo destes processos?
- 69) Quais as máquinas envolvidas? Qual o valor (valor do imobilizado) e vida útil de cada uma?
- 70) Quantos operadores ficam, ao mesmo tempo, acompanhando esta função? Qual a faixa salarial dos mesmos?

- 71) Tem perda de garrafas neste processo? Qual o número de perdas de garrafa neste processo?
- 72) Por este processo passam os dois tipos de garrafas virgens e retornadas?

Para os processos: Desencaixotamento, Descapsulamento, Inspeções, as seguintes questões foram feitas

- 73) Quais as máquinas envolvidas? Qual o valor (valor do imobilizado) e vida útil de cada uma?
- 74) Quais funcionários são envolvidos neste processo? Qual a faixa salarial dos mesmos? Quantos funcionários são?
- 75) Qual produto químico usado no processo? Qual a quantidade por garrafa e o custo?
- 76) Tem perda de garrafas neste processo? Qual o número de perdas de garrafas nesse processo?
- 77) Por este processo passam os dois tipos de garrafas virgens e retornadas?

Pré-Inspeção

- 78) Das garrafas (Ref Pet 1,5) que retornam para a empresa, qual o percentual das que estão em boas condições para reutilização?
- 79) Das garrafas que retornam para a empresa, qual o percentual que não podem ser reutilizadas por problemas físicos e por contaminação?
- 80) Quais os principais tipos de contaminação identificados?

Inspeção visual de Pré-Lavagem

- 81) Quanto tempo uma garrafa fica neste processo?
- 82) Qual o nível do operador envolvido neste processo? Qual sua faixa salarial? Quantos funcionários são por jornada?
- 83) Qual o índice de descarte nesta etapa?
- 84) A água para lavar as embalagens está em que temperatura? Se for quente ou gelada, tem uso de máquinas para aquecer ou esfriar? Valor, vida útil?
- 85) Há algum produto químico utilizado? Qual a quantidade por garrafa ou litro de produtos químicos utilizados nesta etapa? Qual o custo dos produtos utilizados nesta etapa Qual seu princípio ativo?
- 86) Quais as máquinas envolvidas? Qual o valor (valor do imobilizado) e vida útil de cada uma?

Lavagem de Caixas

87) Qual a máquina envolvida? Qual seu valor e vida útil?

88) Há reutilização de água da lavagem de garrafas?

Processo de Lavagem

89) As garrafas virgens também passam por esse processo?

90) Quais máquinas estão envolvidas? Qual o valor dessa máquina? Qual a taxa de depreciação utilizada?

91) Quanto tempo uma garrafa fica neste processo?

92) Quanto consome de energia elétrica e de vapor?

93) Quanto consome de água neste processo?

94) A água para levar as embalagens está em que temperatura? Se for quente ou gelada, tem uso de máquinas para aquecer ou esfriar? Valor, vida útil?

95) Que tipo de aditivo é utilizado? Qual a quantidade por garrafa ou litro de produtos químicos utilizados nesta etapa? Qual o custo dos produtos utilizados nesta etapa Qual seu princípio ativo?

96) Qual a concentração de soda? Qual a quantidade de soda cáustica utilizada neste processo? Qual o gasto com soda cáustica por mês?

97) Qual o tipo de operador que fica fiscalizando esse processo? Qual a faixa salarial dos mesmos? Quantos funcionários são? Eles exercem outra função ou apenas essa (tempo que gastam?)

Inspecção visual Pós Lavagem

98) Qual a quantidade de embalagens descartadas nesta etapa?

99) Utiliza máquinas? Qual o valor (imobilizado) e vida útil? Qual o gasto de energia?

100) É feita visualmente? Quantos funcionários? Qual o valor desta MO? Eles exercem outra função ou apenas essa (tempo que gastam?)

101) Qual o tempo deste processo?

Inspecção Eletrônica

102) Qual sua função, o que esta máquina detecta? Qual o Valor e vida útil dessa máquina?

- 103) A energia usada por todas as máquinas, é a vapor como a lavadora ou a energia elétrica?
- 104) Qual a quantidade de embalagens descartadas nesta etapa?
- 105) Qual o tipo de operador que fiscaliza as garrafas descartadas nesta etapa? Qual a faixa salarial dele? Eles exercem outras funções

Processo de envase das garrafas

- 106) Qual o tempo destes processos?
- 107) Quanto consome de água e energia neste processo?
- 108) Qual o custo do processo de refrigeração para Ref Pet? Quais máquinas estão envolvidas nesta planta?
- 109) Qual o valor e vida útil dos ativos dessa planta?
- 110) Qual o gasto médio com manutenção desta planta?
- 111) Qual o volume de amônia consumido no processo de refrigeração e produção de Ref Pet?
- 112) Há alguma perda de vasilhames neste processo? Se há perda neste processo, qual a porcentagem? Quais os motivos?
- 113) O que é o filtro malha 50? Para que serve?
- 114) Qual o valor da planta de refrigeração?
- 115) O que é o filtro malha 30? Para que serve?
- 116) Para que serve a amônia utilizada no filtro 30?
- 117) Quais funcionários são envolvidos neste processo? Qual a faixa salarial dos mesmos? Quantos funcionários são? Eles exercem outra função ou apenas essa (tempo que gastam?)

Processo de Capsular as garrafas

- 118) Qual o tempo destes processos?
- 119) Quanto consome de água e energia neste processo?
- 120) Há alguma perda de vasilhames e tampinhas neste processo? Qual o volume de perda de vasilhames e tampinhas neste processo? Quais os motivos?
- 121) Quais as máquinas envolvidas? Qual o valor (valor de imobilizado) e vida útil de cada uma?

- 122) Quais funcionários são envolvidos neste processo? Qual a faixa salarial dos mesmos? Quantos funcionários são? Eles exercem outra função ou apenas essa (tempo que gastam?)

Processo de Codificar as garrafas

- 123) O que é este processo?
- 124) Qual o tempo destes processos?
- 125) Quanto consome de água e energia neste processo?
- 126) Há alguma perda de vasilhames neste processo? Qual o volume de perda de vasilhames neste processo? Quais os motivos?
- 127) Quais as máquinas envolvidas? Qual o valor (valor de imobilizado) e vida útil de cada uma?
- 128) Que tipo de solvente é utilizado? Qual a quantidade de solvente utilizada por garrafa? Qual o custo por garrafa?
- 129) Qual o tipo de tinta utilizada? Qual a quantidade de tinta utilizada por garrafa? Qual o custo por garrafa?
- 130) Quais funcionários são envolvidos neste processo? Qual a faixa salarial dos mesmos? Quantos funcionários são? Eles exercem outra função ou apenas essa (tempo que gastam?)

Detector de Metais

- 131) Qual a função desta máquina?
- 132) Há alguma perda de vasilhames neste processo? Qual o volume de perda de vasilhames neste processo? Por quais motivos? Se identificar um metal o vasilhame volta para o processo produtivo, passa por todas as etapas de lavagem?
- 133) Quais as máquinas envolvidas? Qual o valor (valor de imobilizado) e vida útil de cada uma?
- 134) Quais funcionários são envolvidos neste processo? Qual a faixa salarial dos mesmos? Quantos funcionários são? Eles exercem outra função ou apenas essa (tempo que gastam?)

Inspecção Visual de Cheias

- 135) Qual o tempo destes processos?
- 136) Há alguma perda de vasilhames neste processo? Quanto? Quais os motivos?

- 137) Quais as máquinas envolvidas? Qual o valor (valor de imobilizado) e vida útil de cada uma?
- 138) Quais funcionários são envolvidos neste processo? Qual a faixa salarial dos mesmos? Quantos funcionários são? Este funcionário exerce outra atividade, ou a mesma em outra linha de produção em sua jornada? Se sim, qual o tempo médio que se dedica à linha 3?

Processo de Encaixotar e paletizar

- 139) Como as caixas voltam para a linha de produção?
- 140) Qual o tempo destes processos?
- 141) Quais as máquinas envolvidas? Qual o valor (valor de imobilizado) e vida útil de cada uma?
- 142) Qual o tipo de operador que inspeciona essa atividade? Qual a faixa salarial dos mesmos? Este funcionário exerce outra atividade, ou a mesma em outra linha de produção em sua jornada? Se sim, qual o tempo médio que se dedica à linha 3?

Processo de Revisão das garrafas rejeitadas

- 143) Qual o índice de garrafas a princípio rejeitadas, mas que voltam para o processo de produção? Quais os principais erros detectados por inspeções anteriores?
- 144) Utiliza máquinas? Qual o valor (imobilizado) e vida útil? Qual o gasto de energia?
- 145) É feita visualmente? Quantos funcionários? Qual o valor desta MO? Eles exercem outra função ou apenas essa (tempo que gastam?)
- 146) Qual o tempo deste processo?

Armazenar produto acabado

- 147) Qual a política de estoque (pulmão) de Ref Pet da empresa? Qual o volume de Ref Pet mantido nesse estoque?
- 148) Qual a distância entre a área de produção e o espaço para armazenar este produto?
- 149) Ele é transportado com algum equipamento?
- 150) Quem é responsável pela estocagem desse produto quando ele sai da área de produção? Quantos funcionários são? Qual a faixa salarial deles?

151) Qual o tempo e espaço (em m2) de armazenagem dos Ref Pets prontos?

Venda

152) Quem busca os produtos armazenados? Qual equipamento é utilizado?

Carregar Caminhões: Rota e Bitrem

153) O carregamento de caminhões é feito pela mesma MO responsável pela empilhadeira quando chegam os vasilhames virgens?

154) Quantos funcionários são responsáveis pelo carregamento? Qual a faixa salarial?

155) Quantos caminhões do tipo bitrem a empresa possui? Todos saem por dia? Qual a quantidade desse caminhão que sai por dia? Em média eles vão 100% cheios?

156) Qual a capacidade dos caminhões?

157) Quantos caminhões rota e bitrem a empresa possui?

158) Qual o combustível utilizado nesses caminhões?

159) Qual o tipo de diesel?

160) Qual o volume de combustível (litros e \$) por mês consumido pelos caminhões rota e bitrem por mês?

161) Caminhão rota faz quantos quilômetros por mês?

162) Qual o volume de combustível (litros e \$) por mês consumido pelos caminhões rota e bitrem por mês? Rota faz quantos Km com 1 litro? E o Bitrem?

163) Emissão de poluentes pela utilização (aspecto ambiental) [O peso das garrafas de vidro podem ocupar mais o caminhão. Processo ligado com a emissão de CO2 na atmosfera. É possível determinar quanto de CO2 é liberado na busca das garrafas?]

164) Qual o valor contábil médio de um caminhão rota? E um bitrem?

165) Qual o tempo gasto para entrega dos produtos?

166) Qual o tempo gasto para carregar o caminhão?

167) A máquina paleteira manual é usada onde? Qual o valor desta máquina e a vida útil?

168) Quantos carrinhos de carregamento a empresa possui? Quantos são utilizados em cada caminhão?

169) Qual o custo e vida útil do carrinho de carregamento?

170) Qual a quantidade de recarga por dia?

Entregar e Descarregar na Região

171) Quais as cidades da região atendidas diretamente pela empresa?

172) Qual o volume de venda para cada cidade?

173) Qual a quantidade de motoristas e assistentes de Rota? Qual a faixa salarial dos mesmos?

174) Qual o salário dos motoristas Rota e Bitrem?

Entregar e Descarregar nos CDs

175) Qual a quantidade de motoristas e assistentes? Qual a faixa salarial dos mesmos?

176) Qual o valor do caminhão de rota e bitrem e a vida útil de cada um?

177) Onde estão localizados os CDs? Quais as cidades atendidas pela Cia e quais pelos CDs? Quais cidades são atendidas por cada CD?

178) Centros de distribuição e subdistribuidores são conceitos diferentes?

179) A rota dos CD é custo da empresa ou são terceirizados?

180) Qual o custo de logística de cada CD?

181) Há utilização de equipamentos para descarregar os produtos nos estabelecimentos? Qual? Qual o valor e vida útil?

Retorno das Garrafas

Recolher vasilhames vazios e analisar condições dos mesmos

182) Qual a quantidade de garrafas retornadas por cada ponto? Ou no geral?

183) Quanto tempo o motorista e assistente gastam para verificação das garrafas neste processo de entrega e busca dos vasilhames vazios?

Carregar caminhão

184) Há utilização de equipamentos para descarregar os produtos nos estabelecimentos? Qual? Qual o valor e vida útil?

185) Qual o tempo estimado para carregar o caminhão?

Analisar caminhão – Box de Conferência

- 186) Quando o caminhão chega ele passe pela Conferência. Quem confere esse caminhão? Qual o valor desta mão-de-obra? Qual o tempo deste processo? Esse funcionário exerce outra função na empresa?

Descarregar embalagens

- 187) O caminhão é descarregado por empilhadeiras? Quanto tempo leva? Quantas empilhadeiras operaram em 1 caminhão?
- 188) Qual o funcionário responsável por esta etapa? Sua faixa salarial? Ele fica apenas nessa função? Se não, quanto tempo para essa?

Encaminhar para área de LR

- 189) As embalagens são carregadas com uso de algum equipamento? Qual? Valor e vida útil?
- 190) Qual a distância entre o caminhão até o local em que os vasilhames vão para análise na área “Logística Reversa”?
- 191) As garrafas são transportadas em paletes retornáveis? Qual a duração e custo deste paleta? Como funciona o processo de higienização dos paletes?

Analisar e separar embalagens na área de LR

- 192) Quanto tempo o funcionário da esteira gasta para verificar a qualidade de Ref Pet em relação ao total de retornáveis? [posso usar uma jornada e multiplicar pela representatividade de Ref Pet sobre as vendas de retornáveis]
- 193) Quantos funcionários estão envolvidos? Qual o salário desta mão-de-obra?
- 194) A esteira usada na área de Logística Reversa é movida a energia elétrica? Quantas horas ela funciona por dia? Qual o valor desta máquina e vida útil?
- 195) Qual o gasto com manutenção da esteira?

Armazenar embalagens

- 196) Qual a área ocupada para armazenagem das Ref Pet?
- 197) Depois que os vasilhames retornados passam pela área de “Logística Reserva” e estão em condições de reuso eles vão direto para a linha de produção ou para alguma área de armazenagem? Qual a distancia entre esses 2 pontos? É feito com o uso de uma empilhadeira?

- 198) Qual a área (m²) utilizada para estocar essas garrafas retornáveis e Ref Pet?
Qual a localização dessa área?
- 199) Quanto tempo eles ficam armazenados a espera de reutilização? Tem alguma estimativa do custo de estocagem dessas garrafas?
- 200) A área de estoque dos vasilhames poderia ser alugada ou utilizada para outro fim?
- 201) Quem leva as garrafas da área de LR para armazenagem? Qual o salário desta mão-de-obra? Quanto tempo de seu turno ela fica nessa função?
- 202) Há utilização de alguma máquina? Valor, vida útil?

Destino das Garrafas

Remanufatura/Reciclagem

- 203) Qual o gasto ou receita com o repasse de resíduos para reciclagem?
- 204) Qual o volume de embalagens Ref Pet descartadas por ano?
- 205) Qual a área ocupada para a atividade de Reciclagem?
- 206) Qual o salário do funcionário da empresa na área de Reciclagem? Qual o consumo de água e energia nesta área?
- 207) Qual o custo da ETA e ETE?
- 208) Qual o nível de escolaridade dos funcionários da ETA e ETE?
- 209) No processo de lavagem das garrafeiras tem máquinas envolvidas? Valor e Vida útil. E Mão de obra/ Salário e tempo dedicado a este serviço.
- 210) A água utilizada para lavar as garrafeiras está em qual temperatura? É utilizado novo produto químico nesta etapa? Qual o valor mensal gasto com o produto químico utilizado para lavar garrafeiras? Qual a quantidade por garrafeira deste produto?
- 211) Qual o valor monetário do gasto com água na linha 3 em m³?
- 212) Qual o consumo de energia em kWh e em valor monetário por mês neste processo?
- 213) Porque os paletes não passam por processos de higienização?
- 214) Porque a empresa tem a política de solicitar que as garrafas venham tampadas?
Qual a importância disto para a empresa?

Reciclagem

- 215) Quantos funcionários da Coca Cola cuidam dessa operação? Quais outros custos da operação?
- 216) A receita na venda das embalagens para a Dionísio é da empresa. Por quanto é vendido o fardo? Quantas embalagens são vendidas no mês?
- 217) Quantas garrafas em 1 kg?
- 218) Quantos funcionários na reciclagem? Qual sua o valor da MO?
- 219) Qual o preço médio de venda da Ref PET para Reciclagem?
- 220) Quantos quilos saem por mês?

ETA

- 221) Qual o tipo de mão-de-obra envolvida na ETA? Qual a faixa salarial desses funcionários?
- 222) Quais os produtos químicos utilizados neste processo?
- 223) Qual o consumo mensal, em quantidade e valor monetário, de cada produto químico?
- 224) Qual o custo mensal com manutenção?
- 225) Qual o custo mensal e consumo de energia?
- 226) Qual o custo mensal e consumo de água?
- 227) Qual a jornada de funcionamento e o volume de água tratada por jornada?
- 228) Qual o custo mensal e consumo de água captada?
- 229) Qual o custo mensal e consumo de água tratada?
- 230) Onde a água tratada nesta etapa é utilizada pela empresa?

ETE

- 231) Qual o tipo de mão-de-obra envolvida na ETE? Qual a faixa salarial desses funcionários?
- 232) Qual o volume de efluentes que entra e que sai (pode ser um valor médio de 2012)
- 233) Quais os principais gases emitidos no ambiente proveniente do processo? Tem a quantidade desses gases?
- 234) Quais os produtos químicos utilizados neste processo?
- 235) Qual o consumo mensal, em quantidade e valor monetário, de cada produto químico?
- 236) Qual o custo mensal com manutenção?

- 237) Qual o custo mensal e consumo de energia?
- 238) Qual a jornada de funcionamento e o volume de efluente tratado por jornada?
- 239) Onde a água tratada nesta etapa é utilizada pela empresa?
- 240) Qual a origem dos efluentes que vem para a ETE?
- 241) É exigido dos parceiros que recolhem os resíduos da ETE licenças?