

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**A cadeia de reciclagem do plástico
pós-consumo na Região Metropolitana de
Porto Alegre**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Luiza Milbroth Jorge

Porto Alegre

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**A cadeia de reciclagem do plástico
pós-consumo na Região Metropolitana de
Porto Alegre**

Luiza Milbroth Jorge

Dissertação de Mestrado apresentada como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Engenharia

Área de concentração: Tecnologia de Polímeros

Orientador:
Prof. Dr. Nilo Sérgio Medeiros Cardozo

Co-orientadora:
Doutoranda Cassandra Dalle Mulle Santos

Porto Alegre

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação *A cadeia de reciclagem do plástico pós-consumo na Região Metropolitana de Porto Alegre*, elaborada por Luiza Milbroth Jorge, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Nilson Romeu Marcílio

Prof. Dr. Assis Francisco de Castilhos

Prof. Dr. André Preissler Loureiro Chaves

Agradecimentos

Agradeço a Deus, pelas graças concedidas e pelo amor incondicional.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Departamento de Engenharia Química, por todo o suporte e estrutura disponíveis para a realização deste trabalho e pela oportunidade de realização do trabalho.

Aos meus orientadores, Nilo e Cassandra, pelo ensino, incentivo e paciência, durante todo o período de desenvolvimento da dissertação. Às professoras Liliana e Isabel, que emprestaram seu tempo para comentar e fazer a avaliação deste trabalho no Oktoberforum. Ao Patrício pela disponibilidade.

Ao corpo técnico do Departamento Municipal de Limpeza Urbana, de Porto Alegre, pela paciência e disponibilidade para as entrevistas realizadas no decorrer do trabalho.

Ao assessor técnico do Sinplast, Manuel Gonzales, pela disponibilidade para entrevista e paciência para responder os questionamentos.

Aos recicladores Rodrigo Severo, de Porto Alegre e Vicente da Rosa de Alvorada, por sua abertura e disponibilidade.

Aos demais entrevistados, catadores/recicladores, pessoal das associações e cooperativas de triagem, comerciantes de sucata, diretor comercial e assessor técnico de vendas, cujas informações me ajudaram a montar esta dissertação.

À minha Família, pela ajuda e compreensão.

Resumo

Este trabalho avaliou aspectos ambientais, culturais, econômicos, de segurança, sociais e tecnológicos da reciclagem de plástico pós-consumo na região metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Os objetivos específicos são: (i) obter um panorama da reciclagem do plástico pós-consumo na RMPA; (ii) identificar benefícios e custos da cadeia de reciclagem do plástico pós-consumo; (iii) identificar problemas, causas e oportunidades relacionadas à triagem dos materiais recicláveis, à reciclagem e transformação de plástico pós-consumo na RMPA. Devido à falta de dados completos mais recentes, o panorama foi construído utilizando dados de 2010 (base de dados governamental e planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos). Entrevistas com atores da triagem de materiais recicláveis, comercialização de sucata plástica, reciclagem e transformação do plástico pós-consumo constituíram o segundo procedimento metodológico na coleta de dados.

Foi apresentado um panorama considerando a coleta de resíduos recicláveis e sua triagem, a comercialização, reciclagem e processamento do plástico pós-consumo na RMPA. Não foram encontrados dados de RSU para seis cidades que compunham a RMPA, correspondentes a 9% de sua população. Desta forma estima-se que 91% da população geraram 255.712 toneladas de materiais recicláveis (41% de plásticos), que 22% dos plásticos foram reciclados e que 202.864 toneladas de materiais recicláveis foram enviadas para aterros. Além disto, foi verificado que existiam significativas diferenças de políticas ambientais e de eficiência na reciclagem entre as cidades avaliadas. Para o ano de 2010, cálculos econômicos demonstraram benefícios de R\$ 32 milhões na reciclagem do plástico, descontados o custo da coleta seletiva e a manutenção dos centros de triagem. Adicionalmente, foi verificado existir capacidade ociosa nas recicladoras de plástico no Rio Grande do Sul.

Considerando que dezoito cidades (81% da população) recuperaram somente 19% dos materiais recicláveis gerados na região através da triagem da coleta seletiva ou bruta, as prováveis causas do envio de grande quantidade de materiais recicláveis para o aterro são a baixa eficiência da população ao separar em casa os resíduos recicláveis dos demais resíduos e a baixa taxa de participação da população na coleta seletiva. Ainda faltava implantar coleta seletiva em dezesseis cidades da RMPA. Entretanto, o aumento na frequência da coleta seletiva poderia aumentar o índice de participação na maioria das cidades e o aumento do pessoal na triagem de coleta bruta poderia aumentar a recuperação de recicláveis. Além disto, R\$ 150 milhões

seria o benefício por reciclar 89.837 toneladas de materiais recicláveis enviados para o aterro em 2010.

Palavras chave: reciclagem; resíduos sólidos; RSU; plástico pós-consumo; polímeros.

Abstract

This work aims to address environmental, cultural, economic, safe, social and technological aspects involved in the recycling scene of post-consumer plastics in the Porto Alegre Metropolitan Area (RMPA). The specific goals are to identify: (i) benefits and costs of sorting recyclable materials and recycling plastics; (ii) problems, causes and opportunities related to sorting of recyclable materials and post-consumer plastic recycling and processing in the RMPA. Owing to the lack of a more recent complete data base for the RMPA, the recycling scene was built from 2010 data (from integrated waste management plans and Brazilian government database). Interviews with actors involved in the post-consumer plastic recycling of the region were the second collection method used.

The recycling scene in the region has been presented, considering collection, sorting, trading, transportation, mechanical recycling and re-processing. Municipal solid waste (MSW) data was not found for six cities, corresponding to 9% of the RMPA population. According to this study estimations, 91% of the RMPA population generated 255,712 tonnes of recyclable materials (41% of plastics), 22% of plastics were mechanically recycled and 202,864 tonnes of recyclable materials (44% of plastics) were sent to landfill sites. Furthermore, it was verified that there are significant differences of policies and recycling efficiency among the cities of the RMPA. For the year of 2010, economic calculations demonstrated benefits of R\$32 million in plastic recycling, discounted the cost of the selective collection and sorting facilities maintenance. Additionally, it was verified that there is a surplus capacity in recycling companies of the region.

Considering that 81% of the RMPA population (18 cities) recovered through selective collection only 19% of existing recyclable material in municipal solid waste, low efficiency in sorting recyclable waste at home and low participation rate of population in selective collection may be considered the primary causes of the problem related to the large amount of plastics arriving at the landfill in the RMPA. However, the increase in the selective collection frequency could also contribute to improve the participation rate in most cities of the region. Besides, R\$150 million would be the benefit for recycling 89,837 tonnes of plastics, which were sent to landfill.

Keywords: recycling; solid waste; MSW; post-consumer plastic; polymer.

Sumário

Capítulo 1 - Introdução	1
Capítulo 2 - Conceitos Fundamentais e Revisão Bibliográfica	4
2.1 Conceitos Fundamentais	4
2.1.1 Conceitos referentes aos resíduos sólidos e a cadeia de reciclagem	4
2.1.2 Conceitos referentes a polímeros.....	6
2.1.3 Conceitos referentes a metodologias e ferramentas de gestão dos resíduos sólidos.....	7
2.1.4 Conceitos referentes a gestão do plástico	8
2.2 A legislação	10
2.2.1 Plano Nacional de Resíduos Sólidos	11
2.2.2 Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	12
2.2.3 Tributação.....	19
2.3 A reciclagem mecânica	21
2.3.1 Aspectos mercadológicos	21
2.3.2 Aspectos técnicos	23
2.4 Tecnologias de separação	30
2.5 Problemas na reciclagem do plástico	32
2.6 Análise da reciclagem do plástico	43
Capítulo 3 - Materiais e Métodos.....	46
3.1 Coleta de dados	46
3.2 Análise dos dados	49
3.2.1 Avaliação econômica.....	49
3.2.2 Panorama da reciclagem.....	53
3.2.3 Identificação e análise de situações problema e variáveis.....	56
Capítulo 4 - Resultados e Discussão.....	58
4.1 Entrevistas com alguns dos atores envolvidos na cadeia de reciclagem em estudo	58
4.1.1 DMLU	59
4.1.2 Unidade de Triagem 1	60
4.1.3 Unidade de Triagem 2	61
4.1.4 Unidade de Triagem 3	63
4.1.5 Unidade de Triagem 4	64
4.1.6 Unidade de Triagem 5	66
4.1.7 Unidade de Triagem 6	67
4.1.8 Unidade de Triagem 7	68
4.1.9 Comerciantes de Sucata 1 e 2.....	70
4.1.10 Comerciante de Sucata 3	70
4.1.11 Comerciante de Sucata 4	72

4.1.12 SINPLAST	73
4.1.13 Recicladora 1	74
4.1.14 Recicladora 2	74
4.1.15 Fabricante de máquinas	75
4.1.16 Recicladora 3	76
4.1.17 Recicladora 4	78
4.2 Avaliação econômica da reciclagem	79
4.3 Panorama da reciclagem de plástico	82
4.4 Análise de situações problema na reciclagem do plástico pós-consumo	86
4.4.1 Situação Problema 01 - Quantidade de resíduos recicláveis enviada para aterro	89
4.4.2 Situação Problema 02 - Disputa pelos resíduos recicláveis	97
4.4.3 Situação Problema 03 - Nível elevado de rejeito nos galpões de triagem	100
4.4.4 Situação Problema 04 - Embalagens de PET termoformadas	102
4.4.5 Situação Problema 05 - Embalagens de PP filme	103
4.4.6 Situação Problema 06 - Copinhos de poliestireno	105
4.4.7 Situação Problema 07 - EPS	105
4.4.8 Situação Problema 08 - Embalagens multicamadas	107
4.4.9 Situação Problema 09 - Uso inadequado do símbolo de identificação	108
4.4.10 Situação Problema 10 - Ausência do símbolo de identificação	109
4.4.11 Situação Problema 11 - Não recolhimento da contribuição previdenciária por parte dos catadores	110
4.4.12 Situação Problema 12 - Operação sem licença ambiental	111
4.4.13 Situação Problema 13 - Armazenagem	113
4.4.14 Situação Problema 14 - Desconhecimento pelo DMLU dos compradores de resíduos plásticos	114
4.4.15 Situação Problema 15 - Maioria dos galpões de triagem não realiza a etapa da reciclagem mecânica do plástico	115
4.4.16 Situação Problema 16 - Contaminantes da matéria-prima recebida pelas recicladoras	117
4.4.17 Situação Problema 17 - Falta de matéria-prima para as recicladoras	118
4.4.18 Situação Problema 18 - Paradas na extrusão devido a contaminantes no plástico moído	120
4.4.19 Situação Problema 19 - Mistura de resinas incompatíveis	121
4.4.20 Situação Problema 20 - Geração de finos na extrusão	122
4.4.21 Situação Problema 21 - Consumo de EE elevado nas recicladoras	123
4.4.22 Situação Problema 22 - Não-tratamento da água de lavagem	124
4.4.23 Situação Problema 23 - Falta de controle de qualidade do produto nas recicladoras de plástico	125
4.4.24 Situação Problema 24 - Encerramento das atividades de recicladoras de plástico	126
4.4.25 Situação Problema 25 - Falta de recicladoras que usem plásticos destinados ao rejeito	127

Capítulo 5 - Conclusão	128
-------------------------------------	------------

5.1 Considerações Finais	128
5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros	130
Referências	132
Apêndice A - Roteiro semiestruturado para entrevista: unidades de triagem	143
Apêndice B - Roteiro semiestruturado para entrevista: comerciantes de sucata	145
Apêndice C - Roteiro semiestruturado para entrevista: recicladoras de plástico.....	147
Apêndice D - Roteiro de observação não participante	150
Apêndice E - Cidades da RMPA – alguns dados de 2010.....	151
Apêndice F - Roteiro de cálculo das variáveis	153

Lista de Figuras

Figura 2.1: Opções de gestão dos resíduos plásticos em termos do ciclo de vida dos produtos poliméricos (adaptado de VILLAPLANA & KARLSSON, 2008).	9
Figura 2.2: Meta de redução dos resíduos recicláveis secos enviados para aterro - Brasil (MMA, 2012).	11
Figura 2.3: Evolução da geração de resíduos em Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013a).....	13
Figura 2.4: Meta de redução de recicláveis no resíduo da coleta domiciliar de Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013b).....	13
Figura 2.5: Evolução da coleta seletiva em Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013a).....	14
Figura 2.6: Cadeia do plástico e tributação (adaptado de ABIPLAST, 2013)	21
Figura 2.7: Mercados consumidores de plásticos reciclados (adaptado de PLASTIVIDA, 2012).....	22
Figura 2.8: Símbolos de identificação dos plásticos segundo a norma ABNT NBR 13.230 (adaptado de CEMPRE, 2008).....	25
Figura 2.9: Fluxograma simplificado do processo de coleta, triagem, armazenamento e reciclagem mecânica	26
Figura 4.1: Balanço material da Unidade de Triagem 5.....	67
Figura 4.2: Balanço material da Unidade de Triagem 7 com beneficiamento de plástico.	69
Figura 4.3: Clientes e fornecedores do Comerciante de Sucata 3.	71
Figura 4.4: Clientes e fornecedores do Comerciante de Sucata 4.	73
Figura 4.5: Produtos fabricados com madeira plástica (empresa Recicladora 2, 2008).....	75
Figura 4.6: Produtos obtidos pelo Fabricante de máquinas com rejeito da coleta seletiva (empresa Fabricante de Máquinas, 2013).	76
Figura 4.7: Balanço material das unidades de triagem de Porto Alegre 2013.....	85
Figura 4.8: Balanço da geração de resíduos recicláveis em Porto Alegre 2011.....	85
Figura 4.9: Balanço da geração de resíduos recicláveis na RMPA 2010.	86
Figura 4.10: Recuperação de materiais recicláveis na RMPA.	91
Figura 4.11: Custos e geração de caixa dos resíduos recicláveis – RMPA 2010.	95

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Conceitos e definições referentes aos resíduos sólidos e sua classificação (Lei nº 12.305/2010; MMA, 2012; DORNELES, 2012a; LIXO, 2000 e FLECK & REICHERT, 2013a)	4
Tabela 2.2: Terminologia da reciclagem (MUDGAL <i>et al.</i> , 2011).....	9
Tabela 2.3: Estimativa da caracterização do RSU no Brasil (MMA, 2012).	11
Tabela 2.4: Caracterização do RSD de Porto Alegre – base 2009/2010 (FLECK & REICHERT, 2013a e REICHERT, 2013).	13
Tabela 2.5: Composição da coleta seletiva de Porto Alegre e Dois Irmãos (DORNELES, 2012c; MARTINS, 2003 e REICHERT, 2013).....	15
Tabela 2.6: Custo da coleta seletiva e do envio de RSU para aterro em 2011 (FLECK & REICHERT, 2013a).	15
Tabela 2.7: Investimentos previstos nas unidades de triagem de Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013b).	16
Tabela 2.8: Estimativa da caracterização do RSU do consórcio Pró-Sinos (DORNELES <i>et al.</i> , 2012a).	17
Tabela 2.9: Caracterização do RSD dos municípios de Canoas, Campo Bom, Dois Irmãos e Novo Hamburgo (DORNELES <i>et al.</i> , 2012a, 2012b, 2012c e 2012d)	17
Tabela 2.10: Custo do envio do RSU para aterro consórcio Pró-Sinos (DORNELES <i>et al.</i> , 2012a).	18
Tabela 2.11: Estimativa da caracterização do RSD em Alvorada (BOHRER, 2013).....	18
Tabela 2.12: Impostos na compra de resina pela transformadora (adaptado de MAXI QUIM, 2011a).	20
Tabela 2.13: Uso final do PET reciclado no Brasil (adaptado de ABIPET, 2013).	23
Tabela 2.14: Aplicação de plásticos virgens e reciclados (adaptado de COLTRO <i>et al.</i> , 2008, PLASTIVIDA, 2012 e ABIPET, 2014).	29
Tabela 2.15: Receita específica e produtividade de algumas associações de triagem da RMPA (VONPAR, 2010).....	34
Tabela 3.1: Características dos entrevistados, local e data.....	48
Tabela 3.2: Preços das resinas – 2011.	52
Tabela 3.3: Preços de venda dos materiais recicláveis – 2010.....	52
Tabela 3.4: Impostos incidentes sobre os atores da reciclagem	53
Tabela 4.1: Resíduos comercializados pela Unidade de Triagem 1	61
Tabela 4.2: Tipos de resíduos plásticos na Unidade de Triagem 2.	62
Tabela 4.3: Resíduos plásticos comercializados na Unidade de Triagem 3.....	64
Tabela 4.4: Resíduos plásticos comercializados na Unidade de Triagem 4.....	65
Tabela 4.5: Resíduos plásticos vendidos pelo Comerciante de Sucata 1	70
Tabela 4.6: Laudo para tijolos de resíduos plásticos.....	76
Tabela 4.7: Receita das associações conveniadas de Porto Alegre 2011	80
Tabela 4.8: Receita dos catadores não conveniados em Porto Alegre 2011	80
Tabela 4.9: Receita da triagem do consórcio Pró-Sinos 2010.....	81
Tabela 4.10: Balanço material das recicladoras entrevistadas	81
Tabela 4.11: Quadro comparativo anual das recicladoras entrevistadas.....	82
Tabela 4.12: Reciclagem de plástico pós-consumo na RMPA	83
Tabela 4.13: Resumo de situações problema na reciclagem de plástico pós-consumo.....	87
Tabela 4.14: Classificação das variáveis	88
Tabela 4.15: Variáveis ambientais associadas aos resíduos enviados para aterro	90
Tabela 4.16: Variáveis culturais associadas a recicláveis enviados para aterro.....	93

Tabela 4.17: Variáveis econômicas associadas ao envio de recicláveis para aterro.....	94
Tabela 4.18: Comparação entre vendas formais e informais de recicláveis	98
Tabela 4.19: Recuperação de recicláveis formais e informais em Porto Alegre	98
Tabela 4.20: Variáveis relacionadas ao rejeito nos galpões de triagem	100
Tabela 4.21: Plásticos no rejeito da triagem e dos depósitos.....	101
Tabela 4.22: Estimativa do PET termoformado rejeitado	103
Tabela 4.23: Estimativas do envio de PP filme para aterro	104
Tabela 4.24: Estimativas do envio de EPS para aterro	106
Tabela 4.25: Embalagens multicamadas enviadas para aterro.....	108
Tabela 4.26: Existência de licença de operação.....	111
Tabela 4.27: Relação área construída dos galpões de triagem e estocagem	113
Tabela 4.28: Sinistros nos galpões de triagem e depósitos	114
Tabela 4.29: Galpões e o beneficiamento dos resíduos plásticos	116
Tabela 4.30: Oferta de matéria-prima para recicladoras de plástico	119
Tabela 4.31: Produtividade na triagem	120
Tabela 4.32: Índice de consumo energético nas recicladoras	123
Tabela 4.33: Empresas que fazem controle de qualidade do produto.....	125
Tabela 4.34: Recicladoras entrevistadas e seu status.....	126
Tabela 4.35: Recicladoras entrevistadas e a origem dos resíduos	127

Nomenclatura

Lista de símbolos

<i>a</i>	Fator de ajuste do preço de comercialização dos resíduos na triagem	
<i>b</i>	Fator de ajuste do preço de acordo com o ano de comercialização	
<i>EC</i>	Eficiência da coleta	
<i>GC_C</i>	Geração de caixa na comercialização de resíduos obtida pelo intermediário	R\$
<i>GC_T</i>	Geração de caixa na comercialização de resíduos após triagem	R\$
<i>IP</i>	Índice de participação	
<i>P</i>	Preço de compra do resíduo na recicladora ou preço de venda do comerciante	
<i>P_{SL}</i>	Número de habitantes que faz a separação dos resíduos no domicílio	
<i>P_{SLC}</i>	Número de habitantes que faz corretamente a separação dos resíduos no domicílio	
<i>P_T</i>	Número de habitantes total da cidade	
<i>QCS</i>	Quantidade de resíduo comercializado por catadores com apoio da prefeitura	t
<i>QSS</i>	Quantidade de resíduo comercializado por catadores sem apoio da prefeitura	t
<i>R_C</i>	Receita obtida pela comercialização dos resíduos obtida pelo intermediário	R\$
<i>R_T</i>	Receita obtida pela comercialização dos resíduos após triagem.	R\$
<i>X_{A1}</i>	Variável referente à quantidade mássica de material reciclável enviada para aterro	t
<i>X_{A2}</i>	Variável referente à quantidade mássica de plástico enviada para aterro	t
<i>X_{A3}</i>	Variável referente à quantidade mássica de rejeito nas unidades de triagem	t
<i>X_{A4}</i>	Variável referente à quantidade mássica de PET termoformado no rejeito	t
<i>X_{A5}</i>	Variável referente à quantidade mássica de PP filme no rejeito	t
<i>X_{A6}</i>	Variável referente à quantidade mássica de poliestireno no rejeito	t
<i>X_{A7}</i>	Variável referente à quantidade mássica de EPS enviada para aterro	t
<i>X_{A8}</i>	Variável referente à quantidade mássica de embalagens multicamada no rejeito	t
<i>X_{A9}</i>	Variável referente à existência de licença ambiental	
<i>X_{A10}</i>	Variável referente à existência de identificação do tipo de resina na embalagem do produto	
<i>X_{A11}</i>	Variável referente à existência de tratamento da água de lavagem	
<i>X_{A12}</i>	Variável referente ao índice de reciclagem mecânica do plástico	
<i>X_{C1}</i>	Variável referente ao índice de participação (= população que faz a separação dos resíduos recicláveis no domicílio e participa da coleta seletiva dividido pela população do município)	
<i>X_{C2}</i>	Variável referente à eficiência de separação (= população que segrega o resíduo sem contaminação e deposita corretamente o resíduo para a coleta seletiva dividido pela população que faz a separação dos resíduos recicláveis no domicílio e participa da	

coleta seletiva)

X_{C3}	Variável referente à percentagem de resíduo úmido (=orgânico) no rejeito das unidades de triagem	
X_{E1}	Variável referente à quantidade de material reciclável comercializado pelas cooperativas e associações de catadores após triagem	t
X_{E2}	Variável referente à quantidade de material reciclável comercializado pelos catadores informais ou empresas ou cooperativas de catadores não conveniados com prefeituras	t
X_{E3}	Variável referente ao custo específico da coleta de RSD, transporte e destinação final de resíduos.	R\$/t
X_{E4}	Variável referente ao custo específico da coleta seletiva	R\$/t
X_{E5}	Variável referente à geração de caixa específica na venda dos materiais recicláveis triados	R\$/t
X_{E6}	Variável referente à geração de caixa específica do intermediário que transporta, armazena e vende resíduos plásticos para as recicladoras.	R\$/t
X_{E7}	Variável referente à geração de caixa específica na recicladora de plástico	R\$/t
X_{E8}	Variável referente à geração de caixa específica na transformadora de plástico	R\$/t
X_{E9}	Variável referente à arrecadação de impostos específica nos elos da reciclagem mecânica de plástico	R\$/t
X_{E10}	Variável referente à área construída do galpão de triagem	m ²
X_{E11}	Variável referente ao índice de consumo de energia elétrica	kWh/kg
X_{E12}	Variável referente à quantidade de resíduos plásticos ofertados como matéria-prima às recicladoras	kg/mês
X_{E13}	Variável referente à percentagem do tempo de máquina parada devido a contaminações no plástico moído	
X_{E14}	Variável referente à percentagem do tempo gasto com reprocessamento devido à incompatibilidade de plásticos.	
X_{SE}	Variável referente ao número de incêndios na reciclagem (em galpões, depósitos e recicladoras)	
X_{SO1}	Variável referente ao percentual dos catadores que recolhem a contribuição previdenciária para o INSS	
X_{SO2}	Variável referente à existência de gestão sobre a comercialização dos materiais recicláveis nas unidades de triagem	
X_{SO3}	Variável referente ao status da recicladora	
X_{T1}	Variável referente ao tipo de beneficiamento do plástico após a triagem	
X_{T2}	Variável referente ao percentual de impurezas na matéria-prima da recicladora de resíduos plásticos	
X_{T3}	Variável referente ao percentual tempo de processamento com geração de finos no produto granulado	
X_{T4}	Variável referente ao controle de qualidade de qualidade do plástico reciclado ou beneficiado	
X_{T5}	Variável referente à origem dos resíduos plásticos reciclados	

Lista de Abreviações

5S	Metodologia de gestão: senso de utilização, organização, limpeza, saúde e autodisciplina (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke)
ABIPET	Associação Brasileira da Indústria do PET
ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABS	Copolí(acrilonitrila-butadieno-estireno)
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
Al	Alumínio
AREsp	Associação Recicladores da Esperança
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ASA	Amorphous Silica-Alumina
ASTM	American Society for Testing and Materials
BLSR	Benefícios Líquidos sociais do reaproveitamento
BOPP	Polipropileno biaxialmente-orientado (= Biaxially-oriented Polypropelyne)
Cataforte	Projeto governamental que de capacitação, assessoramento técnico, elaboração de planos de rede e doação de caminhões para redes de cooperativas de catadores.
CD	Compact Disc
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CETEA	Centro de Tecnologia de Embalagem
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CIENTEC	Fundação de Ciência e Tecnologia
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade social
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CP	Compatibilizantes
CPP	Contribuição Patronal Previdenciária
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
CV	Cavalo-vapor
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DDF	Divisão de Destino Final do DMLU
DMLU	Departamento Municipal de Limpeza Urbana
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DSR	Divisão de projetos sociais, reaproveitamento e reciclagem do DMLU.

DVD	Digital Versatile Disk
EA	Educação Ambiental
EE	Energia elétrica
EPDM	Copoli(etileno-propileno-dieno)
EPI	Equipamento de proteção individual
EPM	Copoli(etileno-propileno)
EPS	Expanded polystyrene
EVA	Copolímero de etileno e acetato de vinila
EVOH	Copolímero de etileno e álcool vinílico (= Ethylene Vinyl Alcohol)
FAT	Fundo de Amparo ao Trabalhador
FEE	Fundação de Economia e Estatística
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
HSI	Hyperspectral imaging
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadoria e prestação de Serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPI	Imposto sobre Produto Industrializado
IRM	Índice de Reciclagem Mecânica
IRPJ	Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
ISS	Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza
ISO	International Organization for Standardization
kg	Quilograma(s)
LCA	Life cycle assessment
LCI	Inventário do ciclo de vida
LCIA	Avaliação do impacto no ciclo de vida
LO	Licença de Operação
m/m	Relação mássica
MCM-41	Mobil Composition of Matter number 41
MDF	Medium Density Fiberboard
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio.
MDS	Magnetic Density Separator
MEI	Micro Empreendedor Individual
METROPLAN	Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano Regional
MFI	Índice de Fluidez (= Melt Flow Index)
MFR	Índice de Fluidez (= Melt Flow Rate)

MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MNCR	Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis
MOR	Mordenite
NBR	Norma brasileira
NIR	Infravermelho próximo (near infrared)
ONGs	Organizações não-Governamentais
OPP	Polipropileno orientado
P + L ou PML	Produção Mais Limpa (programa da UNIDO)
PA	Poliamida (= nylon)
PASEP	Programa de formação de patrimônio do Servidor Público
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEADpc	Polietileno de alta densidade pós-consumo.
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PEBDL	Polietileno de baixa densidade linear
PE-g-AM	Polietileno funcionalizado com anidrido maleico
PET	Poli(tereftalato de etileno)
PEV	Pontos de Entrega Voluntária
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Programa de Integração Social
PLASTIVIDA	Instituto Socioambiental dos Plásticos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMMA	Poli(metacrilato de metila)
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
POM	Polioximetileno
PP	Polipropileno
ppm	Parte por milhão
PS	Poliestireno
PSP	Poliestireno papel: extrudado com pequena espessura (2 a 3 mm) e moldado a vácuo.
PVC	Poli(cloreto de vinila)
PVDC	Poli(cloreto de vinilideno) (= Polyvinylidene chloride)
RCC	Resíduos da construção civil
RCD	Resíduos de construção e demolição

RDI	Recicladora Dois Irmãos
RMPA	Região Metropolitana de Porto Alegre
r-PET	PET reciclado
RSD	Resíduo sólido doméstico ou domiciliar
RSS	Resíduos de serviços de saúde
RSU	Resíduo sólido urbano
RTC	Resíduo Termoplástico Composto
SESAMPE	Secretaria da Economia Solidária e Apoio à Micro e Pequena Empresa
Simplás	Sindicato das Indústrias de Material Plástico do Nordeste Gaúcho
SIMPLAV	Sindicato das Indústrias de Material Plástico do Vale dos Vinhedos
SINPLAST	Sindicato das Indústrias de Material Plástico no Estado do Rio Grande do Sul
SINMETRO	Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
SISLEX	Sistema de Legislação da Previdência Social
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMAM	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMIC	Secretaria Municipal de Produção, Indústria e Comércio
SMQA	Secretaria Municipal de Qualidade Ambiental
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
Tm	Ponto de fusão
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
USY	Ultra stable Y (Faujasite zeolite)
UT	Unidade de Triagem
UTC	Unidade de Triagem e Compostagem
UTH	Unidade de Triagem de resíduos Hospitalares
VDC	Vinylidene chloride
XPS	Poliestireno extrusado
WRAP	Waste & Resources Action Programme
ZSM-5	Zeolite Socony Mobil-5 (pentasyl)

Capítulo 1

Introdução

Termoplásticos são materiais poliméricos que podem ser moldados ou produzidos através de aquecimento. Esses materiais originam-se de petróleo, gás natural ou etanol, começando seu ciclo de vida a partir da extração da matéria-prima, seguido de processos para a obtenção de monômeros necessários à polimerização. Essas etapas consomem grandes quantidades de água e energia e geram altas quantidades de dióxido de carbono. Os materiais plásticos permanecem nos aterros sanitários por mais de 100 anos sem se decompor, portanto, não há emissões de gases que contribuem para as alterações climáticas, porém o esgotamento dos recursos naturais e o consumo de energia são mais elevados no aterro do que na reciclagem (WRAP, 2010).

A reciclagem mecânica e a recuperação energética são muito utilizadas em vários países ao redor do mundo. Na Europa, quando o reuso e a reciclagem não são economicamente viáveis, a recuperação energética é maximizada (WONG, 2010). Entretanto de acordo com a avaliação do ciclo de vida (ACV) dos plásticos pós-consumo a melhor opção é a reciclagem mecânica, sendo a recuperação energética a pior opção (WRAP, 2010).

Em 2008, os países membros da comunidade europeia enviaram para aterro mais de 48% dos plásticos descartados (12,1 milhões de toneladas), reciclaram mecanicamente 5,3 milhões de toneladas de plásticos e fizeram a recuperação energética de 7,5 milhões de toneladas de plásticos (WONG, 2010).

Nos Estados Unidos cerca de 28,8 milhões de toneladas de plásticos foram descartadas em 2012, e somente 8,8% deste valor foram reciclados. O restante (26,2 milhões de toneladas) foi aterrado ou queimado em unidades de recuperação de energia que utilizam Resíduo Sólido Domiciliar (RSD) como combustível (EPA, 2014).

Em países em desenvolvimento a taxa de reciclagem dos plásticos é baixa e em várias cidades a taxa de coleta dos resíduos não cobre cem por cento das residências. Na Nigéria 30 a 60% dos resíduos domésticos não são coletados e a população não beneficiada pela coleta dispõe os resíduos em locais não adequados ou queimam ou enterram o lixo (NNAJI, 2015). Em Bangladesh menos de 50% dos resíduos sólidos gerados nas áreas urbanas são coletados (MATTER *et al.*, 2013). Já na Índia, em Karachi (Paquistão), em Yangon (Birmânia) e no

Cairo (Egito) o índice de resíduos gerados não coletados são de 50%, 33%, 40% e 50%, respectivamente (UNU-WIDER, 2010). Banar *et al.* (2009) relataram o caso de Eskisehir na Turquia, onde somente uma pequena proporção de materiais recicláveis (2,04%, 0,71%, e 0,25% de papel/papelão, vidro e alumínio respectivamente) são separados por catadores e enviados diretamente para a reciclagem. De acordo com os autores, os resíduos restantes (97%) foram coletados através da coleta porta a porta e enviados para aterros irregulares, uma área aberta onde uma quantidade adicional de materiais recicláveis foi manualmente separada (7%) dos resíduos sem boas condições higiênicas e foi acumulada para a reciclagem.

No Brasil, a coleta regular de resíduos sólidos atingiu quase 90% do total dos domicílios em 2009 (MMA, 2012) e o índice de reciclagem mecânica do plástico pós-consumo foi 19,4% em 2010 de acordo com o relatório do Instituto Socioambiental dos Plásticos (2011). Segundo a pesquisa do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento¹ (SNIS) somente 801 dos 5565 municípios brasileiros possuíam coleta seletiva em 2010 e deste modo recuperaram 296.589 toneladas de plásticos. Estima-se que cerca de 300 mil toneladas de plásticos foram coletadas informalmente e 4,4 milhões de toneladas de plásticos foram enviados para aterro no Brasil em 2010.

Em 2010, o Congresso Nacional brasileiro aprovou a Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305 – com o objetivo de proteger a saúde pública e a qualidade ambiental, eliminar aterros irregulares, incentivar o reuso e a reciclagem dos resíduos sólidos recicláveis e reduzir os resíduos sólidos enviados para aterro. Esta lei incentiva os planos de resíduos sólidos, a coleta seletiva, sistemas de logística reversa, acordos setoriais, associação dos catadores em cooperativas, incentivos fiscais e educação ambiental.

Neste trabalho a região específica de interesse é a região metropolitana de Porto Alegre (RMPA), formada por 32 cidades em 2010 (34 cidades após 2012). De acordo com o censo demográfico do IBGE em 2010 a população de Porto Alegre e sua região metropolitana foram de 1,4 milhão e 4,4 milhões respectivamente.

Na RMPA os governos municipais gerenciam a coleta e a triagem, enquanto em sua maioria atores privados gerenciam a indústria da reciclagem e transformação. A maior parte da coleta formal dos materiais recicláveis utiliza caminhões, os quais são contratados pelo governo municipal e operados por empresas privadas, associações ou cooperativas de catadores. Em algumas cidades os materiais recicláveis da coleta seletiva e de pontos de entrega voluntária (PEV) são enviados para centros de triagem conveniados com o governo municipal. Ocorrem também, coletas informais de materiais recicláveis operadas por catadores que utilizam carrinhos de tração humana, carrinhos de supermercados e outros veículos. Estes materiais são vendidos para pequenos comerciantes e para cooperativas não conveniadas com o governo municipal. Existem também comerciantes que coletam materiais recicláveis de lojas usando pequenos caminhões.

Este trabalho é uma tentativa de reunir informações de diversas fontes sobre a coleta, triagem, transporte, armazenagem e indústria da reciclagem com o objetivo de obter uma visão abrangente sobre a cadeia de reciclagem do plástico pós-consumo na RMPA.

¹ A taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares (RSD) em relação à população urbana no Brasil foi de 98,5% segundo dados de 2010 da pesquisa do SNIS, na qual participaram 37% dos municípios brasileiros correspondentes a 67% da população.

Considerando os diferentes atores, este trabalho propõe-se a analisar aspectos ambientais, culturais, econômicos, de segurança, sociais e tecnológicos envolvidos na reciclagem do plástico pós-consumo na RMPA, a fim de contribuir com atores governamentais e privados em ações de planejamento que aumentem a recuperação deste material. Os objetivos específicos são:

- obter um panorama da reciclagem do plástico pós-consumo na RMPA;
- demonstrar os benefícios e custos da cadeia de reciclagem do plástico pós-consumo usando como base as entrevistas, base de dados governamentais e os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos;
- identificar os problemas, causas e oportunidades relacionadas à triagem dos materiais recicláveis, à reciclagem e à transformação de plástico pós-consumo na RMPA.

Capítulo 2

Conceitos Fundamentais e Revisão Bibliográfica

2.1 Conceitos Fundamentais

A seguir são apresentados alguns conceitos utilizados na reciclagem do plástico que serão necessários para a compreensão desta dissertação.

2.1.1 Conceitos referentes aos resíduos sólidos e a cadeia de reciclagem

Os conceitos referentes à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 de 2010) e a classificação dos resíduos sólidos são apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Conceitos e definições referentes aos resíduos sólidos e sua classificação (Lei nº 12.305/10; MMA, 2012; DORNELES, 2012a; LIXO, 2000 e FLECK & REICHERT, 2013a)

<i>Conceito</i>	<i>Definição</i>
Resíduos sólidos	Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviável em face da melhor tecnologia disponível.
Resíduos sólidos urbanos (RSU)	Resíduos sólidos de áreas urbanas, incluindo resíduos domésticos, efluentes industriais domiciliares (pequenas indústrias de fundo de quintal), resíduos públicos e resíduos comerciais. A segregação do RSU pode ser subdividida em resíduos secos (recicláveis), resíduos úmidos (orgânico) e rejeitos.
Rejeitos	São resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.
Acordo setorial	Ato de natureza contratual entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto.

<i>Conceito</i>	<i>Definição</i>
Ciclo de vida do produto	Série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final.
Coleta de RSU misturados	Coleta regular unificada dos resíduos úmidos (orgânicos), resíduos secos (recicláveis) e rejeitos. Esta coleta é produto da não segregação dos resíduos sólidos urbanos (RSU).
Coleta seletiva formal	Coleta regular de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição. É realizada ou apoiada pela administração municipal e por meio de cooperativas ou associação de catadores.
Coleta seletiva informal	Coleta de resíduo realizada por catadores autônomos dispersos pela cidade cuja quantidade não é contabilizada pelos órgãos municipais. Geralmente, esses resíduos são vendidos para os sucateiros que comercializam diretamente com as indústrias.
Logística reversa	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.
Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos	Conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos da Lei nº 12.305 de 2010.
Reutilização	Processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e, se couber do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA).
Resíduo comercial	Resíduos sólidos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços composto basicamente por matéria orgânica, papéis e plásticos.
Resíduo industrial	Resíduos provenientes de processos produtivos e instalações industriais. Há que se ter cuidado porque nem todos os resíduos produzidos podem ser designados como resíduo industrial. Algumas indústrias do meio urbano produzem resíduos semelhantes ao doméstico. Exemplo disto são as padarias.
Resíduo público	Resíduos sólidos resultantes de serviços da limpeza pública como capina, varrição, focos e poda. O resíduo é composto por areia, papéis, folhagem, poda de árvores, etc.
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Os resíduos gerados nessas atividades, excetuados os resíduos sólidos urbanos.
Resíduo doméstico ou domiciliar (RSD)	Formado pelos resíduos sólidos de atividades residenciais, contém muita quantidade de matéria orgânica, plástico, lata, vidro.
Resíduos especiais	Resíduos geralmente industriais que devem ser tratados, manipulados e transportados de forma especial, como pilhas, baterias, embalagens de agrotóxicos, embalagens de combustíveis, remédios ou venenos, etc.
Resíduos de serviços de saúde (RSS)	Originado dos serviços hospitalares, ambulatoriais e farmacêuticos, são compostos dos mais variados tipos de resíduos sépticos, resultantes de curativos, aplicação de medicamentos que, em contato com o meio ambiente ou misturados ao resíduo doméstico, poderão ser patógenos ou causadores de doenças, devendo ser destinados à incineração.
Resíduos da construção civil (RCC) ou resíduos de construção e demolição (RCD)	São os resíduos sólidos gerados na construção, reforma, reparo e demolição de obras de construção civil, incluídos os resíduos sólidos resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. Também é chamado de entulho.

Quanto à segregação do RSD, esta é subdividida em: resíduos secos (recicláveis), resíduos úmidos (orgânicos) e rejeito (DORNELES, 2012a).

Em relação aos atores e elos da cadeia de reciclagem as seguintes definições serão utilizadas:

- unidade de triagem: galpão que recebe a coleta seletiva ou coleta de RSU misturados e vende material reciclável prensado, moído ou aglutinado;
- comerciante de sucata: empresa que compra e vende sucata plástica;
- recicladora: empresa que compra sucata e vende plástico reciclado na forma de grânulos ou moído ou aglutinado;
- transformadora: empresa que compra plástico reciclado e vende um novo produto;

- recicladora verticalizada em triagem: empresa que compra ou recebe resíduo seco reciclável e vende plástico reciclado na forma de grânulos ou moído ou aglutinado;
- recicladora verticalizada em transformação: empresa que compra sucata e vende um produto novo de plástico reciclado;
- recicladora verticalizada em triagem e transformação: a recicladora que compra ou recebe resíduo reciclável e vende um produto novo de plástico reciclado.

2.1.2 Conceitos referentes a polímeros

Macromolécula é uma molécula contendo um número de átomos encadeados superior a uma centena, e podendo atingir valor ilimitado. Têm características próprias resultantes da natureza química dos átomos ou dos grupamentos funcionais presentes. As propriedades decorrem de interações envolvendo segmentos intramoleculares, da mesma macromolécula, ou intermoleculares, de outras (MANO & MENDES, 1999).

Os polímeros são macromoléculas caracterizadas por seu tamanho, estrutura química e interações intra e intermoleculares. Possuem unidades denominadas meros, que são repetidas regularmente ao longo da cadeia e ligadas por covalência (MANO & MENDES, 1999). As ligações covalentes são resultantes de muitas reações de adição ou de condensação (substituição) consecutivas dos meros.

O plástico pode ser definido como um material cujo principal constituinte é um polímero (por exemplo, polipropileno, polietileno) que pode ser moldado, filamentado, laminado, e muito usado na fabricação de utensílios (HOUAISS *et al.*, 2001).

O termo resina foi inicialmente aplicado a exsudações de plantas, que se apresentam sob a forma sólida de gotas ou líquida muito viscosa, de cor amarelada, transparente, encontrada no tronco de árvores como o pinheiro, o cajueiro e a mangueira. São materiais solúveis e fusíveis, de massa molecular intermediária a alta, que amolecem gradualmente por aquecimento e são insolúveis em água, mas solúveis em alguns solventes orgânicos. Por assimilação, esse termo é também empregado para designar os polímeros sintéticos que, quando aquecidos, amolecem e apresentam o mesmo tipo de comportamento. Por exemplo, o polietileno, o poliestireno e outros polímeros podem ser incluídos entre as resinas sintéticas (MANO & MENDES, 1999).

Os polímeros podem ser classificados quanto a sua fusibilidade e/ou solubilidade em termoplásticos e termorrígidos (MANO & MENDES, 1999). Os polímeros termoplásticos fundem por aquecimento e solidificam por resfriamento, em um processo reversível. Os polímeros lineares ou ramificados pertencem a este grupo. Esses polímeros também podem ser dissolvidos em solventes adequados. Os polímeros termorrígidos, por aquecimento ou outra forma de tratamento, assumem estrutura reticulada, com ligações cruzadas, tornando-se infusíveis.

O índice de fluidez (MFI ou MFR) é um teste padronizado pelas normas ASTM D1238 e ISO 1133, definido como a massa de polímero, em gramas, que escoam em 10 minutos através de um capilar de diâmetro e comprimento especificados, na pressão e na temperatura especificadas. O MFI é expresso em g/10 min e é utilizado na indústria de plásticos como medida da massa molecular e a distribuição de massa molecular dos polímeros. O plástico com MFI mais elevado tem cadeias menores e por isso menor peso molecular e flui mais fácil (KAZEMI-NAJAFI, 2013).

A miscibilidade de duas resinas é função da compatibilidade, da proporção relativa em que elas se encontram e das condições de temperatura e pressão a que estão submetidos ao longo de determinados tempos. O termo compatibilidade refere-se à natureza química; o termo miscibilidade refere-se à dispersão estável (MANO, 1991).

2.1.3 Conceitos referentes a metodologias e ferramentas de gestão dos resíduos sólidos

Um conceito muito importante na gestão de resíduos sólidos é a hierarquia, que é um procedimento de otimização, o qual prioriza em ordem decrescente a não geração, a minimização, o reuso, a reciclagem, o tratamento dos resíduos e por último a disposição final dos rejeitos (VILLAPLANA & KARLSSON, 2008).

Segundo Othmann *et al.* (2013) a avaliação do ciclo de vida (ACV) ou *Life Cycle Assessment* (LCA) é feita usando as normas ISO séries 14040, 14041 e 14044 para analisar o inventário do ciclo de vida (LCI) e a avaliação do impacto no ciclo de vida (LCIA) de produtos ou sistemas. Basicamente a avaliação do ciclo de vida consiste em quatro etapas: definição do objetivo e de escopo, LCI, LCIA e interpretação dos resultados dentro de um conjunto de metas de avaliação (RUSSELL *et al.*, 2005).

De acordo com o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE, 2008), a rotulagem ambiental é uma metodologia voluntária de certificação e rotulagem de desempenho ambiental de produtos ou serviços praticada ao redor do mundo. A ISO criou a série de normas 14020 para normatizar a relação entre produtos e consumidores. Os tipos de rotulagens são três:

Rotulagem tipo I – NBR ISO 14024 (Programas de Selo Verde): esta norma estabelece os princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental, incluindo a seleção de categorias de produtos, critérios ambientais dos produtos e características funcionais dos produtos, e para avaliar e demonstrar sua conformidade. Esta norma também estabelece os procedimentos de certificação para a concessão do rótulo.

Rotulagem tipo II – NBR ISO 14021 (Auto declarações ambientais): esta norma especifica os requisitos para auto declarações ambientais, incluindo textos, símbolos e gráficos, no que se refere aos produtos. Ela descreve, ainda, termos selecionados usados comumente em declarações ambientais e fornece qualificações para seu uso. Esta norma também descreve uma metodologia de avaliação e verificação geral para auto declarações ambientais e métodos específicos de avaliação.

Rotulagem tipo III – ISO 14025:2006 (inclui avaliações do ciclo de vida): Esta norma foi elaborada em 2006 no âmbito da ISO internacional, ainda não foi traduzida para o português. Ela tem alto grau de complexidade devido à inclusão da ferramenta ACV. Para que esta rotulagem ganhe o mercado brasileiro, é necessário consolidar no país a ferramenta de ACV do ponto de vista técnico. É uma norma internacional, para uso na comunicação entre empresas, mas não é proibido o seu uso na comunicação entre empresa e consumidor.

No Brasil, a tendência é o uso da rotulagem tipo II, pois a rotulagem tipo I tem uma série de limitações e a rotulagem tipo III precisa que seja consolidada o uso da ACV no país. As limitações da rotulagem tipo I são a falta de critérios objetivos e cientificamente

defensáveis que identifiquem os melhores produtos do ponto de vista ambiental em uma dada categoria, por exemplo, um produto pode ter baixo consumo de energia elétrica, mas gerar grande quantidade de resíduos sólidos e outro produto pode gerar pouco resíduo sólido, mas causar maior poluição da água; os Programas de Selo Verde constituem uma barreira à inovação, pois os Programas codificam o conhecimento existente e desencorajam os fabricantes a ir além das fronteiras já estabelecidas; os Programas treinam os consumidores a procurar símbolos, e não os informam a respeito dos aspectos ambientais específicos dos produtos que compram e por fim eles criam barreiras comerciais porque seus critérios contemplam somente as prioridades nacionais ou regionais, e não as que têm relevância internacional (CEMPRE, 2008).

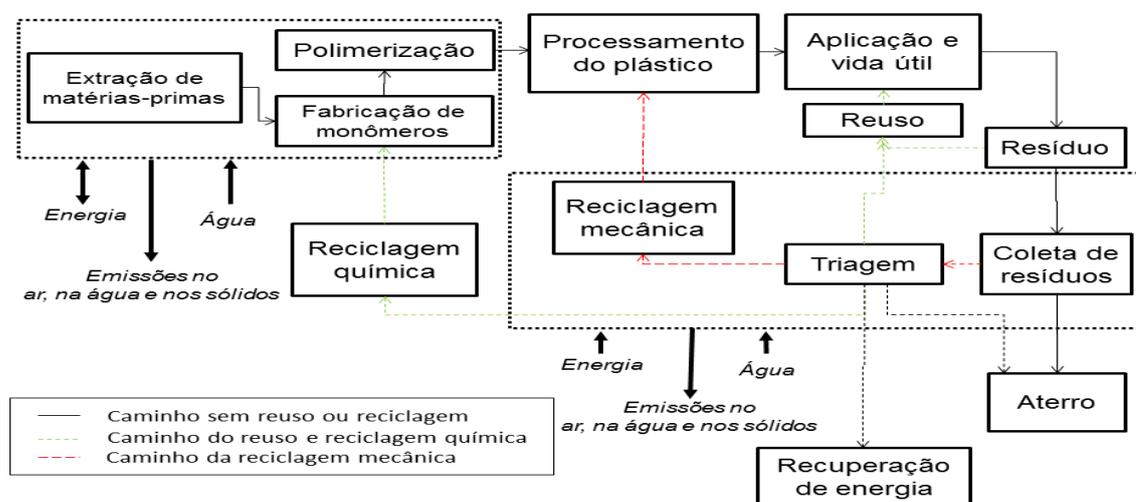
A United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) define o programa Produção Mais Limpa (P+L ou PML) como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aplicada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir os riscos aos seres humanos e ao meio ambiente (AMARAL, 2011). P+L é uma ferramenta para reduzir o consumo de água e de energia elétrica, diminuir os índices de refugo e de resíduos, melhorar o acompanhamento do processo e diminuir as necessidades de manutenção corretiva (AMARAL, 2011). A transformação de matérias-primas, água e energia em produtos ou serviços e não em resíduos, torna as empresas mais competitivas (FARIA & PACHECO, 2011).

2.1.4 Conceitos referentes a gestão do plástico

O ciclo de vida do plástico inicia com a extração das matérias-primas e segue com a síntese dos monômeros e a sua polimerização. As etapas de extração de matérias-primas e de síntese de materiais poliméricos são de uso intensivo em energia com gastos maiores que 59¹ MJ/kg (KHOO *et al.*, 2010). A Figura 2.1 apresenta um esquema representativo da gestão do ciclo de vida dos plásticos. A indústria de transformação processa e gera o produto plástico, que será utilizado em uma aplicação. Após o tempo de serviço do produto, ele poderá ser reutilizado ou descartado. Se for descartado junto com o RSU pode acabar em aterros sanitários, onde permanecerá por 100 a 500 anos para a decomposição. Se for entregue para a coleta seletiva formal ou informal, irá para a triagem e poderá ser reciclado mecanicamente. Mas se estiver muito contaminado, é provável que seja tratado como rejeito e enviado para o aterro sanitário.

¹ Energia gasta para a produção de 1 kg de PP usado na fabricação de sacolas plásticas.

Figura 2.1: Opções de gestão dos resíduos plásticos em termos do ciclo de vida dos produtos poliméricos (adaptado de VILLAPLANA & KARLSSON, 2008).



A Tabela 2.2 apresenta a terminologia da reciclagem dos plásticos de acordo com as normas e os termos equivalentes.

Tabela 2.2: Terminologia da reciclagem (MUDGAL *et al.*, 2011).

Definição ASTM D7209	Definição ISO 15270	Termos equivalentes
Reciclagem primária	Reciclagem mecânica	Reciclagem em ciclo fechado
Reciclagem secundária	Reciclagem mecânica	Revalorização (<i>Downgrading</i>)
Reciclagem terciária	Reciclagem química	Reciclagem em matérias-primas
Reciclagem quaternária	Recuperação energética	Valorização

A reciclagem dos resíduos de plástico industrial é chamada reciclagem primária ou pré-consumo ou pós-industrial e segundo a norma ISO 15270 é classificada como reciclagem mecânica. A reciclagem é feita dentro da própria indústria geradora do resíduo ou através da venda a uma recicladora. Termoplásticos podem ser reciclados desta forma.

A reciclagem do plástico pós-consumo doméstico é chamada reciclagem secundária, que tem por característica da matéria-prima a mistura de diferentes tipos de resinas, grau elevado de contaminação com outras substâncias (principalmente matéria orgânica). Este tipo de reciclagem envolve a obtenção de produtos diferentes do processo de conformação original. Segundo a norma ISO 15270 esta reciclagem também é chamada de reciclagem mecânica.

A reciclagem terciária ou reciclagem química é a decomposição dos resíduos plásticos, através de processos químicos ou térmicos em petroquímicos básicos: monômeros ou misturas de hidrocarbonetos que servem como matéria-prima em refinarias ou centrais petroquímicas, para a obtenção de produtos nobres de elevada qualidade (PLASTIVIDA, 2009a). Os termorrígidos podem ser reciclados desta forma. Contudo, este tipo de reciclagem ainda não é muito utilizado mundialmente. Existem estudos para desenvolvimento de uma tecnologia eficiente. Wei *et al.* (2010) avaliaram uma alternativa para a reciclagem química: a pirólise catalítica de uma mistura de plásticos polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de

alta densidade (PEAD) e polipropileno (PP) em um reator de leito fluidizado em escala laboratorial operando isotermicamente e na pressão ambiente para obter mistura de hidrocarbonetos voláteis. Foram testados catalisadores zeolíticos (ZSM-5, MOR, USY) e não-zeolíticos (MCM-41 e ASA). A vantagem do uso do catalisador é a redução na temperatura, aumento na velocidade de reação e no rendimento dos produtos da decomposição; na pirólise a temperatura necessária fica acima de 500°C podendo atingir 900°C.

A reciclagem quaternária ou recuperação de energia ainda não é permitida no Rio Grande do Sul e é muito pouco utilizada no Brasil. A recuperação energética ocorre na forma de calor, vapor ou geração de eletricidade usando resíduos plásticos como substituto de combustível fóssil. Em 2008 foram incinerados 64,8 t/d (MMA, 2012), porém não se sabe se foi feita a recuperação energética. Existe um projeto de incineração com recuperação energética para Barueri, São Paulo. Os problemas neste tipo de reciclagem são as emissões atmosféricas e o alto investimento. No Rio Grande do Sul a incineração é proibida pela legislação, em função da falta de regulamentação das emissões atmosféricas. A reciclagem energética é muito utilizada na Europa, especialmente na Dinamarca (54% dos resíduos são incinerados com recuperação energética), Suécia (49%), Holanda (39%), Alemanha (38%), Bélgica (37%), Luxemburgo (35%) e França (34%) (FLECK & REICHERT, 2013a).

2.2 A legislação

A política nacional de resíduos sólidos foi estabelecida por meio da Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, e foi regulamentada pelo decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010. O artigo 7º desta lei define como primeiro objetivo a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental e o segundo objetivo a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Também é objetivo da lei o incentivo à indústria da reciclagem.

Dentre os objetivos da política nacional de resíduos sólidos, a Lei nº 12.305 de 2010, destaca-se aqui o estímulo ao uso da metodologia de ACV de um produto. O relatório da empresa Waste & Resources Action Programme (WRAP) comparou vários estudos que usaram esta metodologia na análise de embalagens plásticas com a finalidade de indicar a melhor alternativa para a gestão dos resíduos sólidos (WRAP, 2010). Reichert (2013) utilizou ACV para avaliar a gestão municipal dos resíduos sólidos. Também estimula o uso da ACV o décimo quinto objetivo previsto na lei, com o estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável, sendo que a rotulagem tipo III inclui a ACV.

A fim de ajudar na redução dos resíduos sólidos enviados para aterro, esta lei disponibiliza vários instrumentos: os planos de resíduos sólidos (plano nacional de resíduos sólidos; planos estaduais de resíduos sólidos; planos microrregionais de resíduos sólidos e planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas; planos intermunicipais de resíduos sólidos; os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos e os planos de gerenciamento de resíduos sólidos), a coleta seletiva e a logística reversa (ferramentas relacionadas à prática da responsabilidade compartilhada do ciclo de vida dos produtos), as cooperativas ou outras formas de associações de catadores, os acordos

setoriais, incentivos fiscais, a educação ambiental, o incentivo a adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados entre outros instrumentos.

Além da política nacional dos resíduos sólidos, Lei nº 12.305 de 2010, aplicam-se a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (saneamento básico), a Lei nº 9.974, de 6 de junho de 2000 (destinação final das embalagens de agrotóxicos), e Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000 (prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional), as normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) e do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO).

2.2.1 Plano Nacional de Resíduos Sólidos

O plano nacional de resíduos sólidos (PNRS), elaborado pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA) a partir da Lei nº 12.305 de 2010, apresenta a composição do RSU no Brasil conforme mostra a Tabela 2.3. Os programas oficiais de coleta recuperaram 170,3 mil t/a de plásticos, o que representa 2% do plástico contido no RSU.

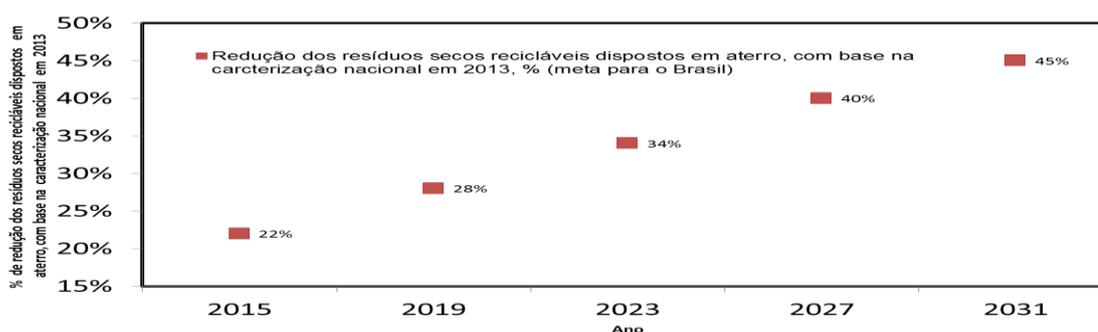
Tabela 2.3: Estimativa da caracterização do RSU no Brasil (MMA, 2012).

Item	Participação (%)	Quantidade (t/d)
Matéria orgânica	51,4	94.335,10
Metais	2,9	5.293,50
Papel, papelão e Tetra Pak	13,1	23.997,40
Plásticos	13,5	24.847,90
Vidro	2,4	4.388,60
Outros	16,7	30.618,90
Total	100	183.481,40

Fonte: IBGE (2010) apud MMA (2012).

O PNRS também prevê metas. A Figura 2.2 mostra a meta de redução dos resíduos recicláveis secos dispostos em aterro com base na caracterização nacional de 2013. Para 2015 esta redução deverá ser de 22% (MMA, 2012). Para alcançar os objetivos da Lei nº 12.305 de 2010 e a meta de redução do rejeito enviado para o aterro, o MMA (2012) prevê disponibilizar recursos para a segregação dos resíduos recicláveis, apoiar o município que adotar sistema de segregação com cobrança particularizada ou diferenciada e disciplinar a reciclagem energética.

Figura 2.2: Meta de redução dos resíduos recicláveis secos enviados para aterro – Brasil (MMA, 2012).



Outra meta é a inclusão e organização em cooperativas de 600.000 catadores até 2031, além de implantação da coleta seletiva com cooperativas de catadores, implantação da logística reversa por meios dos acordos setoriais, incentivo ao desenvolvimento tecnológico na reciclagem, instituição de incentivos fiscais para a segregação dos resíduos na fonte geradora e desenvolvimento da educação ambiental da população mostrando a importância da adequada segregação dos resíduos na fonte geradora. Assim, a logística reversa, deve ser estendida também para embalagens plásticas, metálicas ou de vidro através de acordos setoriais. A educação ambiental é um instrumento da Lei nº 12.305/2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos e, além disto, existe a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, a resolução CONAMA nº422/2010, que estabelece diretrizes para as campanhas, ações e projetos de educação ambiental e a Política Estadual de Educação Ambiental instituída pela Lei Estadual nº 11.730/2002 e atualizada pela Lei nº 13.597/2010.

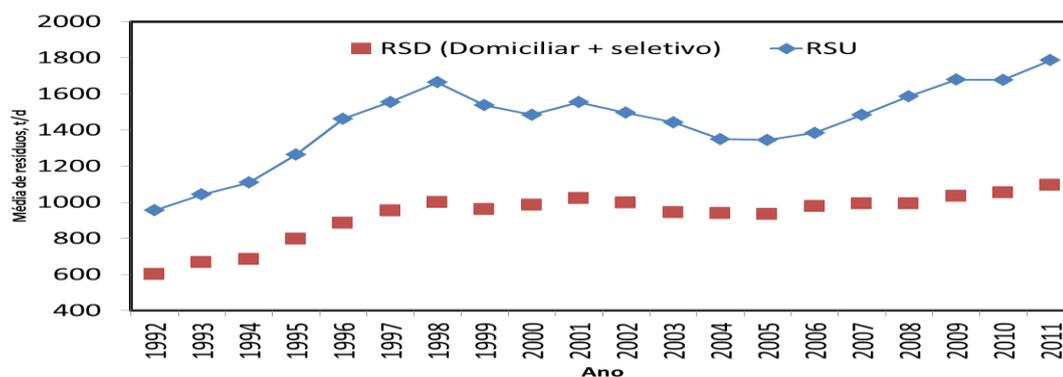
O decreto 7.404 de 23 de dezembro de 2010, que regulamentou a Lei nº 12.305, solicita no capítulo II que o PNRS, depois de incorporadas as contribuições da consulta pública, seja apreciado nos Conselhos Nacionais de Meio Ambiente, das Cidades, de Recursos Hídricos, de Saúde e de Política Agrícola e encaminhado pelo Ministro de Estado do Meio Ambiente ao Presidente da República da proposta de decreto que aprova aquele Plano. Porém, faltou a apreciação no conselho de política agrícola, que ainda não havia se reunido (VELOSO, 2014).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2012), uma proposta de acordo setorial sobre a logística reversa das embalagens pós-consumo de produtos não perigosos foi apresentada por um grupo de 20 associações de classe, que representam os fabricantes, usuários, distribuidores e comerciantes de embalagens. Na versão da proposta, entregue ao MMA em março de 2014, foi prevista a implantação da logística reversa das embalagens nas doze cidades sedes da Copa do Mundo e suas regiões metropolitanas, sendo uma fase experimental com duração de três anos. Depois, a experiência seria estendida a outros municípios do país (ROLIM, 2014). Acordo setorial de embalagens em geral foi assinado em 25 de novembro de 2015 (MMA, 2015).

Em 2009, o custo da coleta regular no Rio Grande do Sul foi de R\$ 187,89/t, enquanto que no Brasil o custo médio foi de R\$ 80,00/t (CHAVES & SOUZA, 2012). Segundo o MMA (2012), o custo de disposição final em aterro sanitário, em 2008, foi de R\$ 54,25/t para os municípios pequenos (menos de 100 mil habitantes), enquanto para os médios e grandes (mais de um milhão de habitantes) foi de R\$ 35,46/t e R\$ 33,06/t, respectivamente.

2.2.2 Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Segundo a Lei nº 12.305 de 2010, a elaboração do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGIRS) é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso aos recursos da União destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade. Assim, em 2013 foi gerado um PMGIRS para o município de Porto Alegre. Neste documento, foi apresentada a evolução da geração de resíduos em Porto Alegre conforme a Figura 2.3.

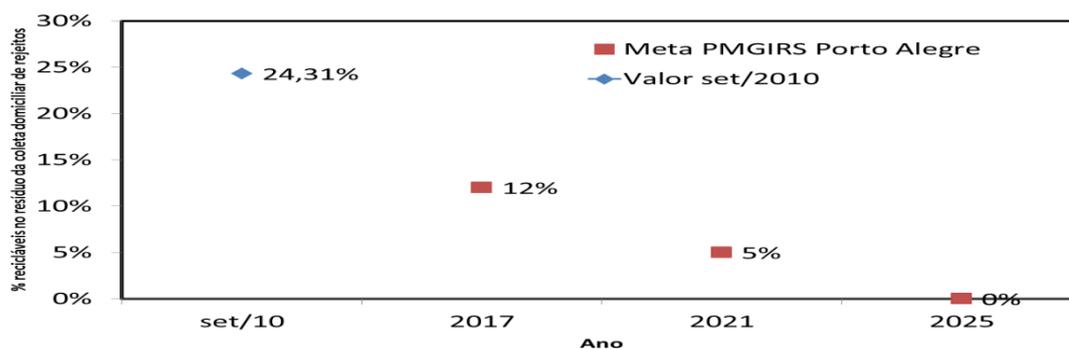
Figura 2.3: Evolução da geração de resíduos em Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013a).

Considerando a caracterização dos resíduos feita em 2009/2010 e a geração de RSD corrigida em 2011 de 1120,3 t/d, foi construída a Tabela 2.4. Porto Alegre enviou, em 2011, para aterro sanitário, em Minas do Leão, a média de 1731 t/d (FLECK & REICHERT, 2013a).

Tabela 2.4: Caracterização do RSD de Porto Alegre – base 2009/2010 (FLECK & REICHERT, 2013a e REICHERT, 2013).

Item	Participação (% m/m)	Quantidade (t/d)
Matéria Orgânica	57,27	641,58
Metais	1,46	16,36
Papel, papelão	11,61	130,18
Plásticos	11,22	125,81
PET		1,39
Plástico rígido (PEAD e PP)		3,13
Plástico filme (PEAD)		3,12
Plástico filme incolor (PEBD)		1,69
Plástico filme colorido (PEBD)		1,40
Poli (cloreto de vinila) (PVC)		0,08
EPS		0,41
Vidro	2,56	28,68
Outros	15,88	177,68
Total	100,0	1.120,29

Uma das metas prevista no PMGIRS de Porto Alegre é a redução do percentual de recicláveis que poderiam ser recuperados no resíduo da coleta domiciliar de rejeito. Em setembro de 2010 o percentual de recicláveis no rejeito foi de 24,31%. Para 2017, a meta é reduzir este valor para 12% conforme mostra a Figura 2.4. Para atingir esta meta a prefeitura planeja o aumento do número de unidades de triagem (FLECK & REICHERT, 2013b).

Figura 2.4: Meta de redução de recicláveis no resíduo da coleta domiciliar de Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013b).

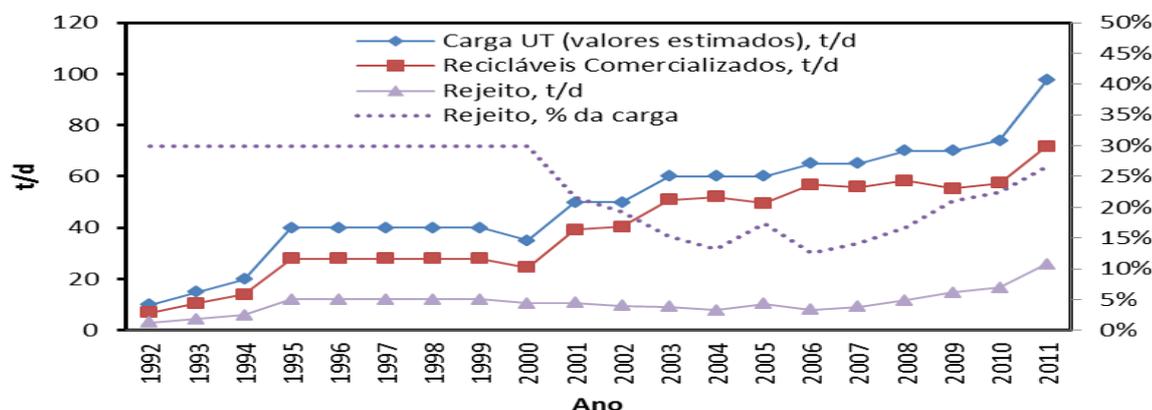
Martins (2003) relata que a primeira associação de catadores surgiu na Ilha Grande dos Marinheiros em 1986, a partir de um trabalho desenvolvido pelo padre Antônio Cechin e sua irmã Matilde. A organização na forma de associações foi escolhida inicialmente por ser mais fácil de lidar. Devido à alta rotatividade de trabalhadores, a forma cooperativa impunha que a cada desligamento o trabalhador recebesse a restituição de sua cota, visto que o capital social era formado por quotas-partes, as quais eram compartilhadas entre os cooperativados (MARTINS, 2003). Segundo o novo código civil brasileiro, as associações, as sociedades, as fundações, as organizações religiosas, os partidos políticos e as empresas individuais de responsabilidade limitada são pessoas jurídicas de direitos privado. As associações são juridicamente mais simples que as sociedades, e as cooperativas são um tipo de sociedade. As cooperativas e as associações podem comercializar produtos, mas as associações não podem partilhar os resultados ou dividendos entre os associados, as associações precisam investir os resultados no desenvolvimento de seus objetivos institucionais. Diferentemente, a cooperativa pode dividir as sobras de caixa entre os cooperativados (SOUZA, 2007). A lei que rege as associações é a Lei federal nº 10.406 de 10/01/2002, novo código civil brasileiro, que define associações como união de pessoas que se organizem para fins não econômicos. Para dispor sobre a organização e o funcionamento das cooperativas de trabalho foi publicada uma Lei nº 12690/2012.

O PMGIRS de Porto Alegre prevê a transformação das associações de catadores em cooperativas (FLECK & REICHERT, 2013b).

O Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) implantou o projeto das unidades de triagem em 1989, sendo que estas unidades foram projetadas e construídas para o recebimento dos materiais provenientes da coleta seletiva, onde são classificados, minimamente beneficiados sob a forma de fardos, armazenados e posteriormente comercializados pelas associações (FLECK & REICHERT, 2013a). Em 2013, o DMLU tinha convênio com quinze associações e duas cooperativas de recicladores, que operavam unidades de triagem (UT), a unidade de triagem de resíduos hospitalares (UTH) e a unidade de triagem e compostagem (UTC).

A Figura 2.5 mostra a evolução da coleta seletiva em Porto Alegre e da quantidade de rejeito nas unidades de triagem, que é o resultado de pesagem. A carga das unidades de triagem é uma estimativa de acordo com Fleck & Reichert (2013a) e Reichert (2013).

Figura 2.5: Evolução da coleta seletiva em Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013a).



Em 2011, as unidades de triagem de Porto Alegre receberam 100,3 t/d de resíduos recicláveis da coleta seletiva domiciliar e produziram 74,4 t/d de sucata, incluindo a UTC que recebeu 7 t/d de coleta seletiva não domiciliar, vendendo cerca de 3 t/d. O rejeito nas unidades de triagem medido foi de 25,87 t/d (FLECK & REICHERT, 2013a). A coleta dos catadores não conveniados em Porto Alegre foi estimada em 200 t/d em 2011 (FLECK & REICHERT, 2013a). Em 2002, a coleta dos catadores de rua foi estimada em 125 t/d (ZANETI, 2003).

Alguns dados de composição da coleta seletiva de Porto Alegre e de Dois Irmãos são apresentados na Tabela 2.5.

Tabela 2.5: Composição da coleta seletiva de Porto Alegre e Dois Irmãos (DORNELES, 2012c; MARTINS, 2003 e REICHERT, 2013).

Tipo de Material	Composição da coleta seletiva, %			
	Dois Irmãos ⁽¹⁾ (2010)	Porto Alegre ⁽²⁾ (1998)	Porto Alegre ⁽³⁾ (2002)	Porto Alegre ⁽⁴⁾ (2011)
Papel, papelão	53,5	26,3	34,7	38,4
Vidro	8,3	15,0	14,7	3,0
Plástico	23,9	30,6	20,5	30,6
Metais Ferrosos	12,6	16,0	6,7 ⁽⁵⁾	1,5
Metais Não ferrosos	1,6	1,5		0,7
Rejeito		10,6	23,4	25,8
Total	100	100	100	100

(1) Dorneles (2012c).

(2) Pereira & Santos (1998) *apud* Martins (2003).

(3) Huergo, M.(2002) *apud* Reichert (2013).

(4) DMLU (2012) *apud* Reichert (2013).

(5) Soma de metais ferrosos e não ferrosos.

Fleck & Reichert (2013a) fornecem informações sobre o custo da coleta seletiva e outros serviços de limpeza urbana, muitos destes serviços necessários para o envio do RSU para aterro no ano de 2011 e os valores são apresentados na Tabela 2.6. Em 2010, uma empresa terceirizada, com 28 caminhões de coleta, recebia R\$ 336 mil por mês para realizar a coleta seletiva, independente do volume coletado (DMLU, 2009). Em 2011, esta empresa recebeu R\$ 445 mil por mês (FLECK & REICHERT, 2013a).

Tabela 2.6: Custo da coleta seletiva e do envio de RSU para aterro em 2011 (FLECK & REICHERT, 2013a).

Serviço	Valor (R\$/ano)	Participação (%)
Transporte de Resíduos	16.568.154,72	23,2%
Transporte e Destino de Lixiviado	525.117,80	0,7%
Disposição Final	15.943.168,96	22,3%
Locação de Máquinas Pesadas	1.664.210,91	2,3%
Coleta de Resíduos Públicos	7.880.102,51	11,0%
Coleta Automatizada	2.323.265,35	3,3%
Coleta Domiciliar	21.105.104,90	29,6%
Coleta Seletiva	5.344.433,45	7,5%
Total (R\$)	71.353.558,60	100,0%

A Tabela 2.7 apresenta os custos do convênio com as unidades de triagem, além de alguns dados dos investimentos previstos nas unidades de triagem. Pelo convênio, o DMLU pagou para cada uma das 15 unidades de triagem R\$ 2.500,00 por mês. Este valor deve ser utilizado nas despesas de manutenção nos galpões, como custo de energia elétrica (EE) na triagem e na prensagem.

Tabela 2.7: Investimentos previstos nas unidades de triagem de Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013b).

<i>Item</i>	<i>Valor, R\$</i>	<i>Fonte: PMGIRS Porto Alegre</i>
Convênio com as unidades de triagem, R\$/ano	R\$ 450.000,00	Quadro 6.44
Construção da unidade de triagem da Restinga	R\$ 1.646.169,95	Quadro 6.14
Construção da unidade de triagem OAS	R\$ 2.285.839,70	Quadro 6.14
Reformas nas unidades de triagem / Galpão provisório	R\$ 160.000,00	Quadro 6.14
Aquisição de novos equipamentos para unidades de triagem	R\$ 1.913.000,00	Quadro 6.14
Capacitação de catadores informais e transformar as atuais associações em cooperativas	R\$ 2.334.376,81	Quadro 6.15

Zaneti (2003) fez uma pesquisa quantitativa utilizando amostra de 400 domicílios em Porto Alegre² entre novembro e dezembro de 2001. 93,2% dos entrevistados responderam que tinham conhecimento da coleta seletiva no bairro. A pesquisa indicou que 71,9% sempre faziam a separação e 10,4% geralmente faziam a separação dos resíduos sólidos no domicílio. Por outro lado, 5,9% raramente faziam a separação e 11,8% nunca faziam a separação dos resíduos recicláveis no domicílio. Campanhas publicitárias e notícias veiculadas na imprensa foram os principais motivadores de adesão à coleta seletiva com 44,3% das respostas. O segundo motivador foi o trabalho de Educação Ambiental do DMLU com 26,3% (por exemplo, a distribuição de cartilhas, orientação e supervisão dos técnicos aos moradores dos condomínios nos diversos bairros esclarecendo como participar da coleta dos resíduos recicláveis, o teatro nos parques da cidade e os PEVs). Os motivadores seguintes foram: informação trazida pela escola, 12,8%; reunião de condomínio, 10,3% e exemplo do vizinho, 9,8%. Na questão aberta sobre outros motivadores, 18% das pessoas responderam que valores pessoais e coletivos tais como “consciência” os motivaram a participar da coleta seletiva. Esta consciência foi manifestada em três níveis: pessoal (as pessoas participavam da coleta seletiva por “educação, por iniciativa própria, por formação profissional, para dar exemplo aos alunos, por leitura e por informação”), ecológica (porque assim estavam “agindo para a preservação do meio ambiente e do planeta, conservando o meio ambiente e evitando sua destruição e reaproveitando o lixo como adubo”) e social (foram observados valores como, por exemplo, a solidariedade: existia uma preocupação em auxiliar as pessoas de classes mais baixas proporcionando trabalho nas Unidades de Triagem). Por outro lado, os motivos da não adesão à coleta seletiva foram: a falta de espaço para guardar os resíduos em casa (3,5%), a realização da coleta apenas uma vez por semana (3,3%), era muito trabalho para separar os materiais (1,8%) e não tinha interesse (0,8%). Na categoria “outros motivos” 4% das pessoas responderam que não separavam os resíduos por falta de tempo, por que não tinham muito resíduo seco, por falta de organização, por que não sabiam os dias de coleta seletiva, por problemas de saúde ou por esquecimento.

Para regulamentar o serviço de gerenciamento dos resíduos sólidos em Porto Alegre foi instituído o Novo Código de Limpeza Urbana – Lei complementar nº 728 de 8 de janeiro de 2014. A competência para a execução é do DMLU. Pelo Código, são estabelecidas as normas de como devem ser o acondicionamento, a coleta, a destinação e a disposição final dos resíduos de qualquer natureza no âmbito do município de Porto Alegre, bem como prevê penalidades aos que infringirem tais regras.

² Foram pesquisados doze bairros: Azenha, Bonfim, Camaquã, Cavallhada, Cidade Baixa, Cristal, Cristo Redentor, Lindóia, Menino Deus, Nonoai, Vila Ipiranga e Passo d’Areia.

Também foram gerados PMGIRS para municípios da região metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Por exemplo, o consórcio Pró-Sinos foi assinado por: Araricá, Cachoeirinha, Campo Bom, Canela, Canoas, Caraá, Dois Irmãos, Estância Velha, Esteio, Glorinha, Gramado, Igrejinha, Nova Hartz, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Parobé, Portão, Riozinho, Rolante, Santo Antônio Patrulha, São Francisco de Paula, São Leopoldo, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara e Três Coroas. Em 2010, os municípios do consórcio Pró-Sinos produziram 1229,4 t/d de RSU com o percentual de plásticos de 13% em massa conforme mostra a Tabela 2.8 (DORNELES *et al.*, 2012a). Sendo enviados para aterro 1053 t/d de resíduos sólidos. O diagnóstico do estudo apontou que foram reciclados 124,52 t/d, quando o total de recicláveis no RSU foi estimado em 442,59 t/d, representa 36% do RSU, usando a caracterização que contempla 88,5% das municipalidades do consórcio.

Tabela 2.8: Estimativa da caracterização do RSU do consórcio Pró-Sinos (DORNELES *et al.*, 2012a).

Item	Participação (%)	Quantidade (t/d)
Matéria Orgânica	42	516,4
Metais	4	49,2
Papel, papelão	14	172,1
Longa vida	2,5	24,6
Plásticos	13	159,8
Vidro	2,5	36,9
Rejeito	22	270,5
Total	100,0	1.229,4

Sabe-se que em muitos municípios as atividades de segregação em galpões por agentes ambientais são precedidas de coleta seletiva. No entanto, em outras cidades, embora existam cooperativas de agentes ambientais ou galpões de triagem, inexistem a coleta seletiva sistematizada ou eficiente, tornando extremamente imprópria sob a dimensão sanitária, as ações de triagem (DORNELES *et al.*, 2012a).

Há municípios como São Leopoldo e Dois Irmãos que apresentam a prática da coleta seletiva já solidificada. Dois Irmãos possui tradição de coleta seletiva de mais de duas décadas em processo de constante aprimoramento, resultando em uma quantidade relevante de agentes ambientais que vivem desta atividade em cooperativa apoiada pelo município (DORNELES *et al.*, 2012a). Entretanto, nove dos vinte e seis municípios do consórcio Pró-Sinos: Araricá, Caraá, Glorinha, Nova Santa Rita, Parobé, Portão, Riozinho, Rolante e Taquara, não possuem práticas de coleta seletiva (DORNELES *et al.*, 2012a). A Tabela 2.9 apresenta a caracterização do RSD de Canoas, Dois Irmãos, Campo Bom e Novo Hamburgo.

Tabela 2.9: Caracterização do RSD dos municípios de Canoas, Campo Bom, Dois Irmãos e Novo Hamburgo (DORNELES *et al.*, 2012a, 2012b, 2012c e 2012d).

Item	Canoas (% massa)	Campo Bom (% massa)	Dois Irmãos (% massa)	Novo Hamburgo (% massa)
Matéria Orgânica	55,39	37,80	18,23	40,22
Metais	3,79	3,17	4,14	0,99
Papel, papelão	13,75	15,12	16,30	15,94
Longa vida		1,71	6,08	1,11
Plásticos	13,72	14,39	28,18	13,66
Vidro	0,58	0,01	1,66	5,31
Rejeito	12,77	27,80	25,41	22,77
Total	100,00	100,00	100,0	100,00

Canoas gerou 280 t/d de RSD e os catadores comercializaram 27 t/d de materiais recicláveis em 2010 (DORNELES *et al.*, 2012a). A cidade de Dois Irmãos gerou 16,4 t/d de RSD e foram comercializados 4,3 t/d de materiais recicláveis.

Dorneles *et al.* (2012a) apresentaram dados para o custo do RSU nos municípios do consórcio Pró-Sinos mostrados na Tabela 2.10 e o custo mensal médio foi de R\$ 2,82 por habitante. Os custos incluem serviços de coleta, transporte, transbordo e destinação final dos RSU, este valor não inclui serviços de limpeza pública. O custo mensal mais alto foi do município de Gramado com R\$ 5,56 por habitante.

Tabela 2.10: Custo do envio do RSU para aterro consórcio Pró-Sinos (DORNELES *et al.*, 2012a).

<i>Item</i>	<i>Valor</i>	<i>PMGIRS de Canoas</i>
Custo dos serviços de coleta, transporte e destinação final de RSU em 2010, R\$/ano.	R\$ 56.180.980,32	Página 137
Habitantes nos 26 municípios do consórcio Pró-Sinos	1.721.939	Página 132
Total de RSU em 2010, t/d	1.229,43	Página 129

Existem quatro municípios na RMPA que possuem recicladoras, mas não estão incluídos no consórcio Pró-Sinos: Alvorada, Capela de Santana, Gravataí e Viamão, os quais ainda não haviam divulgado seus PMGIRS até o presente momento.

O município de Alvorada possui um plano municipal de saneamento básico (PMSB) com as informações sobre a geração de RSD e sua caracterização, que são apresentadas na Tabela 2.11. As associações e cooperativas de Alvorada comercializaram 4 t/d de sucata em 2011 (BOHRER, 2013).

Tabela 2.11: Estimativa da caracterização do RSD em Alvorada (BOHRER, 2013).

<i>Item</i>	<i>Participação⁽¹⁾ (%)</i>	<i>Quantidade (t/d)</i>
Matéria orgânica	51,4	0,0
Metais	2,9	3,9
Papel, papelão e Tetra Pak	13,1	17,7
Plásticos	13,5	18,2
Vidro	2,4	3,2
Outros	16,7	22,5
Total	100,0	135,0

(1) A caracterização utilizada é a mesma apresentada no MMA (2012) para o Brasil.

Em Alvorada os serviços de coleta de RSD e coleta seletiva são terceirizados, e o município tem como atribuição fiscalizar os serviços estabelecidos em contrato. Em 2011, este custo foi de R\$ 90,31 por tonelada e o custo para disposição final do RSD em aterros terceirizados foi de R\$ 79,03 por tonelada. Em vista disso tem-se que a despesa operacional com o manejo do RSD foi de R\$ 169,34 por tonelada (BOHRER, 2013).

São Sebastião do Caí, segundo a lei municipal nº 3.611 de 3 de setembro de 2013, pretende implantar a coleta seletiva, manter a usina de reciclagem de lixo domiciliar, adquirir e instalar nova usina de lixo domiciliar para eliminar os depósitos de lixo domiciliar causadores de poluição ambiental e focos de transmissão de doenças e fazer o aproveitamento do lixo orgânico do município.

O município de Viamão na RMPA ainda possuía lixão (FLECK & REICHERT, 2013a), sendo esta a pendência mais urgente na região metropolitana. O MMA (2012) tinha como meta erradicar todos os lixões no país até 2014, mas este objetivo não foi atingido. O encerramento de lixões e aterros controlados compreende no mínimo: ações de cercamento da área; drenagem pluvial; cobertura com solo e cobertura vegetal; sistema de vigilância; realocação das pessoas e edificações que porventura se localizem dentro da área do lixão e aterro controlado. O remanejamento deve ser de forma participativa, utilizando como referência o programa pró-catador (Decreto 7.405/2010) e os programas de habitação de interesse social. Consideram-se como recuperação de lixões e aterros controlados, além das consideradas no encerramento, as ações de queima pontual de gases, coleta e tratamento de chorume, recuperação da área degradada e compactação da massa, com gerenciamento e monitoramento das áreas contaminadas, plano de encerramento e uso futuro da área (MMA, 2012). O lixão deixou de receber resíduos em agosto de 2015 que passaram a ser enviados para o aterro sanitário de São Leopoldo (DESATIVADO, 24/8/2015 e NOVO, 24/8/2015).

Segundo Becker (2012), o município de Guaíba gerou 1400 t/mês de resíduos sólidos domésticos e não possuía coleta seletiva. Existia uma central de triagem e reciclagem localizada junto ao aterro para triar os resíduos da coleta regular, mas que devido à falta de pessoal conseguia triar apenas 10% da coleta regular de RSU misturados (BECKER, 2012). Havia na cidade duas associações com menos de vinte catadores e um projeto piloto de coleta seletiva na Secretaria Municipal de Saúde (BECKER, 2012), porém não foram encontrados dados relativos ao custo da coleta, transporte e disposição final do RSD.

2.2.3 Tributação

As empresas brasileiras recicladoras de plástico são tributadas em função do tipo de resíduo consumido, que pode ser industrial ou pós-consumo, e em função do regime tributário com base no lucro real ou presumido (MAXIQUIM, 2011a).

Outra possibilidade de regime tributário para empresas com receita bruta anual inferior a R\$ 2,4 milhões (3,6 milhões a partir de 01.01.2012) é o regime compartilhado de arrecadação, o Simples Nacional. Previsto na Lei complementar nº 123 de 14 de dezembro de 2006, o Simples Nacional, de acordo com a Secretaria da Receita Federal (2014), é aplicável às micro empresas e empresas de pequeno porte, que pagam em uma única guia o conjunto de imposto de renda de pessoa jurídica (IRPJ), contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL), ICMS, COFINS, PIS/PASEP, ISS, contribuição patronal previdenciária (CPP) e IPI. O imposto pago pela indústria varia de 4,5% a 12,11% da receita bruta, de acordo com o anexo II da lei complementar.

As recicladoras tributadas com base no lucro real pagam 15% de IRPJ e 9% de CSLL sobre o lucro líquido. O lucro real é igual ao lucro líquido mais os ajustes fiscais. Se o lucro real exceder a R\$20 mil por mês (R\$240 mil no ano) paga 10% de IRPJ pelo excedente. As recicladoras tributadas com base no lucro real e que compram aparas industriais se creditam de PIS/COFINS e são isentas dos demais impostos (MAXIQUIM, 2011a).

As recicladoras optantes pelo regime tributário de lucro presumido, que compram aparas industriais, não sofrem tributação do IPI. Segundo a MaxiQuim (2011a), para o PIS/COFINS praticamente todas as recicladoras se enquadram no regime tributário lucro

presumido. Poderá optar pelo regime de tributação com base no lucro presumido, a pessoa jurídica cuja receita bruta total no ano calendário anterior tenha sido igual ou inferior a R\$ 48.000.000,00 (quarenta e oito milhões de reais) ou a R\$ 4.000.000,00 (quatro milhões de reais) multiplicado pelo número de meses de atividade do ano-calendário anterior, quando inferior a 12 (doze) meses (artigo 13 da Lei nº 9.718, de 27 de novembro de 1998). Neste regime, a recicladora ou prestadora de serviços de transporte de cargas paga alíquota de 15% de IRPJ sobre 8% da receita bruta e alíquota de 9% de CSLL sobre 12% da receita bruta.

As empresas recicladoras, que compram resíduos pós-consumo, não sofrem tributação de IPI e ICMS (MAXIQUIM, 2011a).

O ICMS não é pago na venda de sucata, este imposto fica diferido para a unidade industrial que o compra de acordo com a Lei n.º 8.820, de 27 de janeiro de 1989. Mas, se a sucata plástica é vendida para fora do estado do Rio Grande do Sul, paga 12% de ICMS.

Segundo o decreto de nº 3.581, de 31 de agosto de 2000 que alterou a alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) dos plásticos reciclados, a alíquota do IPI paga pelos recicladores de plástico foi reduzida para 5%. Vale lembrar que antes deste decreto, o plástico reciclado era tributado em 12%, sendo mais taxado que a resina virgem.

De acordo com a MaxiQuim (2011a), as empresas de transformação de plástico brasileiras não recebem diferenciação tributária ao comprar resina reciclada ou resina virgem, sendo os impostos de ambas equivalentes. A Tabela 2.12 mostra os impostos da indústria de transformação do plástico na compra de matéria-prima.

Tabela 2.12: Impostos na compra de resina pela transformadora (adaptado de MAXIQUIM, 2011a).

Imposto	Percentual (%)	
ICMS (estadual)	8 a 18	
IPI	5,0	
PIS	Base no lucro presumido	0,65
	Base no lucro real	1,65
COFINS	Base no lucro presumido	3,0
	Base no lucro real	7,6

De acordo com a Lei nº 12.375, de dezembro de 2010 os estabelecimentos industriais farão jus, até 31 de dezembro de 2014, a crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI na aquisição de resíduos sólidos utilizados como matérias-primas ou produtos intermediários na fabricação de seus produtos. Somente poderá ser usufruído se os resíduos sólidos forem adquiridos diretamente de cooperativa de catadores de materiais recicláveis com número mínimo de cooperados pessoas físicas definido em ato do Poder Executivo, ficando vedada, neste caso, a participação de pessoas jurídicas (MMA, 2012).

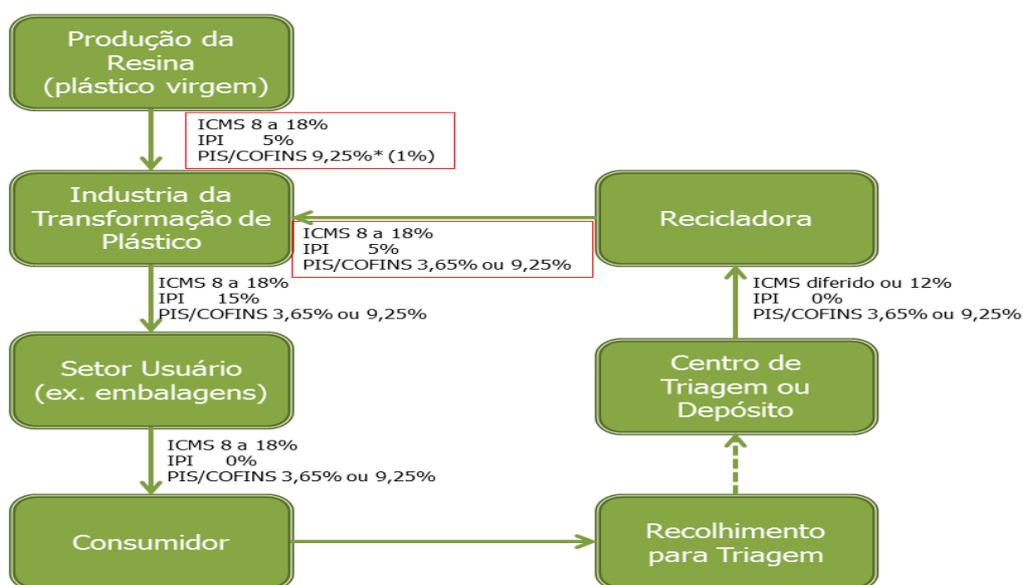
Em 2010, o estado de Santa Catarina comprou 22% das 150,8 mil toneladas de resíduo plástico consumidos na reciclagem no estado do Rio Grande do Sul. O total de compra de resíduos plásticos de outros estados chegou a 59% (MAXIQUIM, 2011b). O estado de Santa Catarina alterou o regulamento do ICMS: o decreto nº 272/2011 sobre crédito presumido de ICMS nas saídas de produtos industrializados em cuja fabricação haja sido utilizado material reciclável sofreu uma alteração para incluir produtos industrializados em cuja fabricação haja sido utilizada material reciclável correspondente a, no mínimo, 75% do custo da matéria-

prima, realizadas pelo estabelecimento industrial que os tenha produzido, calculado sobre o imposto relativo à operação própria.

Em 2013 foi estabelecido um convênio com a União para redução do ICMS na reciclagem; a cláusula primeira diz que os estados do Ceará, Mato Grosso, Santa Catarina e o Distrito Federal ficam autorizados a conceder, na forma e condições estabelecidas em sua legislação, redução da base de cálculo do Imposto sobre operações relativas à Circulação de Mercadorias e de prestação de Serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação - ICMS, de forma que a carga tributária seja equivalente à aplicação de percentual de até 1% (um por cento) sobre o valor das operações internas com sucatas de papel, vidro e plásticos, destinadas a estabelecimento industrial, que tenham como objetivo a reciclagem.

A Figura 2.6 mostra a cadeia do plástico e os impostos incidentes sobre a compra e venda de plástico, no Brasil, segundo a ABIPLAST (2013).

Figura 2.6: Cadeia do plástico e tributação (adaptado de ABIPLAST, 2013)



2.3 A reciclagem mecânica

2.3.1 Aspectos mercadológicos

Nos contextos regional e nacional, a reciclagem mecânica representa atualmente a solução mais relevante para a reciclagem de plásticos (ROMÃO *et al.*, 2009).

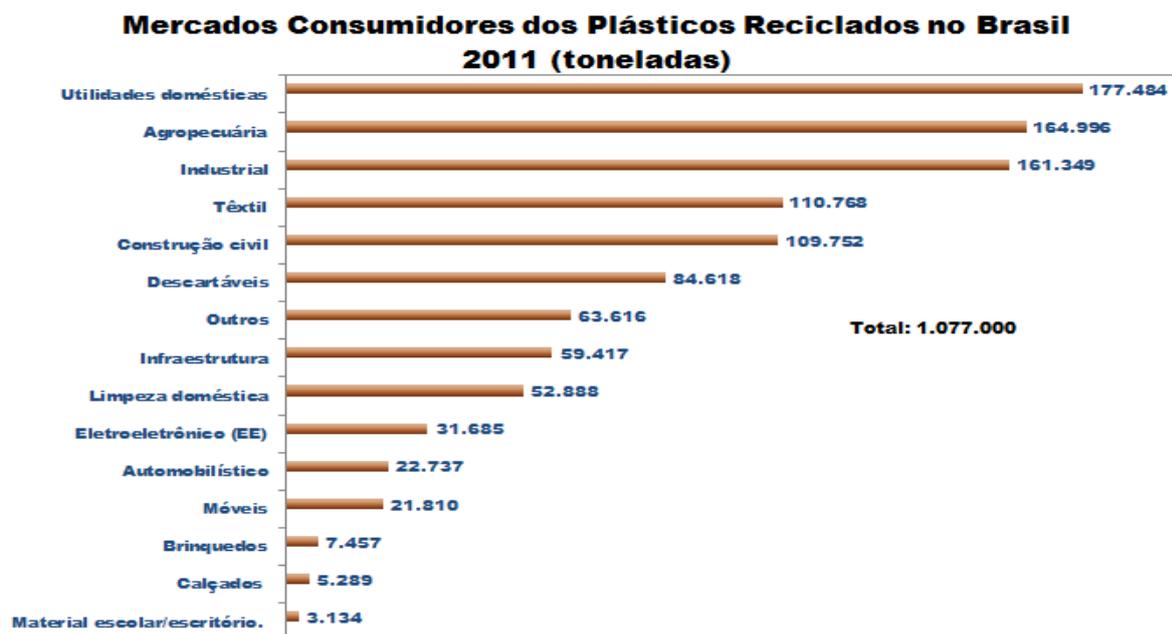
A Plastivida (2012) apresentou o monitoramento do índice de reciclagem mecânica (IRM) do plástico no Brasil. Em 2011, existiam 815 empresas de reciclagem mecânica no país, 40% das quais estavam localizadas no estado de São Paulo e 14% no estado do Rio Grande do Sul. Os municípios brasileiros que possuíam coleta seletiva estruturada eram 443, 221 dos quais situados na região sudeste e 159 municípios situados na região sul. A região

norte tinha apenas cinco recicladoras e cinco municípios com coleta seletiva estruturada. O número de recicladoras no Brasil aumentou 10,4% no comparativo 2011 x 2010. Já o número de empregados diretos aumentou 24,2% neste período e o faturamento bruto aumentou 22,9%. A capacidade instalada aumentou 16,2% no comparativo 2011 x 2010 para 1716 mil toneladas. E a capacidade ociosa também aumentou de 35,5 para 37,0%.

A maior parte das 815 empresas era especializada em reciclagem (56,4%), ou seja, compravam sucata e comercializavam apenas o material plástico reciclado na forma de grânulos, moído ou aglutinado (PLASTIVIDA, 2012). As empresas recicladoras verticalizadas em triagem eram 19,6%, as empresas recicladoras verticalizadas em transformação eram 17,7% e apenas 6,3% eram empresas recicladoras verticalizadas em triagem e transformação.

Segundo a Plastivida (2012) o uso do plástico reciclado no Brasil em 2011 era predominantemente em bens de uso não duráveis e semiduráveis com 40,6% dos produtos divididos conforme mostrado na Figura 2.7 (utilidades domésticas, têxtil, descartáveis, limpeza doméstica, brinquedos, calçados e material escolar/escritório).

Figura 2.7: Mercados consumidores de plásticos reciclados (adaptado de PLASTIVIDA, 2012).



No Brasil, em 2011, foram reciclados mecanicamente 737 mil t/a de plástico de origem pós-consumo (PLASTIVIDA, 2012). Considerando o IRM do plástico pós-consumo no Brasil de 21,7% apresentado por Plastivida (2012), foram enviados para aterro 2643 mil toneladas de plástico reciclável em 2011.

O poli(tereftalato de etileno) (PET) é o plástico com maior IRM (PLASTIVIDA, 2012) e de acordo com Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET, 2012) foram reciclados 294 mil toneladas desta resina em 2011, cerca de 40% do PET pós-consumo gerado. Em 2012, segundo a ABIPET (2013) 331 mil toneladas de PET foram recicladas no Brasil, com o IRM atingindo 58,9%. O uso final do PET reciclado é mostrado na Tabela 2.13.

Tabela 2.13: Uso final do PET reciclado no Brasil (adaptado de ABIPET, 2013).

Uso	Participação (%)
Indústria Têxtil	38
Resinas Insaturadas e Alquídicas	24
Embalagem de Alimentos e não-Alimentos	18
Laminados e Chapas	6,0
Fitas de arquear	6,0
Tubos	2,0
Outros	6,0
Total	100,0

A MaxiQuim (2011a) realizou um levantamento da indústria de reciclagem mecânica para três sindicatos de plástico do Rio Grande do Sul: Sindicato das Indústrias de Material Plástico no Estado do Rio Grande do Sul (SINPLAST), Sindicato das Indústrias de Material Plástico do Nordeste Gaúcho (Simplás) e Sindicato das Indústrias de Material Plástico do Vale dos Vinhedos (SIMPLAVI). Em 2010, existiam 110 empresas de reciclagem em operação, sendo 52% recicladoras, 17% recicladoras verticalizadas em triagem, 27% recicladoras verticalizadas em transformação e 4% recicladoras verticalizadas em triagem e transformação.

No estado do Rio Grande do Sul, em 2010, a indústria da reciclagem mecânica processou 53.100 toneladas de resíduo plástico pós-consumo e 68.900 toneladas de resíduo plástico industrial. Em relação ao tipo de resina, usando resíduo pós-consumo e industrial, foram processadas 37.600 toneladas de PEBD/PEBDL, 35.900 toneladas de PET, 15.500 toneladas de PP, 7.100 toneladas de PEAD, 3.700 toneladas de PVC e 6.300 toneladas de outros tipos de plástico. Em relação à forma foram produzidos 60% de moído (flakes), 38% de granulado (pellets) e 2% de aglutinado. Considerando o IRM do plástico pós-consumo da indústria de reciclagem no RS de 24% em 2010 (MAXIQUIM, 2011a), foram enviados para aterro 168.150 toneladas de plástico no Rio Grande do Sul.

2.3.2 Aspectos técnicos

A seguir será descrito o processo de reciclagem mecânica do plástico pós-consumo, visto que este é o processo de reciclagem mais utilizado no Brasil (OLIVEIRA, 2012). Será apresentado todo o processo desde a coleta dos materiais recicláveis até o processamento do plástico.

A segregação de resíduos na fonte geradora é a primeira etapa no processo de obtenção de plástico pós-consumo e permite a geração de matérias-primas para as recicladoras. Esta matéria-prima segregada precisa então ser coletada, e esta coleta pode ser realizada de vários modos (FLECK & REICHERT, 2013a).

Dorneles *et al.* (2012a) apresentam os tipos de coleta seletiva: modelo porta a porta, pontos de entrega voluntária de resíduos seco, pontos de entrega voluntária associado à logística reversa e modelo de coleta por cooperativas de recicladores.

- Modelo porta a porta: Esta é coleta seletiva chamada de coleta formal dos resíduos sólidos. O caminhão de coleta, contratado pela prefeitura, passa de porta em porta

recolhendo somente resíduos secos e depois entrega nas unidades de triagem. Este modelo de coleta seletiva tem a barreira do alto custo.

- Pontos de entrega voluntária exclusivos: Centrais de recebimento de resíduos secos não necessariamente especificados na legislação aplicável, ou seja, não se trata de resíduos especiais, mas sim de qualquer resíduo seco de interesse público.
- Pontos de entrega voluntária associados com logística reversa: Centrais de recebimento de resíduos secos especificados na legislação aplicável. É a alternativa viável para aperfeiçoar a utilização de Pontos de Entrega Voluntária (PEV), utilizando as enormes possibilidades abertas pela gestão compartilhada que obriga fabricantes, importadores, distribuidores e varejistas, juntamente com o poder público e a comunidade, a viabilizar os mecanismos necessários para atender a legislação e inclusive viabilizar novos nichos de mercado e novos negócios que vão tomar forma.
- Modelo associado a cooperativas de recicladores: Acordos com cooperativas para a coleta dos resíduos secos porta a porta ou em pontos específicos.

Existem, também, as coletas informais dos recicladores de bairro, que compram materiais recicláveis de catadores, supermercados e outros estabelecimentos comerciais e coletas informais dos catadores em condomínios e no lixo depositado nas ruas. As coletas formal e informal coletam o chamado resíduo seco reciclável constituído de plástico, vidro, papel/papelão e metal. Em Porto Alegre, os galpões de triagem conveniados recebem além da coleta formal, resíduo seco reciclável de indústrias, órgãos públicos e lojistas.

Quando a segregação na fonte não é feita, ainda assim existe a possibilidade de reciclagem, pois há catadores que vasculham o lixo depositado nas calçadas coletando o resíduo seco reciclável, especialmente latas de alumínio e garrafas PET. Além disto, na RMPA existem cooperativas que fazem a triagem do material reciclável contido nos resíduos sólidos urbanos (RSU) antes de ser enviado para o aterro.

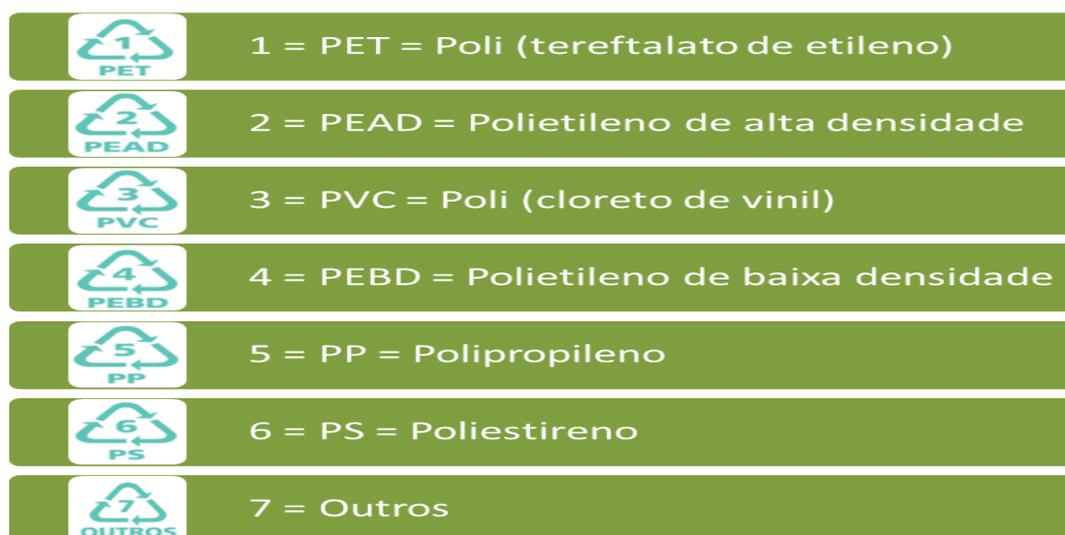
Na triagem, os resíduos são separados por tipo de material: plástico, papel, papelão, vidro e metais (FLECK & REICHERT, 2013a). Os plásticos são separados de forma manual por resina, conforme a norma ABNT NBR 13.230, por cor ou por tipo de processo de fabricação (injeção, sopro, extrusão, etc.) do qual ele se originou (AMARAL *et al.*, 2011). Este é o caso do PET, no qual são separados para reciclagem os produtos fabricados por sopro. Os materiais recicláveis são vendidos, em sua maioria, prensados na forma de fardos para negociantes ou para as recicladoras. Em termos físicos, a estrutura de triagem em Porto Alegre consiste em galpões cobertos, com piso em concreto, áreas de atividades definidas e equipadas com cestos para receber a coleta seletiva, mesas de separação, bombonas (recipientes de armazenamento intermediário onde são depositadas diferentes categorias de materiais, a partir da separação), prensas, balanças e elevadores de carga (FLECK & REICHERT, 2013a). Em alguns galpões da RMPA existem esteiras rolantes para fazer a separação dos resíduos pelos catadores, sendo este equipamento mais comum onde não ocorre a coleta seletiva, isto é, a triagem é feita a partir da coleta de RSU misturados (DORNELES, 2012b).

Nos centros de triagem ou nas recicladoras os resíduos plásticos oriundos do pós-consumo chegam com muitos contaminantes: materiais termorrígidos, aço, adesivos,

alumínio, vidro, papel, tintas, vernizes, restos de alimentos, produtos químicos ou sujidades (APRILEO, 2013).

Para ajudar a separação dos plásticos por tipo de resina, foi elaborada a norma ABNT NBR 13.230, revisada em 2008 com o título embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis – Identificação e Simbologia. Esta norma estabelece os símbolos para a identificação das resinas termoplásticas utilizadas na fabricação de embalagens, visando auxiliar na separação e posterior reciclagem dos materiais de acordo com sua composição. E os símbolos identificação de plásticos são apresentados na Figura 2.8.

Figura 2.8: Símbolos de identificação dos plásticos segundo a norma ABNT NBR 13.230 (adaptado de CEMPRE, 2008).



Conforme a NBR 13.230, a reciclagem mecânica é aplicada a materiais termoplásticos, como aqueles indicados na Figura 2.7. O PEBDL³ deve usar o mesmo símbolo do PEBD e número 4. No caso de produtos fabricados com uma mistura de resinas, por coextrusão e/ou coinjeção, os dois componentes principais da mistura devem ser indicados, por exemplo, PEAD/PEBD (sob o triângulo) e 2/4 (dentro do triângulo) (COLTRO *et al.*, 2008).

No caso de embalagens fabricadas por uma mistura de resinas em que pelo menos uma das resinas não esteja contemplada por um dos códigos de 1 a 6, a norma recomenda o uso do número 7 dentro do triângulo de três setas e a identificação dos tipos de resina por suas abreviaturas abaixo do triângulo de três setas (COLTRO & DUARTE, 2013).

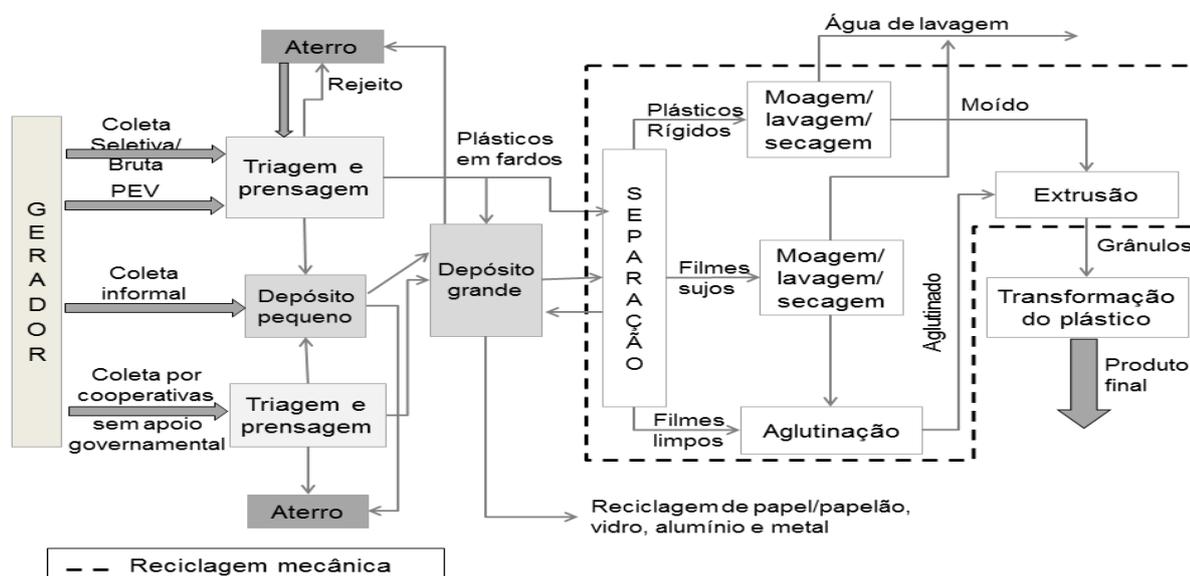
No caso de embalagens com dimensões reduzidas, que não permitam a gravação do símbolo completo, pode-se eliminar a gravação da abreviatura e mantém-se o triângulo de três setas com a numeração adequada em seu interior. Porém, quando o código é 7 a eliminação da abreviatura das resinas não se aplica, uma vez que o código 7 por si só não traz informação sobre o tipo de resina (COLTRO & DUARTE, 2013).

³ Nesta dissertação foi utilizada a sigla PEBDL para representar o polietileno de baixa densidade linear, em outros trabalhos também é referida a sigla PELBD (polietileno linear de baixa densidade) como o mesmo significado.

E o símbolo de número 7 (“outros”) normalmente é empregado para produtos plásticos fabricados com copolímero de acrilonitrila, butadieno e estireno (ABS), copolímero de etileno e acetato de vinila (EVA), policarbonato (PC), polioximetileno (POM), poliamida (PA), acrílicos e uma combinação de diversas resinas e/ou materiais (COLTRO *et al.*, 2008). E neste caso, Coltro *et al.* (2008) sugerem o uso da sigla do polímero abaixo do símbolo no lugar da palavra outros.

A reciclagem mecânica dos plásticos rígidos, de um modo geral, inclui as seguintes etapas: separação, moagem, lavagem, secagem, granulação e, finalmente, a transformação do polímero em produto acabado (SPINACÉ & DE PAOLI, 2005). Um esquema simplificado da reciclagem mecânica do plástico pós-consumo, incluindo a coleta, a triagem e a transformação, é mostrado na Figura 2.9.

Figura 2.9: Fluxograma simplificado do processo de coleta, triagem, armazenamento e reciclagem mecânica



Em geral, a recicladora compra fardos prensados, nos quais os plásticos já foram separados por tipo de resina e por cor, mas um novo processo de separação manual é necessário para remover contaminantes como tampas e rótulos não removidos na triagem feita nos galpões. E como os tipos de processamento mais utilizados na fabricação de embalagens plásticas encontradas no RSU são a moldagem por injeção e por sopro (HU *et al.*, 2013), é importante separar os plásticos em injeção e sopro, devido a grande diferença no índice de fluidez. Por exemplo, o PEAD moldado por injeção tem um índice de fluidez (MFI) muito mais alto do que o PEAD moldado por sopro. Se misturar embalagens moldadas por sopro com embalagens moldadas por injeção, a mistura não pode ser utilizada nem para moldagem por sopro, nem para moldagem por injeção (HARPER, 1996).

Após a separação, a próxima etapa da reciclagem mecânica do plástico rígido é a moagem onde, em geral, é usado um moinho de facas rotativo. No fundo do moinho é feito um peneiramento na forma aproximada de “pellets” antes do reprocessamento. Isto permite acomodar melhor o material no equipamento de processamento, como a extrusora ou a injetora. É importante que o material moído tenha dimensões uniformes para que a fusão

também ocorra uniformemente. A presença de pó proveniente da moagem é inconveniente, pois este funde antes e atrapalha o escoamento do material nos equipamentos de processo (SPINACÉ & DE PAOLI, 2005).

Depois de moído, o plástico é lavado com água em um tanque ou solução de detergente aquecido. Nesta etapa é necessária a remoção de resíduos de detergente. A água de lavagem é tratada e reutilizada no processo (SPINACÉ & DE PAOLI, 2005). Em alguns processos a moagem e a lavagem ocorrem na mesma etapa e em outros processos a lavagem é feita primeiro, depois a secagem e por fim a moagem ou aglutinação.

O material lavado é enviado para equipamentos onde o excesso de umidade é removido. O máximo teor de umidade para poliolefinas é de 1% massa e para poliésteres e poliamidas deve ser inferior a 0,02% massa (SPINACÉ & DE PAOLI, 2005). Estes equipamentos podem ser do tipo centrífugo ou secadores com ar em contra corrente ou estufas.

No caso do resíduo plástico filme limpo, depois da etapa de separação, o material é compactado em um aglutinador para reduzir o volume aumentando a densidade. Se o plástico filme estiver sujo é preciso moer, lavar e secar antes do envio para o aglutinador.

Quando a recicladora, como no caso das cooperativas de reciclagem existentes em Dois Irmãos e Campo Bom no Rio Grande do Sul, comercializam somente o material moído ou aglutinado, sem chegar ao produto granulado, somente as etapas descritas nos parágrafos anteriores são realizadas.

Uma etapa adicional que, dependendo das características do material reciclado, pode ser requerida antes do processamento final é a de granulação ou peletização. Esta é a etapa de extrusão e pode ser realizada na empresa recicladora ou na transformadora.

No processo da extrusão também se obtém a homogeneização e dispersão dos pigmentos, cargas e aditivos, a fim de se obter um produto com as características requisitadas. A extrusão consiste na passagem do material por um equipamento em que o material será aquecido, atingindo o ponto de plasticidade sendo posteriormente cortado em grãos. De acordo como Amaral *et al.*(2011), é possível utilizar-se dois tipos de extrusoras diferentes:

- Extrusora com corte na cabeça: o material é cortado imediatamente após sair da máquina, utilizando um dispositivo adaptado ao próprio cabeçote da extrusora, que funciona como uma matriz, determinando a granulometria, e uma tela que filtra o material, retirando impurezas. Os grânulos são então transportados em água que tem função de resfriá-los e transportá-los até um secador que, por centrifugação, separa os grânulos.
- Extrusora de fio: o material aquecido, já no estado plástico, é resfriado em uma cuba com água e posteriormente cortado com rotor e contra-facas. Os fios saem do cabeçote da máquina e são arrastados em uma banheira de água para resfriamento, passam por uma matriz com rotor de corte que os fragmenta de acordo com sua velocidade, podendo-se obter grânulos de diferentes tamanhos.

Na indústria de transformação o produto granulado sofre o processamento e são utilizados diversos equipamentos. De acordo com Mano & Mendes (1999) os processos de transformação podem ser divididos em dois grandes grupos conforme a fluidez da massa for

obtida por aquecimento ou pela adição de um líquido. Os processos de moldagem com aquecimento podem ser subdivididos, conforme exijam ou não a utilização de pressão.

Os processos de moldagem com aquecimento e sem pressão incluem o vazamento (*casting*), que inclui a roto moldagem, e a fiação por fusão (*melt spinning*) (MANO & MENDES, 1999).

Os processos com aquecimento e com pressão ou vácuo são a moldagem por compressão (*compression molding*), a moldagem por injeção (*injection molding*), a calandragem (*calendering*), a extrusão (*extrusion*), a moldagem por sopro (*blow molding*) e a termoformação ou termoformagem (*thermoforming*) (MANO & MENDES, 1999).

Os processos com a adição de um líquido, sem aquecimento e sem pressão são a fiação seca (*dry spinning*) ou úmida (*wet spinning*) e a imersão (*dipping*). Alguns destes processos obtêm o produto acabado e outros resultam em um produto semiacabado, alguns são contínuos outros em batelada (MANO & MENDES, 1999).

O processo de extrusão pode fabricar grânulos, tubos, perfis, lâminas, chapas, filmes tubulares, filmes planos, filmes mono e biaxialmente orientados (MANO & MENDES, 1999).

A coextrusão é um processo no qual duas ou mais extrusoras alimentam um único cabeçote, com o objetivo de obter um produto com materiais de diferentes propriedades (AMARAL *et al.*, 2001). O material extrusado, contínuo, é gerado em uma fenda múltipla e conforme a espessura, o produto extrusado é classificado como filme, folhas ou placas (MANO & MENDES, 1999).

Laminados são materiais plásticos formados pela união de uma camada estrutural (papel, cartão, folhas metalizadas ou placas) com um polímero ou plástico por meio de uma aplicação de adesivo. Este processo, chamado de laminação, usualmente requer pressão e calor, e é muito utilizado na fabricação de embalagens flexíveis (HARPER, 1996).

Entretanto, peças de grandes dimensões e desenho não complexo como caiaques ou revestimentos para interiores de geladeira, embalagens descartáveis e muitos produtos descartáveis, como copos e pratos são produzidos por termoformação. Este processo têm como ponto de partida os produtos semimanufaturados, como laminados ou chapas de materiais termoplásticos, normalmente obtidos por extrusão ou calandragem (AMARAL *et al.*, 2011). São empregados moldes de baixo custo e com frequência são utilizados laminados ou chapas plásticas de PP, PS, ABS, PMMA ou PET, (MANO & MENDES, 1999). Neste processo a placa é fixada na máquina, em seguida aquecida pela sua aproximação de resistências elétricas, lâmpadas infravermelhas ou fluxo de ar quente até seu amolecimento e a peça toma a forma do molde com o auxílio de vácuo, ar comprimido ou algum componente mecânico; depois, a peça, no próprio molde com auxílio de ventiladores ou ar comprimido, é resfriada de modo a ser removida sem distorcer, e finalmente, as rebarbas, principalmente as da área onde a peça foi fixada, são removidas (RODA, 2014).

Na termoformação a vácuo, a moldagem ocorre em uma matriz submetida a vácuo, que elimina o ar existente entre a chapa e o molde, de modo a permitir que a pressão atmosférica force a chapa amolecida contra o mesmo (AMARAL *et al.*, 2011).

Depois de reciclado mecanicamente, o plástico pode ser novamente processado e transformado em um novo produto. É a revalorização do plástico pós-consumo

(COLTRO *et al.*, 2008). A Tabela 2.14 apresenta alguns exemplos dos principais produtos feitos a partir da resina virgem e de plásticos reciclados.

Tabela 2.14: Aplicação de plásticos virgens e reciclados (adaptado de COLTRO *et al.*, 2008, PLASTIVIDA, 2012 e ABIPET, 2014).

Resina	Uso predominante	Reciclado pode ser usado como
PET	Garrafas de refrigerante, água e óleo comestível.	Indústria têxtil, cordas e vassouras, chapas ⁽¹⁾ , filmes ⁽²⁾ , resina alquídica ⁽³⁾ , injeção e sopro, resina insaturada ⁽⁴⁾ e fitas de arquear.
PEAD	Garrafas p/iogurte, suco, leite, produtos de limpeza.	Frascos para produtos de limpeza, frasco para óleo de motor, embalagens industriais (bombonas) e descartáveis (sacolas).
PVC	Filmes estiráveis, saco p/leite, blister.	Tubulações p/construção civil e infraestrutura, mangueira para jardim, tubulação de esgoto, cones de tráfego, cabos.
PEBD	Filme encolhível, sacaria de atacado.	Lonas p/agropecuária e construção civil, envelopes, filmes, sacos para lixo, tubulação para irrigação.
PP	Pote de margarina, sorvete, tampas, embalagem p/massas, copos descartáveis.	Utilidades domésticas: baldes e bacias, caixas e cabos para bateria de carro, vassouras, escovas, funil para óleo, caixas, bandejas.
PS	Copos e pratos descartáveis	Peças de eletrodomésticos e eletroeletrônicos, acessórios para escritório.
EPS	Bandejas, proteção no transporte de equipamentos.	Construção civil, principalmente em lajes, telhas isolantes e preenchimento de pisos.
Outros	Embalagem multicamada p/biscoitos e salgadinhos, CD e DVD.	Madeira plástica, reciclagem energética ⁽⁵⁾ .

(1) Produto obtido por extrusão, usado em cartões bancários, cartões de visita e placas de sinalização viária.

(2) O filme é obtido por extrusão, e depois por termoformação a vácuo obtém embalagem blister, embalagens usadas em caixa de ovos ou bandejas.

(3) Uso em tintas (GIOVANNINI & KRUGLIANSKAS, 2008).

(4) Uso em piscina, caixa d'água e na estrutura de cabines de caminhões.

(5) Os plásticos de engenharia reciclados são direcionados para diversos setores, incluindo automobilístico e eletroeletrônico (EE).

Alguns materiais não são recicláveis por transformação termoplástica como fraldas descartáveis, adesivos e lâminas metalizadas como bombons, biscoitos e outros produtos alimentícios, cabos de panela, pratos, canetas, bijuterias e espumas (APRILEO, 2013). Estes materiais podem ser reciclados por outros processos e também servem como matéria prima na reciclagem terciária.

Vários autores publicaram trabalhos mostrando a viabilidade técnica da reciclagem mecânica de termoplásticos oriundos do RSU e muitos trabalhos experimentais foram realizados mostrando que reciclar o plástico pós-consumo poderia produzir produtos adequados ao consumo com boas propriedades mecânicas.

Um destes trabalhos avaliou as propriedades mecânicas de PEAD, PP e PEBD, e concluiu que eles apresentam boas propriedades e poderiam ser usados na fabricação de peças que não exigem especificações técnicas. E assim, o termoplástico do RSU reciclado pode competir com a resina virgem (CARASCHI & LEÃO, 2002).

Ambrose *et al.* (2002) mostrou que as propriedades de uma garrafa moldada por sopro de PEAD 100% pós-consumo excedia as especificações requeridas do plástico virgem. Ele também mostrou que para uma amostra de polipropileno reciclado a partir de resíduo não metálico do picotador de geladeiras, carros, etc. apresentava resistência mecânica suficiente para posterior separação e reprocessamento.

Em outro trabalho, Manrich (2000) apresentou a viabilidade técnica da utilização de garrafa de PP oriundo de RSU para fazer papel sintético.

A tecnologia de reciclagem do PET foi desenvolvida para a reciclagem de garrafas de PET, ou seja, o PET moldado por sopro (ABIPET, 2014).

Plásticos reciclados mecanicamente, na forma moída ou aglutinada, podem ser utilizados no processo de produção de madeira plástica. Spinacé & De Paoli (2005) mencionam duas tecnologias para a fabricação de madeira plástica: uma japonesa, desenvolvida pela Mitsubishi Petrochemicals e uma belga, desenvolvida pela Advanced Recycling Technology que obtém um produto chamado Syntal. Nestes processos pode-se utilizar uma mistura de PEBD, PEAD, ABS, PP e até 20% em massa de PVC, sem problemas de liberação de gases tóxicos. O poliestireno e as poliamidas são aceitáveis até 10% m/m e o PET deve ser usado numa proporção máxima de 5% m/m para não prejudicar a resistência e o acabamento dos perfis. Este processo tolera até 40% de contaminação de papeis, madeira, têxteis e metais (KIBERT & WALLER, 1992).

Um dos processos utilizados na fabricação de madeira plástica a partir de plástico pós-consumo é a intrusão. Neste processo, os materiais por gravidade são admitidos na extrusora, onde são misturados e fundido na massa plástica. Nesta etapa a rosca está na posição retraída e o molde é parcialmente preenchido. Em um segundo momento, a rosca avança e a massa fundida é empurrada para o molde, preenchendo todo o molde (KAMALAKARAN, 2011).

Outro processo utilizado na fabricação de madeira plástica é a mistura dos resíduos em equipamento especial, um misturador ou uma extrusora, e em um segundo momento a massa plástica é moldada em uma prensa (WEBER, 2010).

A madeira plástica pode ser utilizada e trabalhada como a madeira comum. Ela encontra utilização em mourões de cerca, cruzetas para sustentação de fios elétricos, pontaletes de construção civil, madeiras para bancos de praças, postes de sinalização de ruas e estradas, instalações para marinas e locais onde a corrosão seja elevada (SPINACÉ & DE PAOLI, 2005).

2.4 Tecnologias de separação

Na RMPA apenas processos de separação manual ou separação por densidade com água são empregados. O uso da água permite separar PS, PET e PVC das poliolefinas (PEAD, PEBD e PP). Mas a água não permite separar PEAD do PP. Para fazer esta separação existem algumas técnicas que podem ser empregadas como precipitação, separação eletrostática e outras (BAKKER *et al.*, 2009):

Precipitação ou dissolução seletiva foi utilizada em uma planta na Alemanha para a separação de uma mistura de PVC com ABS. O investimento de uma planta com carga de 0,5 t/h é de um milhão de euros devido a medidas de prevenção de risco. A técnica depende de um solvente específico para cada tipo de mistura. A precipitação das partículas também pode ser complicada dependendo da mistura. Mas é uma boa técnica para separar o polímero das cargas.

Separação eletrostática de misturas de PE e PP pode gerar polímeros de alta pureza. Daiku *et al.* (2001) apud Bakker *et al.* (2009) apresentaram um separador eletrostático que obteve PE com grau de pureza 99,9% e PP com grau de pureza 99,5%. A carga era de 300

kg/h podendo ser aumentada para 500 e 1000 kg/h. Entretanto, as recuperações eram baixas: 61,5% para o PE e 54,8% para o PP.

Outra tecnologia é baseada no fato que PE e PP têm pontos de fusão (T_m) diferentes. O PE com ponto de fusão mais baixo vai aderir ao vaso quando uma mistura de PE e PP for aquecida na temperatura acima do ponto de fusão do PE e abaixo do PP. Este método foi abandonado na indústria pela dificuldade de remover o PE do vaso.

Existe tecnologia comercial de separação baseada em espectroscopia do infravermelho próximo (NIR) por refletância difusa, que identifica número de onda de 12600 a 4000 cm^{-1} , patenteada pela TiTech, uma empresa europeia (Bakker, 2009). Nesta técnica o material é espalhado em uma esteira abaixo de um sensor. Este sensor usa um raio de luz infravermelha para identificar o tipo de plástico reconhecendo a intensidade de luz (refletância) que é única para cada polímero. O equipamento então dispara jatos de ar que separam os materiais como programado. Esta técnica permite separar diferentes tipos de materiais como alumínio, PP, PE, PET, PVC e PS. Este equipamento de separação é muito usado na Europa. Por exemplo, na Alemanha, os resíduos domésticos são separados com uso desta tecnologia. Porém, o equipamento requer um tamanho de partícula mínimo de 20 a 25 mm e muitas tampas de garrafa, geralmente feitas de PP ou PE, são menores do que este tamanho de partícula mínimo. Desta forma, as tampas acabam no rejeito e somente são usadas na recuperação de energia. Outro problema com esta tecnologia é a sua incapacidade de separar materiais de cor preta, como é o caso da poliolefinas utilizadas no setor automotivo.

O processo de afunda-flutua é efetivo para separar termoplásticos com boa recuperação e bom grau de pureza, se a diferença de densidade dos materiais for suficientemente grande. O PET é separado das poliolefinas deste modo. Cerca de 80% em massa dos resíduos de PP moídos tem uma densidade menor do que 910 kg/m^3 , enquanto que a densidade do PEBD é maior do que 910 kg/m^3 . Para o PEAD mais de 98% em massa tem uma densidade maior do que 910 kg/m^3 . Assim, um processo de afunda-flutua com um meio com densidade de 910 kg/m^3 obtém bons resultados na separação da fração de PP. Para obter uma fração de PP com alto grau de pureza e uma fração de PE com alto grau de pureza, é necessário remover a fração entre 910 e 930 kg/m^3 . Para um processo convencional de afunda-flutua, é requerida uma separação em duas etapas. Um problema é o meio de separação. Líquidos orgânicos (por exemplo, álcoois de cadeia curta) são utilizados para produzir um meio com densidade menor do que a da água. Isto traz problemas econômicos e ambientais.

Magnetic Density Separator (MDS) é uma tecnologia de separação baseada na densidade, mas este processo é muito mais rápido do que o processo convencional afunda-flutua e não gera descarte de líquido poluidor, pois o líquido recircula. O processo utiliza polímeros moídos sem limitação de cor ou tamanho. O princípio de separação das poliolefinas é que o polipropileno pós-consumo tem menor densidade do que o polietileno. Este separador atinge uma densidade aparente menor do que a da água pela combinação de uma variação do campo magnético e um líquido magnético. O líquido magnético é água que contém partículas férricas de tamanho de nanômetros. O líquido magnético pode ser usado sem restrições econômicas ou ambientais de líquidos orgânicos, visto que é água. Com o MDS é possível usar dois cortes com diferentes densidades em uma única etapa (BAKKER, 2009).

Estes processos separam os plásticos de acordo com o tipo de polímero. Nas unidades de triagem de RMPA a separação é feita manualmente e por tipo de plástico. Em algumas recicladoras é utilizado o processo afunda-flutua. Na Europa a técnica de espectroscopia NIR é muito utilizada como processo de separação.

A tecnologia de separação por densidade (flutua e afunda) e a técnica de espectroscopia NIR apresentam baixa eficiência de separação. Hu *et al.* (2013) propõem um controle de qualidade usando hyperspectral imaging (HSI) do infravermelho próximo para separação de poliolefinas contidas no resíduo sólido doméstico. O processo de separação industrial das poliolefinas proposto é o MDS com o objetivo de obter alta recuperação e alta pureza. Para atingir este objetivo a investigação passou pelas seguintes etapas:

- (1) identificar a composição de uma corrente poliolefinas pós-consumo;
- (2) estudar a distribuição de densidade destas poliolefinas;
- (3) distinguir o método de processamento do polímero (moldagem por injeção ou por sopro) usando propriedades físicas do moído;
- (4) fazer a caracterização e identificação do polímeros por HSI.

Hu *et al.* (2013) concluem que no resíduo de embalagens de poliolefinas, PP é encontrado na forma de moldagem por injeção e PEAD na forma de moldagem por sopro. A diferença de densidade entre PP e PEAD indica que o processo de separação pode ser realizado por tecnologia tipo MDS que consegue separar cortes de densidade entre 910 kg/m³ e 920 kg/m³ permitindo uma exatidão menor do que 10 kg/m³ e obtendo produtos de alta pureza e alta recuperação. As poliolefinas podem ser identificadas por suas temperaturas de fusão, e propriedades reológicas indicam o procedimento de moldagem utilizado e, além disto, indicam a necessidade de separação não somente do tipo, mas também do modo para alcançar produtos poliolefinicos reciclados com boas propriedades mecânicas. A diferença na espessura de parede da embalagem moldada por sopro e a moldada por injeção permite uma separação pela espessura do moído, por exemplo, usando separação balística. Combinando estas duas descobertas com metodologias atuais que podem mudar a viscosidade do polímero, produtos poliolefinicos reciclados de alta qualidade podem ser obtidos. Poliolefinas e contaminantes (PET e PVC) são claramente identificados por HSI, e assim pode ser utilizado no controle de qualidade.

2.5 Problemas na reciclagem do plástico

Atualmente a indústria da reciclagem possui muitos entraves dentre os quais podemos citar o envio de grandes quantidades de materiais recicláveis para aterro. Este problema foi discutido por Reichert (2013), que analisou melhorias na gestão dos resíduos usando a metodologia de ACV.

Em cidades que realizam coleta seletiva, como Porto Alegre, parte da população contribui com a segregação na fonte, isto é, separa o resíduo seco reciclável do resíduo úmido (orgânico). Além de fazer a separação é necessário fazê-la corretamente, sem contaminar os resíduos recicláveis com resíduos orgânicos e também é necessário depositar os resíduos corretamente para a coleta seletiva. McDougall *et al.* (2004) levantaram os fatores que afetam o índice de participação e a eficiência de separação, os quais são o nível de conveniência e o

nível de motivação. Entre os itens que afetam o nível de conveniência pode-se citar: grande variedade de tipos de materiais a serem segregados; dificuldade de segregação; frequência e confiabilidade da coleta; espaço extra de armazenamento requerido; distância ao ponto de coleta e problemas de higiene. E entre os que motivam a separação tem-se: qualidade e frequência das comunicações (publicidade); nível de consciência ambiental; pressão/influência de familiares e amigos; requerimentos legais; disponibilidade de alternativas de disposição e redução de custos/incentivos para gerar menos resíduos.

Para correlacionar as causas com a recuperação de material reciclável foi utilizado o modelo proposto por McDougall *et al.* (2004) e descrito na equação 2.1.

$$\left(\begin{array}{c} \text{Quantidade de} \\ \text{material reciclável} \\ \text{recuperado} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Quantidade de} \\ \text{material reciclável} \\ \text{no RSD} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{índice de} \\ \text{participação} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{eficiência} \\ \text{de separação} \end{array} \right) \quad (2.1)$$

Onde a variável quantidade de material reciclável no RSD é definida como a quantidade de resíduos recicláveis enviados para aterro mais resíduos recicláveis vendidos por galpões de triagem (Equação 2.2).

$$\left(\begin{array}{c} \text{Quantidade de} \\ \text{material reciclável} \\ \text{nos RSD} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Quantidade de} \\ \text{material reciclável} \\ \text{no aterro} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Material reciclável} \\ \text{recuperado} \end{array} \right) \quad (2.2)$$

É importante ressaltar que a variável quantidade de material reciclável recuperado trata-se do material reciclável comercializado por galpões conveniados e não conveniados.

McDougall *et al.* (2004) também introduzem dois conceitos chamados de índice da participação (*IP*) e eficiência da coleta (*EC*) descritas nas Equações 2.3 e 2.4, respectivamente.

$$IP = P_{SL} / P_T \quad (2.3)$$

Onde P_{SL} é a população que faz a separação dos resíduos no domicílio e P_T é a população total da cidade.

$$EC = P_{SLC} / P_{SL} \quad (2.4)$$

Onde P_{SLC} é a população que segrega os materiais recicláveis corretamente sem contaminação e deposita corretamente o resíduo para a coleta seletiva P_{SL} é a população que faz a separação dos resíduos no domicílio.

O Instituto VOPAR publicou um relatório com informações sobre vários projetos socioambientais realizados em 2010. A Tabela 2.15 mostra a receita específica (semelhante a um preço médio) e a produtividade de algumas associações ou cooperativas, calculados a partir de dados mensais de julho a novembro de 2010.

Tabela 2.15: Receita específica e produtividade de algumas associações de triagem na RMPA (VONPAR, 2010)

Associação ou Cooperativa	Cidade	Receita específica, R\$/t	Produtividade, kg/pessoa/mês.
ACATA	Alvorada	R\$ 341,13	967,5.
COOLABORE Matriz	Campo Bom	R\$ 411,78	3075,8
Renascer	Canoas	R\$ 390,15	1335,5
ATREMAG	Canoas	R\$ 393,03	932,0
COOARLAS	Canoas	R\$ 428,33	1309,5
COOPCAMATE	Canoas	R\$ 318,17	916,3
Sol Nascente	Canoas	R\$ 288,79	1799,9
Recicladores de Dois Irmãos	Dois Irmãos	R\$ 558,27	3278,4
ARCA	Esteio	R\$ 386,73	1290,1
Coopervale	Nova Hartz	R\$ 439,35	1503,6
ATPSCR	Nova Santa Rita	R\$ 561,45	754,5
COOLABORE Filial 2	Novo Hamburgo	R\$ 946,49	1171,2
CTVP	Porto Alegre	R\$ 386,11	1428,9
Ilha Grande dos Marinheiros	Porto Alegre	R\$ 289,81	1720,5
Chocolatão	Porto Alegre	R\$ 422,96	468,4
Profetas da Ecologia I	Porto Alegre	R\$ 320,59	2060,6
Reciclando pela Vida	Porto Alegre	R\$ 404,81	1445,9
URCT	Porto Alegre	R\$ 312,58	1675,2
ATUROI/Vitoria	São Leopoldo	R\$ 375,55	1025,1
Nova Conquista	São Leopoldo	R\$ 351,66	1187,9
UNICICLAR	São Leopoldo	R\$ 363,00	679,9
UNIVALE	São Leopoldo	R\$ 354,03	1279,0
COOPERNOVA	Sapiranga	R\$ 392,11	3608,2

Oliveira & Lima (2012) apresentaram uma discussão sobre eficiência nos centros de triagem de Belo Horizonte, mas associam a produtividade com a quantidade triada ou coletada e não associam com a qualidade do produto. A quantidade de rejeito é associada com a eficiência da triagem e com a qualidade da matéria-prima. No caso da associação A, o material oriundo dos grandes geradores tem a menor taxa de rejeito em torno de 5%. Os materiais provenientes de coleta domiciliar tem composição diversificada: vários tipos de materiais, cada um em pequenas quantidades, sendo a taxa de rejeito em torno de 40% da massa total.

Em Porto Alegre, é esperado que a quantidade de material reciclável coletada por catadores não conveniados com o DMLU diminuía em função da Lei municipal 10531/08 que restringe a circulação de veículos de tração animal e veículos de tração humana na cidade de Porto Alegre. Esta lei começou a ser aplicada em 1º de outubro nas regiões Centro-sul, Cristal, Cruzeiro, Glória, Lomba do Pinheiro, Partenon e Sul. A implantação da lei é gradual ao longo de oito anos, portanto a proibição valerá para a toda a cidade a partir de setembro de 2016. O jornal Zero Hora (14/12/2013) informa sobre o recebimento de diploma de conclusão de curso de produção de blocos de concreto por treze ex-condutores de carroças e carrinhos (10 homens e três mulheres). Os blocos, feitos de material reciclado, são utilizados na construção de calçadas, passeios e rampas de acesso. O curso foi desenvolvido em conjunto com a ONG Solidariedade.

Segundo Oliveira (2010) um dos problemas na coleta de resíduos recicláveis para as associações de triagem de Belo Horizonte é a coleta feita por caminhões terceirizados, que tem problema relativo à qualidade, gerando uma coleta seletiva contaminada com material orgânico. Já a coleta feita com relacionamento direto entre os catadores com os geradores

apresenta uma qualidade melhor, pois permite aos catadores educar os moradores para a separação adequada dos materiais.

Pinheiro *et al.* (2014) analisaram um levantamento da reciclagem dos resíduos sólidos em 11 municípios da região sul do Brasil englobando diversos elos: os catadores, as associações de triagem, gestores públicos, ONGs que apoiam as associações de catadores, comerciantes de resíduos recicláveis e associações de lojistas.

De acordo com o estudo os administradores públicos informaram que realizam as seguintes práticas de educação ambiental: ações de sensibilização sobre a importância da preservação do meio ambiente e a orientação sobre a coleta seletiva implantada nos municípios, destinadas particularmente às escolas de suas redes de ensino (PINHEIRO *et al.*, 2014). Pinheiro *et al.* (2014) observaram que as atividades elencadas pelos gestores públicos têm um caráter normativo, focado na prescrição de comportamentos e ações. Por outro lado, existe outra concepção de educação ambiental como uma via compreensiva de acesso ao ambiente, orientada para abordar os diversos problemas e seu impacto sobre os diferentes agentes envolvidos, seus interesses e as forças sociais que se organizam em torno das questões ambientais.

Um dos conflitos existentes é o que ocorre entre a indústria da reciclagem e os galpões de triagem. A ABIPLAST (2013) reclama além da qualidade, da baixa oferta de matéria-prima. Segundo ela a coleta seletiva é precária no país (10% dos municípios realizam coleta seletiva, o que representa apenas 1% da população brasileira) e a maior parte da população brasileira não está treinada para fazer a correta separação dos resíduos.

Por outro lado, sendo a triagem feita manualmente, baseada na força de trabalho humana, o aumento da produtividade apresenta uma série de limitações devido à contaminação dos resíduos coletados com orgânicos (por este motivo os resíduos são descartados), à inviabilidade técnica ou econômica (preço de mercado e volume muito baixo) da reciclagem de alguns tipos de resíduos, à falta de recursos para investimentos (baixo faturamento da associação cria relação de dependência com a prefeitura) e à baixa ou nenhuma escolaridade (analfabetismo) dos trabalhadores (OLIVEIRA, 2010). Também foi observado por Oliveira (2010) que grande parte da mão de obra das organizações de catadores era constituída de excluídos do sistema produtivo como mulheres, idosos, negros, pessoas com saúde precária, portadores de deficiência mental, dependentes de drogas e egressos do sistema prisional.

Um dos problemas de reciclagem ocorre com o poliestireno expandido (EPS), pois ele tem uma baixa densidade, ocupando um grande volume e trazendo custo elevado de armazenamento e transporte. No Brasil, o EPS é mais conhecido como Isopor, uma marca registrada pela Knauf Isopor Ltda., que designa comercialmente os produtos de poliestireno expandido comercializados pela empresa (AMARAL *et al.*, 2011).

Uma vez que se conte com uma infraestrutura eficiente de coleta e reciclagem, os resíduos pós-uso de EPS são 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem voltar à condição de matéria-prima (AMARAL *et al.*, 2011).

A reciclagem é realizada em diversas etapas, listadas a seguir:

- Quebra do EPS em pedaços menores (forma correta para melhoria da reciclagem e ocupação do espaço).

- Aglutinação do material, através de exposição a calor e atrito. A máquina redutora de EPS retira o gás do material.
- Extrusão do material já bastante adensado, onde é submetido a novo aquecimento, em temperaturas controladas, até sua fusão (mas evitando-se a queima).
- Homogeneização do EPS e transformação em filetes, na forma de “espaguete”.
- Resfriamento, secagem e granulação, onde os filetes frios e secos passam por uma máquina que transforma o poliestireno em grânulos.

Após essas etapas do processo de reutilização, o material está pronto para ser reutilizado para produção de peças de diversos formatos (AMARAL *et al.*, 2011).

Outro problema são as embalagens multicamada que precisam de um processo de reciclagem especial. No caso das embalagens da Tetra Pak (embalagens cartonadas multicamadas) existem processos especiais de reciclagem. Primeiro, as embalagens pós-consumo são vendidas a recicladoras que removem o papel. O plástico e alumínio são vendidos a outras recicladoras. Em uma segunda fase, as embalagens com alumínio e PEBD podem ser recicladas por três processos diferentes. O primeiro processo faz a recuperação de energia do alumínio e do polietileno através da incineração em caldeiras de biomassa, possibilitando economia de óleo combustível, o segundo faz a recuperação do alumínio em fornos de pirólise ou plasma e o terceiro fabrica peças por processos de extrusão ou termo injeção (ZUBEN & NEVES, 1999).

As embalagens flexíveis ou filmes multicamada (laminados ou coextrusados) e frascos coextrusados multicamada são utilizados para embalar produtos agregando valor por fornecer maior proteção por barreira (luz, vapor d'água e gases como o oxigênio) ou melhores propriedades mecânicas contra condições ambientais e contra a tensão proveniente do transporte e distribuição. Os requerimentos para proteção dos alimentos no Brasil são mais críticos em função do clima tropical com temperatura alta, alta umidade relativa e sua extensão continental que implica em períodos longos de transporte e estrutura pobre das estradas brasileiras que aplicam alta tensão mecânica durante o transporte (ANTUNES *et al.*, 2003). Por outro lado, nestas embalagens são encontradas distintas famílias de plásticos, com ponto de fusão muito diferentes um do outro e às vezes incompatíveis entre si (BROGNOLI, 2006).

Segundo Antunes *et al.*, (2003), a distribuição dos materiais cartonados multicamadas utilizados para embalagens assépticas é a seguinte: Alumínio 8,1%, Polipropileno bi orientado (BOPP) 11,6%, Celofane 1,2%, Papel 61,6%, PEBD 14,3%, Poliamida 6 1,3%, Poliéster 1,4%, PVC 0,3%, PVDC 0,2%.

Algumas embalagens flexíveis multicamadas obtidas por laminação e/ou coextrusão, tais como BOPP/BOPP, PEBD/adesivo/PA/adesivo/PEBD, PP/adesivo/EVOH/adesivo/PP (EVOH – copolímero de etileno e álcool vinílico), PET/adesivo/PEBD, PA/adesivo/PP, PVC/PE, PS/PE são viáveis para a reciclagem mecânica em processos específicos sem a necessidade de separação prévia das camadas da estrutura (COLTRO *et al.*, 2008).

Há uma grande diversidade de combinação de materiais para a composição das embalagens plásticas flexíveis, laminadas e/ou coextrusadas. Por exemplo, os diversos tipos de lanches rápidos variam quanto à suscetibilidade à oxidação e além de proteção de barreira, devem ter uma termossoldagem íntegra que impeça trocas gasosas com o ambiente. Assim, as

batatas fritas, que é o produto mais crítico devido ao maior teor de gordura, são normalmente acondicionadas em embalagens flexíveis de BOPP/BOPP metalizado, as batatas palha em embalagens flexíveis do tipo autossustentáveis (*stand-up pouch*) de PET/PET metalizado/PE e outros lanches rápidos são acondicionados em estruturas laminadas de BOPP/BOPP metalizado /*cold seal*, BOPP metalizado/PE/BOPP metalizado, PET/PE/ BOPP metalizado, PET/BOPP metalizado/PE, etc. (COLTRO & DUARTE, 2013).

Já o café torrado e moído é suscetível à perda de qualidade pela exposição ao oxigênio do ambiente, intensificada pela absorção de umidade. Assim, as embalagens para café a vácuo devem apresentar baixa permeabilidade ao oxigênio e ao vapor d'água, além de permitir soldagem hermética. Para atender estes requisitos de proteção são normalmente utilizados filmes metalizados laminados, tais como PET metalizado/PE, BOPP metalizado/BOPP coextrusão e BOPP/BOPP metalizado/PE. Já o café torrado e moído e embalado a vácuo é acondicionado em estruturas flexíveis laminadas com folha de alumínio, sendo a embalagem flexível típica composta por PET/Al/PE, mas podendo ser empregadas outras estruturas, tais como PET/Al/PA/PE e PET/BOPP/Al/PEBDL (COLTRO & DUARTE, 2013).

Para acondicionar barras de cereais é utilizada uma embalagem com uma camada de BOPP metalizado com alumínio e outra camada de poliéster, com a finalidade de aumentar a vida de prateleira até um ano (ANTUNES, 2003).

De acordo com Coltro & Duarte (2013), as embalagens laminadas de BOPP são identificadas como PP, uma vez que o BOPP é reciclado como PP. Além disso, no caso das embalagens metalizadas, não existe interferência na reciclagem da estrutura, pois a camada de metalização (30 nm) é insignificante em relação à camada de polímero (de 15 a 30 micra) presente na embalagem. Entretanto, em um levantamento feito pelo Coltro (2009), somente duas empresas reciclavam BOPP metalizado e não metalizado em São Paulo, ainda assim era BOPP de origem industrial, pois o BOPP de origem pós-consumo precisa ser lavado e separado.

Os frascos de PP utilizados para o acondicionamento de catchup normalmente são multicamada, sendo as estruturas mais comuns de cinco ou seis camadas: PP/adesivo/EVOH/adesivo/PP ou PP/aparas/adesivo/EVOH/adesivo/PP. Nestas estruturas, o PP é usado como camada estrutural, além de apresentar boa resistência térmica, e o EVOH é utilizado como material barreira ao oxigênio, pois a maioria dos plásticos é permeável ao oxigênio. Segundo Coltro *et al.* (2008) estas embalagens são viáveis para a reciclagem mecânica em processos específicos sem a necessidade de separação prévia das camadas da estrutura. Assim como as embalagens de PE/EVOH/PE são recicladas na Grã-Bretanha (BARRIERFILM, 2014).

De acordo com Brognoli (2006), os frascos de mostarda são estruturas com três camadas PEAD/PA/PEAD, onde a poliamida⁴ é usada como camada intermediária para auxiliar na criação de barreiras à permeação do oxigênio, e como é impossível separar estes materiais, este frasco não poderá ser utilizado para a reciclagem convencional. Foi pesquisado e desenvolvido por Barros (2013) um método de reciclagem de embalagens multicamada PE/adesivo/PA/adesivo/PE. Este material foi processado em uma extrusora mono-rosca com compatibilizantes (CP) de polietileno funcionalizado com anidrido maleico (PE-g-AM) e

⁴ PA também conhecida como nylon, palavra que foi inventada pela Du Pont, segundo Houaiss *et al.*, 2001, e é um nome genérico utilizado para todas as poliamidas sintéticas.

polietileno de alta densidade pós-consumo (PEAD_{pc}) para melhorar as propriedades mecânicas do material reciclado.

Além disto, estruturas que contêm PVDC/OPP (OPP = polipropileno orientado) ou EVOH/PA apresentam dificuldades técnicas para a reciclagem mecânica devido à instabilidade térmica do PVDC e do EVOH nas temperaturas de processamento dos respectivos componentes das estruturas (COLTRO *et al.*, 2008). O homopolímero VDC tem um ponto de fusão de 388 a 401°C, mas ele se decompõe a 205°C. Esta condição faz o VDC difícil de processar e a solução é através da copolimerização, que permite o ponto de fusão da resina cair para a faixa de 140 a 175°C, tornando o processamento possível (HARPER, 1996). Mas segundo Harper (1996), o PP orientado é processado na temperatura de 216 a 227°C, acima da temperatura de decomposição do VDC. O EVOH é normalmente processado na temperatura de 185 a 249°C, mas o PA 6 é processado na temperatura de 227 a 288°C e o PA 66 na temperatura de 260 a 327°C (HARPER, 1996).

As embalagens flexíveis (filmes) ou rígidas multicamada que não são adequados para a reciclagem mecânica convencional, mas podem ser transformados em madeira plástica. Elas devem em primeiro lugar sofrer a reciclagem mecânica, isto é, os filmes devem ser aglutinados e as embalagens rígidas devem ser moídas, e em seguida eles seguem o processo de mistura e intrusão para obter madeira plástica.

Outros problemas são a identificação incorreta ou a não identificação da resina nas embalagens plásticas.

Coltro *et al.* (2008) fizeram um levantamento com 177 embalagens plásticas rígidas disponíveis no varejo em Campinas e na cidade de São Paulo, e obtiveram que 40% das amostras identificaram a resina de forma incorreta. Além disto, 20% das embalagens não apresentaram símbolo de identificação da resina. Apresentaram identificação correta do material, 100% das embalagens de PET, 85% das embalagens de PEAD, 80% das embalagens de PVC e 78% das embalagens de PP. Mas, para embalagens de PEBD apenas 60% apresentaram identificação correta da resina. Com a finalidade de facilitar a logística reversa, Coltro *et al.* (2008) sugeriram que o símbolo de identificação usado em embalagens plásticas também sejam utilizados em outros produtos de plásticos como: pastas, capas, envelopes, canetas, bandejas, cadeiras, bancos, vasos, peças de equipamentos eletrônicos, sistemas de acolchoamento e outros inúmeros produtos de plástico utilizados pela sociedade. Coltro *et al.* (2008) recomendam que as instituições e associações que trabalham com embalagens de plásticos façam a divulgação constante da norma ABNT NBR 13.230.

Em novo trabalho, Coltro & Duarte (2013) avaliaram 509 embalagens plásticas flexíveis disponíveis no varejo em Campinas no estado de São Paulo. Cerca de 30% das embalagens apresentaram a identificação da resina de forma incorreta. E cerca de 50% das embalagens avaliadas não apresentavam o símbolo de identificação da resina. Este trabalho mostrou que existe muita confusão de normas de rotulagem ambiental (NBR ISO 14.021, 14.024 e 14.025) com norma de identificação do material para a reciclagem (NBR 13.230), como por exemplo, muitas embalagens contendo auto declarações e sem a identificação da resina. A falta do símbolo de identificação da resina e a identificação incorreta do tipo de resina prejudicam a cadeia de reciclagem do plástico na etapa de recuperação das embalagens. Coltro & Duarte (2013) propõem um acréscimo na identificação de embalagens plásticas

flexíveis multicamada, por exemplo, é proposta a inclusão da identificação da folha de alumínio na embalagem.

Outro problema diz respeito à contribuição previdenciária. Martins (2003) realizou uma pesquisa, na qual foram entrevistados 310 trabalhadores de nove galpões de Porto Alegre, com questões sobre dados socioeconômicos e uma questão sobre o recolhimento da contribuição previdenciária. Os resultados revelaram que apenas 5% dos catadores contribuíam para o INSS, revelando a condição de informalidade e de precariedade em que se situavam. Martins (2003) também entrevistou a Cooperativa de Recicladores de Dois Irmãos, na qual todos os recicladores contribuíam como autônomos para o INSS.

De acordo com o Sistema de Legislação da Previdência Social (SISLEX, 2010), o INSS considera contribuinte individual, entre outros, o autônomo e o micro empreendedor individual (MEI). O autônomo deve contribuir para o INSS mensalmente a alíquota de vinte por cento do salário-de-contribuição. O MEI, definido no art. 966 da Lei nº 10.406, de 2002 (Código Civil) e na Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006, que opte por recolher impostos e contribuições pelo Simples Nacional e que tenha auferido receita bruta, no ano-calendário anterior, de até R\$ 36.000,00 (trinta e seis mil reais), paga uma contribuição previdenciária de três por cento sobre o salário-de-contribuição (Lei complementar nº 139, de 10 de novembro de 2011 - DOU de 11/11/2011).

Outro problema é o licenciamento ambiental dos galpões de triagem, depósitos e recicladoras. O licenciamento ambiental no país foi regulamentado pela resolução CONAMA 237, de 19 de dezembro de 1997 e a licença ambiental para a classificação/seleção e beneficiamento de resíduos sólidos urbanos inclui a licença previa, de instalação e de operação. Pela resolução Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) nº 05/98, o licenciamento ambiental das atividades de impacto local no RS foi transferido para os municípios através de convênios. Conforme Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM, 2015), convênios foram firmados com os seguintes municípios da RMPA: Novo Hamburgo (27/9/2007), São Leopoldo (10/10/2007), Sapucaia do Sul (15/10/2007), Porto Alegre (4/4/2008) e Canoas (30/8/2015). Assim, atualmente os serviços de triagem e reciclagem de resíduos sólidos em Porto Alegre são licenciados pela SMAM.

Em 2003, nenhum galpão de triagem de Porto Alegre possuía licença ambiental (MARTINS, 2003). A regularização ambiental das unidades de triagem foi prevista no PMGIRS de Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013b). Já a Cooperativa de Recicladores de Dois Irmãos possui licença ambiental desde 2000 (DORNELES, 2012c).

Como exemplo do licenciamento ambiental tem-se o estudo de Verderesi (2012), que relatou o caso do centro de triagem operado pela Associação Recicladores da Esperança – AREsp, realizado pela Secretaria Municipal de Habitação e Saneamento Ambiental de Florianópolis. Foram obtidas a licença ambiental prévia e a licença ambiental de instalação do empreendimento, faltando a licença de operação, a ser solicitada após o término das obras de ampliação do centro de triagem.

Outro problema é o risco de incêndio nos locais que armazenam materiais recicláveis. O local de risco pode ser um galpão de triagem ou um depósito de empresas que compram os fardos dos galpões de triagem e revendem para as recicladoras ou depósito da recicladora.

Em 23 de junho de 2011, no bairro Sarandi em Porto Alegre, um depósito de material reciclável, cujo proprietário acredita em incêndio criminoso, foi totalmente destruído pelo fogo, e parte do prédio desmoronou (INCÊNDIO, 23 jun. 2011).

Em 25 de maio de 2013, no bairro Lomba Grande, em Novo Hamburgo, um depósito de uma empresa de reciclagem foi parcialmente destruído pelas chamas. As causas do incêndio eram desconhecidas (CHAMAS, 27 mai. 2013).

Em 6 de janeiro de 2014, quatro galpões da área de reciclagem ficaram destruídos pelo fogo na Vila Nazaré em Porto Alegre (INCÊNDIO, 6 jan. 2014). Os galpões não eram conveniados com o DMLU de Porto Alegre e houve perda total do material já triado e pronto para venda.

Outro problema para as recicladoras é a contaminação na matéria-prima. A ABIPLAST (2013) reclama da baixa qualidade dos materiais pós-consumo com alto percentual de perdas por contaminantes e dos custos com transporte, que devido à baixa qualidade da matéria-prima recebida pelas recicladoras devido a diversas contaminações, aumentam a quantidade de rejeito que voltam para as revendas de sucata.

Segundo Faria & Pacheco (2011), a retirada de tampinhas metalizadas de copos de refresco é uma boa prática para impedir entupimentos nas peneiras, que geram tantas paradas de máquinas e gastos com energia elétrica na extrusão.

Martins (2013) cita como principais elementos contaminantes dos resíduos plásticos os adesivos (cola) usados no rótulo e outros plásticos da mesma densidade. A maioria dos processos de lavagem não impede que traços destes produtos indesejáveis permaneçam no plástico. A cola em contato com o plástico pode agir como catalisador na degradação hidrolítica, em especial quando o material é submetido à alta temperatura no processo de extrusão, além de escurecer e endurecer o material reciclado. É necessária atenção especial com os rótulos produzidos com o PVC termoencolhível, material que, graças à sua versatilidade e apelo visual, vem sendo utilizado com frequência. Além do PVC o alumínio existente em algumas partes de plásticos também é um contaminante e só é tolerado com teor de até 50 partes por milhão no reciclado.

Na reciclagem de garrafas de PET é importante evitar a contaminação com PVC, mesmo em pequenas quantidades o PVC pode contaminar uma grande quantidade de PET. Ocorre que o PVC se degrada na temperatura de processamento do PET e o produto ácido de degradação reage com o PET hidrolisando-o. Ocorre a formação de pontos pretos no PET (HARPER, 1996).

Na reciclagem do PVC, a contaminação de PET na sucata causa problemas no produto, pois na temperatura de processamento do PVC o PET ainda não está em processo de fusão, e assim ficam inclusões de PET no PVC resultando um produto de PVC que não pode ser utilizado (HARPER, 1996).

Uma limitação da reciclagem mecânica é a compatibilidade entre os diversos tipos de resinas existentes no RSU (MADI, 2013). Em escala microscópica, a mistura das resinas consiste em uma resina dispersa na matriz da outra resina. A presença de um polímero disperso na matriz de um segundo polímero muda as propriedades da mistura e impede o uso nas aplicações convencionais (MADI, 2013). Os resíduos plásticos pós-consumo apresentam-se em uma mistura que pode conter PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS e outros. Alguns destes

polímeros são mutuamente insolúveis outros são parcialmente insolúveis. A mistura de resinas algumas vezes resulta em boas propriedades, mas outras vezes não, sendo que o desempenho da mistura depende da composição e das condições de processamento (HARPER, 1996). Três exemplos de misturas com problemas de compatibilidade são apresentados a seguir misturas de PEAD contaminado com PP, misturas de PEBD com contaminado com PP e misturas de PP contaminado com PEBD. Por outro lado, misturas de PEBD e PEAD não apresentam tais problemas.

Madi (2013) apresenta um trabalho sobre o comportamento termomecânico do PEAD moldado por injeção e contaminado com o PP na faixa de 0 a 30% em massa. Ocorreu redução na cristalinidade da mistura à medida que o PP foi incorporado ao PEAD. Observando a temperatura de 50% de degradação, o autor concluiu que trabalhar na faixa de 95% massa PEAD e 5% massa PP até 80% massa PEAD e 20% massa PP são composições que trazem a estabilização máxima do PEAD reciclado. Segundo Madi (2013), para baixos teores de PP no PEAD, existe uma miscibilidade limitada, devido à energia livre de mistura desfavorável. Isto poderia ser explicado pela estrutura molecular menos regular e pelo alto índice de polidispersividade do PEAD resultante da oxidação e da quebra de cadeias ocorridas durante o reprocessamento. Por outro lado, como as temperaturas de cristalização dos componentes são muito próximas, pode ocorrer cristalização simultânea do PEAD e PP. Entretanto, estudos de morfologia mostraram que a adesão interfacial entre o PP e o PEAD era melhor do que a de outras misturas de PE-PP. Isto foi atribuído à proximidade dos pontos de fusão do PP (160 a 175°C) e do PEAD (130 a 137°C).

Segundo os resultados de Madi (2013) a adição de PP na matriz de PEAD causa uma diminuição considerável no alongamento na ruptura, devido à perda de coesão entre as fases. Para resolver esta questão, podem ser utilizados compatibilizantes poliméricos incorporados à mistura em extrusoras para aumentar a adesão entre as fases. O compatibilizante polimérico pode ser um copolímero aleatório, um copolímero em bloco ou um copolímero enxertado ou grafitado (MANO, 1991).

Bertin & Robin (2002) estudaram as propriedades mecânicas de uma amostra moldada por compressão com 10% em massa de PP em uma matriz de PEBD. Ocorreu o aumento no módulo de elasticidade e da resistência à tração, mas diminuiu o alongamento na ruptura e a resistência ao impacto. O PEBD tornou-se mais rígido, mas mais frágil na ruptura. No caso de uma mistura rica em PEBD, uma dispersão heterogênea de PP na matriz continua de PEBD é observada. Assim, PEBD e PP são incompatíveis na fusão e ocorre a formação de duas fases (BERTIN & ROBIN, 2002). A fraca adesão interfacial entre as duas fases pode explicar o enfraquecimento das propriedades mecânicas, que estão ligadas diretamente com a morfologia da mistura. As propriedades mecânicas da mistura são menores do que prevê a regra de mistura aditiva. Como PEBD e PP não são miscíveis, a regra de mistura aditiva não pode ser aplicada.

A reciclagem do PEBD obtém produtos como envelopes, filmes, sacos para lixo, tubulação para irrigação (COLTRO *et al.*, 2008). Bertin & Robin (2002), com o objetivo de gerar produtos de maior valor agregado com o PEBD reciclado, realizaram testes de adição de 5% de compatibilizantes (EPM, EPDM) a amostra de 90% de PEBD e 10% de PP, com uso de uma extrusora com dupla rosca. Também foi testada a adição ao PEBD ozonizado de 5%

do copolímero grafitado 2metil-1,3butadieno para obter a compatibilização na interface das moléculas, e assim obter boas propriedades mecânicas.

Strapasson (2004) estudou as propriedades de misturas de PP/PEBD 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 e 100/0 massa/massa. A grande quantidade de PP e PE nos lixos municipais no Paraná, de indústrias transformadoras de plástico e de indústrias automobilísticas eleva o interesse comercial na reciclagem destes materiais. A separação do PP do PEBD é inviável técnico-economicamente, o que acarreta a utilização combinada deste material de forma indiscriminada e em proporções bastante variáveis.

De acordo com os resultados de Strapasson (2004), a adição de 25% de PEBD ao PP, mesmo quando processado em temperatura adequada, causa uma diminuição estatisticamente significativa da tensão de escoamento, do módulo elástico e do alongamento na ruptura. Portanto, para uma substituição parcial de PP por PEBD sem ônus à tensão de escoamento e ao módulo elástico, uma fração menor de PEBD deve ser incorporada, algo em torno de 10 a 15% em massa. Do ponto de vista do PP, pode-se dizer que a adição de PEBD melhora a resistência ao impacto do PP, ao contrario do ponto de visto do PEBD, a adição de PP deteriora a resistência ao impacto do PEBD (MANO, 1991).

Conforme explicado por Tselios *et al.* (1998) usando microscópio eletrônico de varredura, em elevados teores de PEBD (PP/PEBD 25/75 m/m), partículas esféricas de PP com diâmetro da ordem de 2,5 μm estão presentes. Os dois polímeros parecem ser mutuamente insolúveis. Conforme verificado pelo microscópio Raman, as fases são claramente distintas, sendo a matriz continua composta de PEBD que circunda a micro fase esférica dispersa composta de PP. Para a mistura PP/PEBD 50/50 m/m a fase dispersa ainda é o PP e a fase contínua o PEBD, porém o contorno das fases é mais fácil de discernir, e também alguns glóbulos são formados. Em misturas de PP/PEBD 75/25 há uma grande concentração de domínios esféricos de diâmetro 2,5-5 μm dispersas em uma matriz contínua. Estes domínios consistem de pequenas partículas de diâmetro 0,5 μm de PEBD, dispersas em uma matriz contínua de PP.

Os problemas com o consumo de energia e água em recicladoras de poliolefinas foram levantados por Faria & Pacheco (2011). Neste trabalho, cujo objetivo era avaliar o emprego das medidas de P + L, foram entrevistadas sete empresas do Rio de Janeiro e São Paulo e foi apresentado o consumo de energia elétrica por quilo de produto plástico produzido. O menor índice de consumo foi de 0,15 kWh/kg para uma empresa produtora de PP moído, cuja principal atividade consumidora de energia elétrica era a moagem. Para uma recicladora, cujo consumo de energia elétrica era somente para o processamento por extrusão, consumia 0,3 kWh para produzir um quilo de grãos de PP e PE. E o maior consumo foi de 1,6 kWh/kg para uma recicladora/transformadora que produzia artefatos de PEAD, que utilizava a moagem e os processamentos de extrusão e intrusão. A mediana do índice de consumo de energia elétrica deste grupo de sete empresas foi de 0,7 kWh/kg. O consumo de água foi considerado não relevante pela maioria das empresas exceto duas empresas: uma consumia 60 m³/mês para produzir pellets de PE e PP e a outra consumia 90 m³/mês para produzir pellets de PEBD.

Kazemi-Najafi (2013) apresenta uma revisão das propriedades dos plásticos reciclados para a produção de madeira plástica. A importância da avaliação das propriedades é devido à possibilidade de degradação e à imiscibilidade entre os plásticos levando ao uso de agentes

compatibilizantes da mistura de plásticos. Foram discutidas e revisadas as seguintes propriedades dos plásticos reciclados: ponto de fusão, imiscibilidade, reologia (relação MFI e peso molecular), ligações cruzadas, cristalinidade e polaridade.

Para os plásticos filmes provenientes do RSU, Remédio *et al.* (1999) publicou um trabalho mostrando a necessidade de limpeza dos resíduos plásticos com detergente e avaliando a degradação através do MFI para sucessivas reciclagens. Os filmes de PEAD e PEBD foram aditivados com estabilizante e sua eficiência foi avaliada.

Quanto à contaminação de plásticos com material orgânico, Rolim (2000) menciona que na empresa X, localizada em Cachoeirinha, a água de lavagem vai direto para o esgoto, sem tratamento. Isto certamente é causa de danos ao meio ambiente por uma recicladora. Na RDI a água de lavagem do plástico é enviada para a lagoa de chorume do aterro sanitário. A Plastisul não informou sobre o tratamento e destino da água, apenas que tem licença na FEPAM. A Scórcpio decanta a água de lavagem e um tanque e reaproveita a água. A água da lavagem, na Odím, é trocada toda a semana e o lodo dela é ensacado e enterrado em um terreno do proprietário da empresa. Não foi informado o destino da água de lavagem nem sobre tratamento da mesma. Em outra recicladora a ALPLAST, a água de lavagem retorna à sanga de onde a água tinha sido captada, com exceção da lavagem do PEAD e PEBD. Não é mencionado o tratamento da água. Na Bettanin, a água da lavagem da sucata de PET é utilizada em circuito fechado. Há um açude na parte de trás da empresa, que alimenta a lavadora e depois recebe a água novamente. Uma vez por ano, o lodo que se forma é retirado do açude. ROLIM (2000) também menciona que, de um modo geral, as empresas recicladoras geram rejeitos e efluentes originados da operação de lavagem dos resíduos e muitas vezes não realizam o seu tratamento adequado.

A ABIPLAST (2013) aponta alguns problemas na tributação, pois o IPI é elevado (de 5 a 15%) e o reciclador não tem crédito na compra da matéria-prima; problemas de informalidade, pois existem pequenos recicladores informais, que tornam a concorrência desleal; problemas de custo elevado com o transporte por carência de infraestrutura e problemas de concorrência das commodities: produtos virgens e produtos importados. Por outro lado, existe um ganho ambiental estimado em R\$ 56 por tonelada reciclada e um ganho com redução de emissões e do consumo de energia estimado em 78%. A ABIPLAST (2013) também estima que o potencial econômico do resíduo plástico desperdiçado seja da ordem de R\$ 8 bilhões.

2.6 Análise da reciclagem do plástico

Alguns trabalhos já analisaram a reciclagem do plástico nos diversos níveis mundial, nacional e estadual. Rolim (2000) fez um trabalho de análise das variáveis desta indústria com estudo de caso de oito recicladoras do Rio Grande do Sul. Estudos de avaliação do ciclo de vida de embalagens plásticas de vários países do mundo foram compilados por WRAP (2010). O relatório elaborado em 2010 pela WRAP, uma empresa do Reino Unido sem fins lucrativos criada em 2000, avaliou qual a melhor alternativa para as embalagens plásticas pós-consumo: reciclagem mecânica, pirólise (uma tecnologia de reciclagem química), recuperação energética ou envio para aterro sanitário. Oliveira (2012) apresentou

uma análise da reciclagem no Brasil e no mundo. Chaves & Souza (2012) apresentaram os benefícios econômicos, sociais e ambientais gerados na reciclagem de resíduos no Rio Grande do Sul.

Rolim (2000) pesquisou a reciclagem por meio de entrevistas com oito empresas de reciclagem de plástico da RMPA. A análise foi feita através da avaliação dos elos recicladora e transformadora, da tecnologia empregada, das barreiras e das oportunidades no setor. Neste trabalho foram entrevistados representantes de:

- Uma recicladora que recebe a coleta seletiva e vende plástico moído (PEAD e PS) e plástico aglutinado (PEAD, PEBD e PP);
- Uma recicladora que compra sucata de PET e vende PET moído;
- Uma recicladora que compra sucata de PEAD, PEBD, PP e PS e vende plástico moído (PEAD e PP) e aglutinado (PEBD e PS);
- Uma recicladora verticalizada em transformação que compra sucata PEBD e vende lonas para a construção civil;
- Uma recicladora verticalizada em transformação que compra sucata de PEAD, PP, PEBD aglutinado e fio de PET e vende componentes das vassouras e pás feitos a partir de PEAD, PEBD e PP, e cerca de vassoura feita a partir do fio de PET;
- Uma recicladora verticalizada em transformação que compra sucata de PEAD, PEBD e PVC e vende mangueiras para irrigação de PEBD, eletro duto para luz de PVC e tubos, tubetes e curvas de PEAD, PVC ou PEBD;
- Uma recicladora verticalizada em transformação que compra PET sucata e PET moído e faz cerdas para vassouras;
- Uma transformadora que compra plástico moído (PEAD, PP e PS) e vende varetas plásticas, almas plásticas e presilhas.

Segundo Rolim (2000), os maiores problemas das empresas que atuam na reciclagem de plástico pós-consumo são a qualidade dos resíduos plásticos pós-consumo, a ausência de apoio do governo e a falta de uma tecnologia nacional para a reciclagem do plástico.

De acordo com WRAP (2010), que elaborou uma atualização do relatório de 2006 sobre os benefícios da reciclagem, a reciclagem mecânica é a melhor alternativa para as embalagens plásticas baseando-se em estudos que empregam a técnica de ACV (ou LCA em inglês). Este documento pesquisou alternativas para papel, plásticos, biopolímeros, restos de comidas e podas de jardim, madeiras e tecidos. Para os plásticos, foram analisados cinco estudos europeus, um norte-americano, um japonês e um australiano, o mais antigo de 2000 e o mais recente de 2008. As alternativas comparadas foram: reciclagem mecânica, incineração com recuperação energética, envio para o aterro e pirólise. Para os plásticos, o objetivo da pesquisa foi encontrar a melhor alternativa considerando a avaliação do ciclo de vida nos seguintes aspectos: o consumo cumulativo de energia, o consumo de água, a emissão de CO₂ (potencial mudança climática) e uso de recursos minerais medido em quilo de antimônio (Sb) equivalente. Os plásticos analisados no relatório foram: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS e uma mistura de plásticos. A conclusão foi que, de um modo geral, a reciclagem mecânica é a melhor alternativa, considerando o potencial de mudanças climáticas, a diminuição dos recursos naturais e os impactos no consumo energético. O benefício da reciclagem está em evitar a produção de resinas virgens. A incineração com recuperação de energia tem um desempenho ruim com respeito às mudanças climáticas, entretanto a pirólise parece ser uma opção promissora considerando todos os indicadores, apesar de ter sido analisada em apenas

dois estudos. O envio de plásticos para o aterro tem o maior impacto ambiental negativo na maioria dos estudos analisados (WRAP, 2010).

Oliveira (2012) apresenta um panorama da reciclagem do plástico no Brasil e no mundo; cita a legislação no Brasil e internacional, as vantagens, as desvantagens e as perspectivas da reciclagem e conclui que é preciso mudar o sistema brasileiro de lidar com os plásticos pós-consumo, pois o uso da logística reversa é obrigatório pela Lei nº 12.305/2010. O plano nacional de resíduos sólidos estabelece metas, prazos e sanções para as adequações necessárias a correta gestão dos resíduos sólidos, visando principalmente à reciclagem. Oliveira (2012) recomenda fazer estudo usando a metodologia de ACV das embalagens plásticas a fim de verificar o melhor método de reciclagem para cada produto.

Chaves & Souza (2012) utilizaram a metodologia dos benefícios líquidos sociais do reaproveitamento (BLSR), para identificar os ganhos na reciclagem dos materiais encontrados na coleta seletiva: o papel, o alumínio, o aço, o vidro e o plástico no Rio Grande do Sul. Os resultados mostraram que a coleta seletiva tem um custo alto para os municípios, mas o BLSR médio estimado pelos preços do mercado de sucata foi positivo de R\$ 487,30 para dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2009. Além disto, o BLSR médio de reaproveitamento pelo custo de oportunidade no Rio Grande do Sul foi de R\$ 627,37.

Capítulo 3

Materiais e Métodos

3.1 Coleta de dados

Em função dos objetivos apresentados previamente, foi realizada uma pesquisa exploratória descritiva e dois procedimentos metodológicos principais foram utilizados para a obtenção da informação de interesse. O primeiro consistiu na coleta de dados dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGIRS) de Charqueadas (PROECOLOGY, 2012), Guaíba (BECKER, 2012), Porto Alegre (FLECK & REICHERT, 2013a) e vinte municípios do Consórcio Pró-Sinos¹ situados na região metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e o plano municipal de saneamento básico (PMSB) de Alvorada (BOHRER, 2013) (Tabela 2.10). Também foram utilizados dados do Diagnóstico de Resíduos Sólidos - 2010, elaborado pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) mantido pelo Ministério das Cidades para as cidades: Charqueadas, Gravataí, Montenegro e São Sebastião do Caí e do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2011) para Arroio dos Ratos. O segundo consistiu na coleta de dados através de entrevistas e visitas nas unidades de triagem, entrevistas com comerciantes de resíduos plásticos, com recicladoras de plástico pós-consumo e recicladoras verticalizadas em transformação de plástico, atuantes na RMPA. A coleta de dados para a pesquisa foi realizada por meio de questionários específicos para as entrevistas dos diversos atores e para atingir o objetivo específico de construção de um panorama da reciclagem de plástico pós-consumo na RMPA, que serviu de base para a análise econômica e a avaliação das variáveis envolvidas nos elos estudados da cadeia de reciclagem mecânica.

¹ O Consórcio Pró-Sinos é uma associação de vinte e seis municípios, mas neste trabalho foram considerados apenas os vinte municípios que integram a RMPA: Araricá, Cachoeirinha, Campo Bom, Canoas, Dois Irmãos, Estância Velha, Esteio, Glorinha, Igrejinha, Nova Hartz, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Parobé, Portão, Rolante, Santo Antônio da Patrulha, São Leopoldo, Sapiranga, Sapucaia do Sul e Taquara. Os planos foram elaborados por Dorneles *et al.* (2012).

Foram compilados os seguintes dados para as cidades da RMPA: as quantidades de RSD e RSU gerados, composição do RSD, a quantidade e a composição dos resíduos recicláveis vendidos pela triagem.

Os detalhes metodológicos referentes aos diferentes passos envolvidos nas entrevistas com os atores envolvidos na reciclagem do plástico pós-consumo na RMPA são descritos a seguir.

Para encontrar os atores da cadeia de reciclagem do plástico pós-consumo foi utilizada a técnica metodológica do snow-ball (bola de neve). Essa técnica é uma forma de amostra não probabilística² utilizada em pesquisas sociais onde os participantes iniciais de um estudo indicam novos participantes que por sua vez indicam novos participantes e assim sucessivamente, até que seja alcançado o objetivo proposto (o “ponto de saturação”) (VELASCO & DIAZ de RADA, 1997 apud BALDIN & MUNHOZ, 2011).

O Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) de Porto Alegre indicou as unidades de triagem de Porto Alegre a ser entrevistadas.

Os comerciantes de sucata foram contatados a partir da lista de recicladores no guia da LISTEL (2013) e de algumas indicações feitas pelas unidades de triagem de Porto Alegre nas entrevistas.

O SINPLAST indicou algumas recicladoras a serem entrevistadas. Outras recicladoras foram identificadas através da lista de empresas recicladoras disponibilizada pelo Simplás (2011). As empresas recicladoras da lista que se localizavam na região metropolitana foram consultadas por telefone para identificar se plástico pós-consumo era utilizado como matéria-prima. Na lista de recicladoras algumas eram recicladoras verticalizadas em transformação.

O contato das unidades de triagem de Novo Hamburgo e Campo Bom foi obtido durante o Seminário Nacional de Tratamento e Destinação de RSU realizado em Novo Hamburgo em 8 e 9 de abril de 2014.

A coleta de dados nas unidades de triagem foi feita no local de trabalho, com o auxílio de entrevista semiestruturada com roteiro específico. As questões para as unidades de triagem abordaram os seguintes tópicos: dados gerais da unidade de triagem, dados de produção (formas de recebimento dos resíduos, tipo e quantidade de material triado), processo de triagem, aspectos de qualidade e comercialização da sucata e principais clientes.

A coleta de dados com os comerciantes de sucata plástica foi feita com o auxílio de entrevista semiestruturada com roteiro específico. As questões para os comerciantes de sucata plástica abordaram os seguintes tópicos: dados da empresa, fornecedores de sucata, processo de estocagem, tipo e quantidade de sucata comercializada, dados de clientes, questões políticas, questões sobre impostos e questões legais.

Na Recicladora 1 foram coletados dados de matéria-prima e processo de produção. A coleta na Recicladora 2 incluiu os tópicos: matéria-prima, processo de produção e produtos. A

² A amostra não probabilista é obtida a partir do estabelecimento de algum critério de inclusão, e nem todos os elementos da população alvo têm a mesma oportunidade de serem selecionados para participar da amostra. Este procedimento torna os resultados passíveis de não generalização (BICKMAN & ROG, 1997 apud BALDIN & MUNHOZ, 2011).

coleta de dados nas Recicladora 3 e Recicladora 4 (verticalizada em transformação) foi feita com o auxílio de entrevista semiestruturada com roteiro específico que incluiu os seguintes tópicos: dados da empresa, dados de produção (tipo e quantidade de material reciclado, fornecedores de matéria-prima), processo de reciclagem, aspectos tecnológicos, comercialização do material reciclado, principais clientes e problemas na reciclagem e no processamento do plástico.

O roteiro da entrevista do fabricante de máquinas incluiu os tópicos: matéria-prima, processo de produção, produtos e índices técnicos. Dados sobre problemas na reciclagem e comercialização do material reciclado não puderam ser abordados, pois o processo não estava em operação, mas já havia sido comercializado com uma empresa do Nordeste do país.

A Tabela 3.1 mostra o ator entrevistado, a atividade e o cargo do entrevistado, quando e onde foram feitas as entrevistas.

Tabela 3.1: Características dos entrevistados, local e data.

<i>Empresa / Associação / Cooperativa</i>	<i>Atividade</i>	<i>Cargo do(s) Entrevistado(s)</i>	<i>Local da entrevista</i>	<i>Data da entrevista</i>
SINPLAST	Gestão	Assessor Técnico	FIERGS – Porto Alegre	16/07/2013
DMLU	Gestão	Engenheiro	DMLU – Porto Alegre	07/08/2013 e 28/04/2014
Recicladora 1	Grãos de PEAD e PP	Sócio proprietário	E-mail – Eldorado do Sul	21/08/2013
Recicladora 2	Madeira plástica	Diretor comercial	Telefone – Estância Velha	29/08/2013
Fabricante de máquinas	Fabrica máquina p/reciclar resíduos ⁽¹⁾	Engenheiro de vendas	Telefone / e-mail – Novo Hamburgo	04/09/2013
Recicladora 3	Grãos de PEAD e PP	Sócio proprietário	Fábrica – Porto Alegre	17/09/2013
Comerciante de sucata 1	Compra e venda de resíduos pós-consumo ⁽²⁾	Proprietário	Telefone – Porto Alegre	26/09/2013
Comerciante de sucata 2		Proprietário	Telefone – Porto Alegre	27/09/2013
Unidade de triagem 1	Triagem de recicláveis	Tesoureira / Coordenadora	Galpão – Porto Alegre	01/10/2013
Unidade de triagem 2	Triagem de recicláveis	Presidente	Galpão – Porto Alegre	02/10/2013
Unidade de triagem 3	Triagem de recicláveis	Presidente / tesoureiro	Galpão – Porto Alegre	10/10/2013
Comerciante de sucata 3	Armazenamento, a compra e venda de resíduos pós-consumo.	Proprietário	Depósito – Porto Alegre	28/10/2013
Comerciante de sucata 4	Compra e venda de resíduos pós-consumo	Proprietário	Depósito – Porto Alegre	28/10/2013
Unidade de triagem 4	Triagem de recicláveis	Coordenadora operacional / presidente	Galpão – Porto Alegre	05/11/2013
Recicladora 4	Fabrica sacos de lixo PEBD	Diretor	Fábrica – Alvorada	19/11/2013
Unidade de triagem 5	Triagem de recicláveis	Presidente e coordenador do núcleo	Galpão – Novo Hamburgo	23/04/2014
Unidade de triagem 6	Triagem de recicláveis	Coordenador do núcleo	Galpão – Campo Bom	08/05/2014
Unidade de triagem 7	Triagem de recicláveis e reciclagem mecânica	Coordenador do núcleo	Galpão – Novo Hamburgo	21/05/2014

(1) Esta empresa fabrica uma máquina que utiliza resíduos rejeitados pelas recicladoras (copinhos de poliestireno, sacolas plásticas, etc.) como matéria-prima.

(2) Os comerciantes de sucata 1 e 2 são comerciantes de bairro, que compram resíduos pós-consumo de catadores e estabelecimento comerciais e revendem para depósitos maiores.

O registro das informações capturadas foi feito por meio de notas tomadas durante as entrevistas. As notas das entrevistas foram escritas, analisadas, cotejadas com a literatura e confrontadas com as demais entrevistas. As notas escritas foram submetidas aos entrevistados e alguns solicitaram alterações no texto.

Os roteiros para as entrevistas semiestruturadas nas unidades de triagem, com os comerciantes de sucata plástica e nas empresas recicladoras encontram-se nos Apêndices A, B e C respectivamente. Nas visitas foi utilizada a técnica da observação não participante (MARCONI & LAKATOS, 2011) e o roteiro encontra-se no Apêndice D.

3.2 Análise dos dados

A análise dos dados coletados mencionados na Seção 3.1 consistiu em realizar uma avaliação econômica dos atores entrevistados e da cadeia de reciclagem do plástico pós-consumo na RMPA, gerar um panorama da reciclagem na RMPA, identificar as situações problema dos atores entrevistados, fazer a seleção das variáveis envolvidas nas situações problema e análise qualitativa ou quantitativa das variáveis selecionadas.

3.2.1 Avaliação econômica

A avaliação econômica dos atores da cadeia de reciclagem (triagem, comerciantes intermediários, recicladoras e transformadoras do plástico pós-consumo) foi baseada nos seguintes dados: quantidade e composição dos plásticos comercializados, custos da coleta e cálculo de fluxo de caixa. E esta avaliação econômica serviu de base na análise das variáveis.

Custos da coleta e do envio de RSU para aterro foram estimados a partir dos PMGIRS para Porto Alegre (Tabela 2.5) e cidades do consórcio Pró-Sinos (Tabela 2.9). Para Porto Alegre obteve-se custo médio em 2011 de R\$ 126,78 por tonelada e para os municípios do consórcio Pró-Sinos de R\$ 151,17 por tonelada. Em 2010, o custo específico da coleta, transporte e aterramento foi de R\$ 120,87/t em Porto Alegre (SNIS, 2015a) e de R\$ 155,23/t nos municípios do consórcio Pró-Sinos e RMPA. Para Alvorada seu PMSB foi utilizado. Para Charqueadas, Gravataí e Montenegro dados de 2010 da base de dados SNIS foi utilizado.

O custo da coleta seletiva em Porto Alegre foi estimado a partir do custo contratual e a quantidade de coleta informada no PMGIRS e obteve-se R\$ 175,03 por tonelada em 2011. Para o custo da coleta seletiva de outras cidades do tipo porta a porta, foi utilizada estimativa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2010) de R\$ 216,00/t, que utilizou dados de doze cidades brasileiras com coleta seletiva porta a porta em 2008. Para cidades com coleta seletiva feita por associações de catadores foi usado custo da cidade de Canoas informado por Godecke *et al.* (2012) de R\$ 70,00/t.

Os cálculos de geração de caixa foram calculados de acordo com a Equação 3.1.

$$\left(\begin{array}{c} \text{geração de} \\ \text{caixa} \end{array} \right) = (\text{receita}) - \left(\begin{array}{c} \text{custo da} \\ \text{matéria-prima} \end{array} \right) - (\text{custo da EE}) - \left(\begin{array}{c} \text{custo} \\ \text{fixo} \end{array} \right) - (\text{Impostos}) \quad (3.1)$$

Para a geração de caixa na comercialização de resíduos após triagem (GC_T) foram utilizadas as Equações 3.2 e 3.3.

$$GC_T = b * R_T - (\text{Custo Variavel}) - (\text{Custo Fixo}) \quad (3.2)$$

$$R_T = \sum_i^n \frac{P_i * QCS_i}{a_i} + \sum_i^n \frac{P_i * QSS_i}{a_i} \quad (3.3)$$

onde: P_i é o preço de compra do resíduo na recicladora (R\$/t);
 a é igual a 1,15 para o PET e igual a 1,5 para os demais resíduos;
 b é igual a 0,85 para 2010 e igual a 1,00 para 2011;
 QCS_i é a quantidade de resíduo por tipo comercializado por catadores com apoio da prefeitura (t/a);
 QSS_i é a quantidade de resíduo por tipo comercializado por catadores sem apoio da prefeitura (t/a) e
 n varia de 1 a 12, segundo o tipo de papel (papelão, jornal e papel branco), metal, vidro e tipo de resina vendida na triagem (PET, PEAD e PP rígidos, PEAD filme, PEBD filme incolor, PEBD filme colorido, PVC e EPS).

A receita na triagem é igual ao valor obtido na venda dos materiais recicláveis aos comerciantes. Sabe-se que o custo variável e o custo fixo na triagem são pagos pelas prefeituras, no caso dos catadores com convênio com prefeitura. Ainda assim foi considerado o custo da EE na geração de caixa na triagem. O gasto de 0,16 MJ/kg (WONG, 2010) de EE para operar as prensas foi considerado como custo variável. Foi utilizado o preço médio da energia elétrica brasileira em 2010 de R\$ 0,24 por kWh segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME, 2013). Na etapa de triagem não incidem impostos sobre os resíduos vendidos pelas cooperativas. Foi calculada a receita com a venda de todos os materiais recicláveis para comparação com as rendas publicadas nos PMGIRS. Foi calculada a receita com a comercialização dos plásticos para a verificação dos ganhos na reciclagem do plástico pós-consumo.

No cálculo da renda dos catadores conveniados com a prefeitura de Porto Alegre considerou-se que havia 747 associados em 2011 segundo dados do SNIS. Para os catadores não conveniados com a prefeitura de Porto Alegre, considerou-se que havia 1200 catadores na cidade e que a composição dos materiais recicláveis é igual à composição das associações conveniadas, porém adicionando 15% ao papel e subtraindo 15% do plástico para levar em consideração a predominância de papeleiros no centro da cidade junto às lojas. Para 2010 foi considerado o rejeito igual a 10% e 2011 de 9%. Para a estimativa da renda média supõe-se que todos trabalharam o mesmo número de horas e que haja uma repartição igualitária da receita resultante das vendas.

No cálculo da renda dos catadores formais e informais dos municípios que fazem parte do Consórcio Pró-Sinos e da RMPA foi considerado que havia no máximo 1155 catadores (DORNELES, 2012a) na região em 2010.

A geração de caixa dos comerciantes no transporte e depósito de materiais plásticos recicláveis foi calculada pela Equação 3.4, cujos termos R_C e R_T são calculados através das Equações 3.5 e 3.6.

$$GC_C = b * (R_C - R_T) - \text{custo fixo} - \text{impostos} \quad (3.4)$$

$$R_C = \sum_i^n P_i * QCS_i + \sum_i^n P_i * QSS_i \quad (3.5)$$

$$R_T = \sum_i^n \frac{P_i * QCS_i}{a_i} + \sum_i^n \frac{P_i * QSS_i}{a_i} \quad (3.6)$$

onde: P_i é o preço de venda do resíduo plástico pelo comerciante;

a é igual a 1,15 para o PET e igual a 1,5 para os demais plásticos;

b é igual a 0,85 para 2010 e igual a 1,0 para 2011;

QCS_i é a quantidade de resíduo por tipo comercializado por catadores com apoio da prefeitura (t/a);

QSS_i é a quantidade de resíduo por tipo comercializado por catadores sem apoio da prefeitura (t/a) e n varia de 1 até o número de itens de resíduo plástico comercializado.

Foi considerada uma diferença entre o preço de venda e o preço de compra de 15% para o PET e de 50% para os demais tipos de plástico de acordo com entrevistas com Comerciantes de Sucata, representado pela variável a . Considerou-se que o plástico beneficiado (em Dois Irmãos, Nova Hartz e Campo Bom) é vendido diretamente à transformadora, não entrando no cômputo da geração de caixa do comerciante de sucata nem da recicladora.

O custo variável da recicladora e da transformadora de plástico foi calculado pelo custo da energia elétrica utilizada. Na reciclagem do PET, o consumo específico de energia de 7.97 MJ/kg foi utilizado para recicladoras e transformadoras (ARENA *et al.*, 2003). Na reciclagem do PEAD, PVC, PEBD e PP, valores de consumo específico de energia de 2.5 MJ/kg de plástico reciclado foi utilizado para recicladora e 2.5 MJ/kg de plástico reciclado para transformadora (FARIA & PACHECO, 2011). Foi utilizado o preço médio da energia elétrica brasileira em 2010 de R\$ 0.24 por kWh (MME, 2013).

O custo fixo dos comerciantes, das recicladoras e das transformadoras de plástico foi calculado considerando salários (treze meses por ano de acordo com a legislação brasileira), 8% de FGTS e a contribuição de 25,8% ao Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS). Salários de R\$545.00 por mês por funcionário foram considerados para comerciantes e recicladoras e de R\$817.50 por mês por funcionário para as transformadoras de plástico. Uma produtividade média anual por funcionário foi utilizada para avaliar o número de funcionários. Para os comerciantes foi calculada em 183,75 t/a/funcionário segundo dados das entrevistas deste trabalho. Para as recicladoras a produtividade de 42 t/a/funcionário segundo dados da Max Quim (2011a) (em 2010, havia 2500 pessoas empregadas na indústria de reciclagem mecânica do Rio Grande do Sul e produziram 106,1 mil toneladas).

O conceito de margem líquida aplicado às recicladoras é dado na Equação 3.7.

$$(\text{margem líquida}) = (\text{receita}) - (\text{custo variável}) - (\text{custo fixo}) \quad (3.7)$$

A Tabela 3.3 mostra os preços utilizados nesta avaliação econômica para o ano de 2011. Os preços dos resíduos de papelão, vidro e metal nas cooperativas foram obtidos de Sucata (15/01/2014) e CEMPRE (2009) apud Chaves & Souza (2012). Os preços dos resíduos plásticos pós-consumo e do plástico granulado, aglutinado e moído são baseados nos valores informados no trabalho da MaxiQuim (2011a) conforme mostrado na Tabela 3.2. Considerou-se que os preços de 2010 são 85 % dos preços de 2011.

Tabela 3.2: Preços das resinas – 2011.

Resina	Preço na recicladora, R\$/kg ⁽¹⁾	
	Compra	Venda
PET	1,06	2,00
PEAD rígido e filme	1,02	2,70
PP rígido	0,75	2,70
PEBD filme	1,10 ⁽²⁾	2,20
PVC	0,75	2,30
OS	0,74	2,10
EPS	-	2,40

(1) Fonte: MaxiQuim (2011a).

(2) Assumiu-se PEBD incolor R\$ 1,20/kg e PEDB colorido R\$ 1,00/kg.

Tabela 3.3: Preços de venda dos materiais recicláveis – 2010.

Item	Preço de venda, R\$/kg.				
	Cooperativa	Supermercado	Comerciante	Recicladora/ Transformadora	Informal
Fardo de PET	0,78		0,90		
Fardo de PEAD rígido	0,58		0,87		
Fardo de PEAD filme	0,58		0,87		
Fardo PP rígido	0,43		0,64		
Fardo de PEBD incolor	0,68	0,50	1,02		
Fardo de PEBD colorido	0,57		0,85		
Sucata PVC	0,43		0,64		
EPS	0,45		0,63	2,04 / 2,89	
Jornal	0,08				
Papelão	0,26				
Papel branco	0,30				
Metal ferroso	0,11				
Metal não ferroso	1,79				
PEAD – aglutinado					1,80
PEAD/PP – grão				2,30	
PEAD – bombona ⁽¹⁾				2,60	
PEBD – aglutinado					1,80
PEBD – grão				2,20	
PET – fibra ⁽²⁾				3,35	
PET – moído				1,70	
PVC – moído				1,96	
PVC – tubos ⁽³⁾				3,73	
Saco de lixo preto/colorido ⁽⁴⁾				3,00 / 4,12	
Vidro	0,04				

(1) Fonte: RECICLENET (2010a).

(2) Fonte: M&G Chemicals (2013). Usado para fabricar cerdas de vassouras.

(3) Fonte: RECICLENET (2010b).

(4) Fonte: RECICLENET (2010c).

Alguns recicladores que trabalham com aglutinação de plástico filme ainda não se formalizaram. Desta forma foi considerado que sobre a venda de PEAD aglutinado não há arrecadação de impostos. Considerou-se a venda de 20% dos resíduos recicláveis gerados na RMPA para o estado de Santa Catarina, com base em dados de Max Quim (2011b). Os resíduos recicláveis que saem do Estado pagam 12% de ICMS e os resíduos recicláveis comercializados dentro do Estado têm o ICMS diferido. Foram contabilizados os impostos pagos pelos comerciantes de sucata, pelas recicladoras e pelas transformadoras. Foi considerado no cálculo da arrecadação de impostos que 32% das recicladoras são verticalizadas em transformação, pois segundo Max Quim (2011a), 22% das recicladoras são verticalizadas em transformação e 10% das recicladoras são verticalizadas em triagem e

transformação, e deste modo o imposto é pago apenas sobre o produto da indústria de transformação. A Tabela 3.4 apresenta os impostos para a cadeia da reciclagem do plástico.

Tabela 3.4: Impostos sobre os atores da reciclagem

<i>Ator</i>	<i>Imposto sobre receita</i>	<i>Imposto federal sobre vendas</i> ⁽¹⁾	<i>Imposto estadual sobre vendas</i> ⁽²⁾
Unidades de Triagem ⁽³⁾	-	-	-
Comerciantes	4,0% e 5,93%	-	12 ⁽⁴⁾
Recicladoras	5,93%	5% ⁽⁵⁾	-
Transformadoras	5,93%	Diversos ⁽⁶⁾	-

(1) Imposto sobre produtos industrializados – IPI.

(2) Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços – ICMS.

(3) As cooperativas de triagem estão livres de impostos.

(4) Imposto sobre vendas que é pago quando os fardos de plástico são vendidos para fora do estado do Rio Grande do Sul.

(5) Transformadoras pagam este imposto quando eles compram plástico moído ou aglutinado.

(6) Imposto pago pelo varejo ou outras indústrias, as quais compram produtos plásticos. IPI sobre o PET fibra é 10%, sobre bombonas de PEAD 15%, sobre tampinhas de PP 5%, sobre tubos de PVC 0%, sobre sacos de lixo 15%.

Para o cálculo do imposto sobre receita foi assumido o regime do lucro presumido para 40% das vendas dos comerciantes, pois estes atores tiveram receita superior a R\$2,4 milhões em 2010. 60% das vendas dos comerciantes foram considerados no regime Simples Nacional, foram considerados pequenos comerciantes que tiveram receita inferior a R\$180 mil em 2010. As recicladoras e transformadoras foram consideradas no regime de lucro presumido. Neste regime tributário incide sobre a folha de pagamento: 8% para o FGTS, 25,8% para o INSS e 2% para Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT); incide sobre a receita bruta: o conjunto de imposto de renda de pessoa jurídica (IRPJ), contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL), COFINS, PIS/PASEP no valor de 5,93%. No cômputo dos impostos da RMPA não foi considerada nenhuma empresa grande, que usasse o regime tributário de lucro real. Para lucro real incide 35,8% de imposto sobre a folha de pagamento.

Foi feito um balanço material para cada recicladora entrevistada considerando a produção do ano de 2012. A receita, os custos variáveis e parte dos custos fixos foram calculados de acordo com as respostas do questionário. O custo fixo é composto pelo custo com pessoal, 2% do investimento para manutenção e 1% do investimento para seguros e taxas. O investimento é um valor baseado nas estimativas de Martins (2013) para um negócio de médio porte. O consumo de EE da Recicladora 2 foi estimado considerando o índice energético de 1,6 kWh/kg de uma recicladora similar conforme Faria & Pacheco (2011). A Recicladora 2 faz parte de uma grande empresa e o imposto foi calculado pelo regime de lucro real. O conjunto de impostos foi estimado pelo sistema SIMPLES Nacional, pelo qual incidem alíquotas de 4,5% a 12,11% da receita bruta para a Recicladora 3 e Recicladora 4. Para a Recicladora X foi utilizado o regime tributário de lucro presumido, pois a receita bruta ficou acima do limite para o regime tributário do Simples. O capital de giro foi estimado ao custo de 10 dias de matéria-prima. O capital de giro foi estimado em 10 dias do custo de matéria-prima.

3.2.2 Panorama da reciclagem

O panorama da reciclagem foi montado para servir de base para a avaliação econômica dos atores da reciclagem e para a análise das variáveis.

Este panorama mostra dois balanços: um de Porto Alegre em 2011 e outro na RMPA em 2010. Através dos balanços, o panorama apresenta quantitativamente desde obtenção da matéria-prima, seus processos até a obtenção do produto da reciclagem do plástico pós-consumo. A matéria-prima das recicladoras de plástico pós-consumo é obtida através da coleta seletiva, da coleta de RSU misturados, dos pontos de entrega voluntária (PEV), das cooperativas e associações de catadores com seus galpões de triagem e dos comerciantes de sucata³.

Para converter t/d em t/ano foram utilizados 313 dias úteis no ano.

O balanço dos resíduos recicláveis gerados em Porto Alegre em 2011 foi baseado nos seguintes critérios e fontes:

i) A quantidade de RSD foi assumida como sendo a soma dos seguintes itens: a coleta domiciliar regular, a coleta domiciliar automatizada e a coleta seletiva. A quantidade de coleta domiciliar regular e automatizada foi retirada de Fleck & Reichert (2013a). A coleta seletiva, em 2011, foi estimada em 100,292⁴ t/d de acordo com Reichert (2013).

ii) A coleta informal (realizada pelos catadores não conveniados) foi estimada em 200 t/d (FLECK & REICHERT, 2013a). O rejeito nas unidades de triagem conveniadas ao DMLU foi de 25,87 t/d em 2011 (FLECK & REICHERT, 2013a). Subtraindo o rejeito da coleta seletiva, obtém-se a massa de materiais recicláveis comercializada nas unidades de triagem incluindo a UTC. O rejeito dos catadores não conveniados foi estimado em 10% da coleta, baseado nas semelhanças de coleta com a Unidade de Triagem 6.

iii) A composição do RSD de Porto Alegre utilizada neste balanço foi obtida de Fleck & Reichert (2013a) (apresentada na Tabela 2.3).

iv) Para avaliar a composição dos materiais recicláveis (plástico, papel/papelão, vidro e metal) comercializados pelos catadores conveniados foi utilizada composição da coleta seletiva em 2011 (Tabela 2.4) fornecida por Reichert (2013). Para a composição dos materiais recicláveis obtidos pelos catadores não conveniados subtraiu-se 15% do plástico e adicionou-se 15% ao papel/papelão e o rejeito foi estimado em 9%.

v) Para avaliar quais os tipos de resina que compõem os plásticos comercializados pelos catadores conveniados e não conveniados foi utilizada a composição dos resíduos plásticos comercializados na Unidade de Triagem 1 (Tabela 4.1), com a adição do PVC.

vi) Assumiu-se que a matéria-prima das recicladoras possui 10% de contaminantes, os quais são devolvidos para os comerciantes de sucata. Muitas vezes o contaminante é um plástico que o comerciante revende para outras recicladoras, outras vezes o contaminante é um plástico que não tem comprador e neste caso ele é encaminhado para o aterro. Na recicladora, os contaminantes orgânicos ficam na água de lavagem.

vii) Assumiu-se a venda de 20% do resíduo plástico triado para o estado de Santa Catarina, exceto o PET, que é vendido para recicladora no estado do Rio Grande do Sul.

³ O número de comerciantes de sucata em cada cidade não foi incluído neste trabalho por que este número não é conhecido.

⁴ Este valor é uma atualização da carga das unidades de triagem de 74 t/d informada por Fleck & Reichert (2013a) para 2011.

Para o balanço dos resíduos recicláveis gerados na RMPA foram utilizados dados de 2010, de acordo com as considerações a seguir:

- i) As cidades incluídas neste balanço são Alvorada, Arroio dos Ratos, Charqueadas, Gravataí, Guaíba, Montenegro, Porto Alegre, São Sebastião do Caí e vinte cidades do consórcio Pró-Sinos.
- ii) Não foram encontrados dados de RSU gerado em 2010 para os municípios de Capela de Santana, Eldorado do Sul, Ivoti, São Jerônimo, Triunfo e Viamão, que fazem parte da RMPA. Existe um dado do SNIS (2015a) de coleta seletiva em Triunfo em 2010 no valor de 25 t/a, mas este dado não foi utilizado no balanço devido à falta de dado relativo à quantidade de RSU gerado em Triunfo.
- iii) Para a composição do RSD de 2010 foram utilizadas varias fontes: para Porto Alegre foi o utilizado a dado de Fleck & Reichert (2013a); para as vinte cidades integrantes do consórcio do Pró-Sinos e da RMPA foi utilizada a composição média informada nos respectivos PMGIRS⁵; para as cidades de Alvorada, Arroio dos Ratos, Cachoeirinha, Glorinha, Gravataí, Guaíba, Montenegro, Sapucaia do Sul e São Sebastião do Caí foi utilizada a caracterização nacional de 2008 (MMA, 2012) e para Charqueadas a caracterização conforme Plano Ambiental Municipal (SMQA, 2008).
- iv) Para a quantidade de material reciclável coletada em 2010: para Porto Alegre foi utilizado o PMGIRS (FLECK & REICHERT, 2013a); para as cidades de Charqueadas e Gravataí foi utilizado o SNIS.
- v) Para a quantidade de material reciclável comercializada pelas cidades do Consórcio Pró-Sinos e que fazem parte da RMPA foi utilizada a quantidade total de recicláveis comercializada pelas cidades participantes do consórcio Pró-Sinos informada nos PMGIRS e foi descontada a quantidade de recicláveis comercializados pelas cidades que não fazem parte da RMPA; para os recicláveis comercializados em Alvorada foi utilizado o dado do PMSB; para as cidades de Charqueadas, Gravataí, Montenegro e São Sebastião do Caí foram utilizados dados do SNIS; para Guaíba considerou-se uma recuperação de 10% dos recicláveis contidos no RSD conforme estimativa do PMGIRS (BECKER, 2012).
- vi) Assumiu-se que a quantidade de materiais recicláveis coletada pelos catadores não conveniados de Porto Alegre em 2010 foi de 192 t/d e a quantidade de materiais recicláveis vendida foi de 172,8 t/d.
- vii) Arroio dos Ratos não possuía coleta seletiva em 2010.
- viii) Para o rejeito na triagem: de Porto Alegre foi considerado a quantidade informada por Fleck & Reichert (2013a); de Alvorada foi estimada em 20% da coleta seletiva; das cidades que compõem o consórcio Pro-Sinos o rejeito foi estimado em 20% da coleta seletiva, dados de rejeito de 2014 da prefeitura de Gravataí foram utilizados para 2010 (30% da coleta seletiva); de Montenegro e São Sebastião do Caí foram utilizados dados do SNIS. E o rejeito contém 10% de plástico.
- ix) Para a composição dos materiais recicláveis comercializados pela triagem conveniada

⁵ Os PMGIRS das cidades de Cachoeirinha, Glorinha e Sapucaia do Sul não apresentaram caracterização do RSD.

de Porto Alegre foi utilizada a base de dados SNIS com dados de 2010. Assumiu-se que o teor mássico de plástico na coleta feita em Porto Alegre pelos catadores não conveniados e pelas associações/cooperativas de triagem conveniadas é de 30,6%, semelhante à composição da coleta seletiva de Porto Alegre em 2011 (Tabela 2.4). Entretanto, para a composição dos catadores não conveniados foi subtraído 15% do plástico e adicionado 15% ao papel/papelão e o rejeito foi arbitrado em 10%.

x) A composição dos materiais recicláveis comercializados pela triagem para as cidades que fazem parte do consórcio Pró-Sinos e da RMPA foi retirado do banco de dados do SNIS de 2010 e dos PMGIRS. Para as cidades do consórcio Pró-Sinos, o teor de plástico nos recicláveis foi calculado pela média do teor de plástico nos resíduos recicláveis comercializados nas cidades do consórcio Pró-Sinos em 2010; para Charqueadas, Montenegro e São Sebastião do Caí foram considerados dados do SNIS de 2010; para Alvorada e Gravataí foram considerados dados do SNIS de 2013 e para Guaíba considerou-se o mesmo valor de Gravataí.

3.2.3 Identificação e análise de situações problema e variáveis

As situações problema nos diferentes elos da cadeia de reciclagem mecânica do plástico, incluindo as unidades de triagem, as recicladoras, a indústria de transformação e os problemas da segregação dos resíduos na origem, foram identificadas a partir das entrevistas e visitas, e na avaliação das características do setor.

A análise foi feita identificando o histórico e a situação atual de cada situação problema, a causa, as possíveis alternativas e as perspectivas.

A natureza da situação problema foi classificada nas seguintes categorias: meio ambiente, educação ou consciência ambiental, social, mercado, competitividade, gestão, qualidade, tecnologia, custo operacional, nível de enquadramento na com relação a normas e legislação. O tipo de variável foi classificado em ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de segurança.

A análise da causa deve responder por que existe cada situação problema.

As alternativas são as soluções propostas para cada problema.

As perspectivas são uma tentativa de vislumbrar o futuro com as soluções já em curso ou o que aconteceria se nada fosse feito.

Para as cidades que possuíam dados de índice de participação da população na coleta seletiva, a eficiência de separação (percentual do material reciclável corretamente separado) foi calculada de acordo com a Equação 2.1 proposta por McDougall *et al.* (2001).

Variáveis quantitativas ou qualitativas foram identificadas para representar as situações problema encontradas e também outras variáveis foram identificadas relativas às causas das situações problema.

Outro conceito que foi utilizado é o de recuperação de recicláveis baseado nos termos da Equação 2.1 e apresentado na Equação 3.8. Redefinindo os termos da Equação 3.8 de acordo com os dados coletados obtém-se a Equação 3.9.

$$\left(\begin{array}{l} \text{Recuperação de} \\ \text{recicláveis} \end{array} \right) = \frac{\text{(Quantidade de material reciclável recuperado)}}{\text{(Quantidade de material reciclável no RSD)}} \quad (3.8)$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Recuperação de} \\ \text{recicláveis} \end{array} \right) = \frac{\text{(Recicláveis comercializados)}}{\text{(Recicláveis comercializados) + (Recicláveis p/aterro)}} \quad (3.9)$$

Capítulo 4

Resultados e Discussão

Nas seções seguintes são apresentados e discutidos os dados referentes às entrevistas realizadas e à avaliação dos aspectos econômicos envolvidos na cadeia em questão, juntamente com o panorama identificado para a reciclagem de plástico pós-consumo na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e a análise das situações problema encontradas com uma avaliação quantitativa ou qualitativa dos diferentes aspectos envolvidos na cadeia de reciclagem em estudo.

4.1 Entrevistas com alguns dos atores envolvidos na cadeia de reciclagem em estudo

O conteúdo das Seções 4.1.1 a 4.1.17 consiste basicamente no relato das informações obtidas durante as entrevistas e visitas. Em alguns casos, para complementação da informação, também são apresentados dados históricos ou informações adicionais obtidas de outras fontes. Neste último caso, as referências utilizadas são especificadas juntamente com a informação reportada.

Cabe ainda mencionar que algumas dificuldades foram encontradas na identificação e na obtenção de informações junto aos comerciantes de sucata, às recicladoras e às transformadoras. Um comerciante de sucata recebeu as questões do roteiro de entrevista semiestruturada, mas não respondeu. Alguns comerciantes de sucata não puderam ser contatados por falta de telefone de contato que não foi fornecido pelas operadoras de unidade de triagem entrevistadas. As empresas recicladoras da RMPA foram contatadas por telefone, mas algumas que estavam em operação pela lista do Simplás (2011) ou indicadas pelo SINPLAST em 2013 deixaram de operar, por diversas razões como custos operacionais altos e questões societárias. Outras empresas continuam no mercado, mas não atuam mais com reciclagem de plásticos. Muitas recicladoras receberam, mas não responderam as questões do roteiro de entrevista semiestruturada, sendo que uma delas informou que não poder abrir as informações solicitadas e indicou a câmara setorial da ABIPLAST para contato, a qual também não respondeu.

Não foi possível entrevistar recicladoras de PET, PVC, PS e EPS. Recicladoras de poliestireno e EPS de São Leopoldo assim como a recicladora de PVC de Alvorada foram contatadas e foi enviado o roteiro de entrevista semiestruturado, mas elas não responderam. Tentou-se, sem êxito, fazer contato telefônico com a recicladora de PET situada na RMPA.

4.1.1 DMLU

Foi entrevistado o engenheiro da divisão de projetos sociais, reaproveitamento e reciclagem (DSR) do DMLU de Porto Alegre. Com base nesta entrevista foram compiladas as informações descritas nos parágrafos seguintes.

A Coleta Seletiva, na cidade de Porto Alegre, iniciou em 1990. Nesta época, já existiam algumas associações de catadores que passaram a fazer a triagem dos resíduos provenientes da coleta seletiva, mas a relação da Prefeitura Municipal de Porto Alegre com estas associações era informal. Em 2006, esta relação foi formalizada através de um convênio entre a prefeitura municipal de Porto Alegre e as associações de recicladores ligadas às unidades de triagem.

As unidades de triagem são instalações onde os resíduos recicláveis são separados e classificados. Cada unidade de triagem é operada por uma entidade juridicamente constituída (associação ou cooperativa). As associações possuem registro no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ), entretanto pelo Código Civil Brasileiro, elas não podem partilhar as sobras de operações financeiras e qualquer superávit deve ser aplicado nas finalidades da associação. Já uma cooperativa pode distribuir a geração de caixa entre os associados. As operadoras das unidades de triagem de Porto Alegre são, em sua maioria, associações, apenas duas operadoras são cooperativas. Em agosto de 2013, dezessete unidades de triagem eram conveniadas com a prefeitura de Porto Alegre. Duas unidades são especiais: a unidade de triagem de resíduos recicláveis hospitalares e a unidade de triagem e compostagem.

A prefeitura municipal de Porto Alegre forneceu a infraestrutura e repassou um valor de R\$ 2.500,00 por mês para cada operadora de unidade de triagem, para o custeio de despesas operacionais como a manutenção de prensas hidráulicas, o pagamento de despesas de água e energia elétrica (EE), EPIs entre outros itens.

Os resíduos da coleta seletiva são classificados de acordo com o tipo de material: papel e papelão, metais (alumínio, cobre), plásticos (classificados de diversas formas, por exemplo, PET por cor e por produto, PEAD rígido por cor e por produto, PEAD filme, PEBD por cor, PP por produto e por cor, PVC por cor, por tipo e por densidade) e vidro. Depois de prensados, os fardos são comercializados com empresas, algumas informais. Para cada unidade de triagem (UT), o resultado da comercialização dos resíduos recicláveis é dividido entre os integrantes da associação ou cooperativa.

O rejeito da triagem, que tem como destino final o aterro, tem se mantido em torno de 30%. Parte deste rejeito é formada por materiais que poderiam ser separados, mas não o são pelo fato de não haverem compradores interessados. Exemplos de materiais nesta situação são: o poliestireno usado nos copinhos de café, as embalagens de salgadinhos (BOPP aluminizado), as embalagens que “fazem barulho” (PP filme) e o isopor (EPS).

O DMLU faz um acompanhamento das associações e cooperativas conveniadas, mas não acompanha as empresas que compram os resíduos recicláveis das unidades de triagem, nem as empresas de reciclagem mecânica.

Outros atores no campo da reciclagem são os movimentos sociais e as Organizações não-Governamentais (ONGs), destacando-se o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) por projetos de capacitação e de organização dos catadores. Os catadores se tornaram um centro de atenção em função da Lei 12.305/2010 – A Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Na reciclagem de produtos eletrônicos, existe um convênio da prefeitura de Porto Alegre com a empresa Trade Recycle, que tem pontos de coleta para recolher equipamentos eletrônicos usados.

Nova reunião foi realizada sobre licença ambiental das unidades de triagem. As informações são descritas na Situação Problema 12.

4.1.2 Unidade de Triagem 1

Esta unidade de triagem é operada por uma cooperativa com 26 cooperados e iniciou suas atividades em agosto de 2011. Anteriormente, a cooperativa estava organizada na forma de associação e operava em outro local. O horário de trabalho é das 9h às 12h e das 13h30 às 17h. O galpão desta unidade de triagem tem uma área construída de 1343 m² (FLECK & REICHERT, 2013a) e junto a ele existe um projeto piloto onde funciona um restaurante aberto à comunidade, que é mantido por trabalho voluntário e está sendo aberto um tele centro. Um problema para os cooperados é que eles não fazem o recolhimento para o INSS e assim não têm direito à aposentadoria. Segundo Fleck & Reichert (2013a), o valor médio mensal recebido por cada cooperado foi de R\$ 650,00 em junho de 2012, enquanto o salário mínimo era de R\$ 622,00.

A matéria-prima é entregue no galpão da unidade de triagem por meio de caminhões da coleta seletiva. A frequência de entrega é variável de um a seis caminhões por dia. A Unidade de Triagem 1 também recebe matéria-prima de um condomínio das redondezas. A matéria-prima é despejada em grandes cestos, local onde fica armazenada aguardando a triagem.

Com a matéria-prima no cesto, as cooperadas puxam o material para a mesa de trabalho (não tem esteira), separam os materiais recicláveis em bombonas plásticas de acordo com sua categoria e separa os materiais não recicláveis, que posteriormente são transferidos para o contêiner de rejeito. Cada tipo de material reciclável (vidro, papel, papelão, metais e os diferentes tipos de plásticos) é armazenado em sua respectiva bombona disposta ao lado da mesa de trabalho. Os plásticos são separados por tipo de resina, por cor e em plástico filme ou rígido. Também são separados e armazenados materiais que podem ser vendidos por unidade, como garrafas de água mineral de 5 L.

As bombonas são recolhidas por um cooperado que leva o material para o respectivo *big bag*. Quando os *big bags* estão cheios eles são levados para a prensa onde é obtido o fardo. Os fardos são pesados e armazenados para posterior comercialização. Esta unidade de triagem possui três prensas. A tesoureira desta unidade comentou que as prensas são muito

pequenas, produzindo fardos com pouca massa. Isto constitui uma desvantagem porque muitos comerciantes preferem comprar fardos com massa maior, que reduzem o volume e otimizam o transporte. A comercialização tem frequência semanal.

A Tabela 4.1 apresenta a produção de resíduos plásticos comercializada por esta unidade de triagem no mês de setembro de 2013 com a classificação dos plásticos. Além disto, foram vendidas 600 unidades de embalagem PET de água mineral de cinco litros.

Tabela 4.1: Resíduos comercializados pela Unidade de Triagem 1

<i>Identificação NBR 13230</i>	<i>Descrição na Unidade de Triagem</i>	<i>Quantidade, kg/mês.</i>	<i>Característica da resina</i>
1	PET branco (transparente)	2333	PET sopro
1	PET verde	560	PET sopro
1	Azeite (embalagens de óleo vegetal)	117	PET sopro
	Subtotal PET	3010	
2	PEAD leitoso branco	1362	PEAD rígido sopro
2	PEAD leitoso colorido	736	PEAD rígido sopro
2	Sacola (sacolinhas de supermercado)	1052	PEAD filme
	Subtotal PEAD	3150	
4	Cristal (saquinhos transparentes)	1423	PEBD filme
4	Embalagem (saco de papel higiênico, saco de arroz, saco de lixo azul, preto...)	2038	PEBD filme
	Subtotal PEBD	3461	
5	Mineral (copinho de água mineral PP, bandeja PET ou PVC)	507	PP, PET, PVC.
5	Margarina (potes opacos, copinho de iogurte)	120	PP
5	PP balde e bacia	248	PP injetado
	Subtotal PP	875	
7	Tetra Pak	2709	Papel dúplex / PEBD / Al
	Total	10.496	

Na Unidade de Triagem 1 alguns plásticos não têm comprador e são destinados ao rejeito, como é o caso do PP filme, do PVC (exceto bandeja), do isopor (EPS), de copinhos de poliestireno e de embalagens multicamadas (exceto as da empresa Tetra Pak). O material proveniente da coleta seletiva ainda traz para a Unidade de Triagem 1 muitos resíduos orgânicos como restos de comida sólidos e líquidos e animais mortos, além de restos de obras de construção civil e móveis (guarda-roupa) que também vão compor o rejeito. O rejeito é armazenado em um contêiner, que será buscado pela prefeitura, pesado e encaminhado para o aterro sanitário.

Na opinião da tesoureira da Unidade de Triagem 1, a qualidade da coleta seletiva precisa melhorar e sugere separar melhor o resíduo seco (recicláveis) do resíduo úmido (resíduos orgânicos). Sua sugestão é educar através de propaganda na televisão e nas escolas.

Na questão sobre qual a qualidade exigida pelo cliente (recicladora) a tesoureira da Unidade de Triagem 1 respondeu que não recebe *feedback* do comprador, e também que a recicladora faz nova triagem.

4.1.3 Unidade de Triagem 2

Esta unidade de triagem é operada por 32 associados, iniciou suas atividades em 1992 e foi formada a partir do trabalho conjunto de representantes da Igreja Católica com o setor

público municipal. Segundo Martins (2003), os primeiros membros da associação eram pessoas originárias de uma vila situada junto a uma grande avenida. Em junho de 2012, o valor médio recebido por cada associado foi de R\$ 600,00 (FLECK & REICHERT, 2013a). Embora o galpão de triagem possua uma área construída de 1072 m² (FLECK & REICHERT, 2013a), ele apresenta a parte superior das paredes não fechada até o teto, ficando um vão aberto por onde entra sol e chuva. A entrevista foi realizada no galpão junto à mesa de triagem com a presidente da associação.

A matéria-prima é entregue no galpão da unidade de triagem por meio de caminhões da coleta seletiva. Os resíduos são despejados em grandes cestos e ficam armazenados aguardando a triagem. A frequência de entrega de matéria-prima pelo caminhão da coleta seletiva é variável de zero a seis caminhões por dia.

Com a matéria-prima no cesto, as triadoras puxam o material para a mesa de trabalho, separam os materiais recicláveis de acordo com sua categoria para a respectiva bombona disposta ao lado da mesa de trabalho, e separam os materiais não recicláveis, que posteriormente são transferidos para o tonel de rejeito. Na mesa de triagem havia duas associadas trabalhando. Nesta unidade, existia uma associada separando o material direto do cesto, sem mesa de trabalho. Cada bombona recebe um tipo de material reciclável vidro, papel, papelão, metais e os diversos tipos de plásticos. Os plásticos são separados por tipo de resina, por cor e em plástico filme ou rígido.

As bombonas são recolhidas por um associado que leva o material para o respectivo local de armazenagem. Quando os silos de armazenagem estão cheios o seu conteúdo é transferido para a prensa e é obtido o fardo. Os fardos são pesados e armazenados para posterior comercialização. A comercialização tem frequência quinzenal.

A Tabela 4.2 apresenta a classificação dos plásticos nesta unidade de triagem. Não foi possível obter uma quantificação da produção por tipo de resina. Foi informado apenas que a produção mensal comercializada de resíduos plásticos varia entre 5 a 10 toneladas.

Tabela 4.2: Tipos de resíduos plásticos na Unidade de Triagem 2.

<i>Identificação NBR 13230</i>	<i>Descrição na Unidade de Triagem</i>	<i>Tipo de resina</i>
1	PET branco	PET
1	PET verde	PET
2	PEAD leitoso branco	PEAD rígido
2	PEAD colorido	PEAD rígido
2	Sacolinhas (sacolas de supermercado)	PEAD filme
4	Plástico branco (filme transparente)	PEBD filme
4	Plástico colorido (filme colorido)	PEBD filme
5	Copinhos de água Mineral (rígido transparente)	PP rígido
5	Margarina (rígido opaco)	PP rígido
5	Tampinhas	PP
5	PP balde e bacia	PP
6	Copinhos de OS	PS
7	Tetra Pak	Embalagem cartonada multicamada

Alguns plásticos não têm mercado e vão para o rejeito, é o caso do PP filme, isopor (EPS), embalagens multicamadas, pote de PET termoformado, canaletas de PVC para fiação elétrica, pote de iogurte de poliestireno, PVC, embalagem de escova de dente, cotonete usado.

A coleta seletiva traz ainda para esta unidade de triagem muitos resíduos que deveriam ser descartados, após o uso, junto com o resíduo úmido (orgânico) como papel higiênico, fralda descartável, papel filtro com borra de café, mechas de cabelo cortado. O rejeito, transferido para tonel, será buscado pela prefeitura, pesado e encaminhado para o aterro sanitário.

A presidente da Unidade de Triagem 2 sugere, na questão quanto à qualidade da coleta seletiva, separar melhor o material reciclável do resíduo úmido (orgânico) e enviar para a coleta seletiva somente o resíduo seco. A percepção da presidente é que a quantidade do material recebido vem diminuindo com o passar dos anos.

Na questão sobre qual a qualidade exigida pelo cliente a resposta obtida na Unidade de Triagem 2 foi que é solicitada a separação do plástico colorido do plástico transparente e a separação do PET verde do PET branco.

Os compradores dos resíduos plásticos são um de Novo Hamburgo, um de Alvorada e dois de Porto Alegre. Nesta unidade de triagem não se conseguiu o telefone destes compradores de resíduos plásticos.

4.1.4 Unidade de Triagem 3

Esta unidade de triagem é operada por 33 associados e iniciou suas atividades em junho de 2010 na antiga vila no centro de Porto Alegre. A entrevista foi realizada no escritório do galpão de reciclagem com a presidente e o tesoureiro da associação. Segundo Fleck & Reichert (2013a), o galpão de triagem possui uma área construída de 696,6 m². Em junho de 2012, o valor médio mensal recebido por associado foi de R\$600,00 (FLECK & REICHERT, 2013a). As associadas com filhos pequenos utilizam uma creche próxima do galpão.

A matéria-prima é recebida no galpão da unidade de triagem por meio de caminhões da coleta seletiva. Existem também algumas pessoas que trazem materiais recicláveis diretamente para esta unidade. Os resíduos são despejados em cinco gaiolas e ficam armazenados aguardando a triagem. A frequência de entrega de matéria-prima pelo caminhão da coleta seletiva é variável de zero a quatro caminhões por dia.

Cada gaiola possui uma mesa de triagem e em cada mesa trabalham quatro associadas. Porém, apenas em uma mesa é utilizada na triagem do plástico colorido. A matéria-prima é puxada da gaiola para a mesa de trabalho, os materiais recicláveis são separados e colocados em bombonas de acordo com sua categoria e os materiais não recicláveis são transferidos para o contêiner de rejeito. As bombonas ficam dispostas ao lado da mesa de trabalho, cada qual para um material reciclável: vidro, papel, papelão, metais e plástico. Os plásticos são separados por tipo de resina, por cor e em plástico filme ou rígido.

As bombonas cheias são recolhidas e seu material reciclável colocado em *bags*, cujo conteúdo é posteriormente prensado. No caso do PET, o conteúdo das bombonas é transferido para gaiolas e depois para a prensa. Com três *bags* prensados é obtido um fardo. Cada fardo tem entre 100 a 140 quilogramas (kg). Os fardos, obtidos na prensa, são pesados e armazenados para posterior comercialização. A comercialização do plástico tem frequência quinzenal.

A Tabela 4.3 apresenta a classificação e a quantidade dos plásticos comercializados nas quatro semanas anteriores à entrevista. A produção mensal de setembro de 2013 foi 8,881 toneladas de resíduos plásticos.

Tabela 4.3: Resíduos plásticos comercializados na Unidade de Triagem 3.

<i>Identificação NBR 13230</i>	<i>Descrição na Unidade de Triagem</i>	<i>Quantidade mensal, kg/mês.</i>	<i>Tipo de resina</i>
1	PET cristal	1908	PET
1	PET verde	687	PET
1	Resina (embalagem de óleo vegetal)	195	PET
	Subtotal PET		2790
2	PEAD leitoso	1305	PEAD rígido
2	PEAD colorido	714	PEAD rígido
	Subtotal PEAD		2019
4	PE cristal = filme incolor transparente	1059	PEBD filme
4	PE colorido ⁽¹⁾ = filme colorido	1873	PEBD filme
	Subtotal PEBD		2932
5	PP cristal = rígido incolor transparente	357	PP
5	PP colorido (Margarina) = rígido opaco	75	PP
5	PP balde e bacia	572	PP
5	Tampinhas	136	PP
	Subtotal PP		1140
	Total		8881

(1) O item PE colorido inclui os sacos de polietileno de baixa densidade coloridos, por exemplo, os sacos azuis, pretos, vermelhos, que vão compor o fardo.

O PVC é acumulado por dois ou três meses até que se atinja um volume suficiente para a venda e é comercializado em *bags* sem prensar.

Os rejeitos plásticos gerados nesta associação são sacolinhas, plástico “estralador” (PP filme), isopor (EPS), embalagens multicamadas, copinho de iogurte de bandeja (PS), poliestireno. A justificativa para rejeitar estes materiais é a falta de compradores para os mesmos. A coleta seletiva ainda traz para a unidade de triagem muitos resíduos que deveriam ser descartados no resíduo orgânico como comida, papel higiênico usado no banheiro, animais mortos (principalmente cães e gatos). A quantidade de rejeito gerada na associação é em média de um contêiner por dia, que será buscado pela prefeitura, pesado e encaminhado para o aterro sanitário. Apesar disto, a presidente considera que a qualidade da coleta seletiva atualmente é boa, que melhorou muito de 2010 para 2013.

Na questão sobre a qualidade requerida pelo cliente, a presidente da Unidade de Triagem 3 respondeu que foi solicitada uma quantidade de 140 kg por fardo e a remoção das tampinhas das garrafas de PET. Para conseguir fardo com a quantidade requerida, o cliente emprestou à Unidade de Triagem 3 uma prensa com esta capacidade.

A presidente da Unidade de Triagem 3 identificou como item a melhorar a falta de espaço no galpão. Recentemente houve o contato de um comprador para o isopor (EPS), porém a falta de local de armazenagem impede a venda deste tipo de resina, já que o EPS ocupa um grande volume.

4.1.5 Unidade de Triagem 4

Esta unidade de triagem é operada por 46 associados (nove homens) e iniciou suas atividades em 1996. As associadas dispõem de uma creche próxima ao galpão para deixar os

filhos enquanto estão trabalhando. A entrevista foi realizada no galpão com a coordenadora operacional e no escritório do centro de reciclagem com a presidente da associação. Em junho de 2012, o valor médio mensal recebido por associado foi de R\$ 622,00 (FLECK & REICHERT, 2013a). A área construída é 760 m² (FLECK & REICHERT, 2013a).

Os caminhões da coleta seletiva entregam a matéria-prima na área de recepção da Unidade de Triagem 4. A matéria-prima é despejada em grandes cestos, onde fica armazenada aguardando a triagem. Outras fontes de matéria-prima são o *shopping* Moinhos de Vento, a CEEE e papeis para picotar do Tribunal Regional Eleitoral Rio Grande do Sul, sendo que neste último caso a etapa de picotagem é acompanhada por um fiscal do referido tribunal.

O galpão possui seis mesas de triagem e em cada mesa trabalham quatro associadas. A triagem inicia com a retirada da matéria-prima do cesto para a mesa de trabalho. Os materiais recicláveis são separados e colocados em toneis de acordo com sua categoria e os materiais não recicláveis são transferidos para o contêiner de rejeito. Os toneis ficam dispostos ao lado da mesa de trabalho, para os diversos materiais recicláveis: vidro, papel, papelão, metais e plásticos. Os plásticos são separados por tipo de resina, cor e por plástico filme ou rígido. Os toneis cheios são transferidos para os silos, que são identificados por tipo de material reciclável. Depois o material reciclável é prensado por tipo e armazenado para a venda.

A Unidade de Triagem 4 já operou 24 horas por dia e a presidente espera voltar a operar nesta condição. Existem planos de fazer a ampliação do galpão, pois os resíduos de PVC estão armazenados fora do galpão, por falta de espaço, e as prensas estão localizadas muito próximas uma da outra.

A Tabela 4.4 apresenta a classificação e a quantidade dos plásticos comercializados na quinzena anteriores à entrevista.

Tabela 4.4: Resíduos plásticos comercializados na Unidade de Triagem 4.

<i>Identificação NBR 13230</i>	<i>Descrição na Unidade de Triagem</i>	<i>Quantidade, kg/(15 dias).</i>	<i>Tipo de resina</i>
1	Pet Branco	779	PET
1	Pet Verde	265	PET
1	Azeite = Pet Transparente	110	PET
	Subtotal PET	1154	
2	PAC = PEAD - Frascos Coloridos	510	PEAD
2	PAB = PEAD - Frascos Brancos	543	PEAD
	Subtotal PEAD	1053	
4	PB transparente = PEBD Flexível - Filme Transparente	517	PEBD
4	PB colorido = PEBD Flexível - Filme Colorido	778	PEBD
	Subtotal PEBD	1295	
5	PP cadeira = PP Duro = PP Copolímero aditivado	36	PP
5	PP copo = PP Termoformado	173	PP
5	PP água = PP Frascos Transparentes	223	PP
5	PP balde e bacia	116	PP
	Subtotal PP	548	
6	PS	140	PS
	Total plástico	4190	

Na época da entrevista, nesta unidade de triagem estava sendo feito um trabalho de caracterização dos rejeitos para a Braskem e a cooperativa Mãos Verdes. Os resultados até o momento mostraram que um terço do material contido no rejeito é resíduo úmido (orgânico).

Os outros dois terços são papel higiênico usado, lâmina de barbear, embalagem de pasta de dentes entre outros. A caracterização será utilizada para avaliar a possibilidade de incineração do rejeito com recuperação de energia no polo petroquímico.

Os contaminantes do resíduo seco são saquinhos sujos de carne, erva mate no papel e pó de café. Os plásticos que não têm comprador são bandeja de poliestireno, PP filme, embalagem cuja parte interna é de alumínio (embalagem multicamada). Conforme a presidente da unidade, a qualidade da coleta seletiva melhorou nos últimos anos, mas a quantidade de matéria-prima não aumentou.

Quanto a exigências do cliente, a presidente diz que o comprador de plástico paga mais quando a qualidade é melhor, ou seja, quando o material reciclável triado está mais puro, com menor contaminação com outras resinas.

O comprador dos resíduos plásticos é de Alvorada, mas não se conseguiu o telefone deste comprador.

A presidente informou que o Programa Todos Somos Porto Alegre prevê que os carroceiros (catadores informais) se agreguem a uma cooperativa de triagem.

4.1.6 Unidade de Triagem 5

Esta unidade de triagem é operada por uma cooperativa que possui três núcleos: a matriz em Campo Bom e duas filiais em Novo Hamburgo. Esta unidade é uma filial, que iniciou suas atividades em 2010 e conta com 60 membros, enquanto a cooperativa tem um total de 138. A matriz de Campo Bom iniciou as atividades em 1996. Em 2009 houve a intervenção da prefeitura na antiga cooperativa que operava no local e houve a troca pela atual cooperativa. A reforma do galpão, iniciada em 2010 e concluída em 2011, foi feita com recursos do projeto governamental Cataforte. A entrevista foi realizada com o coordenador de núcleo e presidente da cooperativa no galpão do aterro desativado onde se situa esta unidade. Neste núcleo os cooperativados trabalham das 7h às 12h e das 13h às 17 h, totalizando 44 horas semanais. Existe refeitório no local e o transporte dos cooperativados é feito em um ônibus contratado pela cooperativa.

A matéria-prima da unidade são os resíduos sólidos da coleta bruta (coleta de RSU misturados), que é a coleta convencional mista porta a porta, transportados em caminhões compactadores contratados pela prefeitura. O processo de triagem é feito em três esteiras e os resíduos recicláveis são separados por classe: plástico, vidro, papel/papelão e metais. Os plásticos são separados em PET (transparente, verde, azul e embalagens de azeite), PEAD (sopro branco, sopro transparente, sopro colorido e injetado – balde e bacia), PVC (rígido: canos e forros e flexível), PEBD/PEBDL (transparentes e coloridos), PP (sopro transparente e potes coloridos) e PS (painéis). Após a separação e armazenagem intermediária, cada tipo é prensado em fardos de 100 a 200 kg, que são armazenados para a venda. Outra forma de comercialização é em caixas, por exemplo, o PEAD sopro é enviado em caixas para Campo Bom. A Unidade de Triagem 5 vende em média 200 t/mês de recicláveis, sendo 50 a 63 t/mês de plásticos recicláveis, dos quais 8 a 12 t/mês de PET. O rejeito gerado é todo o material orgânico e materiais não recicláveis. A Figura 4.1 mostra um balanço material da unidade supondo que a geração de 154 t/d de RSD conforme SNIS (2015c). Neste caso obtém-se uma recuperação de 5% dos materiais coletados.

Figura 4.1: Balanço material da Unidade de Triagem 5.

Os rótulos e tampas normalmente não são removidos exceto o bico de borracha da embalagem do soro.

Os resíduos de PET são comercializados com comerciantes de resíduos que pagam à vista; eles não são comercializados diretamente com a recicladora, pois esta solicita prazo de pagamento de 30 ou 60 dias. Os resíduos de PEAD e o PP vão para Campo Bom para moagem. A venda do plástico é feita semanalmente.

No verão de 2014, o mercado de PET apresentou um comportamento diferente. Normalmente, a quantidade de PET reciclável é maior no verão do que no inverno e por isso o preço do PET cai quando a oferta aumenta, mas no verão de 2014 o preço no PET não caiu.

Os clientes da cooperativa solicitam evitar matéria orgânica, misturas de recicláveis e contaminantes.

Os seguintes plásticos não são reciclados por falta de comprador: ABS, isopor, PET injetado e termoformado (embalagem para ovos), PP filme e rafia. O isopor é facilmente contaminado.

4.1.7 Unidade de Triagem 6

Esta unidade de triagem iniciou suas atividades em 2011, é operada por uma filial da cooperativa de Campo Bom e está localizada no centro de Novo Hamburgo. Este núcleo da cooperativa conta com 23 associados. A entrevista com o coordenador de núcleo foi realizada no escritório do galpão de triagem.

A matéria-prima da unidade são os resíduos sólidos da coleta seletiva, que são transportados em carrinhos de tração humana, em carrinhos motorizados e em dois caminhões, um cedido pela prefeitura e outro oriundo de recursos de um projeto do ministério da saúde. A coleta é realizada pelos associados deste núcleo. O carrinho motorizado não deve ser utilizado em dias de chuva, pois entra água no filtro do motor e o carrinho para de funcionar. Carrinhos elétricos não são utilizados por que precisam de um investimento inicial muito alto, em torno de R\$ 30 mil.

O processo de triagem é feito em esteira, os resíduos recicláveis são separados por tipo (papel/papelão/jornal, plástico, metal e vidro) e distribuídos no estoque intermediário, para posteriormente serem enviados para a prensa. O papelão é enfardado de 180 a 200 kg e o

plástico de 50 a 100 kg. Os plásticos constituem apenas 2% de todos os resíduos recicláveis e são separados em PET (transparente, verde, azul e embalagens de azeite), PEAD (sopro branco, sopro transparente, sopro colorido e injetado), PVC (rígido, tem muito pouco flexível), PEBD/PEBDL (transparentes e coloridos), PP (sopro transparente, filme e potes coloridos) e PS (painéis). Este núcleo vendeu 73 toneladas de materiais recicláveis no mês de abril de 2014, sendo 95% papelão, 2% plástico, 1% vidro e 2% papel/jornal.

Uma medição realizada neste núcleo indicou 500 kg de rejeito em dois dias. Considerando venda de 73.000 kg no mês, o percentual de rejeito ficou em 8%. Os plásticos que fazem parte do rejeito são embalagem de PET para ovos (termoformada), isopor, embalagens laminadas como a de Elma chips e de erva mate. Este rejeito é enviado para aterro. O PP filme, normalmente destinado para rejeito, foi separado e vendido em fase experimental. Foram separados 44 kg de PP filme em dois dias de maio de 2014. Segundo o coordenador deste núcleo o cliente aglutina o PP filme e adiciona 2% de PP ao PEBD para confeccionar o seu produto final.

O representante do núcleo avaliou a qualidade da matéria-prima como boa, mas ressaltou que em alguns locais de coleta precisa ser trabalhada a conscientização.

Na entrevista foi mencionado o projeto Cadeia Solidária binacional do PET, em que o polo de Novo Hamburgo vai comprar todo o PET fornecido pela cooperativa e produzir o PET moído. As máquinas já foram compradas, porém precisa modificar a entrada do prédio das máquinas. Neste projeto o PET moído será enviado para o Uruguai para fazer a fibra, depois para Minas Gerais, onde a fibra será transformada em fio¹ e tecida, e finalmente, volta para as cooperativas de costureiras no Rio Grande do Sul para a confecção de sacolas, calçados, camisetas e outros artigos (SESAMPE, 2012). Outro polo, uma central de beneficiamento do PET em Santa Cruz do Sul, recebeu maquinário em 2013.

4.1.8 Unidade de Triagem 7

Esta unidade de triagem é administrada pela matriz de uma cooperativa de Campo Bom e está localizada no aterro sanitário deste município. A cooperativa iniciou suas atividades em 1996 e atualmente conta com 41 associados. Em 1996, a cooperativa iniciou reciclando resíduo da construção civil, depois, teve a oportunidade de reciclar resíduos da coleta bruta. Houve um projeto de compostagem de resíduos orgânicos, que fracassou por falta de compradores do produto da compostagem. Além da esteira de triagem, existem também equipamentos para a moagem e aglutinação de PEAD, PEBD e PP. As máquinas para a moagem e aglutinação foram doadas pela Braskem e estão em operação há três anos. A conta de EE da unidade é paga pela prefeitura.

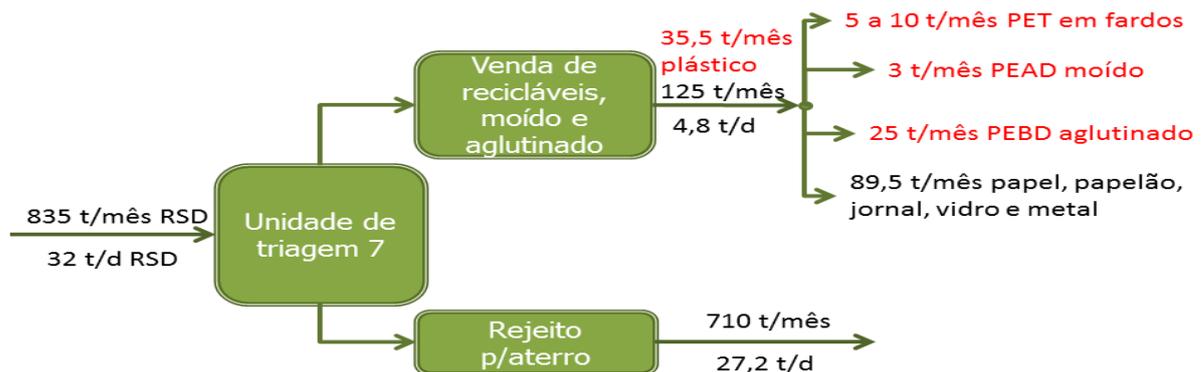
A matéria-prima desta unidade é a coleta de lixo bruto da cidade de Campo Bom, que é descarregado e encaminhado para a esteira de triagem. Na esteira são recuperados para estocagem intermediária os materiais recicláveis: plásticos, metais, papel/papelão/jornal e vidro. A sobra na esteira constitui o rejeito, que é encaminhado para o aterro situado no mesmo terreno do galpão, entretanto algumas vezes a sobra é passada novamente na esteira para aumentar a recuperação de recicláveis. O plástico é separado em PET (transparente,

¹ Fios são multifilamentos, formados por fibras cortadas e torcidas (MANO & MENDES, 1999).

verde e resina), PEAD (rígido: transparente, leitoso e colorido), PVC (rígido e flexível), PEBD (colorido e transparente), PP (margarina e balde/bacia) e PS (painéis). Esta unidade vende de 5 a 10 t/mês de fardos de PET, sendo a quantidade mensal mais alta no verão e a mais baixa no inverno. São rejeitos na cooperativa: o isopor, o PET termoformado, o PP filme, sacolas de PEAD e rafia. São comercializados 3,0 t/mês de PEAD moído (1,5 t de leitoso e 1,5 t de transparente) e 25 t/mês PEBD aglutinado (5,0 t de filme transparente ou canela e 20 t de filme preto). A quantidade de matéria-prima varia em função do dia da semana, em alguns dias chega a 40 t/d. Esta quantidade constitui um problema no processo de separação, pois precisaria de uma quantidade de mão-de-obra na esteira maior para triar todo o material. Também constitui um problema a vala do aterro, que deveria ter uma vida útil de nove anos, mas já está com metade de capacidade preenchida após dois anos. O chorume gerado no aterro é separado e enviado para tratamento em Canoas, sendo que não é realizado o aproveitamento do metano.

O balanço material da unidade mostrado na Figura 4.2 supõe a geração de 32 t/d de RSD conforme Dorneles *et al.* (2012b), verificando-se uma recuperação de 15% dos materiais coletados.

Figura 4.2: Balanço material da Unidade de Triagem 7 com beneficiamento de plástico.



O processo de moagem e aglutinação é um diferencial em relação às demais unidades de triagem. O processo utiliza um vaso alimentador, um tanque de lavagem com recirculação de água, três secadores, um moinho, um aglutinador e um vaso coletor. A água de lavagem é trocada uma vez por semana e é enviada para a bacia de chorume, que tem seu resíduo enviado por carreta para tratamento em Canoas. Para o melhor aproveitamento da água de lavagem, primeiro são processados os resíduos plásticos transparentes menos contaminados, depois os brancos, os coloridos e por fim os pretos.

Os clientes solicitam que o PEBD aglutinado, que é vendido para fazer sacos de lixo, não tenha ferro ou sujeiras. O PEAD moído é vendido para fazer carcaça de vassoura e os fardos de PET são vendidos para uma empresa de São Leopoldo que o transporta até Santa Cruz do Sul para ser moído. Os produtos PEAD moído e PEBD aglutinado são muito procurados; atualmente o PEBD aglutinado é vendido por R\$ 2,00/kg.

Na opinião do coordenador deste núcleo seria necessário melhorar os preços de venda de alguns produtos e implantar a coleta seletiva com apoio da prefeitura.

4.1.9 Comerciantes de Sucata 1 e 2

Existem pequenos comerciantes que compram resíduos recicláveis de catadores e estabelecimentos comerciais. Para conhecer esta realidade foram entrevistados por telefone dois comerciantes de bairro em Porto Alegre.

O Comerciante de Sucata 1 situa-se na zona Sul e o volume de resíduos plásticos comercializados na forma de fardos prensados está por volta de seis toneladas por mês, divididos de forma aproximada conforme a Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Resíduos plásticos vendidos pelo Comerciante de Sucata 1

<i>Identificação NBR 13230</i>	<i>Descrição</i>	<i>Quantidade, kg/mês.</i>	<i>Tipo de resina</i>
1	PET cristal e PET verde	3000	PET
2	PEAD leitoso branco	500	PEAD rígido
2	PEAD leitoso colorido	500	PEAD rígido
2	Sacola (sacolinhas de supermercado)	500	PEAD filme
4	PE Cristal (saquinhos transparentes)	1000	PEBD filme
5	PP Cristal (copinho de água mineral PP)	500	PP rígido

Segundo o Comerciante de Sucata 1, 80% dos resíduos de PET são usados na fabricação de tecido e o PEAD colorido vai para a GM de Gravataí. Os potinhos de polietileno de alta densidade não têm mercado, pois eles vêm contaminados, têm preço baixo e são fontes de atração para ratos.

O Comerciante de Sucata 2 situa-se em um bairro da zona leste e comercializa os seguintes tipos de plásticos: PET, PEAD colorido, PEAD leitoso, PVC, PEBD sacaria, PP, PP balde e bacia e PS. O isopor (EPS) não tem mercado.

Os seus fornecedores são hotéis, estabelecimentos comerciais e catadores. Este comerciante possui um caminhão que faz a coleta dos resíduos recicláveis na casa do catador, nos hotéis e estabelecimentos comerciais.

Os resíduos recicláveis são comercializados em *bag* e em pequenos fardos de 100 kg. O cliente é a DD Sucatas de Canoas, um comerciante de maior porte, que produz fardos de uma tonelada e vende para a recicladora.

4.1.10 Comerciante de Sucata 3

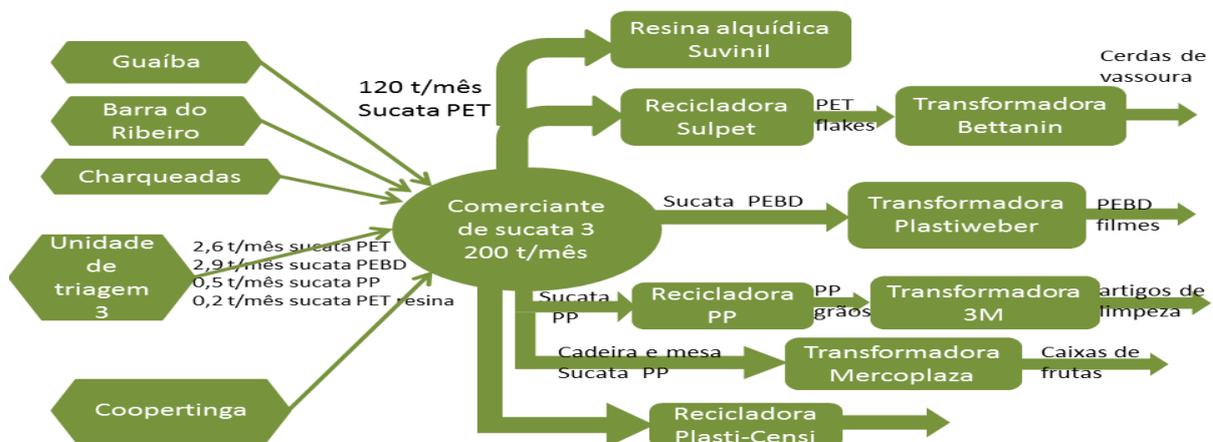
Esta empresa negocia resíduos plásticos de origem pós-consumo, possui 12 funcionários e suas atividades iniciaram em 1994. Até 2012 comercializava também com vidro e no passado trabalhou com sucata de ferro. A entrevista com o proprietário foi realizada no armazém alugado onde funciona a empresa. Em 2012, um armazém de propriedade desta empresa, na mesma rua, sofreu um incêndio.

A empresa compra e vende cerca de 200 toneladas por mês de resíduos plásticos de origem pós-consumo na forma de fardos. 60% do total comercializado correspondem à resina PET. Outros tipos de plásticos comercializados são PEAD, PVC rígido, PEBD/PEBDL, PP rígido, poliestireno (maior parte é copinho de café), balde e bacia (PP) e cadeira e mesa (PP aditivado). Não trabalha com PVC flexível, nem com PP filme, pois não tem comprador para estes plásticos. Entre 2008 e 2010, a empresa chegou a comercializar 1000 t/mês de plástico pós-consumo e comercializou 600 t/mês deste tipo de resíduo em 2012.

Os fornecedores da empresa estão localizados 50% em Porto Alegre e 50% no interior do estado. A Unidade de Triagem 3 e a Coopertinga (cooperativa de reciclagem localizada na Restinga Velha, que existe desde 2012 e não é conveniada com a prefeitura de Porto Alegre) são fornecedores de resíduos plásticos. Outros fornecedores estão localizados em Guaíba, Charqueadas e Barra do Ribeiro.

Os clientes são do interior do estado ou de Santa Catarina. São clientes: a Sulpet de Farroupilha, a Plastiweber de Feliz, Mercoplaza de Novo Hamburgo e a Plast-Censi de Penha, Santa Catarina. A Figura 4.3 apresenta a relação entre os clientes, fornecedores e o Comerciante de Sucata 3.

Figura 4.3: Clientes e fornecedores do Comerciante de Sucata 3.



Foram citados alguns exemplos de aplicações definidas pelos clientes para os materiais comercializados, como o uso das embalagens de óleo vegetal (PET) para fazer resina alquílica utilizada na fabricação de tintas; o uso do PET moído (flakes) pela Bettanin, para fazer cerdas de vassoura; o uso do “balde e bacia” granulado, pigmentado e vendido para a Bettanin, para fazer cepa de vassoura; o uso de “cadeira e mesa” granulado, de PP copolímero aditivado, para fazer caixas para frutas; e o uso de PP granulado pela 3M (Incavas de Bom Princípio, para fazer artigos de limpeza).

Nas recicladoras, clientes deste comerciante, um controle de qualidade é feito no recebimento da matéria-prima, que é triada e os contaminantes removidos retornam para o comerciante. São comumente encontradas areia e água nos fardos e já foram encontrados blocos de concreto, resíduo úmido (orgânico) e cachorro morto. Outro contaminante retirado nas recicladoras é o rótulo. Foi citado um energético cuja embalagem de PET tem um rótulo de PVC flexível. Como o PVC não pode ser separado do PET por densidade, a remoção do rótulo manualmente torna-se muito importante para evitar que PVC se degrade na temperatura de processamento do PET e o produto ácido de degradação reaja com o PET hidrolisando-o.

Foram citados alguns concorrentes na RMPA: um em Vila Isabel em Viamão, outro na Parada 42 em Viamão, outro em Cachoeirinha, dois em Canoas, um em São Leopoldo, um em Novo Hamburgo e um em Campo Bom.

Foi abordada a questão dos impostos. Na venda do resíduo plástico, não há pagamento de ICMS, nem IPI, apenas 6% de PIS/COFINS. A venda de fardos de plástico para fora do

estado paga 12% de ICMS além de 6% de PIS/COFINS. Para a indústria de transformação existe um redutor de ICMS quando a empresa processa plástico reciclado.

Na opinião do proprietário, o governo não deveria interferir tanto no setor de reciclagem, pois, segundo ele, algumas das ações do governo terminam afetando negativamente alguns atores da cadeia de reciclagem. Em Porto Alegre, a proibição do uso de veículos com a tração humana e animal está sendo implantada em alguns bairros e os catadores estão sendo convidados para treinamento em outras profissões. Como consequência disto, as pequenas empresas de bairro, que compram e vendem resíduos recicláveis, estão fechando. Outro exemplo de interferência governamental citado é o programa Cataforte, que prevê investimentos de R\$ 200 milhões em empreendimentos de catadores de materiais recicláveis.

4.1.11 Comerciante de Sucata 4

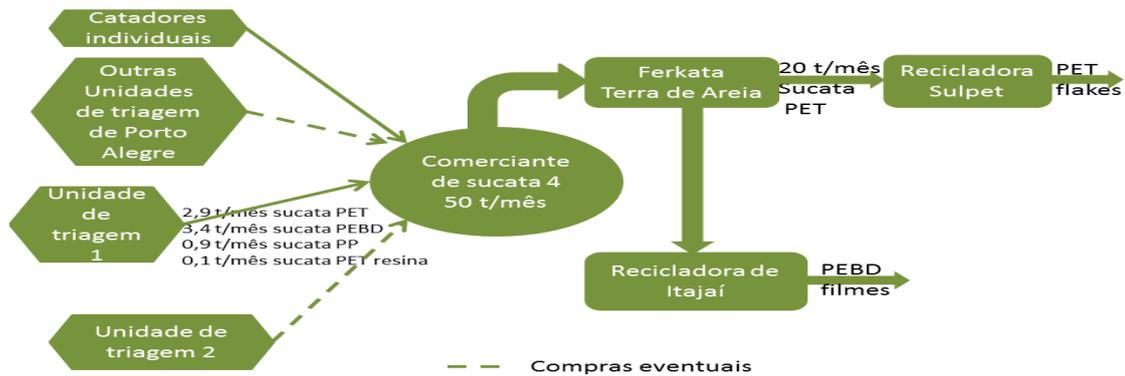
Esta empresa comercializa resíduo plástico de origem pós-consumo, possui quatro funcionários e foi registrada em 2002. Além do plástico, negocia com vidro, sendo que atualmente o vidro tem margem no preço de 40%, enquanto o plástico tem 15%. A entrevista com o proprietário foi realizada no depósito onde funciona a empresa. Esta empresa não possui o alvará de funcionamento. Segundo o proprietário, a SMIC solicita uma área construída maior do que a existente e um refeitório.

A empresa comercializa de 40 a 50 toneladas por mês de resíduo plástico de origem pós-consumo na forma de fardos e *bags*. 40% do total comercializado correspondem à resina PET. Outros tipos de plásticos comercializados são PEAD, PVC rígido, PEBD/PEBDL, PP rígido e balde e bacia (PP). A empresa não trabalha com PVC flexível, nem com PP filme, pois não tem comprador para estes plásticos. A quantidade comercializada de resíduo plástico tem se mantido inalterada ao longo dos anos, mas todos os anos há uma diminuição da oferta de resíduos recicláveis em Porto Alegre em janeiro e fevereiro.

Os contaminantes rejeitados pelas recicladoras são devolvidos ao comerciante de sucata, que, por sua vez, envia o rejeito para o aterro. Uma das exigências das recicladoras é receber PET sem PVC. Um dos problemas relatados é que algumas embalagens assemelham-se ao PET, mas são de PVC. Assim ocorre, por exemplo, com embalagens de adoçante e de bolos. Existe muito resíduo de PEAD contaminado com copinho de poliestireno termoformado. Também, a embalagem de aditivo de gasolina deveria ser de PEAD, mas é de PVC. Todas as embalagens de PVC e PS têm como destino o aterro.

Os fornecedores desta empresa são a Unidade de Triagem 1, catadores individuais e eventualmente a Unidade de Triagem 2 e outra unidade de triagem de Porto Alegre não entrevistada.

O cliente do resíduo plástico é a empresa Ferkata Plásticos, de Terra de Areia, que vende para a Sulpet, de Farroupilha, e empresas de Itajaí, Santa Catarina. Os concorrentes de mesmo porte citados na entrevista não estão mais em operação. A Figura 4.4 mostra as relações do Comerciante de Sucata 4 com fornecedores e clientes e aplicações dos materiais comercializados.

Figura 4.4: Clientes e fornecedores do Comerciante de Sucata 4.

4.1.12 SINPLAST

O SINPLAST, Sindicato das Indústrias de Material Plástico no Estado do RS, é um dos três sindicatos que congrega empresas do segmento transformador de plástico no estado, sendo aquele a qual estão filiadas as empresas da RMPA, que é a região de estudo no presente trabalho.

O setor de reciclagem mecânica de plástico passa por um momento difícil, na opinião do assessor técnico do SINPLAST. Ele foi proprietário de uma recicladora de plásticos que encerrou as atividades devido aos altos custos com EE, tendo um conhecimento bem consolidado do setor de reciclagem mecânica. Os principais problemas destacados pelo assessor técnico do SINPLAST com relação às empresas deste setor são mencionados nos parágrafos a seguir.

A etapa de aglutinação de materiais de baixa densidade aparente constitui um dos pontos críticos para estas empresas, visto que o aglutinador é um grande consumidor de EE. Este equipamento serve para aumentar a densidade e reduzir o volume de plástico filme ou plástico tecido. Para solucionar este problema, o sistema de alimentação forçada para a extrusora é a melhor alternativa. Este periférico, o sistema de alimentação forçada, utiliza um motor com potência dez vezes menor do que o aglutinador, representando uma economia substancial de energia. A extrusora recuperadora tem a finalidade de fundir o plástico, eliminar umidade, liberar gases provenientes da volatilização da tinta das embalagens e filtrar a massa fundida, eliminando qualquer sujeira. Após esse processo o material se apresenta em forma de grãos, como o material virgem.

As empresas, que reciclam plásticos mecanicamente, têm dificuldades em fazer o controle de qualidade, devido ao fato de serem, de um modo geral, empresas pequenas, sem recursos financeiros para manter um laboratório de qualidade.

Existe também o problema da água de lavagem dos resíduos plásticos. Isto faz que muitas empresas estejam em locais onde a fiscalização ambiental não atua, de forma a poder descartar a água de lavagem sem tratamento, o que acaba poluindo mananciais hídricos.

Foi comentada, também, a dificuldade na reciclagem dos plásticos contidos em equipamentos eletrônicos. Em alguns casos, tratava-se de uma mistura de plásticos, em outros casos o plástico não tinha identificação e em outros casos ainda a identificação do

plástico estava incorreta. Análise feita pela recicladora mostrou que a identificação do tipo de resina não correspondia ao material utilizado. Uma das causas da indicação errônea do tipo de resina do produto era a troca do tipo de resina com utilização do mesmo molde de fabricação com símbolo de identificação gravado correspondente a resina anterior e assim, a identificação ficava incorreta.

4.1.13 Recicladora 1

Esta empresa era uma recicladora que encerrou suas atividades em maio de 2013 por questões societárias. A empresa está em processo de venda do imóvel e dos equipamentos. Ainda restavam alguns produtos e matéria-prima. A recicladora trabalhava somente com plástico pós-consumo PP e PEAD, de origem de baldes, bacias, caixarias, bombonas, cadeiras, para-choques e sacaria aglutinada.

4.1.14 Recicladora 2

Nesta recicladora foi entrevistado o diretor comercial da empresa, que considera esta reciclagem um trabalho social. A seguir, são apresentadas algumas informações obtidas nesta entrevista sobre o processo, a matéria-prima utilizada e os produtos.

O projeto nasceu da necessidade de dar um destino adequado aos resíduos plásticos gerados pelas empresas do grupo ao qual pertence esta recicladora, principalmente, as embalagens compostas de mais de uma camada com poliamida em sua composição. A Recicladora 2 também utiliza como matéria-prima sacolas plásticas sujas, copinhos de café, resíduos industriais como apara de injeção e ABS. A empresa recebe estes resíduos sem custo algum: os resíduos industriais são da própria empresa e os demais vêm de outras empresas do grupo.

De um modo geral, a qualidade da matéria-prima não constitui um problema. A matéria-prima não deve conter metais, entretanto o alumínio da embalagem multicamada não causa problema. A embalagem é moída para ser aproveitada como insumo para produção de madeira plástica. Um ponto de atenção é a densidade do material.

O processo de reciclagem é muito simples e um pouco diferente do sistema tradicional. Usa um moinho para fragmentar plástico rígido e um aglutinador para adensar o plástico filme. A moldagem é por intrusão, na qual o plástico moído e/ou aglutinado alimenta uma extrusora: na primeira etapa o plástico é aquecido até a temperatura de intrusão²; na segunda etapa, com a rosca na posição retraída, gira sem deslocamento axial ocorrendo um preenchimento parcial do molde; na terceira etapa a rosca se desloca empurrando o plástico fundido e completando o enchimento do molde; e por fim, na quarta etapa, a temperatura no molde cai e a peça é retirada do molde (KAMALAKARAN *et al.*, 2011 e PAN *et al.*, 2004). Este processo foi desenvolvido pela recicladora em conjunto com a Universidade FEEVALE e tem capacidade de produção de 50 t/mês.

Os produtos são floreiras, vasos para plantas ornamentais, bancos de praça e coletores de resíduos. Uma lixeira e floreiras feitas de madeira plástica estão na Figura 4.5. Os produtos

² A temperatura de intrusão é uma temperatura acima da temperatura de fusão da mistura.

são doados para escolas. Se fossem vender os produtos eles seriam mais baratos que os feitos de madeira de lei, mas mais caros que os feitos com madeira de pinus. Segundo o *site* da empresa, a comercialização de um dos modelos de coletores de resíduos será feita em breve.

Figura 4.5: Produtos fabricados com madeira plástica (Empresa Recicladora 2, 2008).



4.1.15 Fabricante de máquinas

Foi entrevistado o assessor técnico de vendas da empresa fabricante de máquinas e equipamentos para o setor da borracha e reciclagem. Com foco na sustentabilidade, para dar destino certo aos resíduos da coleta seletiva e de sobras da indústria, a empresa desenvolveu máquinas para a reciclagem: o misturador interno (mistura polímeros em geral, cargas e corantes) e a prensa hidráulica. Em conjunto com as máquinas foi desenvolvido o processo RTC (Resíduo Termoplástico Composto), utilizando como matérias-primas plastificantes e cargas. Os plastificantes podem ser provenientes de sobras da indústria ou da coleta seletiva, como polietileno de alta e baixa densidade, polipropileno, poliestireno, EPS, poliuretano, ABS e PVC. Como cargas podem ser usadas EVA, papel, papelão, pó de MDF, serragem em geral, casca de arroz e pó de pneu. Através de testes feitos com os mais variados tipos de resíduos foi definida uma proporção: 60% de plastificantes e 40% de carga de enchimento.

Um exemplo de utilização do processo RTC³ é a produção de tijolos a partir de resíduos plásticos, que envolve os seguintes passos: (i) o misturador interno pré-aquecido a 107°C recebe vários materiais (sacolas plásticas, vasilhames de óleo, copinhos plásticos, EPS, pó de MDF, retalhos de EVA e casca de arroz) que são agregados em sequência à mistura; (ii) a mistura forma uma massa plástica, que atinge temperatura de 110°C a 130°C; (iii) a massa plástica é removida do misturador interno e vai para a prensa hidráulica, a fim de ser moldada por compressão; (iv) por fim, a peça é retirada do molde e as aparas removidas da peça, voltam a ser matéria-prima do processo.

A empresa não fabrica tijolos para comercialização, mas tem um laudo de compressão e impermeabilidade do tijolo, emitido pela CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia – Porto Alegre mostrado na Tabela 4.6.

³ Processo está gravado em vídeo disponível em http://www.youtube.com/watch?v=XE_TINYBZeU.

Tabela 4.6: Laudo para tijolos de resíduos plásticos.

<i>Ensaio</i>	<i>Resultados</i>
Carga de ensaio (N)	65501
Limite de resistência (MPa) ⁽¹⁾	1,18
Absorção de Água (%)	Zero

(1) Um parâmetro de comparação é a resistência mecânica a compressão do tijolo refratário da ordem de 20 MPa.

A produtividade da prensa depende do produto que for moldado. Para um misturador que produz 150 kg/h deverá ter um molde que consuma os 150 kg/h, o consumo de energia do motor do misturador 40 CV é de 31,52 kWh, e do motor do sistema hidráulico de 10 CV é de 8,65 kWh, com consumo específico de EE de 0,27 kWh/kg.

A inovação do processo é que os materiais não precisam ser separados e lavados para serem utilizados. Os resíduos são os rejeitos dos catadores, ou seja, material destinado para o aterro público. A partir deste novo composto, podem ser produzidos vários materiais como comedouros, pisos, placas de sinalização, tijolos, lixeiras, bancos e mesas, conforme mostrado na Figura 4.6.

Figura 4.6: Produtos obtidos pelo Fabricante de máquinas com rejeito da coleta seletiva (Empresa Fabricante de máquinas, 2013).



A empresa informou que atualmente os usuários das máquinas são uma empresa em Portão que recicla cartazes de *outdoor* e transforma em solados para calçados, uma empresa localizada na região nordeste do Brasil e outra empresa localizada em Minas Gerais.

4.1.16 Recicladora 3

Esta empresa é uma recicladora de plástico rígido pós-consumo, que possui 30

funcionários e opera em Porto Alegre desde 2007. Antes a empresa tinha outros proprietários. Foi entrevistado o sócio proprietário e diretor, no escritório da fábrica.

A matéria-prima da recicladora é o resíduo de PP rígido e de PEAD rígido, comprado de associações, cooperativas e comerciantes de sucata na forma de fardos prensados.

A qualidade da matéria-prima é avaliada como sendo média a ruim. Os contaminantes da matéria-prima são os resíduos sólidos gerados pela empresa, principalmente saquinhos, PVC, papelão e PET, os quais são trocados com os fornecedores de matéria-prima por novos fardos de PP e PEAD. Os problemas de contaminação da matéria-prima são a causa de 100% das paradas de produção e representam 4% do tempo no mês. Os principais contaminantes e causadores das paradas na extrusora são o silicone e o alumínio.

Os produtos da Recicladora 3 são grãos de PP e PEAD (na forma de lentilhas), que são vendidos para empresas de Caxias, Novo Hamburgo e cidades de Santa Catarina. Os clientes utilizam os grãos para fabricar: capa de caderno, espiral de caderno, bagageiro de bicicleta, caixa de descarga e bombonas (na empresa situada nos fundos da recicladora).

O controle de qualidade do produto é feito pela análise da densidade aparente, com valor médio igual a 550 kg/m^3 e que varia de 520 a 580 kg/m^3 . Também controla o tamanho do grão, a quantidade de finos gerados no corte dos grãos, a cor, a umidade, o formato do grão e o tamanho da embalagem. A análise do índice de fluidez é feita pelo cliente. Para obter boa reprodutibilidade na cor, o cliente adiciona os pigmentos necessários.

O processo de reciclagem consiste nas seguintes etapas: recebimento, classificação, moagem/lavagem, secagem e extrusão.

No recebimento é utilizada uma empilhadeira para a movimentação de cargas.

Na etapa de classificação os plásticos são separados por cor e por tipo em uma mesa de seleção. O plástico moldado por sopro é separado do plástico moldado por injeção, para evitar misturar plásticos de índice de fluidez muito diferentes. É preciso separar bem o PP do PEAD, pois a mistura deles gera problema de incompatibilidade. Às vezes, ocorre contaminação com um pouco de PP no PEAD, conseqüentemente alguns lotes apresentam problemas nos grãos causados pela incompatibilidade das resinas. Neste caso, o lote é reprocessado com a diluição do contaminante PP. Por outro lado, a contaminação do PP com PEAD não é causa de problemas.

Na etapa de moagem/lavagem é usada uma máquina de lavagem (moinho com 800 mm de boca com lavagem interna e detergente).

Na etapa de secagem é utilizado um conjunto de resistências elétricas que aquecem o ar e este é soprado para dentro de um silo, onde o material a ser seco permanece por quarenta minutos.

Na etapa de extrusão é usada uma extrusora do tipo simples com corte na cabeça, pois segundo o diretor, as perdas são menores do que na extrusora que produz o espaguete. A extrusora tem um filtro de gaveta onde a troca de tela é automática e não interrompe o processo. Mas, existem problemas com finos no produto.

Problemas de degradação foram reportados pelo cliente e também foi observado no grão. Existe a formação de bolhas nos produtos granulados devido à umidade, por isso precisa

secar o grão por duas horas na temperatura entre 80 a 90°C. Também, precisa deixar a embalagem de grãos respirando de 6 a 10 horas para esfriar e evaporar a umidade.

O consumo específico de EE é de 0,88 kWh por quilo de produto, pois contrata 44000 kWh mensalmente e produz 50.000 kg de grãos por mês.

O efluente líquido é tratado e toda a água é reciclada, retornando ao processo. Um problema observado foi o forte odor, podendo ser atribuído ao reciclo desta água.

Na visão do diretor da empresa o mercado dos produtos nos últimos anos está em fase de crescimento. Existe a intenção de aumento na produção para 80 t/mês; para tanto, precisa solucionar os problemas de preço e a escassez de matéria-prima. A falta de matéria-prima deve-se à competição com as indústrias da região do sul de Santa Catarina, que compram o plástico triado e prensado em Porto Alegre. Estas indústrias têm incentivos fiscais do governo de Santa Catarina.

4.1.17 Recicladora 4

Esta empresa é uma recicladora de plástico filme verticalizada em transformação, que iniciou suas atividades em 1992, opera em turnos de 12 horas e atualmente possui 16 funcionários, porém com alta rotatividade. A entrevista com o proprietário e diretor foi realizada no escritório da fábrica. Além desta fábrica, possui um galpão de separação de plástico na região industrial da cidade.

A matéria-prima utilizada é resíduo plástico de origem pós-consumo e industrial. São utilizados PEBD aglutinado, PEAD aglutinado e resíduo de PEBD/PEBDL comprado de supermercados, os quais recebem mercadorias embaladas em PEBD/PEBDL. O PEBD aglutinado e o PEAD aglutinado são comprados de pequenos recicladores, não sendo pessoas jurídicas, que fazem o serviço manual de classificação.

A qualidade da matéria-prima é avaliada como boa. Os contaminantes dos resíduos de supermercado são rótulos, grampos, fitas adesivas, tinta impressa nos plásticos e restos de produtos como arroz, feijão, gordura, que são removidos na triagem dos resíduos antes da extrusão.

Os produtos da Recicladora 4 são sacos de lixo, sacos para areia e brita usados em madeireiras e ferragens e filme termoencolhível (*shrink*⁴) para embalar várias garrafas de refrigerante e alvejantes. Os clientes são órgãos públicos, distribuidores de materiais de limpeza em geral, empresas madeireiras e ferragens.

A qualidade do produto é considerada inferior por se tratar de um produto reciclado, sendo que a prioridade para os clientes é o preço mais baixo, com a exigência de qualidade ficando em segundo lugar. A melhoria da qualidade do produto, quando necessária, é obtida trabalhando a qualidade da matéria-prima.

O processo de produção utiliza as seguintes matérias-primas: resíduos PEBD de supermercado, PEBD aglutinado e PEAD aglutinado. Os resíduos de PEBD de supermercado são triados, os contaminantes são removidos e o plástico PEBD limpo é aglutinado. Em seguida, o PEBD aglutinado é enviado para uma extrusora, que o transforma em grão (pellet).

⁴ O filme em contato com altas temperaturas sofre retração e unitizam o produto.

O PEBD e PEAD adquiridos já aglutinados também são transformados em grão na extrusora. É utilizada uma extrusora cascata com degasagem, que elimina quase todos os problemas com compostos voláteis. Obtém-se, assim, PEBD e PEAD granulado. A seguir, uma mistura de 10% de PEAD granulado e 90% de PEBD granulado é passada por uma extrusora de filme tubular ascendente. A bobina de filme gerada é posteriormente processada em máquina corte solda para produção de saco de PEBD. Depois os sacos são embalados.

Segundo o diretor, não são geralmente encontrados problemas de degradação, nem problemas que causem paradas da extrusora. Entretanto, às vezes, ocorrem bolhas nos produtos granulados. As bolhas são causadas por gases oriundos de tintas e vernizes usados na impressão de filmes. A falha é corrigida com o controle de temperatura, acréscimo de resíduo menos contaminado com tinta e eliminação dos gases na extrusora cascata.

A Recicladora 4 informou que o custo específico de EE é de R\$ 0,60 por quilo de produto. Na entrevista foi dito que contrata 90.000 kWh por mês, mas está produzindo 28 toneladas de produtos. Provavelmente, ainda está com o contrato para produzir 120 t/mês e precisa renegociar o contrato para a produção atual. Na condição atual, o consumo específico de energia gasta é de 3,2 kWh por um quilo de produto, se produzisse 120 t/mês com a energia contratada o índice energético seria de 0,75 kWh por quilo de produto, se aproximando do valor de referência publicado por Faria & Pacheco (2011) de 0,7 kWh/kg.

Os resíduos sólidos gerados pela empresa são reciclados dentro da própria empresa. Não utiliza água e, portanto não gera efluente líquido e não precisa de tratamento.

Na visão do diretor da empresa a demanda dos produtos nos últimos anos está em fase de crescimento, mas a produção é decrescente devido à falta de incentivo. A capacidade instalada é de 120 t/mês, porém em 2012 foram produzidos 80 t/mês (900 toneladas por ano). Atualmente a produção foi reduzida para 28 t/mês. Depois de realizados investimentos para aumentar a capacidade, verificou-se não ser economicamente viável produzir 120 t/mês. Existem várias dificuldades como a alta rotatividade dos funcionários, o atraso de pagamento em vendas para órgãos públicos e a dívida por problemas contábeis que o levou a fazer um parcelamento. Mas, a questão tributária parece ser fundamental neste caso: com a produção de 28 t/mês a empresa se enquadrava no regime de tributação do Simples Nacional; com a produção de 120 t/mês a empresa teria receita bruta acima de R\$ 3,6 milhões (o limite era 2,4 milhões até 01.01.2012) e precisaria mudar o regime tributário para lucro presumido, de modo que os impostos sobre a folha de pagamento passariam de 8% para 35,8%.

4.2 Avaliação econômica da reciclagem na RMPA

Nesta seção são apresentadas a receita na triagem das associações conveniadas de Porto Alegre, dos catadores informais de Porto Alegre, dos catadores do Consórcio Pró-Sinos e os dados econômicos das recicladoras entrevistadas. A avaliação econômica da reciclagem de plástico pós-consumo na RMPA, considerando os custos do envio de resíduos sólidos para aterro, custos da coleta seletiva, receita e custos na triagem dos materiais recicláveis, geração de caixa do serviço de transporte e armazenagem, geração de caixa na reciclagem mecânica e transformação dos plásticos pós-consumo e os impostos pagos por estes atores na reciclagem do plástico, será apresentada na Seção 4.4.1.

A Tabela 4.7 mostra a estimativa das receitas das unidades de triagem conveniadas com a prefeitura de Porto Alegre com base nas 74,4 t/d de materiais recicláveis comercializadas em 2011.

Tabela 4.7: Receita das associações de triagem conveniadas de Porto Alegre 2011

<i>Tipo de Material</i>	<i>Composição ⁽¹⁾, %</i>	<i>Preço da sucata ⁽²⁾, R\$/kg</i>	<i>Receita, R\$/ dia</i>
Papel ⁽³⁾	51,8	0,23	8.904,69
Plástico ⁽⁴⁾	41,2	0,75	22.945,15
Vidro	4,0	0,05	149,36
Metais Ferrosos	2,1	0,13	202,27
Metais Não ferrosos	0,9	2,10	1.449,21
Total	100,0		33.650,68

(1) Reichert (2013).

(2) O preço de cada tipo de material foi calculado usando a Tabela 3.3 (atualizado para 2011 pelo fator 0,85) e a composição do material.

(3) Composição do item papel: 46% de papelão, 16% de papel branco e 38% de jornal (GHESLA, 2012).

(4) Composição do item plástico: 26% de PET, 31% de plástico rígido e 43% de plástico filme. O plástico rígido constituído de 29% de PP e 71% de PEAD e o filme de 23% de PEAD e 77% PEBD (Tabela 4.1 e fração PET ajustada pelo relatório VONPAR, 2010).

A partir dos dados da Tabela 4.7, supondo-se que todos os associados trabalharam o mesmo número de horas e, assim, uma receita igualmente repartida, chegou-se a uma estimativa de renda mensal média de R\$ 1.175,00 para os 747 associados (SNIS, 2015a) que trabalharam nas unidades de triagem conveniadas com a prefeitura em 2011. Este valor é bem mais alto do que a renda mensal média informada por Fleck & Reichert (2013a): R\$ 320,00 a 700,00 – dados de junho de 2012. As causas desta diferença podem ser preços efetivamente praticados menores do que os utilizados no cálculo ou fração do PET menor do que a utilizada no cálculo ou a quantidade de material reciclado comercializado inferior a 74,4 t/d, mas acredita-se que a causa da diferença é o uso de parte da receita para pagar gastos excedentes com manutenção nos galpões⁵.

A Tabela 4.8 apresenta a estimativa de receita da coleta realizada por 1200 catadores não conveniados com a prefeitura de Porto Alegre e estimou-se que eles comercializaram 182 t/d de materiais recicláveis em 2011. Obteve-se uma renda mensal média de R\$ 1.457,08, sendo este valor maior do que a renda média dos associados conveniados com a prefeitura, devido a maior produtividade das associações e catadores não conveniados (152 versus 100 kg/d/associado). Mas este valor pode ser menor para os catadores que vendem plástico não prensado.

Tabela 4.8: Receita dos catadores não conveniados em Porto Alegre 2011

<i>Tipo de Material</i>	<i>Composição, %</i>	<i>Preço da sucata ⁽¹⁾, R\$/kg</i>	<i>Receita, R\$ por dia</i>
Papel ⁽²⁾	66,8	0,23	28.087,34
Plástico ⁽³⁾	26,2	0,72	34.543,55
Vidro	4,0	0,05	365,27
Metais Ferrosos	2,1	0,13	494,65
Metais Não ferrosos	0,9	2,10	3.544,05
Total	100,0		67.034,86

(1) O preço de cada tipo de material foi calculado usando a Tabela 3.3 (atualizado para 2011 pelo fator 0,85) e a composição do material.

(2) Composição do item papel: 46% de papelão, 16% de papel branco e 38% de jornal (GHESLA, 2012).

⁵ O DMLU desembolsou R\$ 510.000,00 no ano de 2011 para o custeio das despesas operacionais das unidades de triagem; cada unidade de triagem recebeu R\$ 2.500,00 por mês. Se houve custos excedentes, cada unidade precisou usar parte de sua receita para cobrir as despesas.

- (3) O plástico é constituído por 17% de PET, 39% de plástico rígido e 44% de plástico filme. O plástico rígido é constituído 34% de PP e 66% de PEAD e o filme de 30% de PEAD e 70% PEBD.

A Tabela 4.9 apresenta a receita oriunda da triagem dos resíduos recicláveis dos municípios da RMPA integrantes do Consórcio Pró-Sinos que comercializaram 32.295 toneladas de materiais recicláveis no ano de 2010, sendo 615 toneladas de plástico beneficiado. A renda mensal média de cada associado seria de R\$ 830,73 se todos os 1267 catadores tivessem trabalhado o mesmo número de horas e houvesse uma repartição igualitária da receita resultante das vendas. A renda média é menor do que a de Porto Alegre devido aos preços de 2010 serem 85% dos preços de 2011 e a produtividade do consórcio ser de apenas 81 kg/d/catador.

Tabela 4.9: Receita da triagem do consórcio Pró-Sinos – 2010.

<i>Tipo de Material</i>	<i>Composição, %</i>	<i>Preço da sucata ⁽¹⁾, R\$/kg</i>	<i>Receita, R\$/dia</i>
Papel ⁽²⁾	57,9%	0,20	11.732,79
Plástico ⁽³⁾	21,3%	0,64	14.044,18
Plástico beneficiado	1,9%	2,07	4.064,63
Vidro	6,1%	0,04	266,18
Metais Ferrosos	7,0%	0,11	798,59
Metais Não ferrosos	3,0%	1,79	5.528,68
Outros	2,8%	0,12	350,53
Total	100,0%		36.785,58

(1) O preço de cada tipo de material foi calculado usando a Tabela 3.3 e a composição do material.

(2) Composição do item papel: 46 % de papelão, 38% de jornal e 16% de papel branco (GHESLA, 2012).

(3) O plástico é constituído por 21% de PET, 10% de plástico rígido e 69% de plástico filme. O plástico rígido é constituído 17% de PP e 83% de PEAD e o filme de 0% de PEAD e 100% PEBD (dados da Unidade de Triagem 7).

Os balanços materiais das recicladoras entrevistadas são apresentados na Tabela 4.10. As entradas de matérias primas são negativas e as saídas de produtos ou subprodutos são positivas. Para a Recicladora 2, que produz artefatos de madeira plástica, foi assumido que a produção é igual a capacidade de produção.

Tabela 4.10: Balanços material das recicladoras entrevistadas.

<i>Item</i>	<i>Quantidade, kg/ano</i>			
	<i>Recicladora 2</i>	<i>Recicladora 3 ⁽¹⁾</i>	<i>Recicladora 4</i>	<i>Recicladora X</i>
Resíduo PET		11.880		12.000
Fardo PEAD rígido		-504.000		-408.000
Fardo PEAD filme		12.000		-408.000
Sucata PVC		1.200		5.000
Resíduo PEBD supermercado			-195.840	-730.200
Fardo PP rígido		-216.000		
Resíduo Metal/Papel/Papelão		94.920		80.000
Sacolas plásticas	-90.000			
Embalagens multicamadas	-90.000			
Copinhos plásticos	-90.000			
ABS	-90.000			
Resíduos industriais: aparas de injeção	-240.000			
Contaminantes			8.640	9.200
PEAD aglutinado			-33.600	
PEAD grão		420.000		
PEBD aglutinado			-115.200	
PP grão		180.000		
Saco de lixo preto			168.000	720.000
Saco de lixo colorido			168.000	720.000
Madeira Plástica	600.000			

- (1) Para esta recicladora foi utilizada uma proporção de PEAD/PP de 30/70, pois esta é a proporção de geração destes plásticos pós-consumo segundo dados obtidos nas entrevistas com as Unidades de Triagem 1, 3 e 4.

A Tabela 4.11 mostra um quadro comparativo de receita, custos, margem líquida e impostos das recicladoras entrevistadas.

Tabela 4.11: Quadro comparativo anual das recicladoras entrevistadas

<i>Item</i>	<i>Recicladora 2</i>	<i>Recicladora 3</i>	<i>Recicladora 4 Transformadora</i>	<i>Recicladora X ⁽¹⁾</i>
Matéria-prima	Resíduos diversos.	Resíduo PEAD/PP rígido	PEBD/ PEAD aglutinado e resíduo PEBD filme	Resíduo PEAD e PEBD
Produto	Madeira plástica	PEAD e PP grão	Saco de lixo preto e colorido	PEAD e PEBD grão
Produção	600 toneladas	600 toneladas	336 toneladas	1440 toneladas
Preço produto	R\$ 0,00/kg	R\$ 2,70/kg	R\$ 3,50-4,50/kg	R\$ 2,70-2,20/kg
Receita	RS 0,00	RS 1.620 mil	RS 1.344 mil	RS 3.528 mil
Custo Variável	R\$ 383.449,31	R\$ 797.043,35	R\$ 705.550,08	R\$ 2.287 mil
EE	R\$ 293.449,31 (80.000kWh/mês)	R\$ 182.682,83 (44.000kWh/mês)	R\$ 201.600,00	R\$ 480 mil R\$40.000,00/mês
Custo Fixo	R\$ 547.120,00	R\$ 560.401,50	R\$ 462.121,50	R\$ 1.389 mil
Margem Líquida	-R\$ 930.569,31	R\$ 262.555,15	R\$ 176.328,42	-R\$ 136.881,91
Depreciação	R\$ 20.000,00	R\$ 14.676,00	R\$ 14.676,00	
Impostos ⁽²⁾	R\$ 0,00	R\$ 154.386,00	R\$ 120.288,00	
Lucro líquido após os impostos	R\$ 0,00	R\$ 93.493,15	R\$ 41.364,42	
Investimento	R\$ 500.000,00	R\$ 366.900,00	R\$ 366.900,00	R\$ 366.900,00
Capital de giro	R\$ 0,00	R\$ 16.833,33	R\$ 17.285,00	

(1) Esta recicladora foi mencionada na entrevista do SINPLAST e já havia encerrado suas atividades em 2013 devido, entre outros fatores, ao alto custo com energia elétrica.

(2) CSLL, IRPJ, COFINS, PIS/PASEP, CPP e ICMS para a Recicladoras 3 e a Recicladora 4. PIS, COFINS, CSLL e IRPJ para a Recicladora 2 e Recicladora X.

A Tabela 4.11 também permite comparar a produção de grãos (lentilhas) de PEAD e PP a partir de resíduos plásticos, com a produção de grãos de PEAD e PEBD a partir de plástico filme, com a produção de madeira plástica e com a produção de sacos de lixo a partir de resíduos de PEBD filme. As Recicladoras 3 e 4 têm margem líquida positiva e o negócio é lucrativo, entretanto a Recicladora X operou com margem negativa o que causou seu fechamento. No caso da madeira plástica, a margem líquida seria positiva, se o preço da madeira plástica ficasse acima de R\$ 1,50/kg. Entretanto, os produtos são doados e não vendidos, assim a margem fica negativa. O custo variável da produção de madeira plástica é menor, pois a Recicladora 2 usa matéria-prima proveniente de outras empresas do grupo a que pertence, só pagando pelo transporte.

Como se pode observar na Tabela 4.11 a Recicladora 3, uma empresa que recicla plástico rígido com capacidade de produção de 50 t/mês, é viável economicamente. Entretanto, a recicladora de plástico filme com capacidade de 120 t/mês, custo de EE de R\$ 40.000,00 apresentou receita superior a R\$ 2,4 milhões e mudou o regime de tributação do Simples para lucro real, ficando com uma margem líquida negativa. Este é o caso da Recicladora X, que usava o aglutinador e fechou em 2012.

4.3 Panorama da reciclagem de plástico na RMPA

Tendo como base as informações obtidas nas entrevistas descritas na seção anterior, os PMGIRS, o PMSB de Alvorada, os dados do SNIS (2015a) e a lista de recicladoras do

SINPLAST, pode-se sumarizar o panorama da reciclagem de plástico pós-consumo na RMPA. Este panorama é descrito nos parágrafos seguintes.

A Tabela 4.12 resume as informações obtidas sobre os atores da reciclagem em 30 municípios da RMPA. A lista das trinta e quatro cidades que compõem a RMPA a partir de 2012 com dados de resíduos sólidos encontra-se no Apêndice E. Em 2010, a RMPA contava com trinta e dois municípios.

Tabela 4.12: Reciclagem de plástico pós-consumo na RMPA.

<i>Município</i>	<i>Coleta seletiva oficial</i>	<i>Associações / Cooperativas de triagem</i>	<i>Galpões de triagem</i>	<i>Recicladoras (pós-consumo)⁽¹⁾</i>
Alvorada	50% ⁽²⁾	2 associações e 1 cooperativa	Sim	3
*Araricá ⁽⁹⁾	Não há	Não há	Sim	Não há
Arroio dos Ratos	Não há	1 associação	Sim	Não há
*Cachoeirinha	Projeto Piloto	2 associações	Sim	1 ⁽⁵⁾
*Campo Bom	100% (PEV) ⁽³⁾	1 cooperativa ⁽⁴⁾	Sim	1
*Canoas	98,9%	2 associações e 2 cooperativas	Sim	4
Charqueadas	Projeto piloto	1 associação	Sim	Não há
*Dois Irmãos	100%	1 cooperativa ⁽⁴⁾	Sim	1
Eldorado do Sul	Não há	Não há	Não	1 ⁽⁵⁾
*Estância Velha	100% Urbana 90% rural	Não há	Sim	1
*Esteio	100%	1 associação e 1 cooperativa	Sim	2
*Glorinha	Não há	Não há	Não	Não há
Gravataí ⁽⁶⁾	40%	1 associação e 1 cooperativa	Sim	Não há
Guaíba ⁽⁹⁾	Não há	2 associações	Sim	Não há
*Igrejinha ⁽¹⁰⁾	100%	Não há	Sim	Não há
Montenegro	100%	1 associação	Sim	Não há
*Nova Hartz	Principais vias urbanas	1 associação ⁽⁴⁾	Sim	2
*Nova Santa Rita	Não há	1 associação	Sim	2
*Novo Hamburgo	100%	1 cooperativa	Sim	12
*Parobé	Temporariamente desativada ⁽⁷⁾	Não há	Não	Não há
*Portão ⁽⁹⁾	Não há	1 associação	Sim	2
Porto Alegre ⁽⁸⁾	100%	15 associações e 3 cooperativas	Sim	1
*Rolante ⁽⁹⁾	Não há	Não há	Sim	1
*Santo Antonio da Patrulha	20% urbana 10% rural	Não há	Sim	1
*São Leopoldo	98,3%	5 associações e 1 cooperativa	Sim	6
São Sebastião do Caí ⁽¹¹⁾	Não há	Sem informação	Não	1
*Sapiranga	98,3%	1 cooperativa	Sim	Não há
*Sapucaia do Sul	Em implantação	Não há	Não	4
*Taquara	Desativado temporariamente	Não há	Sim	Não há
Viamão	Em implantação	1 cooperativa	Sim	Não há

- (1) Foram listadas na Tabela 4.12 apenas as empresas recicladoras, que usam resíduos plásticos pós-consumo como matéria-prima. Algumas recicladoras utilizam também aparas industriais. Foi pesquisado o tipo de plástico reciclado, se recicla plástico filme ou rígido e a capacidade de produção. Além destas empresas, existem as pessoas físicas que aglutinam o plástico filme, mas não foram encontrados dados sobre este serviço.
- (2) Atualmente a coleta seletiva é realizada em todo município de Alvorada, no entanto ainda é insipiente a frequência dessa prestação de serviço. Na maior parte da cidade, a mesma é efetuada apenas uma vez por semana e sem regramento do horário de recolhimento, o que dificulta a implantação da cultura da separação dos resíduos potencialmente recicláveis e contribui para que os esses sejam enviados para o aterro sanitário (BOHRER, 2013).
- (3) DORNELES *et al.* (2012b) informa que existe coleta seletiva através de PEV, e além disto a cooperativa recupera 4,8 t/d de materiais recicláveis da triagem da coleta convencional mista.
- (4) Faz o beneficiamento do plástico, isto é, vende plástico moído e aglutinado.
- (5) Recicladora fechou no primeiro semestre de 2013.
- (6) BORTOLI (2012). A fonte desta informação foi a Câmara de Vereadores de Gravataí – dados de 2010.
- (7) Coleta temporariamente desativada em 2011. Em 2010 foram coletados duas mil toneladas de materiais recicláveis, os quais por falta de estrutura de triagem foram enviados para aterro sanitário em Minas do Leão (DORNELES *et al.*, 2012b).

- (8) Porto Alegre tinha dezesseis associações e uma cooperativa que são conveniadas em 2011 e existia uma cooperativa não conveniada com o DMLU.
- (9) Possui triagem a partir da coleta bruta realizada por empresa contratada pela prefeitura.
- (10) Passou a integrar a RMPA em 22 de dezembro de 2011.
- (11) Passou a integrar a RMPA em 13 de junho de 2012.

A matéria-prima das recicladoras de plástico pós-consumo é oriunda dos resíduos plásticos recicláveis contidos na coleta bruta, na coleta seletiva porta a porta, nos pontos de entrega voluntária (PEV) ou na coleta feita pelos catadores individuais. No caso específico de Porto Alegre, existe ainda uma pequena quantidade de resíduos plásticos nos restos de obras-reformas que são coletados pela prefeitura, separados e enviados para recicladoras.

Os resíduos foram obtidos a partir da coleta seletiva parcial ou totalmente em 83% dos municípios da RMPA em 2010. Neste ano, cinco municípios na RMPA (Arroio dos Ratos, Nova Santa Rita, Parobé, Sapucaia do Sul e Taquara) ainda não haviam implantado a coleta seletiva e sistema de triagem⁶ (correspondem a 7% da população da RMPA) e outros cinco municípios na RMPA (Araricá, Glorinha, Guaíba, Portão e Rolante) não tinham a coleta seletiva implantada, mas a empresa contratada para a coleta de RSD triou a coleta bruta e comercializou 1848 toneladas de materiais recicláveis (corresponde a 4% da população da RMPA). Em 2013, Portão, Sapucaia do Sul, Taquara e Viamão já havia implantado a coleta seletiva.

Os galpões de triagem são operados por cooperativas ou associações de catadores, que vendem os materiais recicláveis para os comerciantes de sucata⁷ ou diretamente para as recicladoras. Conforme a entrevista descrita na Seção 4.1.6, a venda para os comerciantes é mais frequente devido ao pagamento à vista, enquanto as recicladoras pagam em 30 ou 60 dias. Existem alguns galpões de triagem que fazem o beneficiamento do plástico, isto é, moem e aglutinam plástico rígido e plástico filme.

Em Porto Alegre, existe apenas uma recicladora de resíduos plásticos que consome 60 t/mês de resíduos de PEAD e PP rígidos e produz grãos de PEAD e PP. Na RMPA não foram encontrados recicladores de PP filme, mas existe uma empresa que compra PP filme para misturar com PE.

Os plásticos mais reciclados no Rio Grande do Sul, em 2010, considerando os resíduos industriais e de pós-consumo, foram em primeiro lugar PEBD/PEBDL, depois o PET, PP, PEAD, PVC e por fim o poliestireno (MAXI QUIM, 2011a). Mas considerando apenas os resíduos pós-consumo, o plástico mais reciclado no Rio Grande do Sul é o PET.

Os resíduos de PET da RMPA foram vendidos principalmente para a empresa Sulpet de Farroupilha, com capacidade de moer 25 t/d de PET e 12 t/d de PP. A empresa Termotécnica, fabricante de EPS, contactou algumas unidades de triagem para a compra de EPS pós-consumo.

A Figura 4.7 apresenta um balanço material das unidades de triagem conveniadas de Porto Alegre com dados do SNIS de 2013.

⁶ Existem alguns galpões de triagem nestes municípios que coletam, triam e prensam resíduos oriundos do comércio local ou de empresas.

⁷ O número de comerciantes de sucata em cada cidade não é conhecido, por isto ele não foi incluído na Tabela 4.12.

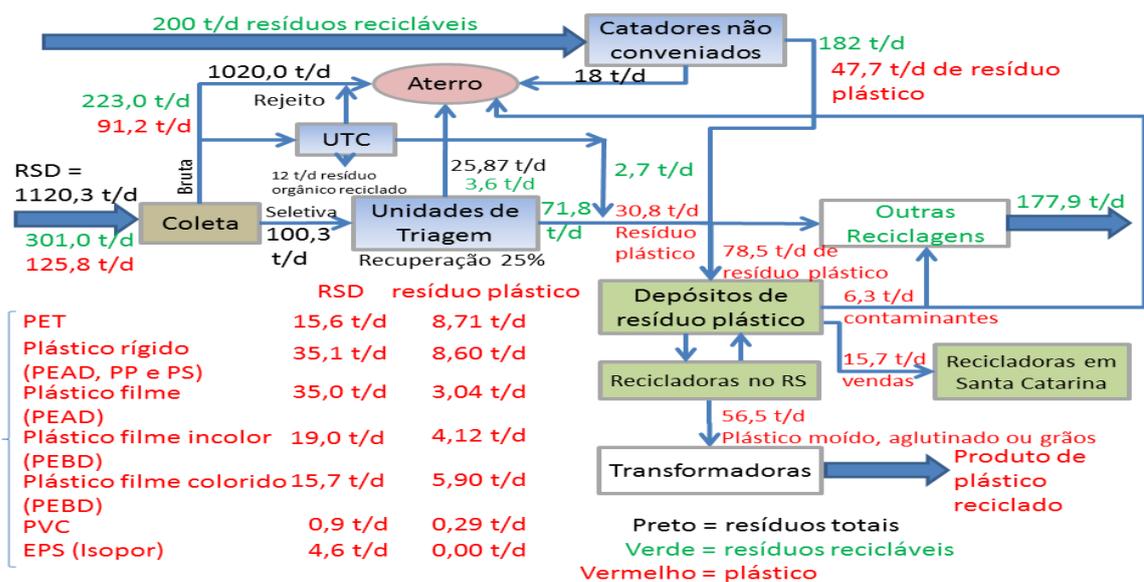
Figura 4.7: Balanço Material unidades de triagem Porto Alegre 2013 (SNIS, 2015c).



Com os critérios descritos na Seção 3.3.1 e usando dados de Porto Alegre em 2011, obtiveram-se as seguintes recuperações de materiais recicláveis após a triagem nos centros conveniados com o DMLU: PET de 56%, PEAD filme de 9 %, PEBD/PEBDL filme de 29 % e PEAD e PP rígidos de 25%.

Pelo balanço de geração de resíduos sólidos recicláveis de Porto Alegre em 2011 apresentado na Figura 4.8, obtém-se um índice de reciclagem mecânica (massa de plástico moído, aglutinado ou em grão dividida pela massa de plástico no RSD em Porto Alegre mais os resíduos plásticos da coleta não conveniada) de 33%. Assim, estima-se que, em 2011, foram comercializados 56,4 t/d de plásticos moído, aglutinado ou em grãos a partir de 173,5 t/d de resíduos plásticos contidos no RSD de Porto Alegre e na coleta não conveniada. Vale ressaltar que o resíduo plástico foi gerado na cidade de Porto Alegre, mas a reciclagem mecânica do plástico é feita, em maior parte, fora da cidade. Dados da Maxi Quim (2011b) indicam que o estado de Santa Catarina comprou 33 mil toneladas (=2761 t/mês=138 t/d) de resíduo plástico no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2010.

Figura 4.8: Balanço da geração de resíduos recicláveis em Porto Alegre 2011.



O balanço elaborado para avaliar a massa de plástico reciclado a partir de resíduos

Tabela 4.13, e foram organizadas de acordo com a sua importância e as etapas do processo de reciclagem na qual ocorrem: coleta, destinação final e triagem de resíduos sólidos (problemas 1 a 12), armazenamento e comercialização (problemas 13 e 14) e reciclagem mecânica de plástico pós-consumo (problemas 15 a 25).

Tabela 4.13: Resumo de situações problema na reciclagem de plástico pós-consumo.

<i>Situação problema</i>	<i>Descrição da situação problema</i>	<i>Natureza</i>	<i>Variáveis associadas</i>
01	Grande quantidade de resíduos recicláveis é enviada para aterro.	Gestão / meio ambiente / EA / custo operacional	$X_{A1}, X_{A2}, X_{C1}, X_{C2}, X_{E1}, X_{E2}, X_{E3}, X_{E4}, X_{E5}, X_{E6}, X_{E7}, X_{E8}, X_{E9}, X_{A12}$
02	Disputa pelos resíduos recicláveis entre os catadores não conveniados e a coleta seletiva.	Competitividade / legislação e normas / social	X_{E1}, X_{E2}
03	Nível elevado de rejeito nos galpões de triagem.	Qualidade / meio ambiente / EA	X_{A3}, X_{C2}, X_{C3}
04	Embalagens de PET termoformadas são descartadas como rejeito nas unidades de triagem e pelos comerciantes de sucata.	Meio ambiente / tecnologia / qualidade	X_{A4}
05	Embalagens de PP filme são descartadas como rejeito nas unidades de triagem.	Meio ambiente / tecnologia / qualidade	X_{A5}
06	Copinhos de poliestireno são descartados como rejeito em algumas unidades de triagem.	Meio ambiente / mercado	X_{A6}
07	EPS é descartado como rejeito nas unidades de triagem.	Meio ambiente / custo operacional / qualidade	X_{A7}
08	Embalagens multicamadas, normalmente filmes metalizados, são descartadas como rejeito nas unidades de triagem.	Meio ambiente / tecnologia / mercado	X_{A8}
09	O símbolo de identificação não corresponde ao tipo de resina efetivamente usado em algumas embalagens.	Legislação e normas / EA	X_{A10}
10	Ausência de símbolo de identificação do tipo de resina em algumas embalagens.	Legislação e normas / EA	X_{A10}
11	Muitos catadores não recolhem a contribuição previdenciária e por este motivo não têm direito a aposentadoria.	Gestão / social	X_{SO1}
12	Alguns operadores não possuem licença ambiental e outros têm LO, mas precisam de adequações.	Gestão / legislação e normas	X_{A9}
13	Problemas na armazenagem: falta de espaço para armazenagem nas unidades de triagem e risco de incêndio nos depósitos de reciclados.	Gestão / legislação e normas	X_{E10}, X_{SE}
14	Prefeituras não têm cadastro dos compradores de resíduos plásticos.	Gestão / social	X_{SO2}
15	Os galpões de triagem na RMPA, em geral, não são verticalizados em recicladora mecânica do plástico.	Gestão / tecnologia	X_{T1}
16	Recicladoras recebem matéria-prima com muitas impurezas, apresentando qualidade média a ruim.	Qualidade	X_{T2}
17	Falta de matéria-prima para as recicladoras.	Mercado	X_{E12}
18	Na recicladora, impurezas no plástico moído causam paradas na extrusão.	Qualidade	X_{E13}
19	Mistura de resinas incompatíveis gera grão com propriedades mecânicas inadequadas.	Qualidade	X_{E14}
20	Geração de finos na extrusão com corte na cabeça.	Qualidade	X_{T3}
21	Consumo de EE elevado nas recicladoras.	Custo operacional / tecnologia	X_{E11}
22	Algumas recicladoras usam água para lavar os resíduos e enviam água de lavagem sem tratamento para o esgoto.	Gestão / Legislação e normas / EA	X_{A11}
23	Falta de controle de qualidade do produto nas empresas de reciclagem mecânica de plástico.	Qualidade	X_{T4}
24	Encerramento das atividades de recicladora de plástico.	Gestão / social	X_{SO3}
25	Falta de recicladoras que usem plásticos que vão para rejeito.	Mercado / tecnologia	X_{T5}

A partir das observações realizadas nas diferentes etapas do desenvolvimento do presente trabalho, foram estabelecidas as variáveis que serão utilizadas para avaliar o setor da reciclagem na região em estudo. Essas variáveis foram classificadas por tipo: ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de segurança. A Tabela 4.14 apresenta as variáveis encontradas classificadas por tipo e seu atributo, enquanto no Apêndice E são apresentadas as expressões para tais variáveis.

Tabela 4.14: Classificação das variáveis

<i>Tipo</i>	<i>Descrição da variável</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Atributo</i>
Ambiental	Quantidade mássica de material reciclável enviada para aterro (t).	X_{A1}	Quantitativa
	Quantidade mássica de plástico enviada para aterro (t).	X_{A2}	Quantitativa
	Quantidade mássica de rejeito nas unidades de triagem (t).	X_{A3}	Quantitativa
	Quantidade de PET termoformado rejeitado (t).	X_{A4}	Quantitativa
	Quantidade de PP filme no rejeito (t).	X_{A5}	Quantitativa
	Quantidade de poliestireno no rejeito (t).	X_{A6}	Quantitativa
	Quantidade de EPS enviada para aterro (t).	X_{A7}	Quantitativa
	Quantidade de embalagens multicamadas no rejeito (t).	X_{A8}	Quantitativa
	Existência da licença ambiental.	X_{A9}	Qualitativa
	Existência de identificação do tipo de resina na embalagem do produto.	X_{A10}	Qualitativa
	Existência de tratamento da água de lavagem	X_{A11}	Qualitativa
	Índice de reciclagem mecânica do plástico pós-consumo	X_{A12}	Quantitativa
Cultural	Índice de participação = (população que faz a separação dos resíduos recicláveis no domicílio e participa da coleta seletiva) dividido pela (população do município).	X_{C1}	Quantitativa
	Eficiência na separação = (população que segrega o resíduo sem contaminação e deposita corretamente o resíduo para a coleta seletiva) dividido pela (população que faz a separação dos resíduos no domicílio e participa da coleta seletiva).	X_{C2}	Quantitativa
Econômica	% de resíduo úmido (orgânico) no rejeito nas unidades de triagem.	X_{C3}	Quantitativa
	Quantidade de material reciclável comercializado pelas associações e cooperativas de catadores após triagem (t).	X_{E1}	Quantitativa
	Quantidade de material reciclável comercializado pelos catadores informais ou empresas ou cooperativas de catadores não conveniados com prefeituras (t).	X_{E2}	Quantitativa
	Custo específico da coleta de RSD, transporte e destinação final de resíduos (R\$/t).	X_{E3}	Quantitativa
	Custo específico da coleta seletiva (R\$/t).	X_{E4}	Quantitativa
	Geração de caixa específica na venda dos materiais recicláveis triados (R\$/t).	X_{E5}	Quantitativa
	Geração de caixa específica do intermediário que transporta, armazena e vende resíduos plásticos para as recicladoras (R\$/t).	X_{E6}	Quantitativa
	Geração de caixa específica na recicladora de plástico pós-consumo (R\$/t).	X_{E7}	Quantitativa
	Geração de caixa específica na transformadora de plástico pós-consumo (R\$/t).	X_{E8}	Quantitativa
	Arrecadação de impostos específica nos elos da reciclagem mecânica de plástico (R\$/t).	X_{E9}	Quantitativa
	Fração de área construída do galpão de triagem comprometida com estocagem (%).	X_{E10}	Quantitativa
	Índice de consumo de energia elétrica (kWh/kg).	X_{E11}	Quantitativa
	Quantidade de resíduos plásticos ofertados como matéria-prima às recicladoras (kg/mês)	X_{E12}	Quantitativa
	Porcentagem do tempo de máquina parada devido a contaminações no plástico moído	X_{E13}	Quantitativa
Porcentagem do tempo gasto com reprocessamento devido à incompatibilidade de plásticos.	X_{E14}	Quantitativa	
De segurança	Número de incêndios na reciclagem (em galpões, depósitos ou recicladoras).	X_{SE}	Quantitativa
	Social	Percentual dos catadores que recolhem a contribuição previdenciária para o INSS	X_{SO1}
Existência de gestão sobre a comercialização dos materiais recicláveis nas unidades de triagem.		X_{SO2}	Qualitativa
Status da recicladora.		X_{SO3}	Qualitativa
Tecnológica	Existência de beneficiamento do plástico na unidade de triagem.	X_{T1}	Qualitativa

<i>Tipo</i>	<i>Descrição da variável</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Atributo</i>
	Percentual de impurezas na matéria-prima da recicladora de resíduos plásticos	X_{T2}	<i>Quantitativa</i>
	Percentual de finos gerados no sistema de corte após extrusão em relação à quantidade de produto granulado.	X_{T3}	<i>Quantitativa</i>
	Existência de controle de qualidade do plástico reciclado ou beneficiado	X_{T4}	<i>Qualitativa</i>
	Origem dos resíduos plásticos reciclados.	X_{T5}	<i>Qualitativa</i>

A grande quantidade de variáveis envolvidas permite inferir a complexidade do tema. Tendo como base os dados apresentados nas Tabelas 4.13 e 4.14, cada situação problema listados na Tabela 4.13 é discutida separadamente nas seções seguintes.

4.4.1 Situação Problema 01 – Quantidade de resíduos recicláveis enviada para aterro

A Situação Problema 01 refere-se a grande quantidade de resíduos recicláveis que foi enviada para aterro na RMPA, na qual os plásticos representaram 44% em massa (2010). Ao mesmo tempo, o índice de reciclagem mecânica do plástico estadual atingiu 24% (MAXI QUIM, 2011a). Este problema pode ser evidenciado e quantificado a partir da comparação com os requisitos impostos pela política nacional de resíduos sólidos, Lei nº 12.305. Conforme a Seção 1.1 do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o RSU brasileiro apresentou, em 2008, 58.527 t/d de materiais recicláveis, dentre estes 24.847 t/d de resíduos plásticos e foram recuperados pela coleta seletiva oficial apenas 1850 t/d de resíduos recicláveis. É preciso mudar esta realidade, pois o envio de plásticos para aterro apresenta o maior impacto ambiental entre as opções analisadas nos estudos de avaliação do ciclo de vida (ACV), nos quais, além do envio de plásticos para aterro, foram avaliadas: a reciclagem mecânica, a incineração com recuperação energética e a pirólise, conforme mencionado na Seção 2.6 (WRAP, 2010). O mesmo relatório (WRAP, 2010) compara os estudos de ACV e na maioria dos casos a reciclagem mecânica de plástico é a melhor opção apresentando menor utilização de recursos naturais (extração de petróleo), menor emissão de CO₂, menor consumo energético e de água. Estes resultados foram obtidos considerando que o reaproveitamento do plástico por meio da reciclagem mecânica evita a produção de plástico virgem.

O Problema 01 tem relação direta com aspectos ligados ao meio ambiente, à educação ou consciência ambiental e à gestão do processo de separação dos resíduos recicláveis pelo poder público municipal incluindo os custos operacionais.

A relação com o meio ambiente deve-se ao fato que os resíduos recicláveis ocupam espaço nos aterros e os plásticos permanecem por mais de 100 anos sem decomposição.

No que se refere à questão de gestão pelo poder público municipal e ao custo operacional da coleta seletiva e triagem dos materiais, o Artigo 26 da Lei nº 12.305 estabelece que o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos é responsável pela organização e prestação direta ou indireta desses serviços, observados o PMGIRS, a Lei nº 11.445 de 2007, e as disposições e a regulamentação da Lei nº 12.305. Além disso, a Lei nº 12.305, por intermédio de seu Artigo 36, afirma que o poder público deve ainda estabelecer um sistema de coleta seletiva, viabilizar o retorno dos materiais recicláveis ao processo produtivo, realizar atividade definidas por acordo setorial mediante a devida remuneração, implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e dar destino adequado aos rejeitos. O modelo de gestão previsto na Lei nº 12.305 baseia-se na

utilização dos seguintes instrumentos: coleta seletiva contratada pelas prefeituras, logística reversa realizada pela indústria, associação dos catadores em cooperativas e acordos setoriais envolvendo as partes.

A falta de educação ou consciência ambiental da população que não separa os resíduos recicláveis é responsável pelo envio de grande quantidade de resíduos recicláveis para aterro. Por outro lado, a população que separa os resíduos recicláveis é um dos fatores que contribui para o índice de reciclagem atual. Alguns atores como, por exemplo, poder público municipal, entidades de classe (sindicatos, ONGs, movimentos sociais, entidades filantrópicas e entidades religiosas), atuam na área da educação ambiental. Um exemplo deste trabalho são as palestras feitas pelo DMLU nas escolas municipais. Outro exemplo é a divulgação de uma cartilha que o Sinplast realiza em escolas do ensino fundamental. Estas práticas são normativas e pontuais, a Política Estadual de Educação Ambiental preconiza a incorporação da dimensão ambiental de forma interdisciplinar e transdisciplinar no ensino formal de modo contínuo e permanente.

Os valores disponíveis das duas variáveis ambientais que quantificam a Situação Problema 01, X_{A1} (quantidade de materiais recicláveis enviados para aterro) e X_{A2} (quantidade de plástico enviada para aterro), são apresentados na Tabela 4.15.

Tabela 4.15: Variáveis ambientais associadas aos resíduos enviados para aterro

Cidade	$X_{A1}/(RSU-X_{E1})^{(1)}$	X_{A1}	X_{A2}	X_{A2}/X_{A1}
	%	t	t	
Alvorada 2010	27%	10.985	5.095 ⁽²⁾	0,464
Arroio dos Ratos 2010	32%	479	203	0,423
Charqueadas 2010	39%	1.747	148	0,085
Gravataí 2010	24%	16.493	7.361	0,446
Guaíba 2010	30%	4.823	2.041	0,423
Montenegro 2010	17%	784	476	0,608
Porto Alegre 2010	22% ⁽⁶⁾	69.409	30.098	0,434
Consórcio Pró-Sinos 2010 ⁽³⁾	29%	95.334	43.198 ⁽⁴⁾	0,453
RMPA 2010	26%	202.873	89.837	0,443
Canoas 2010	22%	17.111	8.619 ⁽⁵⁾	0,504
Dois Irmãos 2010	33%	1.330	961	0,723
Porto Alegre 2002	28% ⁽⁶⁾	81.970	34.982	0,427
Porto Alegre 2011	22% ⁽⁶⁾	70.968	29.797	0,420
Campo Bom 2013	21% ⁽⁶⁾	1.780	1008	0,566
Novo Hamburgo 2013	32%	14.578	5.894	0,404
São Sebastião do Caí 2013	32%	1.386	568	0,410

(1) % de recicláveis nos resíduos enviados para aterro. As exceções ao cálculo que utilizaram RSD foram indicadas por meio da nota 6.

(2) Considerado que 6,67% dos resíduos recicláveis comercializados em Alvorada são plásticos (SNIS, 2015c).

(3) Inclui apenas cidades da RMPA.

(4) Considerado que 13,9% do RSU e 25,4% dos materiais recicláveis comercializados a partir da coleta seletiva são plásticos.

(5) Considerado que 28,4% dos resíduos recicláveis comercializados em Canoas são plásticos (SNIS, 2015a).

(6) Calculado pela fórmula: $X_{A1}/(RSD-X_{E1})$.

Observa-se que para três cidades (Campo Bom, Dois Irmãos e Montenegro), a razão entre plásticos e resíduos recicláveis enviados para aterro ficou acima de 55%, enquanto que a média na RMPA foi de 44%. Para uma cidade (Charqueadas) a razão ficou abaixo de 10%. Campo Bom e Dois Irmãos fazem o beneficiamento do plástico, mas Montenegro não. Em Porto Alegre houve uma pequena redução nos resíduos recicláveis enviados para aterro de 2002 para 2011 indicando um pequeno aumento na recuperação de plásticos.

Para avaliar a recuperação de recicláveis é necessário considerar também as duas variáveis econômicas relacionadas à quantidade de material reciclável comercializado, X_{E1} e X_{E2} . A recuperação de recicláveis é calculada pela divisão entre a quantidade de materiais recicláveis comercializados e a quantidade total de materiais recicláveis no RSU ou RSD, conforme a Equação 3.9. Para o cálculo da recuperação em função das variáveis X_{A1} , X_{E1} e X_{E2} tem-se a Equação 4.1.

$$\left(\begin{array}{c} \text{Recuperação de} \\ \text{recicláveis} \end{array} \right) = \frac{X_{E1} + X_{E2}}{X_{E1} + X_{E2} + X_{A1}} \quad (4.1)$$

Com base nesta equação, é apresentado um gráfico comparativo da recuperação de materiais recicláveis em diversas cidades da RMPA para as quais foram encontrados dados de quantidade de RSU, caracterização do RSD e venda de materiais recicláveis (Figura 4.10).

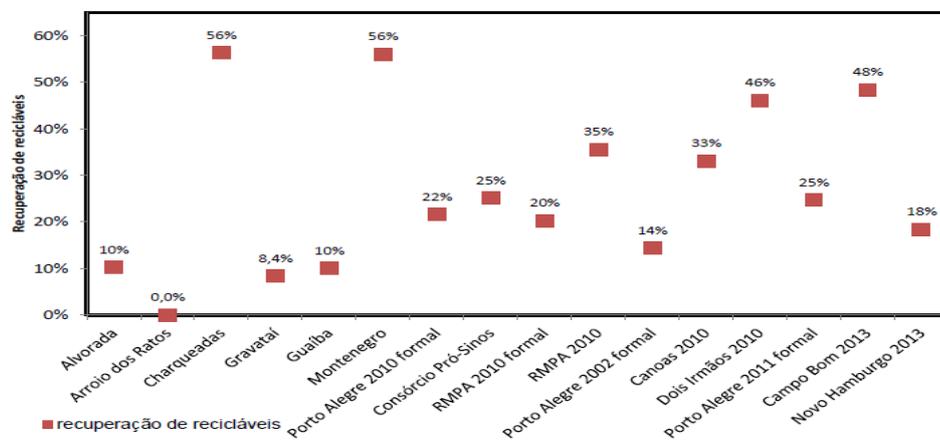


Figura 4.10: Recuperação de materiais recicláveis na RMPA.

Na RMPA, a recuperação dos materiais recicláveis varia entre 8,4 a 56%, sendo os valores mais altos em: Charqueadas, Montenegro, Campo Bom e Dois Irmãos, e o menor valor em Gravataí. A recuperação de recicláveis calculada para Porto Alegre considerou apenas a venda de materiais recicláveis da coleta seletiva (associações de triagem conveniadas). Incluindo a comercialização de materiais recicláveis da coleta informal e cooperativas de catadores não conveniados a recuperação seria de 53% no ano de 2011. A recuperação de recicláveis pela coleta seletiva de Porto Alegre foi estimada em 12% em 2013, considerando 26,87% de materiais recicláveis no RSD (dado de 2010) e X_{E1} de 14.400 t em 2013 conforme base de dados do SNIS.

Assim surgem naturalmente as seguintes questões: Por que tanto material reciclável é enviado para aterro? Quais as causas desta situação problema?

Uma das causas é que alguns municípios da RMPA (Arroio dos Ratos, Capela de Santana, Eldorado do Sul, Ivoti, Nova Santa Rita, Parobé, Sapucaia do Sul, São Jerônimo, Taquara, Triunfo e Viamão) ainda não haviam implantado a coleta seletiva em 2010, já em 2015 a coleta dos materiais recicláveis estava em implantação na maioria destes municípios. O caso mais grave era o de Viamão que possuía descarga de materiais no solo sem qualquer técnica ou medida de controle (sem impermeabilização do solo e tratamento do chorume) até agosto de 2015.

Outra causa é a estratégia da coleta de recicláveis adotada por municípios com coleta seletiva. Considerando o cenário apresentado (grande quantidade de recicláveis enviados aos aterros), é importante verificar como a estratégia de coleta afetou X_{AI} . Neste sentido foram analisados os dados dos municípios de Campo Bom, Novo Hamburgo (NH), Alvorada, Canoas, Dois Irmãos, Gravataí e Porto Alegre reportados nas Seções 4.1 e 4.3. Campo Bom e NH usaram coleta porta a porta mista, isto é, resíduos orgânicos e materiais recicláveis foram coletados juntos e a seleção dos materiais recicláveis feita na triagem. Além disto, Campo Bom usou PEV (9% dos materiais recicláveis vendidos foram coletados desta forma) e NH usou a coleta de resíduo comercial reciclável feita por catadores da cooperativa (27% dos materiais recicláveis vendidos). Entretanto, a recuperação de recicláveis em NH ficou em 43% da recuperação de Campo Bom. Isto pode ser atribuído principalmente à relação RSD e número de trabalhadores na cooperativa: 180.000 para 60 (3000 kg por dia por trabalhador) em NH e 26.600 para 35 (760 kg por dia por trabalhador) em Campo Bom. Nestas duas cidades com coleta mista, a contaminação de recicláveis também é fator de redução na sua recuperação. Por outro lado, a coleta porta a porta de materiais recicláveis foi utilizada em Alvorada, Canoas, Dois Irmãos, Gravataí e Porto Alegre. Um dos fatores que afetam o índice de participação e a eficiência de separação é a frequência da coleta (nível de conveniência), que foi de uma vez por semana sem regramento de horário (Alvorada), uma vez por semana e confiável (Canoas e Gravataí), duas vezes por semana (Porto Alegre) e dois a seis dias por semana de acordo com a região da cidade e a tabela de coleta (Dois Irmãos). Embora as diferenças na recuperação de recicláveis mostradas na Figura 4.10 não possam ser explicadas somente em termos de frequência de coleta, as diferenças estavam correlacionadas de alguma forma com este parâmetro, pois, a maior frequência de coleta pertence a Dois Irmãos e cidades com apenas uma coleta semanal estavam entre aquelas com menor recuperação de recicláveis. Na coleta seletiva também foi identificado o problema dos resíduos recicláveis deixados nas calçadas sem acondicionamento adequado à espera do caminhão da coleta seletiva. Outra deficiência na coleta é que em alguns municípios, ela não atinge todos os bairros. Estes dados indicam a influência da estratégia de coleta adotada na recuperação de recicláveis obtida.

Além da estratégia de coleta, a falta de compradores de determinados tipos de materiais recicláveis também afetou a recuperação dos materiais recicláveis.

Também foram identificadas como causas da baixa recuperação de materiais recicláveis através da coleta seletiva a falta de motivação da população (baixo índice de participação da população) e a contaminação com orgânicos dos resíduos da coleta seletiva.

Neste ponto é conveniente utilizar a Equação 2.1, proposta por McDougall *et al.* (2001), a qual expressa a recuperação em função do índice de participação e da eficiência da coleta. Com base nas definições da Tabela 4.14, esta equação pode ser expressa como:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Recuperação} \\ \text{de recicláveis} \end{array} \right) = (X_{C1}) \times (X_{C2}) \quad (4.2)$$

Portanto, a partir dos valores de recuperação obtidos pela Equação 4.1, pode-se utilizar as Equações 4.3 ou 4.4 para estimar valores de X_{C1} ou X_{C2} , dependendo da informação disponível.

$$X_{C1} = \frac{(X_{E1} + X_{E2})}{(X_{E1} + X_{E2} + X_{A1}) * X_{C2}} \quad (4.3)$$

$$X_{C2} = \frac{(X_{E1} + X_{E2})}{(X_{E1} + X_{E2} + X_{A1}) * X_{C1}} \quad (4.4)$$

Esta análise pode ser feita para as cidades de Dois Irmãos, Canoas, Gravataí e Porto Alegre para as quais se dispõe de dados sobre o índice de participação da população na coleta seletiva. A Tabela 4.16 apresenta os resultados das variáveis culturais.

Tabela 4.16: Variáveis culturais associadas a recuperação de recicláveis

Cidade	X_{E1}	X_{E2}	$X_{E1}/(X_{E1} + X_{A1})$	$(X_{E1} + X_{E2})/(X_{E1} + X_{E2} + X_{A1})$	X_{C1}	X_{C2}
	t	t	%	%	%	%
Canoas 2010	8.451	-	33	-	85,0 ⁽¹⁾	39
Dois Irmãos 2010	1.138	-	46	-	70,0 ⁽²⁾	66
Gravataí 2010	1.506	-	8,4	-	40,0 ⁽³⁾	21
Porto Alegre 2002	13.746	54.086	14	34	71,9 ⁽⁴⁾	20

(1) GODECKE et al.(2012).

(2) DORNELES et al. (2012c).

(3) BORTOLI (2012).

(4) ZANETI (2003) apresentou uma pesquisa realizada em novembro e dezembro de 2001, na qual 71,9% da população de Porto Alegre sempre realizava a separação do lixo.

O município de Dois Irmãos, que possui coleta seletiva desde 1995, e recebeu em 1998 um prêmio da METROPLAN, como município da RMPA que mais separava seu lixo, apresentou no ano da premiação um índice de participação (X_{C1}) de 95% (DORNELES *et al.*, 2012c). No entanto, X_{C1} caiu para 70% em 2010, e, portanto os níveis de conveniência e de motivação devem ter sido afetados causando a queda de 25 pontos percentuais no índice de participação.

Para o cálculo da quantidade de materiais recicláveis coletados informalmente (X_{E2}) em 2002 considerou-se 125 t/d coletados pelos catadores não conveniados, de acordo com Zaneti (2003), com percentual de rejeito arbitrado de 27%.

Com base nos dados de 2002 para a cidade de Porto Alegre, pode-se afirmar que havia um problema na eficiência de separação, sendo que apenas 20% da população que separava os materiais recicláveis para a coleta seletiva o fazia de forma correta. Na pesquisa de 2013 a qualidade da coleta seletiva foi reportada com boa e melhorando ao longo dos anos por duas unidades de triagem. Outras duas unidades de triagem achavam que a qualidade da carga precisava melhorar. Não dispõe-se do índice de participação da população de Porto Alegre em 2010, 2011 e 2013, apenas de dados que permitem o cálculo da recuperação de recicláveis. Mas houve um aumento no rejeito de triagem e uma queda na recuperação de materiais recicláveis em Porto Alegre no ano de 2013. Em janeiro de 2014, foi instituído o Novo Código de Limpeza Urbana de Porto Alegre, conforme mencionado na Seção 2.2.2, que estabelece normas de como devem ser o acondicionamento, a coleta, a destinação e a disposição final dos resíduos de qualquer natureza, bem como prevê penalidades aos que infringirem tais regras. Esta Lei, que necessita de maior divulgação e fiscalização, é um fator de motivação para que ocorra um aumento no índice de participação da população na coleta seletiva e na eficiência de separação em Porto Alegre. O mesmo problema na eficiência de separação dos materiais recicláveis ocorreu em Canoas e Gravataí.

A educação ambiental é um instrumento apropriado para melhorar os resultados da coleta seletiva, devendo ser usada para sensibilizar, conscientizar e mobilizar a população, nos

vários segmentos da sociedade: alunos e professores nas escolas, associações de bairro, comerciantes e a população como um todo, para que mude a sua atitude. Existem muitas diferenças na educação ambiental dentro da RMPA. Um exemplo de trabalho nesta área é o município de Dois Irmãos, que desde 2009, conta com o Programa de Educação Ambiental de Dois Irmãos (PEADI), composto por representantes da Secretaria da Educação e Departamento de Meio Ambiente, que se reúnem semanalmente para discutir e propor ações voltadas à educação ambiental. Porto Alegre possui o Serviço de Assessoria Socioambiental (SASA) ligado ao DMLU com ações de participação em eventos e cursos de formação de multiplicadores voltados para lideranças e professores. Canoas proveu um curso de educação socioambiental para os professores de ensino fundamental e infantil. Gravataí tem ações educacionais esporádicas. Todos estes municípios aprovaram leis que obrigam a segregação dos materiais recicláveis: Dois Irmãos em 2008, Canoas em 2009, Gravataí em 2013 e Porto Alegre em 2014. Deste modo, a maior eficiência de separação (X_{C2}) da população de Dois Irmãos (66%) comparada com Canoas (39%), Gravataí (21%) e Porto Alegre (20%) aponta uma correlação entre X_{C2} e a sistemática utilizada na educação ambiental. A conscientização pode ser alcançada através de campanhas educativas, consequentemente melhorando as variáveis culturais como o índice de participação e a eficiência na coleta. A melhoria na eficiência da coleta deve reduzir a contaminação com resíduo úmido (orgânico) dos resíduos recicláveis que chegam às unidades de triagem e, desta maneira reduzir o envio de materiais não recicláveis para os galpões de triagem.

De modo similar, a notável contribuição da coleta informal no total de resíduos recicláveis em Porto Alegre também reflete a importância da educação ambiental. Esta afirmação é baseada no fato de que parte da coleta informal só é possível devido à parte da população e dos lojistas descartarem materiais recicláveis junto com o lixo orgânico nos *contêineres*, em algumas partes da cidade, ou nos sacos de lixo a espera da coleta, em muitos bairros.

O índice de reciclagem mecânica do plástico (X_{A12}) calculado para a RMPA foi de 22,6% em 2010.

Feitas todas estas considerações, a Tabela 4.17 apresenta as variáveis econômicas relacionadas ao envio de materiais recicláveis para o aterro na RMPA em 2010.

Tabela 4.17: Variáveis econômicas associadas ao envio de recicláveis para aterro

Cidades / consórcio / região	Variáveis econômicas, R\$ por tonelada.						
	X_{E3}	X_{E4}	X_{E5}	X_{E6}	X_{E7}	X_{E8}	X_{E9}
Alvorada	169,34	216,00	341,13 ⁽¹⁾	-	-	-	-
Arroio dos Ratos	102,07	0,00	-	-	-	-	-
Charqueadas	146,83	70,00	424,67	-	-	-	-
Gravataí	285,28	216,00	284,12	-	-	-	-
Guaíba	102,07	0,00	444,92	-	-	-	-
Montenegro	315,91	216,00	351,02	-	-	-	-
Porto Alegre	120,87	174,03	314,34	195,37	452,41	244,83	708,31
Consórcio Pró-Sinos	155,23	216,00	345,10	167,85	411,09	695,32	724,42
RMPA ⁽²⁾	153,96	197,38	324,10	176,42	435,47	388,44	704,07

(1) Fonte: VONPAR (2010).

(2) Inclui as cidades de Alvorada, Arroio dos Ratos, Charqueadas, Guaíba, Montenegro, Porto Alegre e vinte municípios do Consórcio Pró-Sinos.

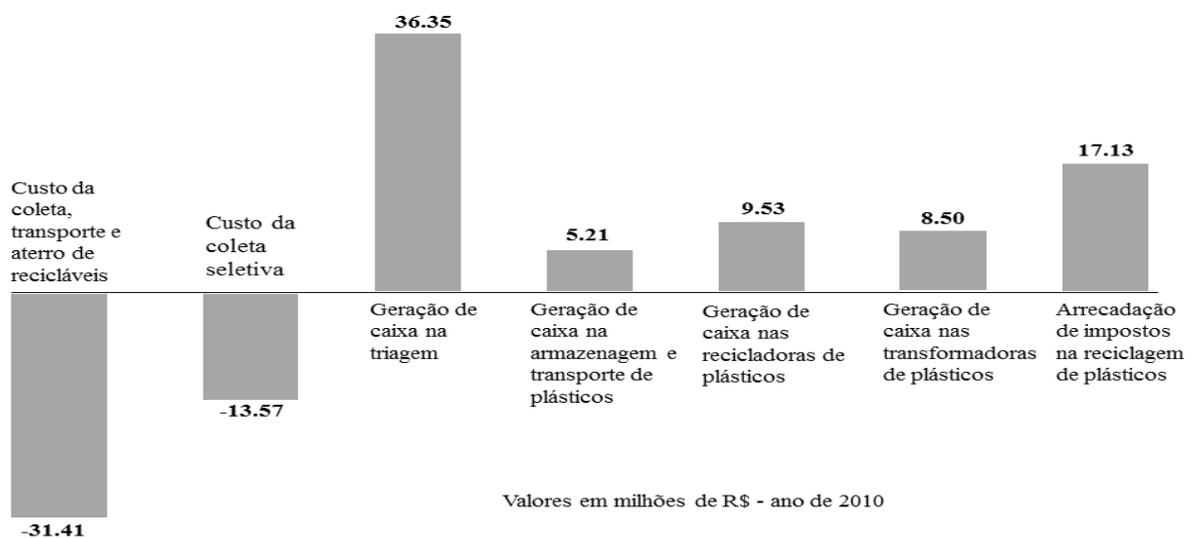
De um modo geral, ao recuperar os resíduos recicláveis por meio da coleta seletiva, o valor economizado com coleta convencional, transporte e aterramento dos mesmos acaba sendo gasto no transporte dos resíduos recicláveis do domicílio até as unidades de triagem

conforme Tabela 4.17. Entretanto, pelo contrato da coleta seletiva de Porto Alegre de 2008, o custo era independente da quantidade de material reciclável coletada e neste caso o aumento da coleta seletiva reduziria o custo da coleta tradicional para o município. No caso de Porto Alegre, o custo da coleta seletiva foi de $100,3 \text{ t/d} * X_{E4} * 313$ em 2011, sendo de fato, maior do que o custo do específico do envio de RSU para aterro (X_{E3}) em 2011. Dividindo este custo por X_{E3} obtém-se a quantidade de materiais recicláveis ($\sim 138 \text{ t/d}$) da coleta seletiva que iguala ao custo de envio para aterro se fosse mantido o custo anual de contrato vigente em 2011 (para 138 t/d de coleta seletiva o novo valor de X_{E4} seria igual a X_{E3}).

O investimento na coleta seletiva retorna para o poder público na forma de arrecadação de impostos sobre os produtos reciclados. A recuperação dos custos de serviços de manejo dos resíduos sólidos é um dos objetivos da política nacional de resíduos sólidos, mas, na maior parte das cidades, as receitas das prefeituras com os resíduos sólidos cobrem de 30 a 60% dos custos do envio de resíduos sólidos para aterro sanitário. Segundo o diagnóstico do SNIS (2015a), a autossuficiência dos municípios da região Sul é de 46%. Os 54% restantes são pagos com outros recursos municipais, como por exemplo, o fundo de participação dos municípios (FPM), que transfere recursos nacionais para os municípios. Lembrando que os impostos arrecadados são estaduais e nacionais, os municípios acabam utilizando estes recursos para o pagamento das despesas com os resíduos sólidos.

Os ganhos econômicos da reciclagem relacionados neste trabalho são a diferença entre os custos de coleta dos materiais recicláveis (envio para aterro e coleta seletiva) e a soma da geração de caixa na triagem obtida com a comercialização de materiais recicláveis como vidro, papel, plástico e metais, da geração de caixa no transporte e armazenagem da sucata plástica, da geração de caixa na recicladora de plástico, da geração de caixa na transformadora do plástico e da arrecadação de impostos nos diversos elos. Além disto, existem ganhos, não computados neste trabalho, de evitar extração de recursos naturais para gerar o plástico, metal, vidro e papel, redução no uso da água e de energia. Está incluída nos ganhos econômicos a geração de renda de 3360 catadores e pessoal da triagem atuante na RMPA, a geração de 734 empregos na comercialização, reciclagem e transformação do plástico. Assim, com base nessas premissas e nos dados sumarizados na Figura 4.11, chega-se a um ganho econômico de R\$ 32 milhões referentes à RMPA em 2010.

Figura 4.11: Custos e geração de caixa dos resíduos recicláveis – RMPA 2010.



De um modo geral, a Figura 4.11 mostra que a reciclagem do plástico gera mais caixa e impostos que os custos com a coleta dos materiais recicláveis. Mas a arrecadação dos impostos da reciclagem de plástico não é suficiente para cobrir os custos com o envio de recicláveis para aterro e com a coleta seletiva, mesmo se incluir a reciclagem do papel, do vidro e do metal. Esta diferença deve ser paga através da taxa do lixo de acordo com a lei de resíduos sólidos.

De acordo com o que foi discutido, fica evidente que a minimização do Problema 01 requer ações para intensificação e melhoria da coleta seletiva. A intensificação requer, primeiramente, que os municípios que ainda não possuem programa de coleta seletiva, se adequem à legislação e se insiram neste esforço. Por outro lado, conclui-se que a melhoria da eficiência da coleta seletiva depende basicamente do aumento do índice de participação e da eficiência na segregação.

Conforme sua Seção 5.1, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) impõe para 2015 uma meta de reduzir em 22% os resíduos sólidos recicláveis secos enviados para aterro em relação à caracterização feita em 2013 (Figura 2.2). Para a Região Sul a meta é 43%. Assim, as perspectivas relacionadas ao Problema 01 são de redução gradual nos resíduos sólidos recicláveis enviados para aterro.

Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGIRS) do consórcio Pró-Sinos estabeleceram como meta para 2015 uma redução de 43% (meta desfavorável) a 70% (meta favorável) nos resíduos sólidos recicláveis secos dispostos em aterro. Para alcançar esta meta, o consórcio Pró-Sinos sugere investir na instalação de um novo galpão de triagem em cada município consorciado em 2015. Para 2019 são previstos dois novos galpões de triagem na meta favorável e um na meta desfavorável. Para 2031 são previstos quatro novos galpões de triagem na meta favorável e três na meta desfavorável.

Conforme sua Seção 6.5, o PMGIRS de Porto Alegre estabeleceu como meta para 2017 uma redução de 50% nos resíduos sólidos recicláveis secos em relação à caracterização feita em 2010 (de 24% para 12%) (Figura 2.4). Assim, em Porto Alegre, existe a perspectiva de diminuir em 45 t/d a quantidade de resíduos plásticos enviados para aterro, supondo a mesma geração e composição do RSD e considerando que a redução seja equivalente para todos os materiais recicláveis.

Para alcançar esta meta, o DMLU de Porto Alegre prevê investir na construção de duas novas unidades de triagem e na reforma das unidades existentes para aumentar a capacidade (Tabela 2.7). O consórcio Pró-Sinos também prevê investimentos em galpões de triagem e compostagem a fim de alcançar as metas de redução de envio para aterro de resíduos recicláveis e da fração úmida. Dois Irmãos prevê a compra de caminhões novos, contratação de novos funcionários e educação ambiental com ênfase na separação do lixo.

No tocante à educação ambiental, as perspectivas são mais difusas. É preciso transformar a massa de conhecimento em valores sociais, atitude ou mudança comportamental, habilidade, competência e interesse ativo. Este é o processo da educação ambiental segundo a Política Estadual de Educação Ambiental. As escolas nos seus diversos níveis, fundamental, médio e de graduação não têm formalmente inserido interdisciplinarmente nas disciplinas curriculares existentes a educação ambiental com

enfoque nos resíduos sólidos. Estas disciplinas poderiam abordar a questão de forma a discutir o problema dos resíduos sólidos e avaliar as diversas soluções propostas. No que se refere a cursos de graduação, principalmente na área de engenharia, existem disciplinas na área ambiental, mas na maioria dos casos o foco principal é o tratamento dos resíduos industriais. Tampouco existe a prática da separação do resíduo seco e resíduo úmido em todas as escolas.

4.4.2 Situação Problema 02 – Disputa pelos resíduos recicláveis

Esta situação problema foi constatada durante as entrevistas com as unidades de triagem de Porto Alegre, nas quais foi reportada uma frequência de entrega irregular pelos caminhões da coleta seletiva. O catador não conveniado compete com o caminhão da coleta seletiva por material reciclável e a consequência é menos matéria-prima chegando às unidades de triagem conveniadas. Em muito locais os catadores não conveniados com prefeituras municipais, e também os catadores informais, coletam os materiais recicláveis (resíduo seco) deixados na rua nos dias de coleta seletiva antes da passagem do caminhão e os vendem a depósitos de sucateiros. São utilizados carrinhos de tração humana, caminhonetes e pequenos caminhões. Outros catadores buscam materiais recicláveis nos condomínios e nas casas comerciais usando o carrinho de tração humana. Além disto, em 2013, existia pelo menos uma cooperativa de catadores não conveniada com o DMLU. A coleta seletiva é realizada por uma empresa contratada pelo município de Porto Alegre com o uso de caminhões. Segundo informações obtidas nas entrevistas, a distribuição das cargas é elaborada pelo DMLU. Por este motivo, os operadores das unidades de triagem apenas recebem a carga, não têm contato com os fornecedores e nem têm informação de quais bairros provêm os resíduos secos recicláveis recebidos.

Em 2010, das 18 cidades da RMPA que possuíam coleta seletiva, Dois Irmãos era a única localidade que não tinha catadores informais na rua. Neste município, quando surgiam carroceiros vindos de outras cidades, principalmente de Novo Hamburgo, estes eram fiscalizados e proibidos de realizar este trabalho (DORNELES *et al.*, 2012c).

A natureza do Problema 02 está ligada a competitividade, a questão social e ao nível de enquadramento com relação a normas e legislação. Muitos catadores formaram associações/cooperativas e com a ajuda das prefeituras passaram a trabalhar na triagem deixando a coleta para empresas contratadas pelas prefeituras, como no caso de Alvorada, Cachoeirinha, Montenegro e Porto Alegre; em outros municípios as associações também fazem a coleta, como no caso de Canoas e Charqueadas, ou parte da coleta como em Gravataí e São Leopoldo. Entretanto uma quantidade significativa de catadores não aceitou o trabalho na triagem e preferiram continuar catando nas ruas, casas comerciais e condomínios. Em Porto Alegre, a catação também ocorre no lixo bruto depositado nos contêineres e nos resíduos recicláveis que aguardam o recolhimento pelo caminhão da coleta seletiva.

A coleta de materiais recicláveis, as vendas nas unidades de triagem conveniadas com prefeituras, estimativas de vendas pelos catadores não conveniados e o número de catadores estimados são mostrados na Tabela 4.18.

Tabela 4.18: Comparação entre vendas formais e informais de recicláveis

Cidades / consórcio / região	Coleta seletiva e vendas anuais				Número de catadores		
	Coleta seletiva, t	X_{E1} , t	X_{E2} , t	Associados	Empresas ⁽¹⁾	Informais	Total
Alvorada	1565	1252	-	45	-	-	45
Arroio dos Ratos	0	-	-	-	-	-	-
Charqueadas	2251	2251	-	11	-	-	11
Gravataí	2151	1506	-	40	-	10	50
Guafba	0	536	-	20	-	-	20
Montenegro	1047	997	-	17	-	-	-
Porto Alegre 2010	24280	19093	54086	861	-	1200	2061
Consórcio Pró-Sinos	33095	27056	2239	565	50	740	1346
RMPA ⁽²⁾	64389	49786	62086	1625	50	1950	3625
Porto Alegre 2002	15650	12642	28640	-	-	-	-
Porto Alegre 2011	30534	23294	56966	747	-	1200 ⁽³⁾	1947
Porto Alegre 2013 ⁽⁴⁾	23400	14400	-	548	-	-	-

(1) Nas cidades de Araricá, Igrejinha, Rolante e Santo Antônio da Patrulha a prefeitura municipal contratou empresa para fazer a coleta bruta e a empresa contratou funcionários para fazer a triagem da coleta bruta.

(2) Fontes: PMGIRS, PMSB, SNIS (2015a) e SNIS (2015b) para os formais, PMGIRS dos municípios da RMPA para os informais.

(3) O MNCR considera que possam existir 10.000 catadores informais em Porto Alegre.

(4) SNIS (2015c).

A Situação Problema 02 fica bem evidenciada em Porto Alegre pelo dado estimado da quantidade de material reciclável comercializado pelos catadores não conveniados, que foi superior ao dobro da quantidade comercializada pelas unidades de triagem conveniadas em 2011. Nos outros municípios da RMPA o problema também existe e a evidência é o maior número estimado de catadores informais em relação ao número de catadores conveniados com prefeituras municipais. Esta realidade está de acordo com o panorama nacional, visto que no Brasil a quantidade de materiais da coleta seletiva oficial fica abaixo da coletada por catadores não conveniados com as prefeituras municipais (MMA, 2012).

Em Porto Alegre, houve queda de 23% na coleta seletiva em 2013 em relação a 2011. Esta queda tem várias causas possíveis: redução no consumo e geração menor de resíduos recicláveis ou redução no índice de participação da população na coleta seletiva ou aumento na coleta informal dos resíduos deixados para a coleta seletiva. No mesmo período, ocorreu o aumento no rejeito da coleta seletiva de 27 para 38%. Estes números indicam que a coleta seletiva teve problemas em 2013.

Além disto, os dados de Porto Alegre indicam que existe um gargalo na coleta seletiva deste município (nada se pode afirmar sobre gargalo nas unidades de triagem), pois mostram que sem a coleta dos catadores não conveniados ou medidas para substituí-los adequadamente, a recuperação de recicláveis cairia 20 pontos percentuais em 2002, 30 em 2010 e 28 em 2011 como pode ser verificado na Tabela 4.19. Considerando a venda de plásticos a redução de 2011 para 2013 é ainda maior de 71%.

Tabela 4.19: Recuperação de recicláveis formais e informais em Porto Alegre

Local e ano	Plástico formal, t	Plástico informal, t	$X_{E1}/(X_{E1} + X_{AI})$	$(X_{E1} + X_{E2})/(X_{E1} + X_{E2} + X_{AI})$
Porto Alegre 2002	-	-	0,144	0,340
Porto Alegre 2010	6.891	13.273	0,216	0,513
Porto Alegre 2011	9.599	14.925	0,247	0,531
Porto Alegre 2013	2.808	-	0,120 ⁽¹⁾	-

(1) Supondo que os materiais recicláveis no RSD sejam 26,87%.

A concorrência entre coleta seletiva formal e catadores informais tem afetado os operadores das unidades de triagem conveniadas, e não às recicladoras, pois elas adquirem a

maior parte matéria-prima através dos comerciantes de sucata.

As causas desta situação problema são econômicas e sociais. Entre as causas econômicas está a ideia de que o serviço de catação informal na rua pode render mais do que trabalhar como associado ou cooperativado em um galpão de triagem (MARTINS, 2003). Entre as causas sociais estão o baixo ou nenhum grau de escolaridade e a saúde precária, que implicam em ser considerado pouco produtivo e inadequado para o mercado formal de trabalho, ocasionando a falta de outras opções de emprego, o que leva o indivíduo a buscar o trabalho de catador (OLIVEIRA, 2010). Outra causa social é que alguns catadores preferem trabalhar individualmente na rua a trabalhar na unidade de triagem, onde a organização de cooperativas faz com que precisem se adaptar ao trabalho em grupo e seguir regras e horários (ZANETI, 2003). Assim, as causas descritas acima estão relacionadas à vulnerabilidade social dos catadores (OLIVEIRA, 2010).

Por outro lado, no município de Dois Irmãos, onde não existe a catação informal, o trabalho na triagem é bastante valorizado pela população e pelos que trabalham na triagem e no beneficiamento.

Martins (2003) já havia reportado esta situação problema e seu contexto suas circunstâncias na época. Em 2010, foi aprovada a Lei federal 12.305 que incentivou a coleta seletiva, a formação de cooperativas pelos catadores e o apoio das prefeituras municipais aos catadores. Em Porto Alegre, foi aprovada a Lei municipal 10.531/08 que proibiu o uso de carro de tração animal e tração humana para a coleta de materiais recicláveis na capital, mas sua aplicação foi feita de modo gradual sendo que 2016 a proibição ocorreria em todos os bairros. Uma alternativa oferecida aos catadores de rua através do “Programa Todos Somos Porto Alegre” são os cursos profissionalizantes como o de produção de blocos de concreto para calçadas e passeios. No entanto, na medida em que os catadores informais forem treinados para outras profissões, pode ocorrer uma redução na coleta de materiais recicláveis e a eficiência ambiental pode ficar comprometida, já que a quantidade de material aproveitado para a reciclagem tende a diminuir com a redução do número de catadores sem uma coleta que substitua o trabalho feito por eles. Assim, precisa desenvolver mecanismos de ampliação da coleta seletiva, melhorando as relações entre a população geradora de resíduos recicláveis e os coletores, desenvolver forma mais limpa e organizada de dispor os resíduos à espera da coleta nas ruas. No PMGIRS de Porto Alegre está previsto o estudo e o projeto piloto para a contratação de cooperativa/associação de catadores com a finalidade de execução de coleta seletiva no período de 2014 a 2016. O “Programa Todos Somos Porto Alegre” poderia mudar sua forma de atuação, tentar formalizar os catadores informais e viabilizar as condições para que eles façam a coleta seletiva.

Na contramão das medidas que reduzem o envio de resíduos recicláveis para aterro, a retirada dos catadores das ruas pode aumentar a quantidade de material reciclável enviado para o aterro e vai exigir novos investimentos na coleta seletiva.

Muitos municípios do consórcio Pró-Sinos têm incentivado a formação de cooperativas de catadores e prestado apoio para a manutenção da coleta e da triagem. No caso de Novo Hamburgo os catadores de rua foram convidados pela prefeitura a integrar uma cooperativa, e muitos, mas não todos, aceitaram. Os catadores e catadoras tinham a opção de escolher entre o trabalho de coleta de resíduos recicláveis nas lojas do centro da cidade e o trabalho da triagem. Para ajudar na coleta, os carrinhos foram equipados com motor elétrico,

conforme descrito na entrevista com a Unidade de Triagem 6.

4.4.3 Situação Problema 03 – Nível elevado de rejeito nos galpões de triagem

Esta situação problema tem impacto ambiental direto, que é tanto maior quanto maior a quantidade de rejeito enviada para aterro.

Em Porto Alegre, entre 2001 e 2011, o percentual de rejeito de todas as operadoras das unidades de triagem conveniadas com o DMLU que recebem a coleta seletiva variou entre 12,5 e 26,5% (Figura 2.5). Este é um valor médio do percentual do rejeito gerado nos galpões de triagem, alguns galpões têm percentual de rejeito muito abaixo deste valor e outros muito acima do valor indicado, assim, se fosse possível calcular o desvio padrão anual, obter-se-ia um valor elevado. No ano das entrevistas (2013), o percentual de rejeito da coleta seletiva aumentou em Porto Alegre segundo dados do SNIS. Duas unidades de triagem (UTs) entrevistadas em Porto Alegre informaram que a quantidade de rejeito gerado era de um contêiner por dia e não foi possível obter dados individualizados sobre o rejeito nas demais unidades de triagem. Mas duas UTs entrevistadas consideraram que a qualidade da coleta seletiva recebida precisava melhorar e duas consideraram a qualidade da coleta seletiva boa no ano de 2013. Uma associação de Belo Horizonte reportou rejeito de 40% quando a matéria-prima era a coleta seletiva doméstica (OLIVEIRA, 2010).

A Tabela 4.20 mostra as variáveis relacionadas ao rejeito em cidades da RMPA e em duas unidades de triagem entrevistadas.

Tabela 4.20: Variáveis relacionadas ao rejeito nos galpões de triagem

Cidade/Unidade de triagem	X_{A3}	$X_{A3}/(X_{A3} + X_{E1}^{(1)})$	X_{C2}	X_{C3}
	t	% massa	%	% massa
Porto Alegre 2002	3.008	19%	20%	-
Porto Alegre 2010	5.186	22%	78% ⁽²⁾	-
Consórcio Pró-Sinos 2010 ⁽³⁾	12.922	38%	-	-
RMPA 2010	18.790	26%	-	-
Gravatá 2011	473	33%	-	-
Porto Alegre 2011	8.097	27%	78% ⁽²⁾	-
Alvorada 2013	357	50%	-	-
Montenegro 2013	283	29%	-	-
Porto Alegre 2013	9.313	40%	60% ⁽²⁾	-
Unidade de Triagem 4 (2013)	6	-	-	33%
Unidade de Triagem 6 (2014) ⁽³⁾	78	8%	92% ⁽²⁾	-

(1) Inclui apenas recicláveis comercializados a partir da coleta seletiva, não inclui os recicláveis triados a partir da coleta bruta.

(2) Calculado da seguinte fórmula: $1 - X_{A3}/(X_{A3} + X_{E1}^{(1)})$.

(3) Esta unidade tria principalmente papel e teve uma amostragem de dois dias em abril de 2014.

A contaminação da coleta seletiva foi analisada pela Unidade de Triagem 4, que encontrou a presença de resíduo úmido ou orgânico (envio de papel higiênico usado junto com o lixo seco e de resíduos secos contaminados com restos de comida) e a presença de materiais recicláveis que não têm comprador (como aparelho de barbear descartável que é composto de lâmina de aço inoxidável e cabo de plástico reciclável, na maior parte PP, embalagem de pasta de dentes com 75% plástico e 25% alumínio, entre outros). Na análise foi encontrado um elevado teor de resíduo úmido (orgânico) no rejeito, uma queixa comum das unidades de triagem entrevistadas. Este é um item que está relacionado à eficiência de

separação, pois X_{C2} também pode ser estimado pela fórmula da Nota 2 da Tabela 4.20. Os plásticos enviados para o rejeito na triagem foram listados por tipo de resina a partir das entrevistas com as unidades de triagem de Porto Alegre e com comerciantes de resíduos plásticos. A Tabela 4.21 apresenta os plásticos no rejeito que foram identificados pelas unidades de triagem e pelos comerciantes de sucata entrevistados.

Tabela 4.21: Plásticos no rejeito da triagem e dos depósitos

Tipo de resina no rejeito	Unidade de Triagem							Comerciante de Sucata	
	1	2	3	4	5	6	7	3	4
PET		X ⁽¹⁾			X ⁽²⁾	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾		
PEAD filme							Sacolas		
PVC	X	X ⁽³⁾						Flexível	Flexível
PP filme	X	X	X	X	X		X	X	X
Rafia					X		X		
OS	X ⁽⁴⁾	X ⁽⁵⁾	X ⁽⁵⁾						X
EPS ⁽⁶⁾ /XPS ⁽⁷⁾	X	X	X	Bandeja	X	X	X		
Embalagens multicamadas	X ⁽⁸⁾	X	X	X ⁽⁹⁾		X ⁽¹⁰⁾			

(1) Embalagem termoformada, por exemplo, embalagem para ovos.

(2) Pote injetado e embalagens termoformadas. Segundo a ABIPET (2014) o PET injetado aparece nas pré-formas de garrafas PET e em materiais de engenharia como peças técnicas que são utilizados em celulares, peças automotivas, partes plásticas para geladeiras e fogões, porta CD, etc.

(3) Canaletas para fiação elétrica.

(4) Copinho de café.

(5) Pote de iogurte (poliestireno termoformado).

(6) EPS = poliestireno expandido, também conhecido pela marca Isopor.

(7) XPS = poliestireno extrusado.

(8) As embalagens multicamadas são consideradas rejeito exceto as da Tetra Pak que são recuperadas e vendidas para a reciclagem.

(9) Embalagem de salgadinhos e de pasta de dente.

(10) Laminados como as embalagens de salgadinhos (como as da empresa Elma Chips) e de erva mate.

Com base nos dados das Tabelas 4.20 e 4.21 infere-se que a natureza do Problema 03 está relacionada com a qualidade da coleta seletiva, com a educação ou consciência ambiental e com o meio ambiente. A qualidade da coleta seletiva está relacionada aos contaminantes orgânicos e também aos plásticos enviados para a triagem, mas que não têm comprador. Assim, quanto maior a quantidade destes materiais, mais rejeito é gerado. A variável X_{C2} (eficiência na separação) está relacionada à qualidade dos materiais recolhidos na coleta seletiva e está relacionada com a educação ambiental.

Uma alternativa para o rejeito da triagem é a sua queima com reaproveitamento energético, o qual motivou a amostragem e análise feita no rejeito da Unidade de Triagem 4.

Para reduzir a contaminação com material orgânico poderia ser feita uma campanha de educação ambiental da população de forma que esta envie embalagens limpas para a coleta seletiva e para evitar o uso de água potável, pode utilizar o efluente da máquina de lavar. Para reduzir o rejeito também poderia fazer coleta especial nos pontos de venda de aparelhos descartáveis de barbear, como é feito com pilhas e lâmpadas, e enviá-los para a reciclagem. Pois a reciclagem de pequenas quantidades não é viável economicamente. Para os tubos de pasta de dente existe uma recicladora, em Barueri (SP), que transforma 700 tubos de creme dental em uma telha de pouco mais de dois metros.

As perspectivas para a quantidade de rejeito podem ser cíclicas em Porto Alegre, pois no início dos anos 2000 o rejeito diminui de 30% para 13,2% em 2004, subiu em 2005 para 17% e atingiu o valor mínimo de 12,5% em 2006. Depois, voltou a subir conforme mostra a evolução do rejeito nas unidades de triagem (Figura 2.5) e atingiu 26,5% em 2011. Esta

variação pode ter relação com as campanhas de divulgação da coleta seletiva. Em 2005, foi criado o Túnel de Sensibilização Ambiental na sede do DMLU. Também, nesta época foi criado pelo Serviço de Assessoria Socioambiental (SASA) /DMLU o curso “Chega de Lixo: Trilhando os Caminhos da Preservação” de 20 horas-aula para professores, síndicos, lideranças comunitárias, servidores públicos, prefeituras do Rio Grande do Sul e de outros estados. O valor de rejeito para Porto Alegre calculado a partir de dados de 2013 indicou crescimento no percentual de rejeito para 38%. Pode estar relacionado com problemas de coleta, pois nas visitas em duas unidades de triagem houve reclamação da qualidade da coleta seletiva, havendo mistura de lixo orgânico no material reciclável. Isto indica que uma campanha de conscientização deste problema junto à população pode trazer ganhos em qualidade da coleta seletiva.

4.4.4 Situação Problema 04 – Embalagens de PET termofomadas

A Situação Problema 04 refere-se às embalagens de PET descartadas nos galpões de triagem ou pelos comerciantes de sucata, e desta forma, não são recicladas. A natureza deste problema é de meio ambiente, de tecnologia e também de qualidade, pois apenas garrafas são aceitas pelos comerciantes de resíduos de PET, sendo que as embalagens termofomadas são rejeitadas. O Comerciante de Sucata 4 informou que algumas embalagens se assemelham ao PET termofomado, mas são de PVC. A especificação para a compra de fardos de PET de uma recicladora de Portugal (PLASTVAL, 2007) informa que os resíduos de embalagens termofomadas de PET só poderão ser encaminhados para reciclagem se segregados do lote de garrafas PET e caso exista a garantia que os mesmos sejam efetivamente PET. Além disto, é necessário existir um acordo prévio com o reciclador para o encaminhamento deste tipo de resíduos de embalagem. A tecnologia deveria prever um meio de separar o PET termofomado e garantir que ele não está contaminado com PVC.

Todas as garrafas PET são fabricadas de um mesmo tipo de *grade*, que é adequado para o processo de manufatura de garrafa e as garrafas são adequadas para o reprocesso que produz poliéster fibra (HOPEWELL *et al.*, 2009).

O motivo pelo qual as embalagens PET termofomadas são descartadas e não recicladas é de ordem técnica, pois a indústria de reciclagem existente recicla majoritariamente garrafas de PET, que são produzidas por sopro, cuja massa molar é maior que 30.000 e pode chegar a 45.000 g/mol, enquanto o PET para a fabricação de fibras, a massa molar varia de 15.000 a 20.000 g/mol (CENNE, 2006). Para obter a massa molar elevada do PET garrafa precisa de uma etapa a mais no processo de reciclagem: a polimerização em estado sólido. No PET grau têxtil o processo de produção termina na etapa poli condensação (etapa de inicial do processo de produção de garrafas). O PET reciclado tem certo grau de degradação da massa molar.

O PET termofomado é produzido a partir de laminados e chapas que em sua maioria utiliza o r-PET para fabricar bandejas, *blisteres*, berço para embalagens de produtos eletrônicos, caixas de ovos, caixa de sapatos e caixa de brinquedos (ABIPET, 2014), pode haver problemas de misturar com o PET sopro e obter um r-PET com baixa massa molecular. No Reino Unido, desde 2005 a maioria das chapas usadas em termofomagem contém de 50 a 70% de PET reciclado (r-PET) pelo uso de chapa multicamada A/B/A onde as camadas externas (A) são de resina virgem que pode entrar em contato com o alimento, e a camada

interna B é r-PET (HOPEWELL *et al.*, 2009). Na triagem, muitas vezes as bandejas de PET são classificadas junto com os copos de água mineral PP, onde também são classificadas as bandejas de PVC. No processamento do PET contaminado com PVC ocorre a formação de pontos pretos tirando o lote de especificação.

A variável associada X_{A4} (Tabela 4.14) é uma variável ambiental que exprime a quantidade de PET enviada para aterro. Laminados e chapas representam 6% das aplicações (19,86 mil toneladas) do PET reciclado em 2012, sendo que o total de PET reciclado neste mesmo ano foi de 331 mil toneladas (ABIPET, 2013) (Tabela 2.13). A Tabela 4.22 apresenta uma quantificação do PET termoformado enviado para aterro em Porto Alegre e São Leopoldo.

Tabela 4.22: Estimativa do PET termoformado rejeitado ⁽¹⁾

Cidade	Teor de PET no RSD		PET	X_{A4}
	%	t/d	t/d	t/d
Porto Alegre 2010	1,39	14,6	4,75	0,6
Porto Alegre 2011	1,39	15,6	8,72	0,6
Porto Alegre 2013	1,39	19,8	2,62	0,8
São Leopoldo 2010	3,77 ⁽²⁾	5,7 ⁽²⁾	0,19	-

(1) Oriundo de coleta bruta, do rejeito de triagem e do rejeito dos depósitos.

(2) Inclui plásticos rígidos: PEAD, PVC, PP e PET.

Considerando que um terço das embalagens de PET termoformado tenha sido reutilizado, pois esta é uma prática comum na RMPA, estima-se que possam ter sido enviados 0,8 t/d de PET termoformado para aterro em Porto Alegre em 2013.

Possibilidades para a diminuição da intensidade deste problema seriam reduzir no primeiro momento e depois evitar a utilização deste tipo de embalagem, ou, alternativamente, se não for possível evitar o uso de tipo de embalagem, estabelecer caminhos para o reuso e/ou reciclagem deste material. O reuso das embalagens de PET termoformadas pode ser avaliado tanto para a aplicação na finalidade original ou para uma nova, como, por exemplo, em artesanato. Com relação à reciclagem, seria necessário estabelecer uma logística específica para recolhimento deste tipo de embalagem, de modo a permitir sua segregação adequada e a obtenção de lotes com quantidade suficiente de material para que seja economicamente viável esta reciclagem. Também é necessária a identificação correta das embalagens de PET e PVC para evitar a contaminação na triagem. Além disto, deveriam existir recicladores que aceitem esta matéria-prima segregada e sem contaminação de PVC.

Entretanto, não foram encontrados estudos sobre a reciclagem das embalagens de PET termoformado.

4.4.5 Situação Problema 05 – Embalagens de PP filme

O Problema 05 está relacionado ao envio de embalagens de PP filme para aterro nos galpões de triagem da RMPA, pois em muitas cidades, estas embalagens não têm comprador. O PP filme é usado nas embalagens de macarrão, de produtos têxteis, em pacotes de loja (que fazem barulho ao amassar) e em rótulos de garrafa PET (quando rasgam).

A natureza deste problema está associada ao meio ambiente, pois as embalagens de PP são tratadas como rejeito e encaminhadas para os aterros sanitários. Porém, está relacionada também com a tecnologia utilizada no processamento do PP filme e com o mercado de

compra dos resíduos triados de PP filme.

Os Comerciantes 3 e 4 não têm comprador para o PP filme e assim este plástico acaba no rejeito das unidades de triagem de Porto Alegre. Isto ocorre porque faltam recicladoras-transformadoras de PP filme, pois reciclar PP filme requer investimento e custo operacional maiores do que reciclagem de PEBD filme. Isto se deve ao fato de que na fabricação do filme de PP a extrusora fica em uma plataforma elevada e o balão formado é descendente e com refrigeração a água, enquanto que na fabricação do filme de PEBD o balão é ascendente e a extrusora fica no nível do solo.

A variável associada a este problema é a quantidade de PP no rejeito (X_{A5}) e foi classificada como variável ambiental (Tabela 4.14). A maioria das unidades de triagem descarta o PP filme como rejeito, conforme mostrado na Tabela 4.21, sem que seja feita a sua quantificação no rejeito.

Na Unidade de Triagem 6 foi realizado um teste, no qual a quantidade média de PP filme recuperada foi de 22 kg/d, representado 8,8% do rejeito. Se o rejeito das unidades de triagem conveniadas de Porto Alegre apresentasse o mesmo percentual de Novo Hamburgo, teríamos 2,3 t/d de PP filme no rejeito destas unidades em 2011. Entretanto, a Unidade de Triagem 6 recebe muita coleta de materiais recicláveis de lojas, o que não ocorre nas unidades de triagem conveniadas de Porto Alegre, que recebem a coleta seletiva proveniente das residências. Na caracterização do RSD, o PP filme não foi contabilizado em uma categoria própria. Em Porto Alegre, o PP filme foi incluído nas categorias plástico filme incolor e plástico filme colorido, enquanto em São Leopoldo o PP filme foi incluído na categoria Plástico Maleável. A Tabela 4.23 apresenta as estimativas de quantidades relativas ao rejeito de PP filme.

Tabela 4.23: Estimativas do envio de PP filme para aterro

Descrição	Teor de plástico filme no RSD		PP filme comercializado ⁽¹⁾	X_{A5}
	%	t/d	kg/ano	t/d
Porto Alegre 2010	4,816	32,5	0,0	<23,4
Porto Alegre 2011	4,816	34,7	0,0	<24,6
São Leopoldo 2011	8,5	14,5	1360 ⁽²⁾	<14,0
Recicladora Dois Irmãos 2012	-	-	14.500 ⁽³⁾	-

(1) Em Porto Alegre os dados de FECK & REICHERT (2012a) foram usado para contabilizar os resíduos comercializados pelas unidades de triagem em 2011.

(2) Em São Leopoldo foram comercializados 1360 kg de PP filme de janeiro a junho de 2011, segundo dados informados por GHESLA (2012).

(3) Foi comercializado PP filme aglutinado. Fonte: SANTOS (2013).

Para ser reciclado, o PP filme precisa ser separado, aglutinado, extrusado e, por fim, processado e transformado novamente em filme. As perspectivas para a reciclagem do PP filme não são muito boas no curto prazo. Ainda assim, existem esforços sendo realizados neste sentido. A Cooperativa de Recicladores de Dois Irmãos separa e aglutina PP filme e vende para uma transformadora. Em Nova Petrópolis existe uma empresa, a Termopol, que comercializa PP aglutinado. Outro exemplo é o da Unidade de Triagem 6, que está interagindo com uma recicladora/transformadora que compra o PP filme para aglutiná-lo e mescla-o com o PEBD filme aglutinado. Esta mistura é usada para preparar novos produtos. Atualmente, a Unidade de Triagem 6 está fazendo testes focados na separação e aceitação do material separado. Esta unidade separou 44 kg de PP filme em dois dias. O comprador de PP filme da Unidade de Triagem 6 pretende utilizar uma mistura 2% de PP ao PEBD conforme

descrito na entrevista.

4.4.6 Situação Problema 06 – Copinhos de poliestireno

O Problema 06 ocorre em algumas unidades de triagem conveniadas de Porto Alegre, nas quais copinhos de poliestireno são enviados para o rejeito. E este problema ficou evidente durante as visitas e entrevistas às unidades de triagem.

A natureza deste problema está ligada ao meio ambiente e ao mercado. A variável X_{A6} expressa a quantidade mássica de poliestireno no rejeito, sendo do tipo ambiental, pois o dano de jogar plástico no aterro, que leva mais de 100 anos para se decompor, é ambiental. Na caracterização do RSD de Porto Alegre não foi explicitado o poliestireno; ele foi incluído no item de plásticos rígidos junto com PEAD e PP.

O motivo pelo qual o poliestireno é enviado para aterro é que os copos feitos desta resina são enviados para triagem bastante contaminados; por isso o preço pago pela sucata de poliestireno é muito baixo e algumas unidades de triagem consideram que não compensa separar, prensar e armazenar poliestireno. Além disto, nos resíduos domésticos a quantidade de copos de poliestireno é pequena. Algumas unidades de triagem que recebem estes resíduos de estabelecimento comerciais fazem um volume maior desta resina e conseguem obter melhor receita. As perspectivas são que nos galpões que recebem pequena quantidade de copinhos de poliestireno contaminados, estes continuem sendo enviados para aterro sanitário, enquanto em unidades de triagem que recebem maior quantidade de copinhos de poliestireno (como por exemplo, as que recebem de centros comerciais), o poliestireno seja comercializado para a reciclagem. Na RMPA existe recicladora de poliestireno em São Leopoldo.

A alternativa é o desincentivo ao uso de copinhos de poliestireno nas residências, se precisar usar enviar os copinhos limpos para a reciclagem. E incentivo às casas comerciais que enviem os resíduos de poliestireno para unidades de triagem.

4.4.7 Situação Problema 07 – EPS

O Problema 07 está relacionado à grande quantidade de poliestireno expandido (EPS/XPS) enviado para aterro. Usando a caracterização de 2009/2010, apresentada no PMGIRS de Porto Alegre, calculou-se que foram descartados 4,6 t/d de resíduos de isopor no RSD em 2011. Também está incluso neste problema o poliestireno extrusado (XPS) que é uma placa de poliestireno isolante com maior densidade, que apresenta cadeira celular fechada e homogênea, sendo bastante utilizada na construção civil.

Em algumas unidades de triagem de Porto Alegre o EPS é vendido para reciclagem, mas na maioria das vezes ele acaba no rejeito, especialmente por que tem alto custo logístico. Das unidades de triagem entrevistadas, apenas a Unidade de Triagem 4 comercializa o EPS, que o vende para a empresa Termotécnica. Esta empresa recicla o EPS para uso na construção civil. Entretanto, na Unidade de Triagem 4, as bandejas de poliestireno, sempre contaminadas, são destinadas ao rejeito. Em Dois Irmãos, o EPS é moído junto com os copinhos de poliestireno, lavado, seco, aglutinado e comercializado. A cooperativa de Campo Bom filial centro também comercializa isopor (DORNELES *et al.*, 2012b). Em Santa Catarina foram

reciclados 6200 t de EPS no ano de 2010 (~20 t/d) (MAXI QUIM, 2011b), enquanto que no Rio Grande do Sul foram reciclados 6300 t de ABS, EPS e PS (MAXI QUIM, 2011a) em 2010.

No balanço de resíduos de Porto Alegre foi estimado que 15% do rejeito gerado nas unidades de triagem são plásticos, sendo o isopor o maior constituinte.

A natureza deste problema está relacionada com o meio ambiente, com o custo operacional e com a qualidade. A variável associada com este problema é a variável X_{A7} , a quantidade de resíduos de EPS enviada para aterro, e esta variável é do tipo ambiental, por que grande parte do EPS ainda é enviada para o aterro. A Tabela 4.24 apresenta o teor de EPS no RSD e a variável X_{A7} , para alguns municípios.

Tabela 4.24: Estimativas do envio de EPS para aterro

Cidade	Teor de EPS no RSD		EPS comercializado ⁽¹⁾		X_{A7}
	%	t/d	t/d	t/d	
Porto Alegre 2010	0,41	4,3	0,820	4,2	
Porto Alegre 2011	0,41	4,6	0,100	4,5	
São Leopoldo 2010	0,38	0,58	0,0	0,58	

- (1) Em Porto Alegre foi utilizado o IRM nacional de 19% em 2010 (PLASTIVIDA, 2012) e estimaram-se em 31,3 toneladas por ano os resíduos de EPS comercializados pelas unidades de triagem em 2011. Em São Leopoldo houve falta de comprador para o EPS e XPS estocado.

Segundo Hernandez (2011), duas unidades de triagem de São Leopoldo tinham em estoque 541 kg e 1462 kg de EPS e XPS triado sem comprador e, assim, o material seria transferido para o aterro. As causas deste problema são a contaminação das bandejas de EPS com produto da exsudação da carne e a baixa densidade aparente 4,2 a 4,6 kg/m³ (PLASTIVIDA, 2009b) dos resíduos de EPS. Devido à baixa densidade, o EPS ocupa grandes volumes e o transporte deste material torna-se pouco atrativo economicamente, pois um caminhão de 80 m³ leva de 333 a 369 kg deste material. Este mesmo caminhão carregado de sucata de PEAD com densidade aparente de 300 kg/m³ leva 18 toneladas em 60 m³. Dez sacos plásticos com 1 m³ de EPS com densidade aparente de 4,6 kg/m³ teriam 46 kg de EPS, precisam de 10 m² de área e altura de 1 m. A sucata de PEAD rígido de 90 kg, com densidade aparente de 200 kg/m³ ocupa um volume de 0,45 m³, ou seja, precisa de uma área de armazenagem de 0,45 m² com altura de 1 m.

A alternativa para a indústria e o comércio de produtos cárneos, que atualmente utilizam bandejas de poliestireno com filme de PVC no acondicionamento de seus produtos, é a troca por embalagens multicamadas a vácuo. Muitas carnes já são acondicionadas em embalagem com cinco camadas de plástico coextrusado com nylon ajudando a preservar as características do produto cárneo e prolongando sua durabilidade (TESSER, 2009). Ao evitar o uso da bandeja de poliestireno, evita sua contaminação com o suco da carne (exsudação), a causa da dificuldade de limpeza do poliestireno, evitando o descarte deste material para o aterro.

Segundo a entrevista com a Unidade de Triagem 3, existem compradores para o EPS, mas há falta de área de armazenagem no galpão. Para armazenar 4,6 t/d de resíduos de EPS em uma semana necessita um volume de 3076 m³. Supondo uma altura de 3 m no galpão, necessita construir de área de 1025 m² de galpão, com custo de construção de R\$ 377.844,95, considerando o custo de construção de R\$ 275,00/m² (DORNELES *et al.*, 2012a) corrigido pelo índice de custo nacional da construção de 34% (dez/2010 até dez/2014). Considerando o

preço do resíduo R\$ 0,4/kg⁸ na comercialização após triagem, a receita obtida com a venda de 4,6 t de resíduos de EPS é de R\$ 1.840,00/d e o aumento de área se pagaria em 205 dias. O orçamento do DMLU (Tabela 2.7) previu R\$ 160.00,00 para reformas nos galpões das unidades de triagem. Este valor cobre 42% das adequações nos galpões para armazenar o EPS e assim, se poderia armazenar 42% do EPS enviado para o aterro por uma semana.

Além da reciclagem mecânica, o resíduo de EPS também poderia ser reciclado por empresas que produzissem tijolos plásticos conforme entrevista com a Fabricante de máquinas.

4.4.8 Situação Problema 08 – Embalagens multicamadas

O Problema 08 diz respeito a resíduos de embalagens multicamadas no RSD que atualmente são, em sua maioria, rejeito na RMPA, conforme mostrado na Tabela 4.21. Este material tem origem na coextrusão ou na laminação de diversos materiais para a obtenção de embalagem com proteção por barreira à degradação do produto acondicionado pela ação da luz, do vapor d'água e do oxigênio. Existe muita variedade de materiais plásticos multicamada, tendo uso principalmente em embalagens, como as usadas para acondicionar salgadinhos e café embalado a vácuo. Muito comum para acondicionar salgadinhos é a embalagem laminada de BOPP metalizado. Outro exemplo de embalagem laminada é a pasta de dente e um exemplo de embalagem coextrusada é o filme multicamada para embalar produtos cárneos. Todas estas embalagens acabam no rejeito na maior parte das unidades de triagem da RMPA. Apenas a Recicladora 2 faz uso de material multicamada para fazer madeira plástica, utilizando sobras deste material, geradas nas suas próprias unidades.

A natureza deste problema é: de meio ambiente, pois estas embalagens acumulam no aterro sem que haja degradação; de tecnologia, pois para algumas embalagens multicamadas existe tecnologia para a reciclagem e para outros não; e de mercado, pois os compradores de materiais recicláveis rejeitam comprar estes materiais.

A causa do envio das embalagens multicamadas para o aterro é a não existência compradores destas embalagens pela falta de recicladoras que utilizem este tipo de embalagem. Algumas embalagens multicamadas precisam de reciclagem especial, como as embalagens com camada interna de PA e externa de PE e as embalagens Tetra Pak. A reciclagem das embalagens com camada interna de PA pode ser a fabricação de madeira plástica ou a técnica desenvolvida por Barros (2013). As embalagens da Tetra Pak são coletadas na RMPA para a reciclagem especial conforme descrita por Zuben & Neves (1999). Contudo existem outras embalagens multicamadas que podem ser recicladas sem a necessidade de separar as camadas, como é o caso das embalagens flexíveis de BOPP metalizadas, que deveriam ser recicladas junto com PP filme. Mas como já visto no Problema 05, faltam recicladores de PP filme. Existem ainda embalagens que contém PVDC/OPP ou EVOH/PA na sua composição e elas ainda não são tecnicamente viáveis para a reciclagem mecânica devido à instabilidade térmica do PVDC e do EVOH nas temperaturas de processamento dos respectivos componentes.

⁸ Foi utilizado o preço do PS apresentado por Maxi Quim (2011a) para a compra do resíduo na recicladora com desconto de 50% para custos de transporte e depósito.

A variável X_{A8} representa a quantidade de embalagens multicamadas no rejeito e o tipo da variável é ambiental. A seguir a Tabela 4.25 informa sobre a quantidade de embalagem multicamada enviada para aterro em Porto Alegre e estimativa desta quantidade em São Leopoldo. Infelizmente, não tem quantificação específica de embalagens multicamadas na caracterização do RSD de São Leopoldo.

Tabela 4.25: Embalagens multicamadas enviadas para aterro

Cidade	Teor no RSD		X_{A8}	Plástico comercializado ⁽¹⁾
	%	t/d		
Embalagens multicamadas Porto Alegre 2011 ⁽²⁾	1,36	15,2	14,82	0,38
PP filme São Leopoldo 2010 ⁽³⁾	8,5	14,5	<13,97	0,53

(1) Em Porto Alegre os dados de FECK & REICHERT (2013a) foram utilizados para os resíduos comercializados pelas unidades de triagem em 2011 e em São Leopoldo foram utilizados dados de GHESLA (2012).

(2) Inclui embalagens longa vida.

(3) Inclui as embalagens PP metalizadas.

As alternativas são a reciclagem mecânica de embalagens BOPP metalizada, a transformação em madeira plástica de embalagens com PA e o uso e/ou desenvolvimento de novas tecnologias para reciclar as embalagens que apresentam instabilidade térmica nas temperaturas de processamento dos respectivos componentes. Barros (2013) desenvolveu uma técnica para a reciclagem de embalagens multicamadas constituídas de poliamida 6 (PA 6), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de baixa densidade linear (PEBDL). O produto da extrusão das embalagens multicamadas aglutinadas e adição de compatibilizantes pode ser utilizado na área moveleira, lonas ou vasos.

Existem duas recicladoras que fazem madeira plástica na RMPA. Embora exista a alternativa de enviar as embalagens multicamadas para uma das empresas que produz madeira plástica, a perspectiva não é boa, por que esta recicladora não compra resíduo plástico pós-consumo. Algumas embalagens multicamadas necessitam processos especiais de reciclagem com tecnologia já existente, mas faltam recicladores que usem esta tecnologia. Assim necessita-se o desenvolvimento de novos recicladores para este tipo de embalagem; este é o caso dos tubos de pasta de dente, que são reciclados em São Paulo obtendo como produto final telhas. Também necessita desenvolvimento de reciclagem de embalagens com EVOH.

4.4.9 Situação Problema 09 – Uso inapropriado do símbolo de identificação

O Problema 09 está relacionado ao uso incorreto do símbolo de identificação em algumas embalagens, resultando que o símbolo não corresponde ao tipo de resina efetivamente usado. Este problema foi mencionado pelo SINDPLAST durante a entrevista. Coltro *et al.* (2008) com amostra de 177 embalagens rígidas obtiveram 40% de identificação incorreta para as de PEBD e Coltro & Duarte (2013) com amostra de 509 embalagens flexíveis obtiveram até 30% de identificação incorreta.

A natureza deste problema é de nível de enquadramento com relação a normas e legislação, visto que a identificação incorreta da resina corresponde à falta de atendimento a norma NBR 13.230:2008; e de educação ou consciência ambiental da indústria de transformação de identificar corretamente o material.

Uma das causas da identificação incorreta da resina utilizada na fabricação de embalagens rígidas é a necessidade do fabricante de alterar o tipo de resina por alguma razão. Nesses casos, para economizar um novo molde, o fabricante algumas vezes mantém o mesmo molde com a identificação da resina anterior, agindo de maneira ilícita e ocasionando erro na identificação da resina. A norma exige que os plásticos rígidos tenham o símbolo de identificação da resina gravado nos respectivos moldes de fabricação. Mas se for inviável tecnicamente a gravação do símbolo ou a alteração dos moldes, o símbolo deve ser impresso no fundo do recipiente plástico. Vale ressaltar que quando um mesmo molde é empregado para a fabricação de produtos plásticos iguais (copos, pratos, bandejas, etc.), porém com resinas diferentes, é aconselhável a adoção da impressão do símbolo no produto acabado ao invés da gravação do mesmo no molde. Adotando-se esta prática evita-se a indicação errônea do tipo de resina do produto (COLTRO *et al.*, 2008).

Outra causa é a não adoção da norma de NBR 13.230:2008 junto aos fabricantes de embalagens muito pequenas. Se o produto plástico for muito pequeno de modo que não permita a gravação e/ou impressão da simbologia completa, a norma recomenda que seja eliminada a gravação da abreviatura ficando obrigatória a identificação numérica dentro do triângulo.

Outra causa é a falta de divulgação da norma junto aos fabricantes de embalagens plásticas.

A variável associada a este problema é a identificação do tipo de resina na embalagem (X_{A10}). Ela é uma variável ambiental, pois o problema está associado a não utilização de uma técnica de identificação do tipo de resina na embalagem para ajudar a reciclar a embalagem e evitar seu envio para aterro. A variável X_{A10} assume o valor zero (0) se a identificação na embalagem está correta, assume o valor um (1) se a embalagem está sem identificação e assume o valor dois (2) se a identificação da resina foi incorreta.

A alternativa para quando um mesmo molde é empregado para a fabricação de produtos plásticos iguais (copos, pratos, bandejas, etc.), porém com resinas diferentes, é a impressão do símbolo no produto acabado ao invés da gravação do mesmo no molde (COLTRO *et al.*, 2008). A sugestão para minimizar este problema é a divulgação da norma junto aos fabricantes de embalagens e produtos de plástico e também esclarecer as diferenças para as normas ISO da serie 14.020 de rotulagem ambiental.

As perspectivas são de um longo caminho para a implantação da norma de identificação da ABNT NBR 13.230:2008 junto aos fabricantes de plásticos, pois na pesquisa de Coltro *et al.* (2008) havia casos de até 40% das embalagens rígidas identificadas com o símbolo da resina de forma incorreta, enquanto Coltro & Duarte (2013) reportaram apenas 20% das embalagens flexíveis identificadas corretamente.

4.4.10 Situação Problema 10 – Ausência do símbolo de identificação

O Problema 10 refere-se à falta de símbolo de identificação de resina nas embalagens de plástico. Coltro *et al.* (2008), em uma amostragem de 177 embalagens rígidas, encontraram 20% das embalagens sem identificação da resina e Coltro & Duarte (2013), em uma amostragem de 509 embalagens flexíveis, encontraram 50% das embalagens sem

identificação da resina. Embora estas pesquisas tenham sido feitas nas cidades de Campinas e São Paulo, acredita-se que a pesquisa também represente os produtos em embalagem plástica comercializados na RMPA.

A natureza deste problema é de nível de enquadramento com relação a normas e legislação, visto que a falta de identificação da resina nas embalagens corresponde à falta de atendimento a norma NBR 13.230:2008; e de educação ou consciência ambiental da indústria de transformação de deixar de colocar a identificação da resina nas embalagens.

As causas da falta de identificação da resina nas embalagens plásticas são desconhecimento das normas; minimização de custos por meio do não investimento em moldes e sistema de impressão. Como consequência tem-se que, de um modo geral, a indústria de transformação não identifica adequadamente o produto plástico com o símbolo da resina.

A variável associada a este problema é do tipo ambiental e econômica, pois o problema está associado ao não uso da técnica existente para identificar a resina e evitar o seu envio para aterro e também a falta de investimento de indústria para utilizar a técnica. A variável X_{A10} assume o valor zero (0) se a identificação na embalagem está correta, assume o valor um (1) se a embalagem está sem identificação e assume o valor dois (2) se a identificação da resina foi incorreta.

As alternativas e perspectivas são as mesmas do Problema 09.

4.4.11 Situação Problema 11 – Não recolhimento da contribuição previdenciária por parte dos catadores

Muitos catadores não recolhem a contribuição para o INSS como autônomo ou micro empreendedor individual; por este motivo, não têm direito à aposentadoria. Este problema foi identificado na entrevista com a Unidade de Triagem 1. Além disto, Martins (2003) também reportou este problema.

A natureza deste problema é social, pois envolve a questão da aposentadoria dos catadores.

As causas da falta de recolhimento da contribuição previdenciária são a falta de formalidade em relação às questões legais relativas ao trabalho, falta de informação dos catadores e a baixa renda mensal obtida neste trabalho.

A variável associada a este problema é a variável X_{SOI} que representa a porcentagem dos catadores que recolhem a contribuição previdenciária. O tipo da variável X_{SOI} é social, pois o problema está associado com a forma de sustento dos catadores na terceira idade. Na pesquisa de Martins (2003) a variável X_{SOI} assumiu o valor de 5% no caso dos catadores de Porto Alegre e de 100% para os catadores da Cooperativa de Recicladores de Dois Irmãos.

As alternativas para este problema são a formalização como micro empreendedor individual (MEI) ou autônomo com ajuda do programa de extensão da faculdade de direito da UFRGS. A contribuição pode ser por autônomo ou como MEI. Também poderia ajudar nesta questão o MNCR, que é uma entidade da classe trabalhadora.

As perspectivas em Porto Alegre são de transformação das associações em

cooperativas até 2016. Na forma de cooperativas, com ajuda de gestores, pode ocorrer a formalização e, desta forma, a regularização da contribuição previdenciária. Se nada for feito os catadores e suas famílias ficarão sem aposentadoria.

4.4.12 Situação Problema 12 – Operação sem licença ambiental

Das dezesseis unidades de triagem conveniadas à prefeitura de Porto Alegre, quatro não possuem licença ambiental, enquanto doze possuem uma licença de operação (LO) emitida pela SMAM. A LO 012742/2012 autoriza o DMLU a proceder a regularização de doze unidades de triagem. Segundo Dorneles *et al.* (2012c), Dois Irmãos foi o primeiro município a receber a qualificação para licenciamento de atividades de impacto local, no ano de 2000. As empresas de transporte de sucata e seus depósitos bem como as recicladoras também precisam de LO.

A natureza deste problema é de nível de enquadramento com relação a normas e legislação, visto que o fato de possuir pendências de licença ambiental corresponde à falta atendimento a resolução CONAMA 237, de 19 de dezembro de 1997; e de gestão, pois é responsabilidade dos gestores estar conscientes da importância da atividade, regularizar a licença ambiental e fazer os investimentos necessários para que a atividade não cause efeitos nocivos sobre o meio ambiente.

Uma das causas das unidades de triagem conveniadas com o DMLU não possuírem a LO é a falta de regularização do terreno onde estão situadas (uma delas está situada em via pública).

A variável associada a este problema é do tipo ambiental, pois está associada à existência ou não da licença ambiental. A variável X_{A9} assume o valor zero (0) se a unidade de triagem, o depósito ou recicladora possui licença ambiental válida, assume o valor um (1) se a unidade de triagem, o depósito ou recicladora possui a licença ambiental.

De acordo com Dorneles *et al.* (2012a,e), as cooperativas e associações de Canoas e São Leopoldo possuem a LO. A Tabela 4.26 apresenta a variável X_{A9} para os atores da cadeia de reciclagem entrevistados.

Tabela 4.26: Existência de licença de operação

<i>Ator</i>	X_{A9}
Unidade de Triagem 1	0
Unidade de Triagem 2	0
Unidade de Triagem 3	0
Unidade de Triagem 4	0
Unidade de Triagem 5	0
Unidade de Triagem 6	0
Unidade de Triagem 7	0
Comerciante de Sucata 1	1
Comerciante de Sucata 2	1
Comerciante de Sucata 3	1
Comerciante de Sucata 4	1
Recicladora 2	0
Recicladora 3	1
Recicladora 4	0

Fontes: FEPAM (2013), Dorneles *et al.* (2012b,d), Entrevistas.

No banco de dados da FEPAM não foi encontrada a licença ambiental da

Recicladora 3 e a LO da Recicladora 4 venceu em julho de 2010. Atualmente a LO é concedida pelo município, mas a consulta pública a todas as licenças ambiental ainda não está disponível. Em Porto Alegre só existem dados das licenças concedidas a partir de maio de 2013. Para acesso a LO das unidades de triagem de Porto Alegre foi feita consulta ao DMLU.

Para as unidades que possuem LO, o empreendedor é o DMLU, a LO é válida até 29/05/2016 e as causas do não atendimento são a não conformidade com os itens que seguem.

Quanto à matéria-prima (resíduo recebido), a LO restringe a triagem e comercialização dos resíduos da classe II B – inertes, sendo vedados resíduos de saúde, construção civil, resíduos classe I perigosos (tais como resíduos eletrônicos, latas e tonéis metálicos ou plásticos vazios contaminados com produtos químicos perigosos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias) e resíduos industriais. A LO pede que o resíduo recebido seja acondicionado, de forma a assegurar o seu confinamento durante o processamento e até a comercialização e destinação.

Quanto ao rejeito, este deverá ser depositado em um contêiner e entregue ao DMLU para a destinação adequada; vedada a queima, a céu aberto, de resíduos sólidos de qualquer natureza.

Quanto aos resíduos sólidos gerados na unidade, a LO solicita segregar (em perigosos – NBR 12.235:1992, recicláveis, orgânicos e rejeitos – NBR 11.174:1990), coletar, armazenar temporariamente (em local de acesso restrito, protegido das intempéries e com placas indicativas sinalizando o tipo de resíduo depositado) e encaminhar os resíduos sólidos a espera da coleta. Os resíduos sólidos perigosos gerados deverão ser retornados ao fabricante/fornecedor. As lâmpadas fluorescentes usadas na atividade deverão ser armazenadas integras, embaladas individualmente nas próprias caixas de papelão em que são comercializadas ou individualmente em papel, papelão ou plástico bolha, acondicionadas de forma segura para posterior encaminhamento. Transportar os resíduos somente em veículos cobertos, para evitar o vazamento destes em vias públicas.

Quanto aos itens de projeto, a LO pede que na relocação da unidade Padre Cacique para a Restinga deverá ser requerida a licença de instalação; pede que no Projeto de Inclusão Produtiva dos Catadores apresente um cronograma de execução das melhorias prediais, capacitação para a gestão; e renovação dos equipamentos com ART (anotação de responsabilidade técnica) e toda e qualquer alteração/ampliação nas unidades deve ser comunicada à SMAM.

Quanto à operação e manutenção das unidades, a fim de garantir o bom funcionamento, a LO pede que a triagem seja executada em pavilhão coberto; que haja procedimento de cobertura e recolhimento de resíduos para minimizar a ação dos ventos, ocorrência de mau cheiro e proliferação de vetores; que haja controle de acesso, que mantenha a unidade cercada com tela para evitar a entrada de pessoas e veículos não autorizados, animais e dispersão de resíduos para o entorno; que seja mantida em condições adequadas e com manutenção periódica as cercas, a iluminação, as placas de identificação, a portaria e as demais instalações de apoio e que seja mantido em cada unidade um cadastro atualizado (com nome e endereço) das pessoas físicas e jurídicas com as quais for efetuada a comercialização dos resíduos, bem como as quantidades de resíduos por tipo.

As alternativas são a execução dos planos de adequações solicitadas na LO. Para isto o

DMLU mantem reuniões com as unidades de triagem a fim de adequá-las a LO. Para as unidades de triagem com problemas de regularização de terreno, a solução é a mudança para um novo local regularizado. Para os galpões, depósitos e recicladores que não possuem LO, a alternativa é incentivá-los a buscar a licença junto aos órgãos ambientais.

A perspectiva é de regularização ambiental unidades de triagem conveniadas para o período de 2014 a 2016 conforme previsto no PMGIRS de Porto Alegre. Nos galpões da RMPA que já possuem LO a perspectiva é de renovação da LO. Mas se nada for feito, as cidades devem continuar a conviver com riscos ambientais nos galpões de triagem, como os descritos anteriormente.

4.4.13 Situação Problema 13 - Armazenagem

Neste sentido, os dois principais aspectos a serem considerados são o fato de que em alguns galpões existe a falta de espaço para armazenagem do material reciclável e o risco de incêndio nos depósitos devido à alta combustibilidade dos materiais recicláveis armazenados (papel, papelão e plástico). O problema da falta de espaço de armazenagem nos galpões de triagem apareceu nas entrevistas com as Unidades de Triagem 3 e 4. A questão do incêndio apareceu na entrevista com o Comerciante de Sucata 3, que teve seu depósito destruído por um incêndio em 2011. Além disto, dois relatos de incêndios foram encontrados na revisão bibliográfica, uma em depósito de galpões de triagem e outra em depósito de um comerciante de sucata.

A natureza do problema é de gestão, na questão do risco de incêndio, e econômica, na questão de mais investimento em área de armazenagem nos galpões de triagem; a natureza do problema também é de legislação e normas.

Para representar a falta de espaço de armazenagem escolheu-se a variável X_{E10} , que está associada com a fração área construída do galpão de triagem comprometida com a estocagem do material triado. Considerando a densidade aparente média do material reciclável triado semanalmente igual a 300 kg/m^3 . Supondo a altura de estocagem igual a 1 m. E esta é uma variável econômica, pois alterar a área de armazenamento requer investimento e análise econômica. A Tabela 4.27 apresenta a variável área construída dos galpões de triagem entrevistados por produção ou carga.

Tabela 4.27: Relação área construída dos galpões de triagem e estocagem

Unidade de Triagem	Área construída	Volume de material triado (15 dias)	X_{E10}
	m^2	m^3	%
Unidade de Triagem 1	1343,1	63,08	4,7
Unidade de Triagem 2	1072,0	70,51	6,6
Unidade de Triagem 3	696,6	44,36	6,4
Unidade de Triagem 4	760,0	64,87	8,5
Unidade de Triagem 5	1500,0	153,85	10,3
Unidade de Triagem 6	~400	56,15	14,0
Unidade de Triagem 7	~1000	96,15	9,6

Fonte: FLECK & REICHERT (2013a), DORNELES et al.(2012b,d).

A UT1 é a unidade com menor comprometimento da área construída com área de armazenagem e a UT6 é a de maior comprometimento da área construída com área de armazenagem. As UT3 e UT4 reclamaram nas entrevistas ter problemas de armazenagem,

elas precisam 80 m² adicionais para estocar 80 m³ de EPS. As UT5 e UT7 triam coleta bruta e têm uma grande área construída ao mesmo tempo em que uma maior produção e maior X_{E10} do que as unidades que triam coleta seletiva.

Para representar o risco de incêndio na armazenagem de materiais recicláveis escolheu-se a variável X_{SE} , que indica o número de incêndios em galpões de triagem ou depósitos de materiais recicláveis ocorridos na RMPA ao ano. O tipo de variável é de segurança, pois a existência de sinistros indica a vulnerabilidade dos depósitos, das recicladoras e dos centros de triagem no armazenamento dos materiais recicláveis. A Tabela 4.28 mostra a variável X_{SE} na RMPA nos anos de 2010 a 2014.

Tabela 4.28: Sinistros nos galpões de triagem, recicladoras e depósitos

Ano	X_{SE}
	Sinistro/ano
2010	0
2011	3
2012	0
2013	1
2014	2

Fonte: *Chamas (27/5/2013), Incêndio (13/9/2014), Incêndio (6/1/2014), Incêndio (23/6/2011), Incêndio (21/5/2011), Marinho (mai. 2011), Rosa (6/1/2014), Trabalho (30/4/2012).*

Em 2011 houve três ocorrências: em fevereiro ocorreu um incêndio no galpão de triagem em São Leopoldo (Associação dos Trabalhadores Urbanos de Resíduos Orgânicos e inorgânicos – ATUROI – Vitória); em maio na usina de reciclagem B. Saibro em São Leopoldo e em junho em um depósito no Sarandi, Porto Alegre.

No caso do depósito do comerciante de sucata em 2011, do galpão de reciclagem em 2013, da sucata pronta para a venda no galpão de reciclagem de Porto Alegre não conveniado em janeiro de 2014 e do galpão de triagem de Campo Bom em setembro de 2014, as causas dos incêndios foram, respectivamente, um incêndio criminoso, desconhecida e não identificadas.

As alternativas são aumentar a área construída para os galpões que têm déficit de espaço de armazenagem, conforme previsão de investimento que consta no PMGIRS de Porto Alegre e a adoção de planos de prevenção de incêndio nos galpões de triagem da RMPA.

As perspectivas para o aumento da área de armazenagem são boas, já que a área construída depende de investimento e planejamento, existe previsão de investimento para 2015 e 2016.

Porém, as perspectivas não são boas para os planos de prevenção contra incêndio, pois eles não fazem parte dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos nem das solicitações da LO.

4.4.14 Situação Problema 14 – Prefeituras não têm cadastro dos compradores de resíduos plásticos

O DMLU, titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, não possui informações sobre os compradores de resíduos plásticos das unidades de triagem conveniadas, que podem ser comerciantes de sucata ou recicladoras.

A natureza desta situação problema é de gestão, pois o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos faz a gestão sobre as unidades de triagem; e social pelo comportamento de associações e cooperativas que não querem prestar contas de suas vendas.

A causa deste desconhecimento está ligada ao modo de gestão do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos junto às unidades de triagem. Embora a LO das unidades de triagem conveniadas de Porto Alegre peça que seja mantido em cada unidade de triagem um cadastro atualizado (com nome e endereço) das pessoas físicas e jurídicas com as quais for efetuada a comercialização dos resíduos, bem como as quantidades de resíduos por tipo, estes dados não foram enviados para o DMLU.

A variável associada a esta situação problema é a variável X_{SO_2} , que assume o valor zero (0) quando o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos não possui informações sobre as vendas na unidade de triagem, mas assume valor um (1) no caso contrário. Esta variável é do tipo social. Atualmente a variável X_{SO_2} , assume valor zero no caso das unidades de triagem de Porto Alegre. As informações sobre as vendas são quantidade comercializada e nome da empresa que compra os resíduos.

As alternativas são uma mudança na gestão para incluir o cadastro das pessoas físicas e jurídicas com as quais as unidades de triagem efetuem a comercialização dos resíduos, assim como as quantidades de resíduos por tipo. Além disso, poderia ser considerada também como uma questão de gestão a geração e divulgação de informações sobre as necessidades de reciclagem, incluindo, por exemplo, dados sobre plásticos que atualmente são rejeito, mas para os quais já existe solução técnica para reciclagem.

As perspectivas são boas com relação à primeira alternativa, já que o DMLU tem feito reuniões com as unidades de triagem; mas não há perspectiva para a segunda alternativa.

4.4.15 Situação Problema 15 – Maioria dos galpões de triagem não é verticalizada em reciclagem mecânica do plástico

Os galpões de triagem, em sua maioria, não efetuam a reciclagem mecânica do plástico, isto é, não lavam nem moem ou aglutinam os resíduos plásticos, apenas triam e prensam. Assim, se o resíduo chegar muito contaminado à triagem, ele vai para o rejeito. A vantagem de fazer o beneficiamento do plástico é a obtenção de maior receita, pois o preço do resíduo prensado é inferior ao do plástico moído, aglutinado ou granulado. Assim, a renda mensal em unidades que fazem o beneficiamento do plástico tende a ser muito maior que a renda das unidades que não fazem o beneficiamento. Por exemplo, a Recicladora de Dois Irmãos, que realiza a reciclagem mecânica do plástico, tinha renda em 2010 de R\$ 1.500,00, enquanto as unidades de triagem de Porto Alegre tinham renda de R\$ 700,00. Outro exemplo é a Unidade de Triagem 7 que possui máquinas de beneficiamento do plástico instaladas em um galpão no aterro sanitário e que, em 2014, teve renda mensal por associado em torno de R\$ 2.000,00, o dobro da renda das unidades de triagem que não fazem o beneficiamento do plástico. Um aspecto a considerar no beneficiamento dos plásticos é que operador que permanece no local controlando o processo deve usar abafadores de ruído devido ao barulho das máquinas.

A natureza do Problema 15 é de gestão, visto que se trata de conseguir recursos e local

apropriado, instalar e manter o beneficiamento; de treinamento para a utilização da nova técnica; e de tecnologia, visto que se trata do uso de uma nova técnica para os associados com a escolha e compra de máquinas para o beneficiamento do plástico.

A causa deste problema está ligada ao fato de que o beneficiamento dos materiais recicláveis plásticos precisa de investimento em máquinas, treinamento de pessoal, de água para a lavagem e de tratamento do efluente. Além disto, deve-se considerar que, devido ao elevado nível de ruído das máquinas utilizadas, os galpões deveriam estar localizados em áreas industriais para estarem habilitados a realizar a reciclagem mecânica. Assim, não é possível equipar os atuais galpões em Porto Alegre, pois a operação das máquinas iria perturbar a vizinhança.

A variável associada com o Problema 15 é a variável X_{TI} que indica se existe beneficiamento após a triagem (verticalização da triagem em recicladora de plástico). Esta variável assume o valor zero (0) quando é utilizada a prensa, assume valor um (1) quando é utilizado o moinho lavador e/ou o aglutinador e assume valor dois (2) quando a extrusão é utilizada. A variável X_{TI} é classificada como tecnológica. A Tabela 4.29 apresenta a variável X_{TI} para alguns galpões na RMPA.

Tabela 4.29: Galpões e o beneficiamento dos resíduos plásticos

<i>Unidade de Triagem</i>	X_{TI}
Unidade de Triagem 1	0
Unidade de Triagem 2	0
Unidade de Triagem 3	0
Unidade de Triagem 4	0
Unidade de Triagem 5	0
Unidade de Triagem 6	0
Unidade de Triagem 7	1
Cooperativa recicladora de Dois Irmãos	1

Além destas unidades de triagem, a associação de Nova Hartz faz o beneficiamento do plástico e a cooperativa Cooreal de Alvorada recebeu um moinho em junho de 2014 para beneficiar o material reciclável plástico.

Uma alternativa são os planos do MNCR de estender a reciclagem mecânica às cooperativas de catadores usando o programa governamental Cataforte. Mas, a Unidade de Triagem 4 já analisou e descartou esta alternativa devido a perturbação a vizinhança causada pelo ruído das máquinas. Uma segunda alternativa é o projeto Cadeia Solidária binacional do PET, já beneficiando o PET em Santa Cruz do Sul e em montagem em Novo Hamburgo. O projeto adquiriu galpão e máquinas para fazer a moagem do PET em Novo Hamburgo, conforme a entrevista com a Unidade de Triagem 6, porém faltam ajustes no prédio.

Para minimizar o ruído das máquinas poderia enclausurar a fonte do ruído.

As perspectivas de implantar a reciclagem mecânica nas unidades de triagem não são boas, considerando as informações obtidas até o momento. Mas o projeto do PET pode resultar em perspectivas mais promissoras.

4.4.16 Situação Problema 16 – Contaminantes da matéria-prima recebida pelas recicladoras

A situação problema refere-se à qualidade da matéria-prima das recicladoras e foi identificada na entrevista com a Recicladora 3. Nesta recicladora a matéria prima recebida (sucata de PEAD e PP rígido) apresenta 17% em massa de contaminantes, necessitando nova triagem e por esta razão a qualidade é considerada de média a ruim. De cada 60 t de sucata recebida, 10 t são impurezas que retornam para o fornecedor. Outra recicladora contatada reclamou da qualidade e quantidade de matéria-prima ofertada. Este problema também foi identificado pelo Comerciante de Sucata 4, que reportou grande variação na qualidade dos produtos em função do fornecedor. Segundo ele, todas as unidades de triagem conveniadas entrevistadas comercializavam materiais triados de boa qualidade, mas citou uma unidade de triagem localizada na zona norte da cidade próxima a um grande hipermercado como sendo a de pior qualidade.

A natureza do problema é de qualidade da sucata comercializada, resultante da técnica manual empregada na separação dos materiais recicláveis e do treinamento do pessoal que faz a triagem.

As impurezas esperadas na matéria-prima são rótulos de plástico, de papel ou de metal, tampas, restos de produto contido na embalagem e tinta impressa na embalagem. Mas também já foram encontrados fardos com água, areia ou terra, matéria orgânica (cachorro morto), papelão, equipamentos que deveriam ter seus materiais previamente separados como chuveiro completo e mistura de plásticos, como embalagens laminadas, saquinhos, PVC e PET. As causas desta contaminação são a triagem malfeita ou a falta de triagem, a falta de treinamento, a falta de simbologia de identificação nas embalagens, eventual má-fé e problemas de comunicação entre os galpões de triagem, comerciantes de sucata e recicladoras. Deve-se ressaltar que este problema de separação traz associado um problema econômico, pois os contaminantes são transportados da unidade de triagem para o depósito, depois para a recicladora e depois voltam para o depósito e são encaminhados para outras reciclagens ou para o aterro. Toda esta movimentação implica custos adicionais de transporte.

A variável associada com esta situação problema, X_{T2} , representa o percentual de contaminantes na matéria-prima da recicladora (sucata plástica). E esta variável foi classificada como tecnológica, pois o teor de contaminantes depende do processo de separação utilizado. Uma classificação adicional poderia ser feita incluindo a variável como cultural, pois o modo de separação manual é um hábito das pessoas que trabalham nesta atividade. Esta classificação adicional não foi feita para manter o modelo simples.

A contaminação da matéria prima da Recicladora 3 (PP e PEAD rígido) foi de 17% em massa nos dados de 2013. A origem das compras desta recicladora são galpões e comerciantes de resíduos plásticos. Para a Recicladora 4, que compra de PEBD filme de supermercados, a contaminação foi de 4% em massa.

As alternativas para mudar esta realidade são o uso de novas tecnologias de separação, o treinamento do pessoal na triagem, a divulgação da norma NBR 13.320:2008 junto aos fabricantes, o incentivo ao uso da simbologia de identificação nas embalagens e a criação de uma norma com especificação de impurezas, umidade e contaminantes proibitivos. Seria uma norma de classificação e especificação, como existe a norma ABNT NBR 15.483:2009 que

classifica o papel reciclado em papelão, papel branco, papel jornal, papel revista, embalagem longa vida. Esta norma, além de classificar os tipos de materiais, cria subtipos e estabelece a especificação de impurezas, umidade e contaminantes proibitivos para cada subtipo. Assim, para cada subtipo de material, o mercado oferece um preço.

Exemplos de contaminantes proibitivos em plásticos para reciclagem são o PVC em PET e o alumínio. No uso da sucata de PET para fabricação filmes existe a restrição de 50 ppm em massa de PVC (SPINACE & DE PAOLI, 2005), enquanto o alumínio é tolerado no plástico reciclado até 50 ppm em massa (MARTINS, 2013). Existe a Plastval, recicladora portuguesa, que criou especificações técnicas para a compra de resíduos pós consumo de PET, PEAD, filmes, EPS e plásticos mistos.

Um programa de qualidade de sucata também poderia estabelecer níveis de melhora dos contaminantes da sucata de plástico rígido, por exemplo, colocar como meta a redução de 17% para 10% em massa de impurezas. A Unidade de Triagem 4 possui um programa de melhoria da qualidade e aplicou a metodologia de gestão 5S com o apoio de uma consultoria encubada na UFRGS.

A perspectiva para o treinamento de pessoal de triagem é de investimento para capacitação de catadores informais, conforme previsto no PMGIRS de Porto Alegre. A perspectiva da divulgação da norma junto aos fabricantes é de muito trabalho por que ainda existem muitas embalagens sem símbolo de identificação. Para a norma de impureza na sucata plástica não existe nenhuma notícia que ela esteja em gestação. A perspectiva de uso de novas tecnologias na separação parece distante da realidade na RMPA.

4.4.17 Situação Problema 17 – Falta de matéria-prima para as recicladoras

Este problema foi mencionado na entrevista com a Recicladora 3 e em contato com outra recicladora. Além disto, ele aparece de forma implícita no nível operacional de 69% em 2010 (MAXI QUIM, 2011a), visto que a capacidade instalada de recicladoras de plástico no Rio Grande do Sul em 2010 era de 154.400 t e a produção foi 106.000 t. O Comerciante de Sucata 3 relatou que já havia comercializado 1000 t/mês de plástico entre 2008 a 2010, em 2012 houve queda para 600 t/mês e em 2013 estava comercializando 200 t/mês de plásticos pós-consumo.

A natureza deste problema é de mercado, sendo a procura maior que a oferta, possível consequência do fato de as recicladoras do sul do Brasil terem investido no aumento da capacidade de produção e procurar comprar matéria-prima de qualidade em grandes quantidades, ou seja, da forma mais econômica possível.

Uma causa da redução de oferta de matéria prima é a redução no crescimento econômico. A geração de resíduos está intimamente vinculada à renda da população, sendo, portanto, o rendimento médio (ou seja, o PIB per capita – Produto Interno Bruto dividido pelo número de habitantes), conjuntamente com o crescimento populacional, os dois fatores que melhor projetam as gerações futuras de RSD. Na RMPA e em Porto Alegre houve crescimento na geração de RSD de 2010 a 2012 e houve queda na geração de RSD em 2013. Entretanto, não houve queda do PIB per capita nos anos de 2010 a 2013 na RMPA e em Porto Alegre segundo série histórica da Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2015).

Também pode-se considerar como causa a questão dos incentivos no ICMS, que faz com que uma parte significativa da sucata gerada em Porto Alegre e da RMPA seja vendida para Santa Catarina.

Ainda outra causa é o aparente declínio da participação da população na coleta seletiva em 2013. Uma campanha para aumentar a participação para 90% aumentaria a produtividade dos galpões e a oferta de matéria-prima para as recicladoras.

Pelo lado da oferta informal de materiais recicláveis deve ser considerada a proibição de catação pelos carroceiros. Conforme o Comerciante de Sucata, a comercialização de plástico pós-consumo, em 2013, caiu para um quinto do valor de 2010.

A variável X_{E12} representa a quantidade de matéria-prima ofertada às recicladoras de plástico em quilogramas por mês e é uma variável do tipo econômica. A Tabela 4.30 apresenta a disponibilidade de matéria-prima para as recicladoras por tipo e local.

Tabela 4.30: Oferta de matéria-prima para recicladoras de plástico

<i>Unidade de Triagem</i>	<i>Data</i>	<i>X_{E12} (kg/mês)</i>
Unidade de Triagem 1	Set/2013	10.496
Unidade de Triagem 1 Plástico rígido	Set/2013	2.973
Unidade de Triagem 2		5.000 a 10.000
Unidade de Triagem 3	Set/2013	8.881
Unidade de Triagem 4	Out/2013	4.190 ⁹
Unidade de Triagem 5	2014	50.000 a 63.000
Unidade de Triagem 6	Abril/2014	1.460
Unidade de Triagem 7	Abril/2014	35.500
Cooperativa recicladora de Dois Irmãos		
UTs convênio Porto Alegre	2013	234.000
UTs convênio Porto Alegre	2011	799.928
UTs convênio Porto Alegre Plástico rígido	2011	224.435
Unidades de triagem não conveniadas Porto Alegre	2011	1.243.758
RMPA – plástico rígido	2010	871.281
RMPA	2010	2.371.910

Os dados obtidos para as unidades de triagem de Porto Alegre estão de acordo com o balanço de 2011, mostrado na Figura 4.8, porém transformados em quilogramas por mês, com o total de 78,5 t/d de sucata plástica (8,7 t/d de PET, 8,6 t/d de plástico rígido – PEAD e PP), sendo 15,7 t/d vendidas para Santa Catarina. Estimou-se (Figura 4.9) que foram vendidas 90,9 t/d de sucata plástica na RMPA em 2010, sendo 18,2 t/d vendidas para Santa Catarina.

A produtividade na triagem é mostrada na Tabela 4.31. Supõe-se uma jornada de trabalho de oito horas por dia e vinte e quatro dias por mês. Para as unidades de triagem de Porto Alegre, o número de pessoas na triagem foi estimado com base no número de mulheres no galpão conforme informado por Fleck & Reichert (2013a), assim como a quantidade triada trimestralmente. Na região pesquisada a produtividade variou entre 11 e 25 kg/h/pessoa. Conclui-se que a produtividade é função da técnica manual de separação. Para as unidades de triagem o importante é o recebimento de cargas para manter a maior produtividade possível.

⁹ Produção de quinze dias.

Tabela 4.31: Produtividade na triagem

<i>Unidade de Triagem</i>	<i>Data</i>	<i>Quantidade triada (kg/mês)</i>	<i>Pessoas na triagem</i>	<i>Produtividade (kg/h/pessoa)</i>
Unidade de Triagem 1 ⁽¹⁾	4º trim./2011	88.667	24	19
Unidade de Triagem 2 ⁽¹⁾	Média 2011/2012	91.250	20	24
Unidade de Triagem 3 ⁽¹⁾	3º trim./2011	62.667	25	13
Unidade de Triagem 4 ⁽¹⁾	1º trim./2012	84.333	39	11
Unidade de Triagem 5 ⁽²⁾	2014	200.000	60	17
Unidade de Triagem 6 ⁽²⁾	2014	73.000	23	17
Unidade de Triagem 7 ⁽³⁾	2010	92.800	41	12
Cooperativa recicladora de Dois Irmãos ⁽³⁾	2010	94.800	30	16
Unidades de triagem conveniadas Porto Alegre ⁽¹⁾	2011	1.786.128	369	25
Consórcio Pró-Sinos ⁽⁴⁾	2010	2.988.480	1054	15

(1) FLECK & REICHERT (2013a).

(2) Entrevistas nesta dissertação.

(3) VONPAR (2010).

(4) DORNELES *et al.*(2012b).

A produtividade está relacionada com a saúde ocupacional e esta com os acidentes de trabalho, entretanto esta pesquisa não obteve dados sobre este tópico. Em pesquisa anterior em nove galpões de triagem de Porto Alegre apresentada por Martins (2003), os equipamentos de proteção individual (EPIs) eram utilizados habitualmente por apenas 34% dos catadores e 25% dos catadores já haviam sofrido algum tipo de acidente, sendo os mais frequentes os que envolvem cortes e prensagem do dedo ou da mão.

Houve um aumento na geração de RSD em Porto Alegre de 1992 a 1998 e de 2008 a 2011 (Figura 2.3). Dados do SNIS indicam que houve aumento significativo no RSD na RMPA de 2010 a 2012 e pequeno aumento de 0,3% em 2013. O aumento na geração de RSD também significa aumento na disponibilidade de resíduos recicláveis. Assim, é preciso desenvolver estratégias de coletar os materiais recicláveis disponíveis no RSD.

As alternativas são aumentar as quantidades coletadas através de campanhas educativas amplas da população da RMPA para que ela faça a correta separação dos materiais recicláveis (melhorias motivacionais), fazer melhorias no nível de conveniência (frequência e confiabilidade da coleta; dificuldades na segregação; espaço extra de armazenamento requerido; distância ao ponto de coleta e problemas de higiene) e implantar coletas com os catadores conveniados com as prefeituras. Pelo lado da coleta informal em Porto Alegre, o DMLU precisa analisar os resultados da lei municipal que proibiu catadores com veículos de tração humana de realizarem coletas. A coleta seletiva deveria ser de 300 t/d para manter os resultados de 2011, 100 t/d da coleta formal e 200 t/d da coleta informal de 2011.

As perspectivas são o aumento da disponibilidade de matéria-prima incentivado pelo PNRS e pelos PMGIRS, mas por outro lado a crise econômica tende a diminuir a geração de resíduo seco (recicláveis).

4.4.18 Situação Problema 18 – Paradas na extrusão devido a contaminantes no plástico moído

A natureza deste problema é de qualidade do material que alimenta a extrusão.

A causa deste problema é a imperfeição na separação feita manualmente e o uso de

água para fazer a limpeza. Para remover o alumínio, é necessária uma técnica que garanta a sua identificação, mas nas recicladoras da região não são utilizadas técnicas de identificação e separação automatizada que possam identificar o alumínio e o silicone. O alumínio está presente em algumas embalagens de PP metalizadas, em tampas de copos de PP, etc. O silicone está presente na cola dos rótulos nas embalagens. A remoção do silicone é difícil, precisaria utilizar um removedor especial em vez de água.

A variável X_{EL3} representa a porcentagem de tempo que a máquina fica parada devido a impurezas no plástico moído. Esta é uma variável do tipo econômica, pois o tempo de parada envolve custos de parada com perda de produção. Na Recicladora 3, a máquina parada 4% do tempo de operação significa perda de receita de R\$ 5400,00 por mês ou R\$ 64.800,00 por ano.

Uma alternativa é a técnica de espectroscopia do NIR com refletância difusa que pode ser utilizada no processo de separação. Esta técnica identifica o alumínio em uma mistura de plásticos moída a ser alimentada na entrada da extrusão (BAKKER, 2009). Faria & Pacheco (2011) sugere remover tampas metalizadas antes de o resíduo ser enviado para a extrusão. Para o caso do silicone a melhor alternativa é que a indústria deixasse de utilizar este tipo de cola. Muitas técnicas são usadas atualmente para colocar rótulos em embalagens sem a necessidade de usar cola.

Entretanto, não há perspectivas do uso de NIR em recicladoras da RMPA. É um equipamento importado e assim precisa de investimento. A troca do silicone por outra tecnologia também necessita investimento da indústria, porém muitas indústrias já utilizam rótulos de PEBD sem cola que revestem a embalagem de PEAD. Assim precisa de um desenvolvimento similar para embalagens de PP ou PEAD que ainda usam cola nos rótulos.

4.4.19 Situação Problema 19 – Mistura de resinas incompatíveis

O Problema 19 refere-se à mistura de resinas incompatíveis gerando um grão com propriedades mecânicas inadequadas. Para não perder o produto o reciclador faz a diluição do contaminante e reprocessa a mistura. Por exemplo, na Recicladora 3 o grão obtido a partir da mistura de PP no PEAD apresenta propriedades mecânicas inadequadas e precisa fazer a diluição da resina minoritária, como consequência gera reprocessamento na recicladora. Este problema é mais pronunciado na contaminação do PEAD com PP e não é tão significativo na contaminação do PP com PEAD. O problema também existe em recicladora de PEBD que pode ser contaminado com PP.

A natureza do problema é de qualidade do produto, pois o produto da mistura de resinas incompatíveis apresenta propriedades mecânicas não satisfatórias.

A causa básica da necessidade de reprocessamento de produto PEAD contaminado com PP é a imiscibilidade das resinas com formação de duas fases, uma matriz e uma dispersa, ocorrendo incompatibilidade na interface das fases. Isto é devido à energia livre de mistura desfavorável. A necessidade de reprocessamento é função da composição da mistura, por exemplo, a mistura de 1% de PP e 99% PEAD, não afeta as propriedades mecânicas, mas as propriedades são bastante afetadas para a mistura 30% PP e 70% PEAD.

Uma causa de contaminação da resina está na etapa de separação dos plásticos.

Mistura PEAD/PP e PEBD/PP não podem ser separados no processo flutua e afunda usando água, com densidade igual a 1,0, como solvente, pois estas resinas têm densidade semelhante (PEAD 0,94 a 0,96, PEBD 0,92 a 0,93 e PP 0,90) e têm outras propriedades similares (MADI, 2013). O processo de separação usado atualmente é manual e a identificação da resina depende da experiência de quem faz a triagem. A primeira triagem é feita nos galpões de reciclagem e a segunda triagem é feita na recicladora.

Outra possível causa da contaminação da resina pode ser o uso compartilhado da extrusora, se processar primeiro o PP e depois PEAD, o PEAD pode ser contaminado por restos de PP que ficou na extrusora. O mesmo pode ocorrer se a extrusora for utilizada parte do tempo para processar PEBD e parte PP.

A variável X_{E14} representa a porcentagem do tempo de reprocessamento devido à incompatibilidade das resinas processadas. É uma variável do tipo econômica, pois o tempo de reprocessamento significa deixar de usar a extrusora com nova matéria-prima e assim deixa de obter receita. No caso da Recicladora 3, sabe-se que ocorre este reprocessamento, mas não tem uma estimativa da porcentagem do tempo para reprocessamento. Supondo que fosse 4%, ter-se-ia uma perda de receita de R\$ 5400,00 por mês ou R\$ 64.800,00 por ano.

Uma alternativa é a identificação da resina na embalagem pelo uso da norma NBR 13230:2008 pode ajudar a minimizar o problema na triagem. Muitas vezes a embalagem tem identificação da resina, mas o rótulo não tem.

Uma segunda alternativa é separar PP, PEAD e PEBD usando sistemas de separação magnética como o MDS. Este sistema de separação foi desenvolvido por Bakker *et al.* (2009) na Holanda. Mas sua implantação necessita de investimento. Além disso, mais informações sobre a operação deste sistema são necessárias para fazer uma avaliação.

Uma terceira alternativa é o uso de compatibilizantes, a qual apresenta a desvantagem do custo adicional relativo ao compatibilizante e da provável necessidade de investimento em extrusora com melhor capacidade de mistura.

As perspectivas são de divulgação e ampliação do uso de compatibilizantes que, entretanto, não tem histórico de uso nas recicladoras no Brasil, provavelmente pelos custos envolvidos. O uso do método de separação MDS pode ser uma solução no longo prazo.

4.4.20 Situação Problema 20 – Geração de finos após extrusão

Este problema, quando ocorre, se origina na saída da extrusão com corte na cabeça. A causa deste problema é o mau funcionamento ou inadequação do sistema de corte. Existe um ajuste em um dispositivo adaptado ao próprio cabeçote da extrusora, onde o material fundido é cortado imediatamente após sair da extrusora com corte na cabeça, que funciona como uma matriz, determinando a granulometria. A natureza do problema é de qualidade, pois o produto fica contaminado com finos e isto também representa uma perda de matéria-prima.

Por exemplo, a Recicladora 3 produz grãos de PEAD e PP, mas tem o problema da geração de finos. A Recicladora 3 usa o sistema de corte com água. A geração de finos é devido ao desgaste da ferramenta de corte em relação à feira (matriz). Ou seja, quando as lâminas de corte apresentam desgaste e a mesma não pega toda área da feira, a mesma corta o plástico irregularmente gerando uma quantidade de material fino (pó). A Recicladora 4 tem

poucos problemas com a geração de finos e quando isto acontece o produto é reciclado.

A variável X_{T3} representa a percentagem de finos gerados em relação à quantidade de produto granulado. É uma variável do tipo tecnológica, por que os finos são gerados devido ao desgaste da lâmina de corte pela ação da água.

Uma alternativa é fazer manutenção preventiva na ferramenta de corte, de modo a minimizar a geração de finos.

Uma segunda alternativa é estudar algum material para a ferramenta de corte de modo a minimizar o desgaste, mas esta alternativa precisa de um investimento.

4.4.21 Situação Problema 21 – Consumo de EE elevado nas recicladoras

Em geral, o consumo de EE é maior em recicladoras de plástico filme que utilizam o aglutinador, conforme reportado na entrevista com SINPLAST. O aglutinador é um equipamento, que trabalha em batelada, utilizado para compactar o plástico filme, reduzindo o volume e aumentando a densidade. O plástico filme é colocado dentro do cilindro que trabalha em alta rotação com facas no fundo, consome EE para atritar os fragmentos de filme contra a parede do equipamento provocando a elevação de temperatura, com a formação de uma massa plástica. Quando o plástico atinge esta forma, joga-se água e com o choque térmico, o material solidifica e é quebrado pela ação do movimento das facas. Toda a água é evaporada. O calor compacta o filme reduzindo o volume. Além disto, algumas recicladoras de menor porte utilizam o aglutinador na secagem de plástico moído, conforme Faria & Pacheco (2011).

A natureza deste problema é de custo operacional, visto que o aglutinador consome grande quantidade de energia para a compactação do plástico filme e de tecnologia, pois existem equipamentos que consomem menos energia para realizar a mesma tarefa.

A variável X_{E11} representa o índice de consumo energético na recicladora em kWh/kg. A variável foi classificada como econômica, pois o índice de consumo energético impacta diretamente no custo variável da recicladora. A Tabela 4.32 mostra o índice de consumo energético para duas recicladoras entrevistadas nesta dissertação e para outras recicladoras do Rio e São Paulo.

Tabela 4.32: Índice de consumo energético nas recicladoras

<i>Empresa</i>	<i>Produto</i>	<i>Processo c/uso de energia</i>	X_{E11} (kWh/kg)
Recicladora 3	Grãos PP/PEAD e artefatos	Moagem, secagem e extrusão.	0,88
Recicladora 4	Sacos de lixo, de areia.	Aglutinação , extrusão grão e extrusão filme.	1,13
A	Grãos PEAD e artefatos	Moagem, lavagem, secagem, extrusão e injeção.	0,30
B	Grãos de PE e PP	Moagem, secagem c/aglutinador e extrusão.	0,69
C	Grãos de PE e PP	Secagem c/aglutinador e extrusão.	0,28
D	PP moído	Moagem, lavagem e secagem.	0,15
E	Artefatos	Moagem, lavagem, secagem, extrusão e intrusão.	1,60
F	Artefatos	Aglutinação e intrusão.	0,73
G	Grãos de PEBD	Moagem, lavagem, secagem, aglutinação e extrusão.	0,67

Fonte: *Entrevistas (2013), FARIA&PACHECO (2011).*

A causa do consumo de EE são os equipamentos. De acordo com o processo temos os

seguintes índices: a intrusão com 0,48 a 1,17 kWh/kg, o aglutinador com 0,26 kWh/kg, a extrusão com 0,28 kWh/kg, a moagem, lavagem e secagem com 0,15 kWh/kg (empresa D). O processo que mais consome EE é a intrusão, depois a extrusão e aglutinação e por fim a moagem/lavagem/secagem. O consumo específico de energia do aglutinador é semelhante ao consumo específico de energia da extrusora.

O índice da Recicladora 3 está um pouco acima do esperado por que o consumo de energia inclui outro processo utilizado na fábrica para produção de produtos de PEAD. A Recicladora 4 tem um índice alto por que contratou energia para a capacidade de 120 t/mês, mas no ano de 2012 processou 80 t/mês e em 2013 baixou para 28 t/mês sem alteração no contrato de fornecimento de EE. O índice para 120 t/mês seria de um consumo de 0,75 kWh por quilo de saco de lixo produzido.

A alternativa para substituir o aglutinador é o uso de um sistema de alimentação forçada para a extrusora recuperadora, que tem a finalidade de fundir o plástico, eliminar umidade, liberar gases provenientes da volatilização da tinta das embalagens e filtrar a massa fundida, eliminando qualquer sujidade. Após esse processo o material se apresenta em forma de grãos, como o material virgem. Este periférico, o sistema de alimentação forçada, utiliza um motor com potência dez vezes menor, com economia substancial de energia para fazer o mesmo serviço do aglutinador.

As perspectivas para a indústria de reciclagem e transformação de plástico são de adequar-se a programas de desenvolvimento sustentável como a aplicação de medidas de Produção Mais Limpa (P+L), entre as medidas está a redução no consumo de energia elétrica. Entretanto, este conceito ainda não foi implantado na RMPA.

4.4.22 Situação Problema 22 – Não-tratamento da água de lavagem

Esta situação problema tem relação com o uso da água para lavar a sucata em recicladoras, que não fazem o tratamento da água de lavagem, enviando água de lavagem, com resíduos orgânicos e detergentes, diretamente para o esgoto. Este problema foi comentado na entrevista com SINPLAST. Despejar matéria orgânica e detergente em rios e lagos polui estes mananciais, altera as características do ambiente aquático e a matéria orgânica reduz o oxigênio disponível para a vida aquática podendo causar mortandade de peixes e desequilíbrio ecológico como ocorreu no rio dos Sinos há alguns anos. Espíndola (2004) fez as seguintes análises no efluente de lavagem: DBO, DQO, surfactantes, nitrogênio total, coliformes fecais, condutividade elétrica, fósforo total, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, pH e óleos e graxas. Nenhuma amostra apresentou coliformes fecais, portanto o envio da lavagem para os mananciais não causa a transmissão de doenças patogênicas. Mas duas amostras apresentaram DBO e DQO acima do limite especificado, assim este efluente pode causar redução do oxigênio nos mananciais e prejudicar a vida aquática.

A natureza do problema é de fiscalização do cumprimento da legislação e normas, pois o tratamento de efluente faz parte da licença ambiental; de consciência ambiental dos empresários que trabalham com reciclagem; e de meio ambiente, pois os arroios e rios da região recebem o descarte de água de lavagem não tratada e ficam poluídos com redução da vida aquática.

A causa deste problema está relacionada com o investimento requerido para fazer o

sistema de tratamento da água de lavagem para o seu reuso e tem um custo mensal com produtos químicos. Também colabora para manter o problema a falta de fiscalização das pequenas recicladoras. Muitas não têm licença de operação (LO), e algumas não são empresas, mas pessoas físicas que realizam os trabalhos de reciclagem em casa. Existe a falta de fiscalização dos órgãos ambientais.

A variável X_{A11} assume o valor zero (0) se a empresa faz o tratamento da água de lavagem e assume o valor um (1) no caso contrário. Esta variável é do tipo ambiental.

Não foram encontradas entre as entrevistadas empresas que não tratassem a água de lavagem, mas Rolim (2000) entrevistou uma recicladora que não tratava água de lavagem.

As alternativas são a fiscalização dos órgãos ambientais nas recicladoras e programas de incentivos para implantar o tratamento da água de lavagem. Em São Paulo a CETESB, a FIESP e o sindicato dos plásticos apoiam programa de P+L.

As perspectivas são que aumente a fiscalização ambiental, mas ainda não existem incentivos para uso de ferramentas P+L na RMPA.

4.4.23 Situação Problema 23 – Falta de controle de qualidade do produto nas recicladoras de plástico

As empresas, que reciclam plásticos pós-consumo mecanicamente, têm dificuldades em fazer o controle de qualidade, por serem, de um modo geral, empresas pequenas, sem recursos financeiros para manter um laboratório de qualidade. Este problema foi reportado pelo SINPLAST. A Recicladora 3 é uma pequena empresa que faz controle de qualidade no grão de PEAD e PP; faz análise da densidade aparente, do tamanho da embalagem, de pó/finos no produto, de cor, de umidade e de formato do grão. Outras análises como o índice de fluidez e propriedades mecânicas são realizadas na indústria de transformação.

A natureza deste problema é de qualidade controlada de forma a evitar problemas na recicladora e transformadora de plásticos.

A causa deste problema é a falta de pessoal especializado e os custos envolvidos. O controle de qualidade é feito com a avaliação do produto que sai da extrusora. Por exemplo, a Recicladora 4 avalia o grão e quando o operador identifica bolhas ou finos, o grão é reciclado.

A variável X_{T4} representa o controle de qualidade do plástico beneficiado ou reciclado. Ela assume o valor zero (0) se a empresa não faz controle de qualidade e assume o valor um (1) se a empresa faz controle de qualidade. Esta variável é classificada como tecnológica, pois o controle de qualidade necessita do uso de técnicas modernas. A Tabela 4.33 mostra as empresas entrevistadas e o controle de qualidade.

Tabela 4.33: Empresas que fazem controle de qualidade do produto

<i>Recicladora</i>	<i>X_{T4}</i>
Recicladora 1	0
Recicladora 2	0
Recicladora 3	1
Recicladora 4	0
Recicladora X	0
Unidade de Triagem 7	0
Cooperativa recicladora de Dois Irmãos	0

As alternativas são o desenvolvimento de análises simples que podem ser feitos na recicladora, com baixo custo e que possam ser feitas pelos operadores e vendedores das recicladoras.

Entretanto não existem perspectivas de fazer o controle de qualidade na recicladora através de análises. A perspectiva é que o controle de qualidade por meio de análises de laboratório seja feito na transformadora.

4.4.24 Situação Problema 24 – Encerramento das atividades de recicladoras de plástico

A natureza do problema é de gestão, pois as diversas formas de gestão dos custos, da contabilidade, do patrimônio afetam a sobrevivência de uma empresa; e social, pois a empresa envolve pessoas e seu fechamento afeta muitas famílias.

Identificou-se que duas recicladoras, Recicladora 1 e Recicladora X encerraram suas atividades no primeiro semestre de 2013 e o fizeram por diferentes motivos. A Recicladora 1, que reciclava plástico rígido, encerrou suas atividades por questões societárias. A Recicladora X, que reciclava plástico filme, rígido e de engenharia, encerrou suas atividades por razões econômicas e um dos itens era o alto consumo de EE.

A variável X_{SO3} representa o status da recicladora, assumindo o valor zero (0) se a empresa estiver fora de operação e assumindo o valor um (1) se a empresa estiver em operação. A variável foi classificada como social, pois a operação da recicladora afeta as pessoas que trabalham na empresa. O modelo utilizado classificou as variáveis em tipos previamente definidos e é uma limitação do modelo não haver classificação cruzada como seria o caso da variável X_{SO3} , que poderia ser classificada também como socioeconômica. A Tabela 4.34 apresenta as recicladoras entrevistadas e a variável X_{SO3} .

Tabela 4.34: Recicladoras entrevistadas e seu status

<i>Recicladora</i>	X_{SO3}
Recicladora 1	0
Recicladora 2	1
Recicladora 3	1
Recicladora 4	1
Recicladora X	0
Unidade de Triagem 7	1
Cooperativa recicladora de Dois Irmãos	1

A Unidade de Triagem 7 foi incluída por que ela faz um beneficiamento do plástico transformando-o em moído ou aglutinado. O mesmo ocorre com a Cooperativa recicladora de Dois Irmãos.

Vale a pena comparar os casos da Recicladora X e da Recicladora 4. As duas têm em comum a capacidade de produção. Operar nesta capacidade tornou-se não econômico, sendo que a Recicladora 4 reduziu a produção para poder sobreviver. A redução possibilitou pagar imposto pelo regime de tributação do Simples Nacional e a recicladora pode sair do vermelho.

As perspectivas para as empresas, de um modo geral, acompanham o crescimento econômico da cidade onde se localiza. A reciclagem cresceu muito de 2008 a 2011 na RMPA, mas os volumes negociados diminuíram em 2012 e 2013; informação obtida na entrevista com o Comerciante de Sucata 3.

4.4.25 Situação Problema 25 – Falta de recicladoras que usem plásticos destinados ao rejeito

Atualmente, são rejeito o PP filme, grande parte do EPS, embalagens metalizadas, embalagens laminadas e copinhos de poliestireno.

A natureza deste problema é de tecnologia, pois a solução para o aproveitamento do rejeito é o uso de novas tecnologias mais eficientes; e de mercado, pois em geral precisa desenvolver o mercado de novos produtos obtidos com novas tecnologias ou de aceitação do produto reciclado.

A causa é que a reciclagem de PP filme, embalagens laminadas, isopor é uma tecnologia dominada por poucos. Existe a falta de empresários que invistam no setor de reciclagem de rejeitos da triagem.

A variável associada com esta situação problema é a X_{T5} , variável do tipo tecnológica, que representa a origem dos resíduos plásticos a serem reciclados. A variável assume valor zero (0) quando a empresa recicla plásticos oriundos da coleta bruta do RSU, coleta seletiva, resíduos de lojas e comércios ou coleta informal, assume valor um (1) quando a empresa recicla plásticos de rejeito da coleta seletiva e assume valor dois (2) quando a empresa recicla plástico de rejeito industrial. A Tabela 4.35 apresenta as recicladoras entrevistadas e se recicla o plástico de rejeito.

Tabela 4.35: Recicladoras entrevistadas e a origem dos resíduos

<i>Recicladora</i>	X_{T5}
Recicladora 1	-
Recicladora 2	2
Recicladora 3	0
Recicladora 4	0
Recicladora X	-
Unidade de Triagem 7	0
Cooperativa recicladora de Dois Irmãos	1

A Cooperativa recicladora de Dois Irmãos aglutina o PP filme, que normalmente é rejeito na RMPA. A Unidade de Triagem 6 está fazendo experiência de separar e vender PP filme para recicladora de PEBD. Neste caso a origem do PP filme é o descarte de lojistas. A Recicladora 2 produz madeira plástica a partir de rejeito industrial e outros resíduos descartados pelas empresas do grupo.

As alternativas são o investimento em novas recicladoras que utilizem o plástico de rejeito, por exemplo, a empresa fabricante de máquinas entrevistada desenvolveu uma máquina para reciclagem de rejeitos. Ou a diversificação das recicladoras atuais.

As perspectivas são de poucos investimentos em recicladoras no curto prazo. A empresa fabricante de máquinas vendeu a técnica para outros estados brasileiros, mas na RMPA apenas uma empresa de Portão utiliza as máquinas na reciclagem de cartazes de *outdoor*.

Capítulo 5

Conclusão

5.1 Considerações Finais

Foi apresentado um balanço da reciclagem de plástico pós-consumo na RMPA com dados de 2010 e sua evolução foi avaliada com dados das entrevistas em 2013.

Foram identificadas e analisadas vinte e cinco situações problema. Variáveis foram identificadas para retratar a situação e outras para indicar as causas do problema. A primeira situação problema mostrou o envio para aterro de 89.837 toneladas de plásticos em 2010, que poderiam ter sido recicladas. Municípios com coleta seletiva implantada foram responsáveis pela recuperação de 49.786 e 32.967 toneladas de materiais recicláveis, respectivamente, em 2010 e 2013. O desafio destas cidades é aumentar o índice de participação e a eficiência de separação a fim de aumentar a recuperação na coleta seletiva média de 20% e 13%, em 2010 e 2013, respectivamente. Poucos municípios têm recuperação superior a 50%. Para aumentar a recuperação precisa aumentar a frequência, confiabilidade e abrangência de coleta e a motivação dos residentes na RMPA, investindo em educação ambiental, e para triar os materiais adicionais, algumas cidades precisam aumentar a capacidade das suas unidades de triagem,

A segunda situação problema mostrou a disputa pelos resíduos entre os operadores de triagem de Porto Alegre, que não recebem cargas de coleta seletiva na frequência desejada, e os catadores informais, que foram proibidos de atuar em determinados bairros usando carros de tração humana e animal. Em 2011, a quantidade de resíduos coletada informalmente foi estimada no dobro da coleta formal, assim como o número de catadores. Pelos dados do SNIS de 2013 a coleta seletiva teve queda de 38% em relação a 2012 e o rejeito aumentou para 40%. Este problema está relacionado com a falta de matéria-prima para as recicladoras a Situação Problema 17. Em 2010, as unidades de triagem com apoio das prefeituras da RMPA venderam 15 mil toneladas de plásticos pós-consumo e as indústrias recicladoras do Rio Grande do Sul processaram 53 mil toneladas de plásticos pós-consumo, sendo sua capacidade ociosa de 50 mil toneladas (31% de 154.400). Em 2013, a quantidade de plásticos pós-

consumo comercializada pelas associações de catadores conveniados foi inferior a 6 mil toneladas.

As situações problema 03 a 08 referem-se ao rejeito da triagem e aos materiais plásticos rejeitados. O rejeito da triagem na RMPA ficou em 26% em 2010 e aumentou para 36% em 2013, principalmente devido aos dados de Porto Alegre. PET termoformado, PP filme, copinhos de poliestireno, EPS e embalagens multicamadas compõem os plásticos encontrados no rejeito. Esta situação está ligada a Situação Problema 25, que refere-se a falta de recicladoras que utilizem plásticos como PET termoformado, PP filme, copinhos de poliestireno, EPS e embalagens multicamadas que acabam rejeitados na triagem

As situações problema 08 e 09 referem-se à identificação nas embalagens: a falta e o erro na identificação, que causam erros de triagem, aumentam contaminações dos fardos ou aumentam o rejeito.

Algumas situações problemas são relativas à gestão na triagem, nas prefeituras e nas recicladoras: trabalhadores que não recolhem contribuição previdenciária; falta de espaço para armazenagem em galpões de triagem; risco de incêndio nos locais de armazenagem; falta de licença ambiental e necessidades de adequações; prefeituras que não tem cadastro dos compradores de resíduos plásticos; galpões de triagem, que em sua maioria não conseguiram se verticalizar em reciclagem mecânica do plástico; falta de tratamento da água de lavagem em algumas recicladoras; e o encerramento das atividades de recicladoras de resíduos plásticos.

Algumas situações problema são relativas à qualidade de matérias-primas e produtos das recicladoras como: compra de matéria-prima com muitos contaminantes; contaminantes que causam parada na extrusão; misturas de resinas incompatíveis que geram grão com propriedades mecânicas inadequadas; geração de finos após a extrusão; e falta de controle de qualidade do produto após reciclagem mecânica do plástico.

Por fim a situação problema que refere-se ao consumo de EE elevado devido à técnica empregada na reciclagem mecânica.

O conjunto de variáveis quantitativas e qualitativas usadas neste trabalho mostrou ser adequado para uma análise global da reciclagem na RMPA. A partir da análise dos dados coletados foi possível identificar fatores limitantes críticos para a região em termos de recuperação de recicláveis e eficiência da cadeia de reciclagem e, baseado nestes fatores limitantes, algumas sugestões principais foram feitas para melhorar a situação atual: (i) investimento em educação para coleta seletiva iniciando pela adaptação para outras cidades da região do Programa de Educação Ambiental de Dois Irmãos, que reúne a secretaria de Educação e a de Meio Ambiente com atuação conjunta semanal, com foco em aumentar a participação na coleta seletiva e aumentar a eficiência de separação; (ii) incentivo à não-utilização, redução ou reuso de alguns plásticos pós-consumo como o PET termoformado e copinhos de poliestireno; (iii) aumento de coleta e de capacidade de estocagem nas unidades de triagem para o EPS; (iv) implantação de fiscalização periódica para controlar e otimizar a coleta seletiva nas cidades da região; (v) implantação de fiscalização da triagem e das recicladoras; (vi) implantação de melhorias e técnicas que reduzam o consumo de EE nas recicladoras, como por exemplo, substituição do aglutinador pelo sistema de alimentação forçada para a extrusão; (vii) divulgação e implantação do programa da UNIDO: Produção

mais limpa (P+L ou PML) nas recicladoras de plástico no Rio Grande do Sul e precisará contar com o apoio do sindicato das recicladoras do RS. Este programa já foi tema de dissertação na UFRGS e tema de cartilha divulgada pelo Sindicato das Indústrias de Material Plástico do Estado de São Paulo; (viii) desenvolvimento e implantação de um programa de controle de qualidade e geração de especificações dos produtos (para cada tipo de resina do plástico pós-consumo comercializado) que são matéria-prima das recicladoras. Este trabalho precisa de apoio do Sindicato das recicladoras de plástico e do MNCR que representa as cooperativas de catadores. Como modelo pode-se utilizar a norma ABNT NBR 15.483:2009 que classifica e especifica vários tipos de papel/papelão pós-consumo; (ix) incentivo às recicladoras que utilizem os rejeitos da triagem como matéria-prima; (x) incentivo à confecção de planos de prevenção e combate a incêndio nos galpões de triagem e nos depósitos de comerciantes; (xi) investimento em treinamento e capacitação dos catadores formais e informais nas atividades de coleta e triagem; (xii) incentivo à indústria de transformação a seguir as normas e utilizar símbolos de identificação de material que permitam a reciclagem dos materiais; (xiii) incentivo aos catadores para que se formalizem e regularizem a contribuição previdenciária.

A seguir são apresentados alguns fatores limitantes da análise proposta.

Para o balanço material apresentado, dados de RSU 2010 não foram encontrados para seis municípios na RMPA (Capela de Santana, Eldorado do Sul, Ivoti, São Jerônimo, Triunfo e Viamão, que correspondem a 9% da população). Para 2013, não foram encontrados dados para quatro municípios (Canoas, Eldorado do Sul, Parobé e Triunfo, que correspondem a 11% da população).

São necessárias mais pesquisas de índice de participação da população na coleta seletiva e devido à falta destes dados, não foi possível avaliar a eficiência de separação de muitos municípios.

Para saber sobre a necessidade de expansão de capacidade ou de construção de novas unidades é necessário avaliar a capacidade de reciclagem por tipo de resina, o que não foi possível fazer neste trabalho.

A classificação das variáveis em apenas uma categoria foi feita para manter o modelo simples, por exemplo, a variável X_{SO3} (status da recicladora – associada à situação problema de encerramento das atividades de recicladoras de plástico) foi classificada como social, mas a classificação socioeconômica seria mais adequada; e a variável X_{T3} (percentual de contaminantes na matéria-prima – associada à situação problema na qual existe grande percentual de contaminantes na matéria-prima recebida pelas recicladoras) foi classificada como tecnológica, poderia também receber a classificação cultural.

Havia a intenção de usar uma variável do tipo de saúde pública, mas não foi possível correlacionar o trabalho com resíduos sólidos e a saúde das pessoas envolvidas nesta atividade. Os planos municipais de gestão integrada e a base de dados governamental de resíduos sólidos não têm dados sobre saúde ocupacional. Nas entrevistas semiestruturadas também não foi feita questão específica sobre este tópico.

5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

A seguir as sugestões apresentadas para trabalhos futuros:

- (i) Desenvolver estudo sobre a geração de finos na extrusão com corte na cabeça;
- (ii) Avaliação do sistema de separação de materiais recicláveis por MDS;
- (iii) Avaliação do custo-benefício no uso de compatibilizantes para resolver problemas de incompatibilidade de misturas ricas em PEAD com contaminação de PP
- (iv) Participação de alunos de graduação de engenharia na regularização das licenças ambientais dos galpões de triagem, depósitos de materiais recicláveis e de recicladoras. Eles podem atuar na implantação das ações mitigadoras solicitadas pelo órgão ambiental.
- (v) Auxiliar recicladoras a conduzir testes de mistura de PP filme em PEBD e verificar as propriedades da mistura ajudando a encontrar a mistura mais adequada ao produto requerido.
- (vi) Para ajudar os consumidores a identificar se a embalagem ou produto plástico pode ser reutilizado ou reciclado é proposto o desenvolvimento de um banco de dados com informações sobre cada produto plástico e sua forma de reuso e/ou reciclagem. Este trabalho deveria contar com o apoio da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) para que fosse possível que os fabricantes acrescentassem estas informações nos rótulos das embalagens ou produtos plásticos.
- (vii) Outra proposta é para o problema dos rótulos das embalagens e produtos que ainda não são recicláveis; propõe-se um programa de desenvolvimento de rótulos recicláveis para as embalagens e produtos plásticos.

Referências

- AMARAL, G.; KUMAGAI Junior, A.O.; FRAGA, S.C.L. *Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos* 1ª edição, São Paulo, 2011.
Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/Produção-e-Consumo-Sustentavel/11- Documentos>. Acesso em: fev. 2014.
- AMBROSE, C. A. et al. Diversion from landfill: quality products from valuable plastics. *Resources, Conservation and Recycling*, **36**, 309–318, 2002.
- ANTUNES, A. et al. *Prospectiva tecnológica da cadeia produtiva de embalagens plásticas para alimentos*, Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.
Disponível em:
http://investimentos.desenvolvimento.gov.br/portalmDIC/arquivos/dwnl_1196944561.pdf
Acesso em: 14 Ago. 2013.
- APRILEO, C. Reciclagem de plásticos e elastômeros. *Workshop*, 2013. Disponível em
http://www.linkedin.com/groups/reciclagem-3795349.S.5812249177941356545?view=&gid=3795349&type=member&item=5812249177941356545&trk=eML-anet_dig-b_nd-pst_ttle-cn. Acesso em: jan. 2014.
- ARENA, U.; MASTELLONE, M.L.; PERUGINI, F. Life Cycle Assessment of a Plastic Packaging Recycling System. *Plastic Packaging Recycling*, 8(2), p.92–98, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. *8º Censo da Reciclagem de PET – Brasil. O Ano 2011, 2012*. Disponível em:
<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3>.
Acesso em: nov. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. *9º Censo da Reciclagem de PET – Brasil. O Ano 2012, 2013*. Disponível em:
<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3>.
Acesso em: nov. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. *Reciclagem - Transformação*, 2014. Disponível em:
<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=70>. Acesso em: mai. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. *Acordo Setorial*, 2012.
Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/site/meio-ambiente/acordo-setorial>. Acesso em: dez. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. *Incentivos para o Desenvolvimento da Indústria de Reciclagem de Plástico*, 2013. Disponível em:
http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1377807038.pdf. Acesso em: dez. 2013.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010*, 2011. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm. Acesso em: 28 nov. 2014.
- BAKKER, E.J.; REM, P.C.; FRAUNHOLCZ, N. Upgrading mixed polyolefin waste with magnetic density separation. *Waste Management*, 29(5), p.1712–1717, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.11.006>. Acesso em: mar. 2013.
- BALDIN, N.; MUNHOZ, E.M.B. Snowball (Bola de Neve): uma técnica metodológica para pesquisa em educação ambiental comunitária. In: *X CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (EDUCERE) - I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE REPRESENTAÇÕES SOCIAIS, SUBJETIVIDADE E EDUCAÇÃO (SIRSSE)*. Curitiba: 7 a 10 de novembro, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, p. 329 – 341, 2011. Disponível em: http://educere.bruc.com.br/CD2011/pdf/4398_2342.pdf. Acesso em: 25 jan. 2016.
- BANAR, M.; COKAYGIL, Z.; OZKAN, A. Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. *Waste Management* 29, p.54-62, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2007.12.006>.
- BARRIERFILM. *PE/EVOH films*, 2014. Disponível em: http://www.barrierfilm.co.uk/EVOH_based_polyethylene.html. Acesso em: jul. 2014.
- BARROS, N.G. *Propriedades de material polimérico obtido da reciclagem de embalagens multicamadas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000908342&fd=y>. Acesso em: 17 out. 2014.
- BECKER, L. *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – Guaíba, 2012*.
- BERTIN, S.; ROBIN, J.-J. Study and characterization of virgin and recycled LDPE/PP blends. *European Polymer Journal*, 38(11), 2255–2264, 2002. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0014305702001118>. Acesso em: jul. 2013.
- BOHRER, J. *Plano Municipal de Saneamento Básico – Alvorada, 2013*.
- BORTOLI, M.A. *Tecnologias e sociabilidades: processos de organização de catadores de materiais recicláveis*. Tese (Doutorado em Serviço Social) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: mar. 2013.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. *Planilhas: conjunto das tabelas com as informações e os indicadores do manejo de resíduos sólidos urbanos de 2010, disponibilizadas em Excel*. Brasília, 2015a. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2010>. Acesso em: 13 jul. 2015.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. *Planilhas: conjunto das tabelas com as informações e os indicadores do manejo de resíduos sólidos urbanos de 2011, disponibilizadas em Excel*. Brasília, 2015b. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2011>. Acesso em: 13 jul. 2015.

- BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. *Planilhas: conjunto das tabelas com as informações e os indicadores do manejo de resíduos sólidos urbanos de 2013, disponibilizados em Excel*. Brasília, 2015c. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2013#>. Acesso em: 14 jul. 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)*, 2012. Disponível em <http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos>. Acesso em: out. 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Acordo setorial embalagens*, 2015. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/web/guest/embalagens-em-geral>. Acesso em: dez. 2015.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Anuário estatístico de energia elétrica 2013*, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909_1.pdf. Acesso em: abr. 2015.
- BRASIL. Secretaria da Receita Federal. *O que é o Simples Nacional?* 2014. Disponível em: <http://www8.receita.fazenda.gov.br/SimplesNacional/Documentos/Pagina.aspx?id=3>. Acesso em: abr. 2014.
- BRASIL. Obrigações dos contribuintes da previdência social. In: SISLEX: Instrução normativa RFB nº 971 de 13 de novembro de 2009, [2010]. Disponível em: <http://www3.dataprev.gov.br/sislex/paginas/38/MF-RFB/2009/971.htm>. Acesso em: 9 jul. 2014.
- BROGNOLI, R. *Desenvolvimento da qualidade na reciclagem de plásticos*, SENAI, 2006.
- CARASCHI, J.C.; LEÃO, A.L. Avaliação das propriedades mecânicas dos plásticos reciclados provenientes de resíduos sólidos urbanos. *Acta Scientiarum*, 24(6), 1599–1602, 2002. *Maringá*. Disponível em: <http://edueojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/2462>. Acesso em: 11 mar. 2013.
- CHARQUEADAS. Secretaria Municipal de Qualidade Ambiental (SMQA). *Plano Ambiental Municipal – Charqueadas*, 2008.
- CHAVES, I.R.; SOUZA, O.T. *A Gestão dos Resíduos Sólidos no Rio Grande do Sul: uma Estimacão dos Benefícios Econômicos, Sociais e Ambientais*, 2012. Disponível em: http://cdn.fee.tche.br/eeg/6/mesa8/A_Gestao_dos_Residuos_Solidos_no_RS-Uma_Estimacao_dos_Beneficios_Economicos_Sociais_e_Ambientais.pdf. Acesso em: nov. 2014.
- COLTRO, L.; DUARTE, L.C. Reciclagem de Embalagens Plásticas Flexíveis : Contribuição da Identificação Correta. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 23(1), 128–134, 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47025655013>. Acesso em: 21 fev. 2014.
- COLTRO, L. *Simbologia de reciclagem para laminados de BOPP. Relatório CETEA A219-1/08 – Final*. CETEA/ITAL, Campinas, 2009. Disponível em: <http://bagarai.com.br/wp-content/uploads/2010/07/Laudo-Cetea.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2014.

- COLTRO, L.; GASPARINO, B.F.; QUEIROZ, G. de C. Reciclagem de Materiais Plásticos : A Importância da Identificação Correta. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 18(2), 119–125, 2008.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. *A rotulagem Ambiental Aplicada às Embalagens*, 2008. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/artigos.php>. Acesso em: 19 dez. 2013.
- DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA (Porto Alegre, RS). *Contrato da coleta seletiva*, 2009. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_secao=150. Acesso em: dez. 2013.
- DORNELES, J. et al. *Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de Canoas, 2012a*. Disponível em: http://www.consorcioprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_canoas_02082012.pdf. Acesso em: 5 jun. 2014.
- DORNELES, J. et al. *Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de Campo Bom, 2012b*. Disponível em: http://www.consorcioprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_campo_bom_02082012.pdf. Acesso em: 5 jun. 2014.
- DORNELES, J. et al. *Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de Dois Irmãos, 2012c*. Disponível em: http://www.consorcioprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_dois_irmaos_02082012.pdf. Acesso em: 5 jun. 2014.
- DORNELES, J. et al. *Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de Novo Hamburgo, 2012d*. Disponível em: http://www.consorcioprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_novo_hamburgo_02082012.pdf. Acesso em: 5 jun. 2014.
- DORNELES, J. et al. *Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de São Leopoldo, 2012e*. Disponível em: http://www.consorcioprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_sao_leopoldo_02082012.pdf. Acesso em: 5 jun. 2014.
- EMPRESA FABRICANTE DE MÁQUINAS. *Foto de produtos*, 2013. Disponível em: http://www.veigamaquinas.com.br/produtos_detalhe.php?id=7. Acesso em: fev. 2016.
- EMPRESA RECICLADORA 2. *Fotos de produtos*, 2008. Disponível em: <http://www.unisold.com.br/meio.html>. Acesso em: out. 2013.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA, *Geração, Reciclável e Aterramento de Resíduos Municipais nos Estados Unidos*, 2014. <http://www.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/msw99.htm> Acesso em: 23 mar. 2015.
- ESPÍNDOLA, L.C. *Reciclagem de plásticos pós-consumo misturados não reaproveitados pelos centros de triagem de Porto Alegre*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

- FARIA, F.P.; PACHECO, E.B.A.V. A reciclagem de plástico a partir de conceitos de Produção Mais Limpa. *GEPROS. Gestão da Produção, operações e sistemas*, 6(3), 93–107, 2011.
- FLECK, E.; REICHERT, G.A. *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Vol1*, Porto Alegre, 2013a.
- FLECK, E.; REICHERT, G.A. *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Vol2*, Porto Alegre, 2013b.
- FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. *Dados PIB Municipal RS de 2010 a 2013*. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/indicadores/pib-rs/municipal/serie-historica/>. Acesso em: 18 fev. 2016.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. *Licenciamentos*, 2013. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/Areal/default.asp> Acesso em: abr. 2014.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. *Convênios com municípios*, 2015. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/central/licenc_munic.asp?sPosicao=conv#Conv. Acesso em: nov. 2015.
- GHESLA, P.L. *Sólidos Urbanos em Municípios a partir da Experiência das Cidades de São Leopoldo / Brasil e Zurique / Suíça*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2012.
- GIOVANNINI, F.; KRUGLIANSKAS, I. Fatores Críticos de Sucesso para a Criação de um Processo Inovador Sustentável de Reciclagem: um Estudo de Caso. *RAC - Curitiba*, 12(4), 931–951, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rac/v12n4/03.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2013.
- GODECKE, M.V.; CHAVES, I.R.; NAIME, R.H. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: O Caso de Canoas, RS. *Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 7(7), p.1430–1439, 2012. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/index>. Acesso em: nov. 2014.
- HARPER, C.A. *Handbook of Plastics, Elastomers and Composites* Third edition. McGraw-Hill, 1996.
- HERNANDES, A.R. *Uma Proposta de Sistema de Gestão Integrado para Unidades de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.
- HOPEWELL, J.; DVORAK, R.; KOSIOR, E. Plastics recycling : challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 364, p.2445–2126, 2009.
- HOUAISS, A.; VILLAR, M. S.; FRANCO, F. M. M. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*, 2001.
- HU, B. et al. Recycling-oriented characterization of polyolefin packaging waste. *Waste Management* 33(3), 574–584, 2013. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23273624>. Acesso em: mar. 2013.

- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Relatório de pesquisa: Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos*, Brasília, 2010. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/100514_relatsau.pdf. Acesso em: mar. 2015.
- INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS – PLASTIVIDA. *Reciclagem Química de Plástico*, 2009a. Disponível em: http://www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem_Quimica.aspx. Acesso em: set. 2013.
- INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS – PLASTIVIDA. *Reciclagem do Isopor*, 2009b. Disponível em: http://www.plastivida.org.br/2009/Isopor_Reciclagem.aspx. Acesso em: jan. 2015
- INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS – PLASTIVIDA. *Monitoramento dos Índices de Reciclagem Mecânica de Plástico no Brasil (IRmP)*, 2011. Disponível em: http://www.plastivida.org.br/2009/pdfs/IRmP/Apresentacao_IRMP2010.pdf. Acesso em: 08 set. 2015.
- INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS – PLASTIVIDA. *Monitoramento dos Índices de Reciclagem Mecânica de Plástico no Brasil (IRmP)*, 2012. Disponível em: http://www.plastivida.org.br/2009/pdfs/IRmP/Apresentacao_IRMP2011.pdf. Acesso em: 25 set. 2013.
- KAKIZAWA, M.W. *Madeira plástica. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade da Amazônia*, Belém do Pará, 2009.
- KAMALAKARAN, R.; NERKAR, M.; GUO, H. Intrusion Molding: Does It Affect Part Properties? *Plastics Technology*, December, 2011. Disponível em: <http://www.ptonline.com/articles/intrusion-molding-does-it-affect-part-properties>. Acesso em: fev. 2014.
- KAZEMI-NAJAFI, S. Use of recycled plastics in wood plastic composites - a review. *Waste Management*, 33(9), 1898–905, 2013. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23777666>. Acesso em: dez. 2013.
- KHOO, H.H.; TAN, R.B.H.; CHNG, K.W.L. Environmental impacts of conventional plastic and bio-based carrier bags Part 1 : Life cycle production. *International Journal of Life Cycle Assess*, 15, 284–293, 2010.
- KIBERT, C.J.; WALLER, D.L. Recycling post-consumer polymers into construction materials. *Construction & Building Materials*, 6(2), p.67–75, 1992.
- LISTEL. Guiamais.com. Porto Alegre, p.137, 2013/2014.
- LIXO. Classificação, 2000. Disponível em: <http://www.lixo.com.br/content/view/143/250/>. Acesso em: nov. 2013.
- M&G CHEMICALS. Proposta da Administração para a Assembleia Geral Ordinária / 2013. Disponível em: <http://www.mg-chemicals.com.br/pt/relacoes-com-investidores/informacoes-ao-mercado>. Acesso em: mai. 2015.

- MADI, N.K., 2013. Thermal and mechanical properties of injection molded recycled high density polyethylene blends with virgin isotactic polypropylene. *Materials and Design*, 46, p.435–441. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2012.10.004>. Acesso em maio de 2013.
- MANO, E.B. *Polímeros como materiais de engenharia*, São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1991.
- MANO, E.B.; MENDES, L.C. *Introdução a Polímeros* 2ª edição. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda., 1999.
- MANRICH, S. Estudos em reciclagem de resíduos plásticos urbanos para aplicações substitutivas de papel para escrita e impressão. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 10(3), p.170–178, 2000. Disponível em: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Estudos+em+Reciclagem+de+Resíduos+Plásticos+Urbanos+para+Aplicações+Substitutivas+de+Papel+para+Escrita+e+Impressão#0>. Acesso em: mar. 2013.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. *Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados* – 7ª edição – 4ª reimpressão – São Paulo: Atlas, 2011.
- MARTINS, C.H.B. *Trabalhadores na Reciclagem do Lixo: Dinâmicas Econômicas, Socioambientais e Políticas na Perspectiva de Empoderamento*. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- MARTINS, L.T.C. *Reciclagem de plástico*. p.1–47. SEBRAE, 2013.
- MATTER, A.; DIETSCHI, M.; ZURBRÜGG, C. Improving the informal recycling sector through segregation of waste in the household - The case of Dhaka Bangladesh. *Habitat International*, 38, p.150–156. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.06.001>>.
- MAXIQUIM. *Análise do Perfil da Indústria de Reciclagem Mecânica de Plásticos no Rio Grande do Sul*, 2011a. Disponível em http://www.simplas.com.br/upload/Relatorio_IRMP.pdf. Acesso em: 13 mar. 2013.
- MAXIQUIM. *Análise do Perfil da Indústria de Reciclagem Mecânica de Plásticos em Santa Catarina*, 2011b. Disponível em http://www.simplas.com.br/upload/Relatorio_IRMP.pdf. Acesso em: 25 set. 2013.
- MCDUGALL, F.R. et al. Recolección de Resíduos. In: _____. *Gestión Integral de Resíduos Sólidos: Um Inventário de Ciclo de Vida*. Segunda Edição, Caracas, Venezuela: Procter & Gambler, cap.9, 2004.
- MUDGAL, S. et al. *Plastic Waste in the Environment*, Paris, 2011. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/plastics.pdf>. Acesso em: dez. 2013.
- NNAJI, C. C. Status of municipal solid waste generation and disposal in Nigeria. *Management of environmental quality: an international journal*, 26, p.53–71, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/MEQ-08-2013-0092>.

- OLIVEIRA, F.G. *Processo de Trabalho e Produção de Vínculos Sociais: Eficiência e Solidariedade na Triagem de Materiais Recicláveis*. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção: Ergonomia e Organização do Trabalho) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- OLIVEIRA, F.G.; LIMA, F. de P.A. *Eficiência e Solidariedade nas Associações de Catadores de Materiais Recicláveis. Working Paper da WIEGO (Políticas Urbanas) N° 22*, 2012. Disponível em: http://wiego.org/sites/wiego.org/files/publications/files/Goulart_WIEGO_WP22_Portugues.pdf. Acesso em: dez. 2013.
- OLIVEIRA, M.C.B.R. *Gestão de Resíduos Plásticos pós-consumo: perspectivas para a reciclagem no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- OTHMANN, S.N. *et al.* Review on life cycle assessment of integrated solid waste management in some Asian countries. *Journal of Cleaner Production*, 41, p.251–262, 2013.
- PAN, L.; SHEN, X.; LIN, L. Microplastic Lens Array Fabricated by a Hot Intrusion Process. *Journal of Microelectromechanical Systems*, 13(6), p.1063–1071, 2004.
- PINHEIRO, L.R. *et al.* Sujeitos, Políticas e Educação Ambiental na Gestão de Resíduos Sólidos. *Educação & Realidade*, 39(2), p.535–556, 2014. Disponível em: http://www.ufrgs.br/edu_realidade. Acesso em: nov. 2014.
- PLASTVAL. *Especificação Técnica dos Fardos de PET*, 2007. Disponível em: http://www.plastval.pt/conteudos/File/Espec_Tecncias/ET%20PET.pdf. Acesso em: jan. 2015.
- PROECOLOGY. *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos de Charqueadas*, 2012.
- RECICLENET. *Preço de containers de PEAD*, 2010a. Disponível em: http://www.recycle.net/pm_lista.asp?c=011102&p=49&t=V. Acesso em: 28 abr. 2014.
- RECICLENET. *Preço de tubos rígidos de PVC*, 2010b. Disponível em: http://www.recycle.net/pm_lista.asp?c=011105&p=30&t=V. Acesso em: 28 abr. 2014.
- RECICLENET. *Preço de sacos de lixo*, 2010c. Disponível em: http://www.recycle.net/pm_lista.asp?c=011101&t=V&p=40. Acesso em: 28 abr. 2014.
- REICHERT, G.A. *Apoio à Tomada de Decisão por Meio da Avaliação do Ciclo de Vida em Sistemas de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos : O Caso de Porto Alegre*. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- REMÉDIO, M.V.P.; ZANIN, M.; TEIXEIRA, B. A. N. Caracterização do efluente de lavagem de filmes plásticos pós-consumo e determinação das propriedades reológicas do material reciclado. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 9(Out/Dez), p.177–183, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281999000400029&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: mar.2013.

- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Economia Solidária e Apoio à Micro e Pequena Empresa (SESAMPE), 2012. Notícia de 30-11-2012. Disponível em <http://www.sesampe.rs.gov.br>. Acesso em: 27 jun. 2014.
- RODA, D.T. Termoformagem. *Tudo sobre plásticos*, 24 de julho de 2014. Disponível em: <http://www.tudosobreplasticos.com/processo/termoformagem.asp>. Acesso em: jan.2016.
- ROLIM, A.M. *A Reciclagem de Resíduos Plásticos Pós-consumo em Oito Empresas do Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- ROLIM, S. A logística reversa da cadeia do plástico. In: CIDADEBEMTRATADA 3ª edição – SEMINÁRIO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS, Porto Alegre 15 e 16 de maio: Câmara Municipal de Porto Alegre, 2014. Disponível em: http://cidadebemtratada2014.files.wordpress.com/2014/05/cbt2014_16mai_10h30_silvia_rolim.pdf. Acesso em: out. 2014.
- ROMÃO, W.; SPINACÉ, M.A.S.; De PAOLI, M.-A. Poli(Tereftalato de Etileno), PET : Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem. *Polímeros: ciência e tecnologia*, 19(2), p.121–132, 2009.
- RUSSELL, A.; EKVALL, T.; BAUMANN, H. Life cycle assessment – introduction and overview. *Journal of Cleaner Production*, 13(13-14), p. 1207–1210, 2005. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652605001125>. Acesso em: 9 out. 2014.
- SANTOS, C.D.M. *Avaliação de uma Tecnologia Social de Reciclagem Mecânica de Plásticos Implantada na cidade de Dois Irmãos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE MATERIAL PLÁSTICO DO NORDESTE GAÚCHO (Simplás). *Lista de Recicladoras em operação no RS*, 2011. Disponível em: <http://www.simplas.com.br/www/uploads/downloads/Lista%20Empresas%20Recicladoras%20RS%20em%20operacao%202011.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2013.
- SOUZA, L. C. *Associações*, Vitória. SEBRAE, 2007.
- SPINACÉ, M.A.S.; DE PAOLI, M.A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Química Nova*, 28(1), 65–72, 2005.
- STRAPASSON, R. *Valorização do Polipropileno Através de sua Mistura e Reciclagem*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- SUCATA. *Preços de venda nas cooperativas de Porto Alegre*, 2014. Disponível em <http://www.sucata.com>. Acesso em: fev. 2014.
- TESSER, E.S. *O uso de diferentes tipos de embalagem na conservação de carnes bovinas*. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- TSELIOS, Ch. et al. In situ compatibilization of polypropylene – polyethylene blends: a thermomechanical and spectroscopic study. *Polymer*, 39(26), p.6807–6817, 1998.

- UNU-WIDER. *Solid Wastes, Poverty and the Environment in Developing Country Cities Challenges and Opportunities. Working Paper No. 2010 / 23*, Helsinki, 2010. ISBN 978-92-9230-258-0.
- VELOSO, Z.M.F. A Política Nacional de Resíduos Sólidos: estágio atual e perspectivas. In: SEMINÁRIO NACIONAL TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, Novo Hamburgo, 8 e 9 de abril de 2014. (Não publicado).
- VERDERESI, I.P. *Licenciamento Ambiental de um Centro de Triagem de Resíduos Sólidos Recicláveis no Município de Florianópolis (SC)*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- VILAPLANA, F.; KARLSSON, S. Quality Concepts for the Improved Use of Recycled Polymeric Materials : A Review. *Macromolecular Materials and Engineering*, 293, p.274–297, 2008.
- VONPAR. *Investimentos 2010 Instituto Vonpar - Rio Grande do Sul e Santa Catarina*, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://www.vonpar.com.br/corporativo/responsabilidade-social/instituto-vonpar>. Acesso em 27 mai. 2014.
- WEBER, L.O. *Principais Características do Compósito Madeira e Plástico para a Construção Civil*, Monografia (requisito para graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2010.
- WEI, T. *et al.* Chemical recycling of post-consumer polymer waste over fluidizing cracking catalysts for producing chemicals and hydrocarbon fuels. *Resources, Conservation & Recycling*, 54(11), p.952–961, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.02.002>. Acesso em: mar. 2013.
- WONG, C. *A Study of Plastic Recycling Supply Chain 2010*, Hull: The Chartered Institute of Logistics and Transport UK, 2010.
- WRAP – Waste & Resources Action Programme. *Environmental benefits of recycling – 2010 update report, London, 2010*. Disponível em: http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Environmental_benefits_of_recycling_2010_update.3b174d59.8816.pdf. Acesso em: nov. 2013.
- ZANETI, Izabel Cristina Bruno Bacellar. *Educação Ambiental, Resíduos Sólidos Urbanos e Sustentabilidade. Um Estudo de Caso sobre o Sistema de Gestão de Porto Alegre, RS*. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2003.
- ZUBEN, F. Von; NEVES, F.L., [1999?]. Reciclagem do Alumínio e Polietileno presentes nas Embalagens Cartonadas TETRA PAK, 1–14. Disponível em: http://www.esculturasurbanas.com.br/site/downloads/Reciclagem_do_aluminio_e_polietileno_de_embalagens_cartonadas.pdf. Acesso em: fev.2014.

Periódicos

- CHAMAS consomem depósito de reciclagem em Novo Hamburgo, RS. *Blogsoci (fonte foi o Diário de Canoas)*, 27 mai. 2013. Incêndio ocorreu no bairro Lomba Grande em Novo

- Hamburgo, em 25/5/2013. Disponível em: < <http://blogsci.com.br/2013/05/27/chamas-consomem-deposito-de-reciclagem-em-novo-hamburgo-rs/>>. Acesso em: jan. 2015.
- DESATIVADO lixão do Passo do Morrinho, em Viamão. *Correio do Povo*, Porto Alegre, 24 ago. 2015. Disponível em: <http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/Geral/2015/8/564925/Desativado-lixao-do-Passo-do-Morrinho,-em-Viamao>. Acesso em: nov. 2015.
- INCÊNDIO atinge empresa de reciclagem em Campo Bom. *Diário de Canoas*, 13 set. 2014. Disponível em: <http://www.diariodecanoas.com.br/ conteudo/2014/09/noticias/regiao/83229-incendio-atinge-empresa-de-reciclagem-em-campo-bom.html>. Acesso em: jan. 2015
- INCÊNDIO de grandes proporções atinge Vila Nazaré, em Porto Alegre. *Correio do Povo*, Porto Alegre, 6 jan. 2014. Disponível em: <<http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/?Noticia=515610>>. Acesso em: jan. 2015.
- INCÊNDIO atinge depósito com material reciclável na zona norte da Capital. *ZH Notícias*, Porto Alegre, 23 jun. 2011. Disponível em: < <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2011/06/incendio-atinge-deposito-com-material-reciclavel-na-zona-norte-da-capital-3363508.html>>. Acesso em: jan. 2015.
- INCÊNDIO destrói usina de reciclagem em São Leopoldo no vale do Sinos. *ZH Notícias*, Porto Alegre, 21 mai. 2011. *Informa sobre incêndio na usina de reciclagem B. Saibro em São Leopoldo*. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2011/05/incendio-destroi-usina-de-reciclagem-em-sao-leopoldo-no-vale-do-sinos-3319630.html>. Acesso em: jan. 2015.
- MARINHO, D. Grupo de Reciclagem ATUROI é surpreendido com incêndio em galpão. *Informativo TecnoSociais, São Leopoldo, Mai. 2011*. Disponível em: <<https://xa.yimg.com/kq/groups/.../Informativo+maio+n+15+pdf.pdf>?> Acesso em: 1 mar. 2016.
- NOVO aterro sanitário de Viamão deverá receber lixo também de outros municípios. *ZH Notícias*, Porto Alegre, 24 ago. 2015. Disponível em: < <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2015/08/novo-aterro-sanitario-de-viamao-devera-receber-lixo-tambem-de-outros-municipios-4831876.html>>. Acesso em: nov. 2015.
- ROSA, L. Incêndio destrói galpões de reciclagem na vila Nazaré em Porto Alegre. *ZH Notícias*, Porto Alegre, 6 jan. 2014. Disponível em: < <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2014/01/incendio-destroi-galpoes-de-reciclagem-na-vila-nazare-em-porto-alegre-4382632.html>>. Acesso em: jan. 2015.
- TRABALHO coletivo e opção de futuro. O depoimento de um catador. *IHU On-line – Revista do Instituto Humanitas Unisinos – São Leopoldo, 30 abr. 2012. Depoimento do catador menciona incêndio ocorrido na ATUROI em São Leopoldo em fevereiro de 2011*. Disponível em: http://www.ihuonline.unisinos.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4391&secao=390. Acesso em: jan. 2015.
- ZERO HORA, 2013. *Informa sobre a conclusão de curso de produção de bloco de concreto de ex-catadores 14/12/2013 7/1/2014*, Porto Alegre.

Apêndice A

Roteiro semiestruturado para entrevista: unidades de triagem

Dados da cooperativa/associação:

1. Nome da associação/cooperativa:
2. Endereço:
3. Telefone:
4. Entrevistado:
5. Cargo/função:
6. Número de cooperativados/associados:
7. Ano do início das atividades:

Dados de Produção:

8. Origem da matéria-prima:
 coleta seletiva
 catadores
 outro, qual? _____.
9. Como é o processo realizado pela cooperativa para a separação dos plásticos? Quais as etapas realizadas e os equipamentos utilizados?
10. Como separa o plástico?
 PET Classificamos em .
 PEAD
 PVC
 PEBD/PEBDL
 PP
 PS
 mistura
 outro, qual? _____

11. Qual a quantidade mensal de plástico pós-consumido doméstico total e por tipo?
12. Formato do produto plástico reciclado:
 - () fardos prensados. Qual a massa de cada fardo em kg?
 - () moído
 - () aglutinado
 - () outra forma, qual? _____.
13. Quais os rejeitos gerados pela cooperativa e quais os seus destinos? Qual a quantidade de rejeito gerado?

Aspectos Qualitativos

14. De um modo geral como avalia a qualidade da matéria-prima?
15. Contaminantes? Quais? (umidade, mistura de outros plásticos, embalagens multicamadas, metais, restos de produto, rótulos, tinta impressa na embalagem)
16. Quais os tipos de problemas encontrados no processo de separação?

Aspectos Mercadológicos

17. Como é a exigência dos clientes com relação à qualidade do produto?
18. Evolução do mercado de cada produto nos últimos meses ou anos.
19. Quais produtos de plástico não tem mercado?
20. Quem são os clientes /compradores de plástico?
21. Qual a frequência das vendas de plástico?
22. O que poderia ser melhorado neste processo de reciclagem?

Apêndice B

Roteiro semiestruturado para entrevista: comerciantes de sucata

Dados da empresa:

1. Razão social:
2. Endereço:
3. Telefone:
4. Entrevistado:
5. Cargo/função:
6. Número de funcionários:
7. Ano do início das atividades:

Dados de Fornecedores:

8. Origem da matéria-prima:
 - () coleta seletiva
 - () catadores
 - () resíduos industriais
 - () outros. Quais? _____.
9. Matéria-prima comprada: quais resinas?
 - () PET
 - () PEAD
 - () PVC
 - () PEBD/PEBDL
 - () PP
 - () PS
 - () mistura
 - () outro, qual? _____

10. Qual a quantidade mensal comprada de plástico pós-consumo por tipo de resina?

11. Formato da matéria-prima comprada:

() fardos prensados. Qual a massa de cada fardo?

() moído

() aglutinado

() outra forma, qual? _____.

12. Quem são os principais fornecedores de sucata plástica?

Dados de Clientes

13. Quem são os compradores do plástico pós-consumo?

14. Qual a quantidade de plástico vendida em 2012? E a quantidade mensal vendida no mês passado?

15. Evolução do mercado de cada produto nos últimos meses ou anos.

16. Como é a exigência dos clientes com relação à qualidade e normatização do produto? (por tipo de produto)

17. Quais produtos são fabricados com o plástico reciclado?

Outros Aspectos

18. Negociantes concorrentes:

19. O que pode ser melhorado?

20. Questão dos impostos:

21. Questões políticas:

22. Questões de leis:

23. Quais os rejeitos gerados pela empresa e quais os seus destinos? Qual a quantidade de rejeito gerado?

Apêndice C

Roteiro semiestruturado para entrevista: recicladoras de plástico

Dados da empresa:

1. Razão social:
2. Endereço:
3. Telefone:
4. Entrevistado:
5. Cargo/função:
6. Número de funcionários:
7. Ano do início das atividades:

Dados de Produção:

8. Origem da matéria-prima:
 - () coleta seletiva
 - () catadores
 - () resíduos industriais
 - () outros. Quais? _____.
9. Matéria-prima comprada: quais resinas?
 - () PET
 - () PEAD
 - () PVC
 - () PEBD/PEBDL
 - () PP
 - () PS
 - () mistura
 - () outro, qual? _____

10. Desde quando a empresa utiliza plástico reciclado?
11. Qual a quantidade mensal comprada de plástico pós-consumo e industrial utilizada como matéria-prima por tipo de resina?
12. Formato do plástico reciclado:
- () aglutinado.
 - () moído/flakes.
 - () grãos/pellets.
 - () outra forma, qual? _____.
13. Quem são os principais fornecedores de sucata plástica?
14. Qual a quantidade mensal de plástico pós-consumo e industrial utilizada como matéria-prima por formato?
15. Qual a capacidade de produção?
16. Quais produtos são fabricados com o plástico reciclado? Qual a proporção de plástico reciclado utilizado (por tipo de produto)? A qualidade do produto reciclado é inferior / semelhante / superior ao do produto produzido a partir do polímero virgem?
- | Produto | % matéria-prima reciclada | qualidade |
|---------|---------------------------|-----------|
| | | |
| | | |
17. Qual foi a produção de produtos que utilizaram plástico reciclado em 2012?
- | Produto | Produção |
|---------|----------|
| | |
| | |
| Total | |

Aspectos Tecnológicos

18. Como é o processo realizado pela empresa? Quais as etapas realizadas e os equipamentos utilizados?
19. Quais os rejeitos gerados pela empresa e quais os seus destinos?
20. Qual o consumo de água? Qual o custo do tratamento da água de lavagem?
21. Qual a quantidade de energia gasta para produzir 1 kg de produto?
22. De um modo geral, como avalia a qualidade da matéria-prima?
23. Problemas de parada de produção? (tipo, frequência, duração das paradas).
24. Qual a porcentagem destas paradas atribuí à qualidade da matéria-prima?
25. Contaminantes? Quais? (umidade, mistura de outros plásticos, plásticos co-extrudados, inorgânicos, rótulos, tinta impressa na embalagem, cola, restos de produto na embalagem).

26. Usa extrusora em cascata? Extrusoras com degasagem? Problemas com compostos voláteis?
27. Problemas com degradação? (Tipos: descrição, frequência, tem relação direta com a matéria-prima utilizada?).
28. Formação de bolhas nos produtos extrudados? Conseguiu encontrar a causa?
29. Faz análise de controle de qualidade da matéria-prima?
30. Faz análise do índice de fluidez no produto?
31. Faz análise da densidade?
32. Como é o controle de temperatura na extrusora? Controle de temperatura tipo on-off ou PID? Acionamento das resistências por chave contatora ou relés de estado sólido? Têm sensores de temperatura nas zonas de alimentação, compressão (cilindro) e na matriz? Estes elementos são causa de parada de produção ou perda da qualidade do produto?
33. Problemas com finos/pó?
34. Faz adequação da tela na extrusora em função do plástico reciclado? Troca de tela é automática?
35. Faz reciclagem de plásticos coloridos? Quais os tipos de problemas encontrados?
36. Faz uso de aditivos e/ou cargas no plástico reciclado?
37. Recicla misturas de PEAD e PP? Em que proporção? Problemas com incompatibilidade dos plásticos?

Aspectos Mercadológicos

38. Quem são os compradores dos produtos?
39. Como é a exigência dos clientes com relação à qualidade e normatização do produto? (por tipo de produto)
40. Evolução do mercado de cada produto nos últimos meses ou anos.
41. Há a intensão de expandir o portfolio de produtos obtidos a partir de plástico reciclado?
42. Perspectivas de crescimento em função da política nacional de resíduos sólidos?
43. O que você acha que pode melhorar na reciclagem do plástico?

Apêndice D

Roteiro de observação não participante

Cooperativa/associação:

1. Práticas no trabalho de triagem.
2. Materiais triados.
3. Materiais que não são aproveitados.
4. Problemas na triagem.
5. Local de armazenamento dos materiais triados.

Comerciante de sucata:

1. Local de trabalho.
2. Problemas no transporte dos materiais recicláveis.

Recicladora / Transformadora

1. Local de trabalho.
2. Problemas nos materiais recebidos.
3. Problemas e boas práticas no processo produtivo.

Apêndice E

Cidades da RMPA – dados de 2010

Município da RMPA	RSU, t/a	RSD, t/a	Número de catadores ¹	Coleta Seletiva ² , t/a	X _{E1} , t/a	X _{E2} , t/a	Plásticos recuperados, t/a	Trabalho social da prefeitura
Alvorada	42.255	38.361	45	1.565	1.252	-	-	Sim
Araricá	763,6	739,6	9	-	72	-	25	Não
Arroio dos Ratos	1.502	1.502	-	0	-	-	-	Não
Cachoeirinha	21.350	21.350	10	564	451	-	154	Não
Campo Bom	8.326	8.326	40	137	1.647	-	432	Sim
Canoas	87.640	80.284	200	9.309	8.451	-	2.396	Sim
Capela de Santana	ND							
Charqueadas	6.746	5.328	11	2.251	2.251	-	1.021	Sim
Dois Irmãos	5.133	4.378	30	1.138	1.138	-	272	Sim
Eldorado do Sul	ND							
Estância Velha	5.947	7.545	50	1.924	779	-	190	Não
Esteio	15.847	15.500	100	557	557	-	91	-
Glorinha	1.346	1.346	-	-	-	263	-	Não
Gravataí	68.875	56.422	50	2.151	1.506	-	256	Não
Guaíba	16.800	16.800	20	-	536	-	-	-
Igrejinha ⁽⁴⁾	8.138	8.700	30	2.688	480	-	325	Não
Ivoti	ND							
Montenegro	5.582	5.582	17	1.047	997	-	278	Sim
Nova Hartz	2.504	2.504	22	411	411	-	127	Sim
Nova Santa Rita	6.260	6.400	11	-	1.377	-	188	Sim
Novo Hamburgo	56.340	54.719	200	-	4.695	-	825	Sim
Parobé	11.894	10.280	30	2000	-	-	-	Não
Porto Alegre	524.901	329370	2061	24.280	19.093	54.086	6.890	Sim
Portão	3.859	4560	50	-	775	-	112	Sim
Rolante	3.130	3360	11	-	202	-	29	Não
Santo Antônio da Patrulha	6.886	6.037	100	634	626	-	90	Não
Sapiranga	14.711	14.711	150	4.007	2.265	-	456	-

Município da RMPA	RSU, t/a	RSD, t/a	Número de catadores ¹	Coleta Seletiva ² , t/a	X _{E1} , t/a	X _{E2} , t/a	Plásticos recuperados, t/a	Trabalho social da prefeitura
Sapucaia do Sul	37.560	37.560	50	-	-	-	-	-
São Jerônimo	ND							
São Leopoldo	53.210	47.602	200	9.352	3.130	-	1.017	Sim
São Sebastião do Cai ⁽⁵⁾	9.328	9.150	6	148	100	-	18	Não
Taquara	6.335	6.335	15	-	-	-	-	-
Triunfo	ND							
Viamão	ND							
Total	1.015.703	786.761	3580	61.701	52.212	59.588		

Notas:

1. Estimativa que inclui catadores dispersos, associados que trabalham na triagem dos materiais recicláveis e funcionários de empresas que triam coleta bruta..
2. Coleta seletiva indica os materiais recicláveis coletados (= materiais recicláveis comercializados + rejeito da coleta), mas não quando a triagem é feita da coleta bruta este valor foi zerado.
3. ND = dados não disponíveis.
4. Passou a integrar a RMPA em 22 de dezembro de 2011.
5. Passou a integrar a RMPA em 13 de junho de 2012.

Apêndice F

Roteiro de cálculo das variáveis

Variável X_{A1} :

X_{A1} representa a quantidade de materiais recicláveis enviadas para aterro.

$$(X_{A1}) = \left(\begin{array}{c} \text{Material reciclável} \\ \text{no RSD ou RSU} \end{array} \right) - (X_{E1}) \quad (01)$$

Variável X_{A2} :

X_{A2} representa a quantidade mássica de plástico reciclável enviado para aterro.

$$(X_{A2}) = \left(\begin{array}{c} \text{Material reciclável} \\ \text{no RSD ou RSU} \end{array} \right) * \left(\begin{array}{c} \% \text{ plástico no} \\ \text{RSD ou RSU} \end{array} \right) - (X_{E1}) * \left(\begin{array}{c} \% \text{ plástico no} \\ \text{resíduo} \\ \text{comercializado} \end{array} \right) \quad (02)$$

Variável X_{A3} :

X_{A3} representa a quantidade mássica de rejeito nas unidades de triagem que recebem a coleta seletiva.

% de rejeito = $X_{A3} / (\text{Quantidade de coleta seletiva recebida pelo galpão})$

% de rejeito = $X_{A3} / (X_{E1} + X_{A3})$

$$(X_{A3}) = (\% \text{Rejeito}) * (X_{E1}) / (1 - \% \text{Rejeito}) \quad (03)$$

Neste trabalho foram utilizadas medições de rejeito quando disponíveis e para os casos de falta de dados foram feitas estimativas do rejeito. Este cálculo não é válido para galpões que triam a coleta bruta. Assim, devem ser descontados de X_{E1} os resíduos comercializados obtidos a partir da coleta bruta.

Variável X_{A4} :

X_{A4} representa a quantidade de PET no rejeito da triagem.

Variável X_{A5} :

X_{A5} representa a quantidade de PP filme no rejeito da triagem.

Variável X_{A6} :

X_{A6} representa a quantidade de PS (poliestireno) no rejeito da triagem.

Variável X_{A7} :

X_{A7} representa a quantidade de EPS no rejeito da triagem.

Variável X_{A8} :

X_{A8} representa a quantidade de embalagens multicamada no rejeito da triagem.

Variável X_{A9} :

X_{A9} representa a existência da licença ambiental:

Assume valor zero (0) se a unidade de triagem, o depósito ou recicladora está sem licença ambiental;

Assume o valor um (1) se a unidade de triagem, o depósito ou recicladora possui a licença ambiental.

Variável X_{A10} :

X_{A10} representa a identificação do tipo de resina na embalagem:

Assume o valor zero (0) se a embalagem está sem identificação;

Assume o valor um (1) se a identificação está correta;

Assume o valor dois (2) se a identificação da resina foi incorreta.

Variável X_{C1} :

X_{C1} representa o índice de participação, ou seja, a população que faz a separação dos resíduos recicláveis no domicílio e participa na coleta seletiva dividido pela população total.

$$(X_{C1}) = \frac{(X_{E1} + X_{E2})}{(X_{E1} + X_{E2} + X_{A1}) * X_{C2}} \quad (04)$$

Variável X_{C2} :

X_{C2} representa a eficiência da coleta seletiva, ou seja, X_{C2} representa a população que separa o lixo reciclável corretamente dividido pela população que faz a separação dos resíduos recicláveis no domicílio e participa da coleta seletiva.

$$(X_{C2}) = \frac{(X_{E1} + X_{E2})}{(X_{E1} + X_{E2} + X_{A1}) * X_{C1}} \quad (05)$$

Consideração que associa o rejeito com a eficiência da coleta seletiva:

$$X_{C2} = 1 - \% \text{ de rejeito} = 1 - X_{A3}/(X_{A1} + X_{A3})$$

Variável X_{E1} :

X_{E1} representa a quantidade de material reciclável comercializada pelas associações ou cooperativas conveniadas.

X_{E1} = Quantidade de materiais da coleta seletiva - X_{A3} + materiais recicláveis obtidos a partir da coleta bruta

Variável X_{E2} :

X_{E2} representa a quantidade de material reciclável vendido pelos catadores não conveniados.

X_{E2} = Quantidade coletada pelos catadores não conveniados - X_{A3}

Variável X_{E3} :

X_{E3} representa o custo específico do envio de materiais recicláveis para aterro.

X_{E3} (R\$/t) = A (R\$/a) / {[RSU (t/d) - X_{E1} (t/d)] * 313}

A representa o custo da coleta, transporte e aterramento dos resíduos enviados para aterro. Este custo é obtido nas prefeituras municipais ou na base de dados do SNIS.

Variável X_{E4} :

X_{E4} representa o custo específico da coleta seletiva.

X_{E4} = B (R\$/a) / ((X_{E1} + X_{A3} - UTC) * 313)

B representa o custo da coleta seletiva. No caso de Porto Alegre este custo foi obtido a partir dos dados disponíveis no PMGIRS e pela verificação do contrato no site da prefeitura municipal.

Para as demais cidades da RMPA com coleta porta a porta feita por empresas contratadas pelas prefeituras foi utilizado para o custo específico da coleta seletiva, o custo estimado pelo IPEA (2010) de R\$ 216,00 por tonelada de resíduo coletado. Para cidades com coleta seletiva feita por associações de catadores foi usado custo da cidade de Canoas informado por GODECKE *et al.* (2012) de R\$ 70,00/t.

Variável X_{E5} :

X_{E5} representa a geração de caixa específica da triagem, obtida a partir dos materiais oriundos da coleta seletiva e da coleta não conveniada.

X_{E5} = R_t (R\$/a) / (X_{E1} + X_{E2}) - custo fixo - custo variável

R_t = Σ (preço * composição do resíduo comercializado * X_{E1}) + Σ (preço * composição do resíduo comercializado * X_{E2}).

Variável X_{E6} :

X_{E6} representa a geração de caixa dos negociantes de sucata com compra e venda de plásticos.

$$X_{E6} = (R_{ns} - X_{E5} * (X_{E1} + X_{E2})) / (X_{E1} + X_{E2}) - \text{custos fixos} - \text{impostos}$$

$R_{ns} = \Sigma (\text{preço} * \text{composição do resíduo comercializado} * X_{E1}) + \Sigma (\text{preço} * \text{composição do resíduo comercializado} * X_{E2})$.

Para a geração de caixa dos comerciantes de sucata foram desconsiderados os custos variáveis.

Variável X_{E7} :

X_{E7} representa a geração de caixa da recicladora. É a receita obtida pela recicladora menos o custo variável (matéria-prima e energia) menos o custo fixo e menos os impostos.

Variável X_{E8} :

X_{E8} representa a geração de caixa da transformadora. É a receita obtida pela transformadora menos o custo variável (matéria-prima e energia) menos o custo fixo e menos os impostos.

Variável X_{E9} :

X_{E9} representa os impostos pagos pelos diversos elos da cadeia de reciclagem.

Foi considerado que 40% dos comerciantes de sucata são tributados por lucro presumido e 60% pelo Simples Nacional (pagam 4% de imposto sobre a receita).

Foi considerado que as recicladoras e as transformadoras são tributadas pelo lucro presumido.

Incide IPI sobre os produtos da recicladora (5%) e da transformadora (0 a 15%).