

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

**Avaliação de uma Tecnologia Social de
Reciclagem Mecânica de Plásticos
Implantada na cidade de Dois Irmãos**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Cassandra Dalle Mulle Santos

Porto Alegre

2013

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

**Avaliação de uma Tecnologia Social de
Reciclagem Mecânica de Plásticos
Implantada na cidade de Dois Irmãos**

Cassandra Dalle Mulle Santos

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

Área de concentração: Materiais da Indústria
Química - Polímeros

Orientador:
Prof. Dr. Nilo Sérgio Medeiros Cardozo

Co-orientador:
Prof. Dr. Assis Francisco de Castilhos

Porto Alegre

2013

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 Avaliação de uma Tecnologia Social de Reciclagem Mecânica de Plásticos implantada na cidade de Dois Irmãos, elaborada por Cassandra Dalle Mulle Santos, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. André Loureiro Chaves.

Prof^ª. Dr^ª. Andréa Moura Bernardes

Prof^ª. Dr^ª. Líliliana Amaral Feris

Agradecimentos

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Departamento de Engenharia Química, pelo suporte e estrutura disponibilizados para a realização deste trabalho.

À Capes pela disponibilização da bolsa e suporte financeiro.

Aos meus orientadores, Nilo e Assis, pela incentivo, compreensão, críticas e pela disponibilidade de construir o conhecimento aqui retratado.

À Cooperativa de Dois Irmãos por abrir suas portas para que essa pesquisa fosse realizada, sempre com grande compreensão e por permitir que eu dividisse essa experiência.

Aos meus amigos João Bermudez, Richard Menna, Gustavo Reolon, Douglas Rossini, Adriano Silva e Alessandro Soares, pelas várias discussões acerca dos aspectos técnicos e o precioso auxílio na construção desse trabalho. Aos meus amigos Lucas Brose, Martin Zamora e Luam Tubino, pelas incansáveis discussões acerca do tema de economia solidária, me fazendo compreender vários dos aspectos envolvidos nessas realidades.

À Sociedade brasileira, por mais uma vez me oportunizar uma educação pública, gratuita e de qualidade.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo principal analisar, por meio de um estudo de caso específico, alguns dos diferentes fatores envolvidos no desenvolvimento e aplicação de Tecnologias Sociais (TS). O estudo de caso escolhido foi a Tecnologia Social de Reciclagem Mecânica de Plásticos implantada na cidade de Dois Irmãos. Esta TS faz o beneficiamento do polipropileno (PP) e polietileno (PE), tanto para a conformação de plásticos rígido como de plásticos flexíveis. Foram exploradas quatro dimensões envolvendo essa TS: Tecnológica, Econômica, Ambiental e Social. Na dimensão Tecnológica realizou-se a caracterização da TS em vários dos seus aspectos tecnológicos, para a obtenção de um melhor entendimento do processo estudado e posterior proposição de melhorias e definição de alguns índices de eficácia e eficiência. Na dimensão Econômica foram procurados compreender o modelo de gestão existente, as relações cooperativa-mercado e os ganhos econômicos advindos com a transferência da TS. Na dimensão Social foram exploradas quais relações sociais influenciam no processo de organização do trabalho e na interação com a tecnologia. E por último na dimensão Ambiental, foi explorado o benefício ambiental que a cooperativa propicia através da reciclagem do material.

Para a análise da tecnologia foram coletados dados dentro da cooperativa durante o ano de 2012. Os dados coletados para a caracterização e definição dos índices de eficácia e eficiência foram realizados através da pesagem dos materiais e coleta de amostras, posteriormente analisados, e a medida do tempo do processo de produção. Os demais dados foram obtidos através de observações de campo realizadas dentro da cooperativa e através de entrevistas realizadas com os cooperados. Como principais resultados pode-se citar que a maior parte das perdas ou acúmulo de material encontra-se no secador e no tanque do processo. As perdas foram estimadas em torno de 7% a 30%, variando de acordo com o material processado. O consumo de energia foi de 0,7 kWh/ kg de material produzido. A produtividade média ficou entre 190 a 350 kg/h para os plásticos rígidos e 103 a 118 kg/h para os plásticos flexíveis. A quantidade de água utilizada no processo por quantidade de material processado é em torno de 1,5 a 2 para os rígidos, em torno de 7 para os plásticos flexíveis transparentes e em torno de 17 para os plásticos flexíveis coloridos. O layout apresentado não é o ideal, devido ao cruzamento das etapas de produção durante o processo. O modelo de gestão da cooperativa é autogestão, sendo realizadas assembleias frequentes e com participação da maioria dos cooperados nas

decisões estratégicas do empreendimento. A cooperativa possui certa autonomia com o mercado, sendo constatado que há a possibilidade de negociação do preço de venda do produto, principalmente devido à qualidade do mesmo. Fatores sociais influenciam na organização do trabalho, principalmente as questões de escolaridade e rotatividade no empreendimento. Constatou-se também que existe um ganho ambiental com a transferência dessa tecnologia, não só para a cidade, mas para a região, já que não há a disposição dos materiais potencialmente recicláveis em aterros.

Os resultados indicam que obteve-se uma melhor compreensão da Tecnologia Social estudada, que existe a necessidade de melhorias no processo, que a análises devem ser realizadas levando em consideração os diferentes aspectos envolvidos e que a busca por soluções deve contemplar não somente os aspectos técnicos e econômicos, mas também os sociais promovendo interação com os agentes envolvidos.

Abstract

This work has as main objective to analyze, through a specific case study, some of the different factors involved in the development and application of social technologies (TS). The case study was chosen to Social Technology Mechanical Plastics Recycling located in the town of Two Brothers. This TS makes the processing of polypropylene (PP) and polyethylene (PE) for both the conformation of rigid and flexible. We explored four dimensions involving the TS: Technological, Economic, Environmental and Social. In technological dimension was carried out to characterize the TS in its various technological aspects, to obtain a better understanding of the studied process and subsequent improvements and proposals for defining some indices of effectiveness and efficiency. In economic dimension were sought to understand the existing management model, cooperative relations and market-economic gains arising from the transfer of TS. Social dimension in which social relationships were explored influence the process of organization of work and interaction with technology. And lastly the environmental dimension was explored environmental benefit that provides cooperative by recycling the material.

For the analysis of technology, data were collected within the cooperative during the year 2012. Data collected for characterization and definition of effectiveness and efficiency indices were performed by weighing the materials and collecting samples subsequently analyzed, and time measurement of the production process. Other data were obtained from field observations within the cooperative and through interviews with members. The main results may be mentioned that most of the loss or accumulation of material is in the dryer and in the process tank. Losses have been estimated at about 7% to 30%, varying with the material processed. The energy consumption was 0.7 kWh / kg of material produced. The yield was between 190 to 350 kg / h for the rigid plastics and 103 to 118 kg / h for flexible plastics. The amount of water used in the process by amounts of processed material is about 1.5 to 2 for the rigid, about 7 to flexible transparent plastics and about 17 for flexible plastic colored. The layout shown is not ideal due to the intersection of steps during the production process. The management model is the cooperative self-management, being held frequent meetings and participation of the majority of cooperative members in the strategic decisions of the enterprise. The cooperative has some autonomy with the market, and found that there is the possibility of negotiating the sale price of the product, mainly due to quality. Social factors influence the organization of work, especially the issues of education and turnover in cooperative.

It was also found that there is an environmental gain by transferring this technology not only to the city but for the region, as there is no provision to potentially recyclable materials in landfills.

The results obtained indicate that a better understanding of Social Technology studied, there is a need for improvements in the process, the analysis must be carried out taking into consideration the different aspects involved and that the search for solutions should address not only the technical aspects and economic, but also social promoting interaction with stakeholders.

Sumário

Sumário	i
Introdução	1
Conceitos Fundamentais e Revisão Bibliográfica	4
2.1 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos e Resíduos plásticos pós-consumo	4
2.1.1 Definição e Classificação dos Resíduos Sólidos	4
2.1.2 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.....	7
2.1.3 A cadeia de reciclagem dos RSU e os diferentes atores envolvidos	10
2.1.4 Panorama dos Resíduos Plásticos pós-consumo no Brasil.....	11
2.2 Economia Solidária.....	15
2.3 Tecnologia Social.....	18
2.4 Reciclagem Mecânica de Plásticos.....	20
2.4.1 A Reciclagem Mecânica de Plásticos como Tecnologia Social	22
2.5 Estudos sobre a reciclagem de plásticos pós-consumo.....	23
Materiais e Métodos	26
3.1 Acompanhamento do Processo.....	26
3.2 Metodologia para a identificação dos indicadores e detalhamento dos procedimentos realizados.....	28
3.2.1 Dimensão Tecnológica	28
3.2.2 Dimensão Econômica	36
3.2.3 Dimensão Social	38
3.2.4 Dimensão Ambiental	39
Resultados e Discussão	40
4.1 Descrição do processo da Tecnologia Social estudada	40
4.1.1 Triagem.....	42
4.1.2 Moagem	47
4.1.3 Tanque de Lavagem	48
4.1.4 Batedor e Roda Transportadora.....	49
4.1.5 Peneira	50
4.1.6 Secagem.....	50
4.1.7 Segundo moinho de facas	51
4.1.8 Gaiola	52
4.1.9 Aglutinador.....	52
4.1.10 Ensaque e Comercialização	53

4.1.11 Tratamento de Efluentes	53
4.2 Caracterização da TS em seus aspectos tecnológicos	54
4.2.1 Identificação das perdas do processo	55
4.2.2 Adequação da sequência de equipamentos/processo utilizado	60
4.2.3 Adequação da tecnologia no espaço disponível.....	67
4.2.4 Identificação de problemas técnicos e de manutenção encontrados.....	72
4.2.5 Preocupação com a manutenção dos equipamentos e espaço físico.....	74
4.2.6 Gastos com manutenção e investimento	75
4.3 Definição de alguns índices de eficácia e eficiência do processo	77
4.3.1 Produtividade	77
4.3.2 Eficácia da TS	79
4.3.3 Eficiência física.....	81
4.3.4 Eficiência econômica	83
4.3.5 Eficiência do uso de água.....	83
4.4 Análise das relações cooperativa-mercado.....	84
4.5 Compreender o modelo de gestão realizado dentro da cooperativa a partir da visão da Economia Solidária.....	87
4.6 Análise dos ganhos econômicos advindos da transferência da TS estudada.....	89
4.7 Análise do perfil dos trabalhadores que atuam dentro da cooperativa.....	93
4.8 Análise dos parâmetros sociais e de comportamento estudados relacionados com o processo de organização do trabalho e na interação com a tecnologia.....	96
4.9 Quantificação do benefício ambiental que a cooperativa propicia através da reciclagem do material.....	98
4.9.1 Análise do RSU gerados e quantidade reciclada pela cooperativa	98
4.9.2 Economia da prefeitura com a não disposição.....	99
Considerações Finais.....	100
Referências Bibliográficas.....	104
Apêndice A	108
Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas.....	v
Nomenclatura.....	vi

Lista de Figuras

Figura 2.1:	Comparação entre a geração e coleta do RSU no Brasil em 2010/2011	8
Figura 2.2:	Percentual de moradores em domicílios particulares com acesso à coleta de lixo	8
Figura 2.3:	Destinação Final de RSU no Estado do Rio Grande do Sul (t/dia) em 2011	9
Figura 2.4:	Representação esquemática da cadeia de Reciclagem dos RSU	11
Figura 2.5:	Composição gravimétrica média da Coleta Seletiva e perfil dos plásticos encontrados no RSU	12
Figura 2.6:	Evolução do Consumo de Plásticos Reciclados no Brasil por tipo de resina	14
Figura 2.7:	Evolução da Reciclagem Mecânica de plásticos no Brasil.....	14
Figura 2.8:	Fluxograma da agregação de valor na cadeia de fornecimento de plástico no Rio Grande do Sul.	15
Figura 2.9:	Índice de reciclagem de embalagens plásticas domésticas nos países Europeus	21
Figura 2.10:	Índice de reciclagem de embalagens comerciais nos países Europeus	22
Figura 3.1:	Balança utilizada para a pesagem do material.....	30
Figura 3.2:	Fluxograma representativo da metodologia utilizada para a identificação dos materiais presentes no rejeito do tanque de lavagem.	32
Figura 3.3:	Procedimento de lavagem das amostras retiradas do tanque.....	33
Figura 3.4:	Fluxograma representativo da metodologia utilizada para a detecção da quantidade de sujidade existente no produto final dos plásticos rígidos.	35
Figura 3.5:	Etapa de retirada de sujidade presente no material de amostra.	36
Figura 4.1:	Fluxograma do processo estudado e relação dos materiais processados pela TS estudada.	41
Figura 4.2:	Esquema simplificado do método de separação adotado na esteira	42
Figura 4.3:	Representação esquemática do processo de triagem realizado pela cooperativa.	45
Figura 4.4:	Alimentação manual do moinho de facas.....	47
Figura 4.5:	Tanque do processo de reciclagem mecânica. À direita encontra-se o primeiro moinho e à esquerda o batedor.	49
Figura 4.6:	Batedor (esquerda) e roda transportadora (direita) do processo.....	49
Figura 4.7:	(A) Recolhimento do material saído do moinho pela peneira, (B) Vista geral do transporte da peneira para os tambores e (C) Descarregamento do material no secador.	50
Figura 4.8:	Secador do processo.	51
Figura 4.9:	Segundo moinho de facas do processo	52
Figura 4.10:	Aglutinador em funcionamento para o adensamento do PS.....	53
Figura 4.11:	Aspectos avaliados no balanço material global da TS estudada.	55
Figura 4.12:	Composição do material presente no fundo do tanque de lavagem.....	65
Figura 4.13:	Quantidade de sujidade presente no produto final por tipo de resina rígida processada.....	65
Figura 4.15:	Representação do fluxo de produção para os plásticos rígidos	67
Figura 4.16:	Representação do fluxo de produção para os plásticos flexíveis transparentes	69
Figura 4.17:	Representação do fluxo de produção para os plásticos flexíveis coloridos	71
Figura 4.18:	Plástico flexível transparente enrolado nas facas do moinho	73

Figura 4.19:	Material retirado de dentro do secador.....	73
Figura 4.20:	Planta nova instalada na cooperativa	76
Figura 4.21:	Eficiência física dos materiais beneficiados pela tecnologia ao longo dos meses do ano de 2012	82
Figura 4.22:	Comparação entre o preço de venda do produto prensado em cooperativas da grande Porto Alegre e o preço de venda do produto beneficiado pela cooperativa de Dois Irmãos.	90
Figura 4.23:	Razão entre o preço de venda do produto prensado e beneficiado	90
Figura 4.24:	Comparação entre o preço de venda do produto e o total de material comercializado no ano para cada tipo de resina.....	91
Figura 4.25:	Aumento percentual do faturamento por mês para a cooperativa, considerando somente os plásticos beneficiados.....	92
Figura 4.26:	Contribuição das diferentes resinas no faturamento dos plásticos.....	93
Figura 4.27:	Perfil de gênero da cooperativa de Dois Irmãos	94
Figura 4.28:	Perfil etário dos cooperados de Dois Irmãos.....	94
Figura 4.29:	Perfil de escolaridade dos cooperados.	95
Figura 4.30:	Perfil do tempo de permanência dos cooperados no empreendimento.	97
Figura 4.31:	Comparação entre o lixo seco e molhado gerado na Cidade de Dois Irmãos. 98	
Figura A.1:	Fluxo de produção sobre a planta baixa da cooperativa para os plásticos rígidos	109
Figura A.2:	Fluxo de produção sobre a planta baixa da cooperativa para os plásticos flexíveis transparentes.....	109
Figura A.3:	Fluxo de produção sobre a planta baixa da cooperativa para os plásticos flexíveis coloridos	109

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Classificações para os resíduos sólidos segundo origem, periculosidade, reciclabilidade, composição química e degradabilidade	5
Tabela 2.2: Dimensões e características da Tecnologia Social	19
Tabela 3.1: Aspectos e indicadores escolhidos para a análise dos objetivos específicos na Dimensão Tecnológica.	29
Tabela 3.2: Aspectos e indicadores escolhidos para a análise dos objetivos específicos na Dimensão Econômica.	37
Tabela 3.3: Aspectos e indicadores escolhidos para a análise dos objetivos específicos na Dimensão Social.	38
Tabela 3.4: Aspectos e indicadores escolhidos para a análise dos objetivos específicos na Dimensão Ambiental.	39
Tabela 4.1: Classificação dos plásticos comercializados pela Cooperativa de Dois Irmãos	46
Tabela 4.2: Tabela com os valores de entrada e saída por tipo de resina estudada para a rota dos plásticos rígidos.	57
Tabela 4.3: Tabela com os valores de entrada e saída por tipo de resina estudada para a rota dos plásticos flexíveis.	58
Tabela 4.4: Consumo de água para os plásticos rígidos.	60
Tabela 4.5: Consumo de água para os plásticos flexíveis	61
Tabela 4.6: Comparações entre o consumo de água e as massas de material.	61
Tabela 4.7: Balanço de massa global para os plásticos rígidos	62
Tabela 4.8: Perdas quantificáveis do processo	64
Tabela 4.9: Eficiências tecnológicas para cada uma das resinas plásticas rígidas processadas	77
Tabela 4.10: Índices de eficácia da TS para as resinas plásticas flexíveis processadas ...	78
Tabela 4.11: Índices de eficácia da TS para cada uma das resinas plásticas rígidas processadas	79
Tabela 4.12: Índices de eficácia da TS para as resinas plásticas de material flexível.....	80
Tabela 4.13: Média anual da eficiência física por material beneficiado pela cooperativa comparado com a eficiência física obtida pelo relatório	82
Tabela 4.14: Eficiência do uso de água para os materiais rígidos.....	83
Tabela 4.15: Eficiência do uso de água para os materiais flexíveis.	84
Tabela A.1: Sujidade encontrada no produto final para os plásticos rígidos	108

Nomenclatura

Lista de símbolos

ME	massa de material plástico advindo da triagem que entra no sistema	kg
MS	massa de material que sai do sistema	kg
MP	massa perdida ou acumulada dentro do sistema	kg
Me _{sujo}	massa de material plástico advindo da triagem com grande quantidade de matéria orgânica que entra no sistema	kg
MA _{tanque}	massa de água que entra no sistema e consumida no processo de lavagem	L
Me _{limpo}	massa de material plástico advindo da triagem sem presença de sujidade que entra no sistema	kg
MA _{aglu}	massa de água que entra no sistema e consumida no processo de adensamento	L
MP _{flexíveis}	massa resultante acumulada ou perdida pelo sistema	kg
MA	massa de água que entra no sistema	kg
MPA	massa resultante acumulada ou perdida pelo sistema juntamente com a água	kg

Lista de Abreviações

CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITS	Instituto de Tecnologia Social
MEC	Ministério da Educação e da Cultura
MTE	Ministério do trabalho e do Emprego
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PELBD	Polietileno linear de baixa densidade
PET	Polietileno naftalato
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SENAES	Secretaria Nacional de Economia Solidária
TC	Tecnologia Convencional
TS	Tecnologia Social

Capítulo 1

Introdução

No Brasil, os resíduos sólidos urbanos (RSU) representam uma parcela importante da matéria-prima para a cadeia produtiva de reciclagem. Entre os materiais potencialmente recicláveis encontram-se os plásticos, que representam cerca de 15% em massa da composição da coleta seletiva (CEMPRE, 2012). Em 2011, foram reciclados no Brasil 22% dos plásticos consumidos, representando cerca de 736 mil toneladas por ano. O país está, com essa estimativa, na décima posição mundial em reciclagem, ficando atrás de países como Suécia (35%), Alemanha (33%), e Bélgica (29,2%) (PLASTIVIDA, 2012a).

Para a reciclagem de plásticos, diferentes métodos e tecnologias podem ser encontrados. A determinação de qual método e/ou tecnologia utilizar depende de vários fatores. Estes fatores incluem as condições geográficas, os diferentes tipos de resinas encontradas na fonte geradora, as leis e regulamentações dos órgãos públicos, os dispositivos econômicos e o sistema de políticas públicas que atingem as comunidades envolvidas, tanto na disposição final desse resíduo, como na viabilização de ações para a promoção de geração de renda aos agentes participantes na cadeia de reciclagem.

Na maioria dos países europeus e no Japão, a maior parte do plástico coletado para a reciclagem é encaminhada para a incineração (reciclagem energética). Já no Brasil, esse material torna-se, na maioria das vezes, fonte de renda de populações menos favorecidas. Isto se aplica tanto a ações individuais (caso dos carroceiros ou catadores de rua, que revendem o material para atravessadores e estes revendem para empresas de beneficiamento) como a associações ou cooperativas de recicladores. Estas últimas recebem o lixo da prefeitura da cidade ou de outras fontes, reinserindo os materiais triados na cadeia produtiva na forma acondicionada ou, em alguns casos, na forma beneficiada. Geralmente, identifica-se nesta atividade a precariedade com que os processos ocorrem associados ao baixo nível tecnológico existente.

Dentro deste contexto encontram-se as Tecnologias Sociais (TS), que são “produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas em interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social” (FBB, 2013). As Tecnologias Sociais envolvem a comunidade, o poder público e empresas privadas (através de incentivos fiscais ou Fundações) e instituições educacionais. Cada um dos agentes mencionados desenvolve um papel específico, de forma a tornar esses projetos viáveis, ocasionando uma transformação da realidade econômica e social das comunidades envolvidas (SANTOS, 2010).

O estudo das Tecnologias Sociais caracteriza-se pela sua interdisciplinaridade. Diversas variáveis, de diferentes aspectos, necessitam ser identificadas e estudadas para que se obtenha um panorama das relações entre elas. Por se tratar de um tema amplo e multidisciplinar se faz necessário restringir o objeto de estudo para algumas dimensões e dessa forma explorar melhor os diferentes panoramas que estão envolvidos.

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo analisar uma Tecnologia Social de Reciclagem Mecânica de Plásticos em uma cooperativa de recicladores, em quatro das dimensões que as norteiam, com o intuito de compreender o desenvolvimento e aplicação deste tipo de tecnologia nos ambientes diferenciados em que se encontram. Como base de estudo, utilizou-se o caso específico da Cooperativa de Recicladores do município de Dois Irmãos.

A cidade de Dois Irmãos localiza-se no interior do estado do Rio Grande do Sul, na região do Vale dos Sinos, a 52 km da capital Porto Alegre. Possui uma população de aproximadamente 27 mil habitantes (IBGE, 2010) e um Índice de Desenvolvimentos Humano (IDHM) de 0,743 (PNUD, 2010). A Cooperativa de Dois Irmãos foi escolhida para este estudo, dentre as cooperativas existentes no estado, por ter sido a pioneira no desenvolvimento desta TS. As outras cidades que possuem modelo semelhante, atualmente, no Rio Grande do Sul são as cidades de Campo Bom e Nova Hartz.

As quatro dimensões escolhidas a serem exploradas são as seguintes: Tecnológica, Ambiental, Econômica e Social.

É importante salientar que vários dos aspectos aqui abordados se inter-relacionam apesar de estarem classificados em alguma das dimensões. Esse tipo de classificação foi arbitrado para que houvesse um melhor entendimento do objeto de estudo e como uma forma de organização para o melhor entendimento dos diferentes objetivos a serem contemplados. Ao longo do trabalho será possível observar que os diferentes aspectos se mesclam e que há uma interatividade entre os mesmos.

Como objetivos específicos para cada uma das dimensões pode-se citar:

- No âmbito tecnológico: i) caracterizar a TS em vários dos seus aspectos tecnológicos, para a obtenção de um melhor entendimento do processo estudado e posterior proposição de melhorias; ii) definir os índices de eficácia e eficiência do processo;

-
- No âmbito econômico: i) compreender as relações cooperativa-mercado; ii) compreender o modelo de gestão realizado dentro da cooperativa a partir da visão da Economia Solidária; iii) analisar os ganhos econômicos advindos da transferência da TS estudada;
 - No âmbito social: i) analisar o perfil dos trabalhadores que atuam dentro da cooperativa; ii) analisar alguns parâmetros sociais e de comportamento relacionados com o processo de organização do trabalho e na interação com a tecnologia;
 - No âmbito ambiental: i) quantificar o benefício ambiental que a cooperativa propicia através da reciclagem do material;

Capítulo 2

Conceitos Fundamentais e Revisão Bibliográfica

2.1 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos e Resíduos plásticos pós-consumo

2.1.1 Definição e Classificação dos Resíduos Sólidos

Segundo a Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, resíduo sólido é aquele “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 inviáveis em face da melhor tecnologia disponível¹”(BRASIL, 2010).

São várias as possíveis classificações para os Resíduos Sólidos. Na Tabela 2.1 são apresentadas as formas de classificação mais comuns encontradas:

¹ A NBR 10.004:2004 traz a seguinte redação para a definição de Resíduos Sólidos (ABNT, 2004): “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

Nota-se poucas diferenças entre as duas redações, porém é importante salientar que a Lei 12.305 inclui também gases como resíduos sólidos quando acondicionados, descreve de maneira mais completa a definição de resíduo e trata a origem do resíduo de forma mais global que a NBR.

Tabela 2.1: Classificações para os resíduos sólidos segundo origem, periculosidade, reciclabilidade, composição química e degradabilidade

<i>Parâmetro de Classificação</i>	<i>Categoria</i>	<i>Característica</i>
Origem (CEMPRE, 2000; LEI 12.305)	Domiciliar	Originários de atividades domésticas em residências urbanas
	Limpeza Urbana	Originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e serviços de limpeza urbana.
	Urbano	Engloba os resíduos Domiciliar e de Limpeza Urbana
	Comercial	Originados de diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como escritórios, restaurantes, bancos, supermercados
	Público de Saneamento	Gerados nas atividades de saneamento básico com exceção dos que podem ser classificados como resíduos sólidos urbanos
	Industrial	Gerados nos processos produtivos e instalações industriais. Podem ser dos mais variados tipos, como lodos, cinza, óleos, etc..
	Serviços da Saúde e Hospitalar	Gerados nos serviços de saúde, constituem-se principalmente de resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contem ou podem conter patógenos.
	Construção Civil	Gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.
	Agropastoril	Originados das atividades agropecuárias e silvicultoras. Incluídos os relacionados a insumos utilizados

		<p>para estas atividades.</p> <p>Originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira. Considerados resíduos sépticos.</p> <p>Gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.</p>
Periculosidade (NBR, 2004; LEI 12.305; CEMPRE, 2000)	Classe I (Perigosos)	<p>Aqueles que apresentam riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade</p>
	Classe II A (Não - Inertes)	<p>Aqueles que não se enquadram na categoria Classe ou Classe II B, porém podem ter como características solubilidade em água, biodegradabilidade, ou combustibilidade.</p>
	Classe II B (Inertes)	<p>Resíduos que quando submetidos um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, em temperatura ambiente, não possuem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentração superior ao padrão de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.</p>
Reciclabilidade	Reciclável	<p>Plástico, papéis, metais e outros materiais que podem ser beneficiados ou não e reutilizados para a produção de um novo produto.</p>

	Não - Reciclável	Restos de alimentos, lixo do banheiro, materiais recicláveis contaminados com patógenos ou com outros tipos de substâncias perigosas.
Composição Química (Reis, 2001)	Orgânicos	restos de alimentos, folhas, grama, animais mortos, esterco, papel, madeira, etc.
	Inorgânicos	Papel, vidro, metais, plásticos ² .
Degradabilidade (LIMA, s.a)	Facilmente Degradáveis	Restos de comida, sobras da cozinha, folhas, animais mortos, cascas.
	Moderadamente Degradáveis	Papel, papelão e outros produtos celulósicos.
	Difícilmente Degradáveis	Trapo, couro, madeira, cabelo, borracha, ossos, plásticos.
	Não Degradáveis	Vidro, pedras, cinzas, terra, metal não ferroso.

Sendo assim, os Resíduos Sólidos Urbanos são classificados como todos os resíduos advindos de origem domiciliar e de limpeza urbana. E a partir da Lei 12.305, a responsabilidade pelo ciclo de vida do produto, seu gerenciamento e gestão se torna compartilhada entre governo, indústria, comércio e consumidor final.

2.1.2 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil

Segundo dados do relatório Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil da ALBREPE de 2011 (ALBREPE, 2011), a geração de RSU no referido ano foi de 62 milhões de toneladas por ano. Destes apenas 55 milhões foram coletados, tendo o restante destino impróprio, como pode se ver na Figura 2.1, totalizando uma coleta em aproximadamente 89,66% dos domicílios. Não fica claro no relatório apresentado, qual metodologia foi utilizada para a

² Segundo a NBR 13591:1996 matéria orgânica é “substância complexa biodegradável de origem animal ou vegetal” (ABNT, 1996). A partir dessa definição, materiais plásticos não seriam considerados matéria orgânica, apesar de no estudo da Química, os plásticos serem considerados compostos orgânicos. Para fins desse trabalho matéria orgânica será utilizada para definir materiais ou substâncias cuja origem seja animal ou vegetal, isso inclui materiais de fácil degradabilidade como restos de alimentos, papeis e materiais celulósicos, bem como couro, tecidos de origem vegetal, cabelo, etc..

obtenção do número referente à geração de RSU. Quanto aos dados referentes à coleta, foi realizada pesquisa pela própria ALBREPE em 400 municípios.

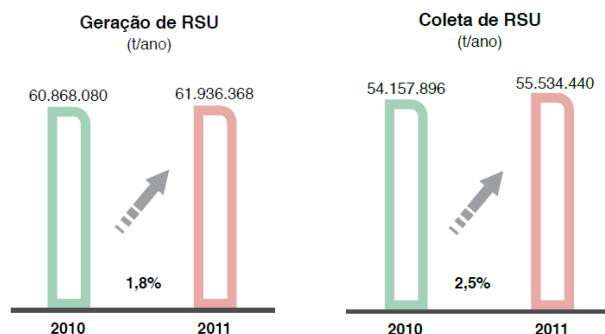
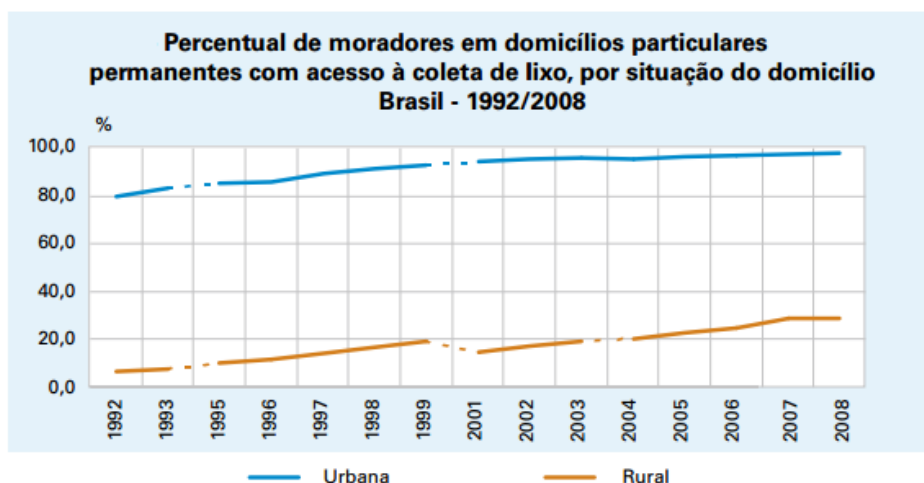


Figura 2.1: Comparação entre a geração e coleta do RSU no Brasil em 2010/2011

Já dados do IBGE divulgados em 2008 através da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) 2008 indicam que há coleta regular domiciliar em praticamente todos os municípios brasileiros, totalizando uma porcentagem de 99,57% (IBGE, 2008). Esses dados foram obtidos através de declaração dos municípios, na qual 5.540 municípios (dos 5.564 existentes no Brasil em 2008) declararam realizar coleta domiciliar regular. Outra fonte de dados é a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2009, onde na amostragem de 57,557 milhões de domicílios, 50,590 milhões responderam possuir serviço de coleta de lixo, totalizando 87,90% de domicílios atendidos (IBGEa, 2009). E por fim outra publicação, intitulada Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IBGE,2010), apresenta que na zona rural apenas 28,8% dos moradores possuem acesso à coleta regular de lixo, contra 97,8% da zona urbana. Esses dados podem ser vistos na Figura 2.2 juntamente com a evolução destes 2 parâmetros a partir do ano de 1992.



Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1992/2008.

Notas: 1. Exclui-se a população rural de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá entre os anos de 1992 e 2003 e, a partir de 2004 a amostra inclui todo o Território Nacional, constituindo-se numa nova série.

2. Não houve pesquisa em 1994 e 2000, dado obtido por interpolação linear.

Figura 2.2: Percentual de moradores em domicílios particulares com acesso à coleta de lixo

Os dados apresentados para o Rio Grande do Sul são que 99,5 % dos moradores possuem acesso à coleta regular na zona urbana e 55,1% na zona rural, segundo o PNAD 2009 (IBGE, 2009).

Quanto à destinação final dos RSU existem hoje três principais formas de disposição: lixões³, aterros controlados⁴ e aterros sanitários⁵. Sendo somente o último considerado uma forma adequada e ambientalmente correta de disposição final dos RSU. Dados do PNSB 2008 indicaram que apenas 27,7% do RSU são destinados para aterros controlados, enquanto que 50,8% são destinados para lixões (IBGE,2008). A ALBREPE para os dados de 2011 informa que 56,06% apresentam destinação final adequada no Brasil. Para o Rio Grande do Sul, os dados podem ser visto na Figura 2.3 (ALBREPE, 2011).

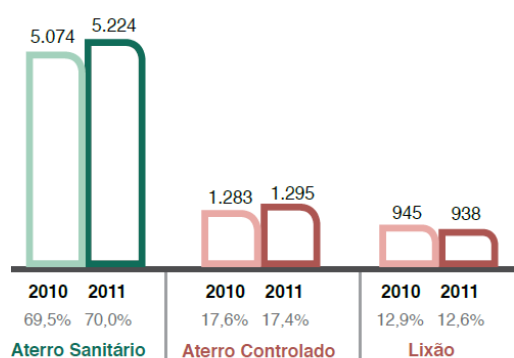


Figura 2.3: Destinação Final de RSU no Estado do Rio Grande do Sul (t/dia) em 2011

³ Lixões são espaços de destinação final inadequada dos RSU muito utilizados nas décadas passadas, onde há a simples descarga do resíduo sobre o solo, sem cuidados de proteção à saúde pública ou ao meio ambiente. Não possui cobertura dos materiais, captação dos gases ou tratamento do chorume. (REIS,2001).

⁴ Os aterros controlados são uma forma intermediária entre o lixão e o aterro controlado de disposição final do lixo. Consistem de lugares que possuem cobertura de material inerte, geralmente grama terra e argila. Há a captação dos gases e em alguns casos recolhimento de uma parte do chorume formado. Não há a impermeabilização de base, nem sistema de tratamento do chorume ou do biogás formado (REIS,2001).

⁵ Ver definição Lei. Aterros sanitários de RSU são “técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário”.

Estes aterros devem possuir obrigatoriamente, segundo a mesma norma, instalações de apoio, sistema de drenagem de águas pluviais, sistema de tratamento e coleta do chorume, drenagem e tratamento do biogás formado a partir da decomposição da matéria orgânica e impermeabilizações laterais e inferior para evitar a contaminação do solo e do lençol freático (ABNT, 1992).

A Coleta Seletiva⁶ no país ainda é pequena, e os dados encontrados também são contraditórios. O IBGE, em seu Atlas Saneamento de 2011 (IBGE, 2011) realizado com base nos dados do PNSB 2008, afirma que existe coleta seletiva em apenas 17,9% dos municípios brasileiros. Entre as cidades que realizavam o serviço, apenas 38% realizavam-no para todo o município. Para a região Sul, a coleta seletiva fica em torno de 45%. Os dados da ALBREPE apontam para 58,6% para iniciativas de coleta seletiva. A pesquisa define iniciativas como ações que englobam desde a coleta promovida pelas prefeituras até postos de entrega voluntária e/ou convênios com cooperativas de catadores. Para a Região Sul, esse percentual é de 78,8% (ALBREPE, 2011).

2.1.3 A cadeia de reciclagem dos RSU e os diferentes atores envolvidos

A cadeia de reciclagem dos RSU é formada por diferentes atores e empresas envolvidas. Existem os catadores individuais e carroceiros, as Associações ou Cooperativas de Recicladores e Centros de Triagem, os atravessadores e indústrias de transformação.

Os catadores e carroceiros são indivíduos que recolhem uma parcela do material reciclável, geralmente nas vias públicas e em alguns casos em aterros e lixões e o revendem. Os materiais comercializados por estes indivíduos são principalmente PET, papel e papelão e metais. Esses indivíduos por não possuírem um volume grande de material para venda, devido à necessidade de um espaço onde armazená-los, vendem os materiais coletados aos atravessadores e em algumas situações, para os próprios Centros de Triagem. Já existem iniciativas em algumas cidades do país e do estado no intuito de incentivar a formação de Associações ou Cooperativas de Catadores de forma regularizar a atividade desses catadores individuais e também oferecendo um local de armazenamento de material, como é o caso da cidade de Novo Hamburgo no Rio Grande do Sul através do projeto CATAVIDA. Esses projetos vêm ao encontro da nova Lei de Resíduos Sólidos (Lei 12.305) que prevê a inclusão desses trabalhadores nas propostas de soluções para os RSU.

Os atravessadores constituem um dos elos da cadeia produtiva dos materiais recicláveis. Esses indivíduos ou grupos compram o material dos catadores ou de Centros de Triagem por preços mais baixos e os revendem para as indústrias de beneficiamento ou transformação em grande volume. As empresas não compram os materiais diretamente dos catadores e carroceiros devido à falta de regularidade, pequeno volume de venda e pelo fato de o pagamento ter de ser à vista.

Os Centros de Triagem e Cooperativas de Reciclagem são empreendimentos geralmente em parceria com a prefeitura que realizam a segregação do material advindo da coleta Regular e/ou Seletiva. Isso não impede que o material recebido também tenha origem na coleta individual feita pelos membros. A maior parte desses Centros realiza apenas a

⁶ Para fins desse trabalho, fica estabelecido que será utilizado o termo Coleta Seletiva para todo o recolhimento de resíduo pós-consumo domiciliar segregado na origem e o termo Coleta Regular para toda a coleta de resíduo pós-consumo domiciliar misturado.

triagem do material recebido, porém há aqueles que beneficiam parte desse material, como é o caso da Cooperativa de Recicladores de Dois Irmãos.

As indústrias de transformação ou transformadoras são as empresas que compram o material triado ou moído, fazem o processo de beneficiamento destes e depois o revendem para empresas que irão utilizar o material pós-consumo para a produção de novos produtos. As empresas que participam dessa cadeia podem, alternativamente, fazer apenas a reciclagem do material, apenas o produto final, ou ambos.

O perfil dessa cadeia pode mudar, contendo mais ou menos integrantes dependendo do material que está sendo comercializado. Na Figura 2.4 é apresentado um fluxograma esquemático da cadeia de reciclagem do RSU, conforme relatado anteriormente.

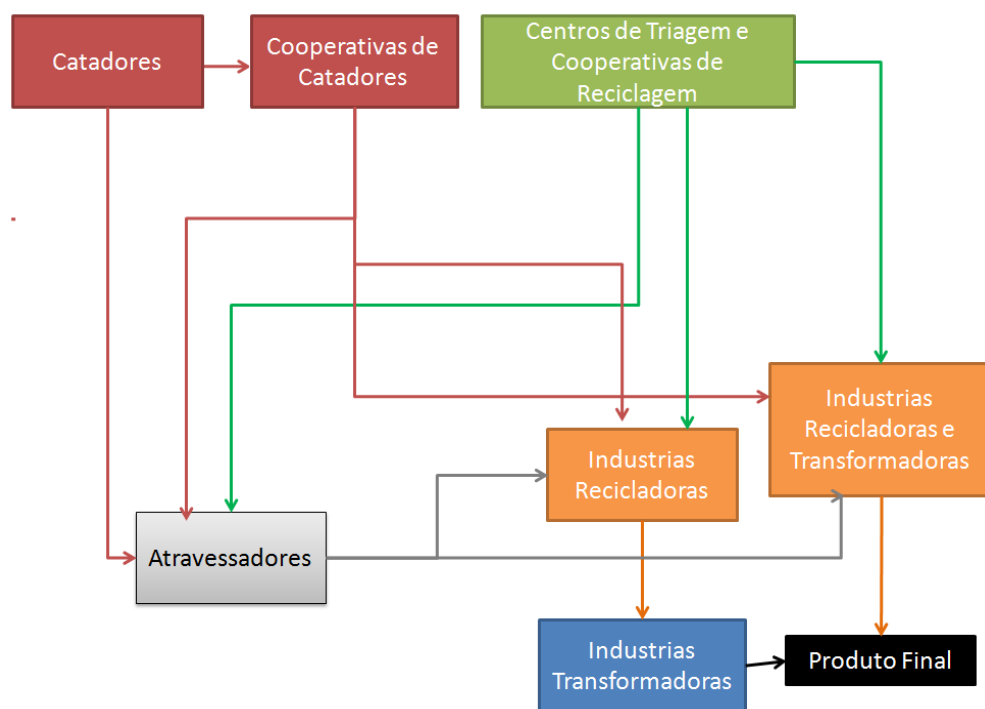


Figura 2.4: Representação esquemática da cadeia de Reciclagem dos RSU

2.1.4 Panorama dos Resíduos Plásticos pós-consumo no Brasil

A composição do RSU é extremamente variada. A maior parte do trabalhos encontrados em relação a composição gravimétrica do lixo são apresentados baseados em municípios.. Sendo assim, dados recentes, publicados na versão pós consulta do PNRS (MMA, 2012) apontam que 13,5% da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008 são constituídos de materiais plásticos, sendo 8,9 % de plásticos flexíveis e 4,6 % de plásticos rígidos. Já a pesquisa Cicclosoft 2012 apresenta que os plásticos representam cerca de 15,5 % da composição gravimétrica da Coleta Seletiva (CEMPRE,2012). Esses dados podem ser vistos na Figura 2.5. Os dados obtidos pelo PNRS tratam de todo o resíduo, advindo de ambas as coletas e os da Cicclosoft apenas da Coleta

Seletiva. Na Figura 2.5 são apresentados os dados relativos ao perfil dos plásticos encontrados no RSU de acordo com o tipo de resina segundo a Pesquisa Ciclossoft 2012.

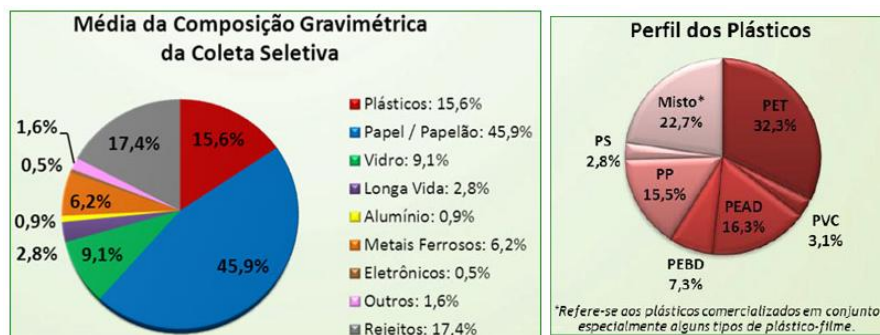


Figura 2.5: Composição gravimétrica média da Coleta Seletiva e perfil dos plásticos encontrados no RSU

É importante salientar a quantidade de rejeito⁷ presente na composição gravimétrica apresentada. Esse rejeito tem em sua composição desde matéria orgânica, que foi indevidamente colocada na Coleta Seletiva, até materiais que não são possíveis de serem reciclados. O índice apresentado é elevado, sendo necessária, por um lado, uma maior conscientização da população quanto à separação do lixo, através de políticas de educação ambiental; enquanto que as indústrias, por outro lado, devem repensar seus produtos e embalagens quanto aos fatores que determinam a reciclagem dos mesmos. Quanto ao materiais plásticos no rejeito, estudos apontaram à presença das principais resinas produzidas: polietileno naftalato (PET), polipropileno (PP), poli(cloreto de vinila) (PVC), poliestireno (PS) e polietileno (PE), todas elas com reciclabilidade, mas que devido aos projetos de produtos, não são recicladas (Castilhos, 2004; Wassermann et al, 2001).

Há diversas maneiras para a realização da reciclagem destes materiais.. Classifica-se a reciclagem dos plásticos em quatro categorias. São elas:

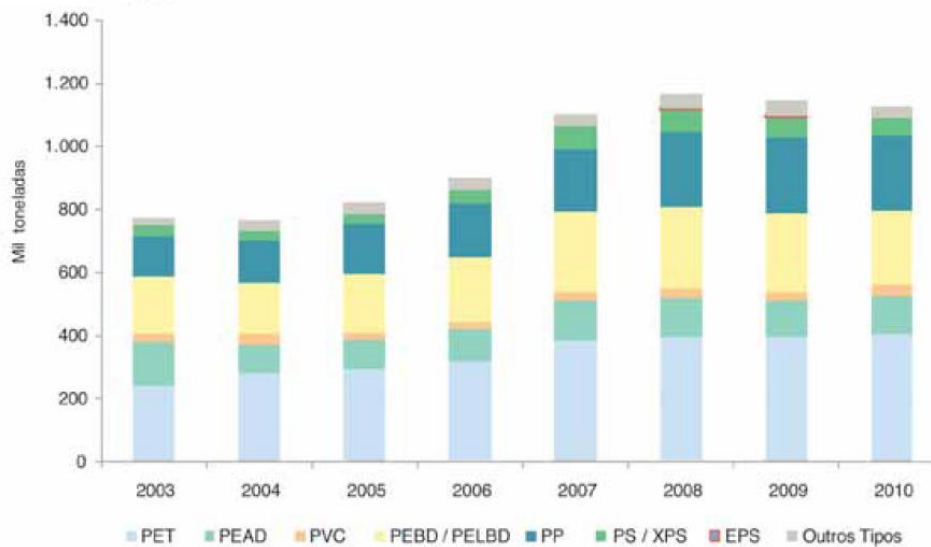
- i. Reciclagem primária: reciclagem de resíduos plásticos advindos de processos industriais, que tem como característica a fácil identificação da resina a ser reciclada e onde obtêm-se produtos com características similares ao original através de reciclagem mecânica.

⁷ Rejeito 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” (LEI FEDERAL Nº 12.305).

- ii. Reciclagem secundária: reciclagem das resinas plásticas advindas do RSU. Tem por característica a mistura de diferentes tipos de resinas, grau de contaminação elevado de outras substâncias (principalmente matéria orgânica) e a obtenção de produtos diferentes do processo de conformação original através de reciclagem mecânica.
- iii. Reciclagem terciária: reciclagem química das resinas termoplásticas pós-consumo com objetivo de obter produtos químicos e combustíveis podendo originar novamente as resinas originais ou outras substâncias através de processos termoquímicos (solvólise, pirólise e conversão catalítica).
- iv. Reciclagem quaternária: incineração controlada dos resíduos plásticos com o objetivo recuperar a energia contida nesses materiais, assim como obter resíduos minerais que possam ser descartados no solo sem provocar problemas ambientais. (PLASTIVIDA, 2012b; SPINACE et al., 2005; ASTM, 2007)

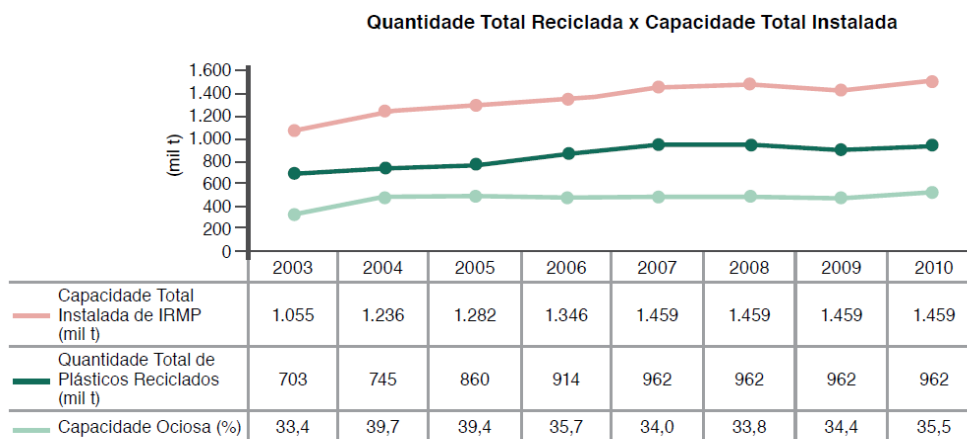
Dentre os métodos de reciclagem existentes pode-se dividir em três categorias: reciclagem mecânica, reciclagem química e reciclagem energética. A reciclagem mecânica, por ser campo de estudo deste trabalho, será descrita posteriormente. A reciclagem química trata-se do reprocessamento dos plásticos através de diferentes processos termoquímicos para a obtenção de petroquímicos básicos ou monômeros de interesse. Essa alternativa permite o tratamento de misturas de diferentes tipos de resina com diferentes graus de contaminação dependendo da técnica escolhida e do produto final desejado. Já, a reciclagem energética, tem por objetivo a recuperação da energia presente nos plásticos através da incineração desse material. Esta é uma técnica mais utilizada em países onde não há espaço para a disposição do material em aterros controlados.

Sendo a reciclagem mecânica a opção tecnológica utilizada no processo analisado neste trabalho, apresenta-se a seguir a evolução de consumo de plástico reciclados do Brasil de 2003 a 2010 (Figura 2.6) e a evolução da utilização da reciclagem mecânica como forma de beneficiamento do material (Figura 2.7) segundo o Panorama 2011 (ALBREPE, 2011).



Fonte: Plastivida – Instituto Sócio Ambiental dos Plásticos

Figura 2.6: Evolução do Consumo de Plásticos Reciclados no Brasil por tipo de resina



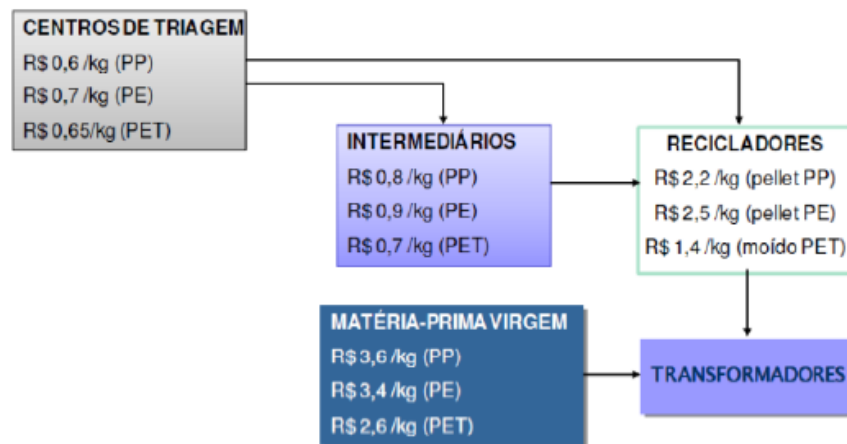
Fonte: Plastivida – Instituto Sócio Ambiental dos Plásticos

Figura 2.7: Evolução da Reciclagem Mecânica de plásticos no Brasil

O plástico reciclado pode ser comercializado de diferentes formas: triado (depois da triagem do material, ele é prensado e comercializado), moído ou flake (principalmente para os plásticos rígidos), aglutinado (principalmente para os plásticos flexíveis), pellet (depois de moído ou aglutinado o plástico passa por uma extrusora peletizadora), ou produto acabado. No Rio Grande do Sul a maioria das empresas consumidoras compra o material triado (85%), apenas 3% compram-no moído e 7% aglutinado (MAXIQUIM, 2009). Apesar de 60% do material comercializado ser em forma de flakes (MAXIQUIM, 2011).

Na Figura 2.8 apresenta-se um fluxograma mostrando a agregação de valor na cadeia de fornecimento de plástico, dependente da forma comercializada. Ele apresenta também

comparativo de valor entre a matéria-virgem e o pós-consumo para dados de 2009 no Rio Grande do Sul (SANTOS, 2010).



Nota: Preços de venda referentes a setembro–novembro, 2009.

Fonte: MaxiQuim Assessoria de Mercado, 2009.

Figura 2.8: Fluxograma da agregação de valor na cadeia de fornecimento de plástico no Rio Grande do Sul.

2.2 Economia Solidária

A economia capitalista tem como um de seus princípios a competição. Nesse modelo, as empresas devem gerir os seus recursos de forma a proporcionar um produto com qualidade cada vez melhor e menor preço para o consumidor. Com isso, as empresas que melhor atendem os consumidores mantêm-se no mercado, enquanto as outras devem se remodelar (para assim tornarem-se novamente competitivas) ou fechar as portas.

Esse modelo de competição reflete-se também intramuros. A competição dá-se na esfera interna da empresa, onde os empregados com melhor desempenho permanecem e são promovidos e os com pior desempenho são despedidos ou ficam estagnados dentro da empresa.

As empresas, para permanecerem no mercado, necessitam reduzir os seus custos de produção. Há diversas formas de se chegar a isso. A primeira delas é a diminuição do custo de mão-de-obra. Esta se dá de duas maneiras: baixos salários aos trabalhadores ou diminuição da quantidade de trabalhadores dentro da empresa, gerando demissões. A segunda é através da melhoria do processo produtivo, tanto com a melhoria dos equipamentos e tecnologias, quanto através da redução das perdas durante o processo. Esses fatores acabam acarretando na

expulsão de mão-de-obra, principalmente a menos qualificada e indivíduos passam a fazer parte do chamado exército industrial de reserva⁸(ZAMORA, 2012).

Estes trabalhadores acabam formando uma parcela da população que não consegue recolocação⁹ no mercado de trabalho, seja por sua baixa escolaridade, ausência de qualificação, idade avançada, entre outros. Essa massa populacional necessita de recursos para sua sobrevivência, e para isso cria meios alternativos de subsistência através de pequenos empreendimentos de produção e/ou comercialização de produtos, cooperativas, associações, feiras de trocas, fábricas recuperadas¹⁰, etc.

Essas experiências que, têm como característica comum a cooperação, solidariedade e autogestão, formam o que veio a se chamar Economia Solidária.

A Economia Solidária é, segundo o Ministério do Trabalho e do Emprego, “o conjunto de atividades econômicas de produção, distribuição, consumo, poupança e crédito, organizadas sob a forma de autogestão” (MTEa, 2012). Ela se torna, portanto, não somente uma alternativa para a geração de trabalho e renda, mas também um veículo de participação política, social e econômica (PEDRINI, 2007).

Os empreendimentos solidários têm por característica a propriedade coletiva ou associada dos meios de produção. Isso quer dizer que todos os trabalhadores que participam do processo produtivo possuem uma parte da empresa e, portanto, possuem uma parte na tomada de decisões. Esse fator faz com que a competição entre setores de um mesmo empreendimento ou dentro do mesmo setor quase inexista. Esse fenômeno é chamado de cooperação.

No processo de cooperação, os atores envolvidos trabalham para atingir objetivos comuns. Sendo assim, torna-se muito mais efetivo o trabalho em conjunto, já que se cada um dos indivíduos envolvidos fizer mais e melhor, todos ganham. Se algum deles não estiver realizando as atividades, todos saem prejudicados. Nessa dinâmica, cada agente tem o seu papel de importância, desempenhando a função que mais se aproxima de suas habilidades. Ocorre também uma maior interação entre os envolvidos, já que com a competição eliminada é necessário que estes se articulem e ajudem uns aos outros em suas dificuldades, havendo assim um ambiente propício à maior solidariedade no ambiente de trabalho.

⁸ É aquele composto pela parcela da população economicamente ativa, que por diversos motivos, encontra-se fora do mercado formal de trabalho.

⁹ É importante salientar que não só os trabalhadores que perderam seus empregos encontram-se nessa situação, mas também fazem parte aqueles que não conseguiram a colocação no mercado de trabalho por causa dos fatores citados acima.

¹⁰ Fábricas recuperadas são empresas que faliriam ou abandonadas pelo dono e os trabalhadores se reúnem e recuperam a fábrica, evitando o desemprego. Esses indivíduos tomam o patrimônio para si e organizam-se como cooperativa de forma a continuar com a empresa, agora gerida e operacionalizada por eles.

Nas empresas convencionais, os empregados recebem salários desiguais, de acordo com o tipo de trabalho que executam. As diferenças de pagamento são negociadas entre empregados e/ou sindicatos e empregadores, formando planos de classificação de cargos, e cada nível recebe um montante diferenciado determinado por critérios objetivos (SINGER, 2012). O salário se dá através de um ajuste de oferta e demanda dessa força de trabalho no mercado, isto resulta que as profissões ou cargos mais escassos recebam salários maiores.

Nos empreendimentos solidários não existem sócios ou donos da empresa (propriedade privada). O capital da empresa é dividido entre todos os seus membros. Sendo assim, os participantes não recebem um salário, mas uma retirada. Os membros decidem em assembleias se as retiradas são iguais ou diferenciadas. A maioria das empresas opta por certa desigualdade de retiradas. Porém estas retiradas possuem diferenças menores entre o que recebem a maior e menor retirada se comparadas com as diferenças de salário encontradas em empresas convencionais (SINGER, 2001). Muitas delas fixam limites entre a maior e a menor retirada. Ocorre também das retiradas serem desiguais não em função do cargo que os associados ocupam, mas pelo número de horas trabalhadas por cada um desses associados.

Outro caso é a repartição do excedente anual, chamado de lucro nas empresas capitalistas e de sobras nas empresas solidárias. Nas empresas capitalistas a destinação desses lucros será decidida através da assembleia de acionistas. Nas empresas solidárias essa decisão caberá à assembleia de associados, ou seja, cada indivíduo terá um voto para decidir o que fazer com esses recursos. Uma parte dessas sobras muitas vezes é reinvestida dentro do empreendimento (SINGER, 2001). E outra parte pode ser dividida igualmente entre cada um dos seus membros. A grande diferença, portanto, é que ao contrário das empresas convencionais, a tomada de decisões se dá sempre coletivamente e não apenas por um número pequeno de pessoas que detém o capital da empresa.

Esse mecanismo de organização é chamado de autogestão. Segundo diversos autores talvez esta seja a principal diferença entre o modo de produção capitalista e o modo de produção solidário. No modelo capitalista ocorre a heterogestão, ou seja, a administração da empresa ocorre de forma hierárquica, com diferentes níveis de autoridade, onde as ordens fluem da diretoria para os trabalhadores (SINGER, 2012). No processo de autogestão, por serem todos donos de uma parte da empresa, as decisões são tomadas coletivamente.

Isso não quer dizer que nos empreendimentos solidários todas as decisões sejam sempre levadas à assembleia. Na estrutura da cooperativa ocorrem eleições onde são eleitos membros que farão parte da direção da empresa por período pré-determinado. Os membros dessa diretoria geralmente farão a tomada de decisões cotidiana da empresa e os aspectos estratégicos são decididos por assembleia. Em algumas empresas os associados que ocupam esses cargos podem realizar somente as atividades administrativas, ou podem, além das atividades regulares, acumular mais esta função. O acúmulo de funções pode acarretar ou não em uma remuneração diferenciada, de acordo com o regulamento interno do empreendimento.

É importante colocar que o mecanismo de autogestão promove a construção de uma prática democrática aonde cada um dos membros sente-se importante para o empreendimento,

dando dignidade ao mesmo (SINGER, 2001). Para que todos possam tomar uma posição sobre uma decisão estratégica da empresa é necessário que estes se informem sobre o que está ocorrendo no empreendimento e quais projetos e processos estão em curso. Sendo assim, o trabalhador, além de exercer uma função específica, possui conhecimento do todo que está sendo realizado. Isso faz com que o trabalhador não fique alienado às suas funções cotidianas, como no modelo fordista, onde a pessoa passa uma vida inteira apertando um parafuso, mas não sabe qual é o resultado final daquilo que está ajudando a construir¹¹.

Pode ocorrer também um desinteresse do associado pelo trabalho de gestão da empresa. Isso é um dos maiores problemas da autogestão. Em geral, a direção da empresa não sonega informações aos associados, mas os mesmos não tem interesse em participar dessa prática democrática, transferindo assim a reponsabilidade de sua tomada de decisão para que a direção decida por ela (SINGER, 2012).

No Brasil, o Governo Federal criou em 2003 a Secretaria Nacional de Economia Solidária (SENAES) integrante do Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE) com o intuito de “fortalecer as experiências de autogestão como resposta ao desemprego, intensificando as potencialidades emancipatórias da Economia Solidária e tornando – se referência de política pública implementada com participação popular” (MTEb, 2012). Convém ressaltar que o MTE tem por missão proteger os direitos dos assalariados. Sendo assim, os direitos dos trabalhadores informais ou não formalmente assalariados através de carteira de trabalho assinada, não constavam como pauta na agenda do ministério. Com a criação da SENAES ocorre uma ampliação da responsabilidade do ministério, que passa a incluir também o cooperativismo e associativismo urbano (SINGER, 2004).

2.3 Tecnologia Social

O conceito de Tecnologia Social (TS) surge no Brasil no início dos anos 2000, e vem a ser uma tecnologia alternativa a tradicional. A TS tem suas origens nos movimentos sociais, no movimento de estudo de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), na educação popular, nos métodos de pesquisa participativa, no movimento das tecnologias apropriadas, entre outros (CORREA, 2010).

Por ser relativamente novo, o conceito de TS ainda está em processo de construção. Porém duas definições aparecem com maior frequência na literatura e nos grupos que trabalham, desenvolvem e pesquisam a temática. A primeira corresponde à apresentada no Capítulo 1, onde Tecnologias Sociais são definidas como “produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas em interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social” (RTS, 2013).

¹¹ Para Marx, o trabalho é uma atividade criadora do meio social e do próprio ser humano. Apesar disto, o trabalhador não consegue se apropriar do conjunto do seu trabalho alienando uma parte deste (mais-valia) para o dono dos meios de produção (KONDER, 2009).

A segunda definição, também muito utilizada, proposta pelo Instituto de Tecnologia Social apresenta a TS como “um conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para a inclusão social e melhoria das condições de vida” (ITS, 2013).

A partir da reflexão desses conceitos surgem alguns elementos que contribuem para a caracterização dessa visão de tecnologia: reapplicabilidade, interação e apropriação pela comunidade, transformação e inclusão social. O ITS sugere as dimensões a serem observadas para avaliar se um empreendimento ou iniciativa é uma tecnologia social ou não. A Tabela 2.2 apresenta o quadro construído pelo ITS com as dimensões por ela classificadas (ITS, 2004 *apud* CORREA, 2010).

Tabela 2.2: Dimensões e características da Tecnologia Social

<i>Dimensões</i>	<i>Características/Indicadores</i>
<i>Conhecimento, Ciência, Tecnologia e Inovação:</i>	1. Objetiva solucionar demanda social 2. Organização e sistematização 3. Grau de inovação
<i>Participação, Cidadania e Democracia</i>	4. Democracia e cidadania 5. Metodologia participativa 6. Difusão
<i>Educação</i>	7. Processo pedagógico 8. Diálogo entre saberes 9. Apropriação/Empoderamento
<i>Relevância Social</i>	10. Eficácia 11. Sustentabilidade 12. Transformação social

Outro elemento interessante a ser ressaltado é que as TS's procuram apresentar alternativas diferenciadas às tecnologias convencionais, ao menos teoricamente. Dagnino (2010) procura realizar um paralelo entre a tecnologia convencional e a tecnologia Social.

No texto o autor faz diferenciação entre a tecnologias, arbitrando como TC, a tecnologia convencional e como TS, a tecnologia social. O autor apresenta as tecnologias convencionais como sendo poupadoras de mão de obra, com escalas ótimas de produção crescente, hierarquizada, já que né necessário a figura do chefe, dono ou patrão, aliennate, por não utilizar a potencialidade do trabalhador, intensiva em insumos, entre outros. Já a Tecnologia Social é retratada como adaptada a um tamanho pequeno físico e financeiro, libertadora do potencial e da criatividade do trabalhador, já que há o contado direto deste com a tecnologia e na tomada de decisões sobre ela, não-discriminatória, por não haver a relação patrão - empregador.

Mas quais são os exemplos de Tecnologias Sociais que temos hoje no país? Várias são as redes no governo que fomentam projetos de TS. Temos como exemplo a Fundação Banco do Brasil, que possui uma iniciativa denominada Banco de Tecnologias Sociais. Esta iniciativa é um banco de dados que possui informações detalhadas das TS's certificadas e que continuam sendo aplicadas em outras realidades. O Banco traz como exemplos de TS, o soro caseiro, cisternas pré-moldadas para a contenção de água no semi-árido brasileiro, terapias não residuais, entre outras. A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) também possui uma iniciativa nesse sentido, promovendo um Prêmio Nacional de Inovação, onde uma das categorias são as Tecnologias Sociais.

2.4 Reciclagem Mecânica de Plásticos

A reciclagem mecânica de plástico consiste na recuperação dos plásticos advindos do RSU com o beneficiamento desses materiais através de transformações mecânicas. A reciclagem desses materiais passa por algumas etapas: separação do plástico, moagem, lavagem, secagem e reprocessamento. Existem algumas variações das etapas, devido ao tipo de polímero inicial, ou a capacidade de investimento do empreendimento para a reciclagem desse material (ZANIN e MANCINI, 2004).

A separação é a etapa crítica desse processo. Quanto mais contaminado estiver o material, mais difícil se torna a reciclagem do mesmo. Outro problema encontrado é a degradação e heterogeneidade dos produtos advindos do RSU, podendo causar problemas no processo de reprocessamento (AL SALEM et al, 2009). No Brasil, esta etapa é geralmente realizada manualmente. Nos países europeus esta ocorre de forma automatizada, baseado na diferença de densidade entre os materiais poliméricos. Os equipamentos utilizados são tanque de flotação ou hidrociclones. Materiais como o PET sofrem hidrólise na presença de contaminantes como PVC, por exemplo. No seu reprocessamento contaminações acima de 50 ppm de PVC causam a hidrólise do PET, causando pontos pretos no produto manufaturado (SPINACE et al, 2005).

Na etapa de moagem, é feita a cominuição desse material em dimensões uniformes. É importante que o material possua uma granulometria adequada para que na etapa de reprocessamento haja a fusão uniforme desses materiais (BRANDRUP et al, 1996).

A etapa de lavagem pode ser realizada apenas com água ou com a adição de detergentes, podendo ser utilizado ou não aquecimento do fluido de lavagem para uma melhor retirada das sujidades. A utilização de detergentes deve ser utilizada com cuidado, já que o resquício desse tipo de componente no material pode causar a hidrólise do plástico no reprocessamento por extrusão ou injeção (SANTANA e GODIM, 2007). A secagem do material reciclado deve ser realizado de forma eficiente, já que polímeros como os poliésteres e as poliamidas podem sofrer hidrólise. Para poliolefinas a umidade residual tolerável se encontra em torno de 1% m/m e para poliamidas e poliésteres, inferior a 0,02% m/m.

Após a etapa de secagem o polímero é reprocessado e a técnica utilizada varia de acordo com o produto final desejado e o tipo de polímero que está sendo reciclado. AL SALEM et al, 2009 cita como principais técnicas de reprocessamento a extrusão, injeção, moldagem por sopro e termoformagem.

PINTO et al (2012), apresenta o panorama da reciclagem mecânica de plásticos em diversos países europeus. Neste trabalho apresenta-se essa tecnologia como forma de reciclagem juntamente com a reciclagem energética dos materiais. A Alemanha, por exemplo, reciclou mecanicamente 1,5 milhões de toneladas de plástico em 2006 e 2,5 milhões de toneladas energeticamente. O autor também apresenta os índices de reciclagem de embalagens plásticas domésticas e comerciais nos países europeus. Estes encontram-se nas Figuras 2.9 e 2.10, respectivamente.

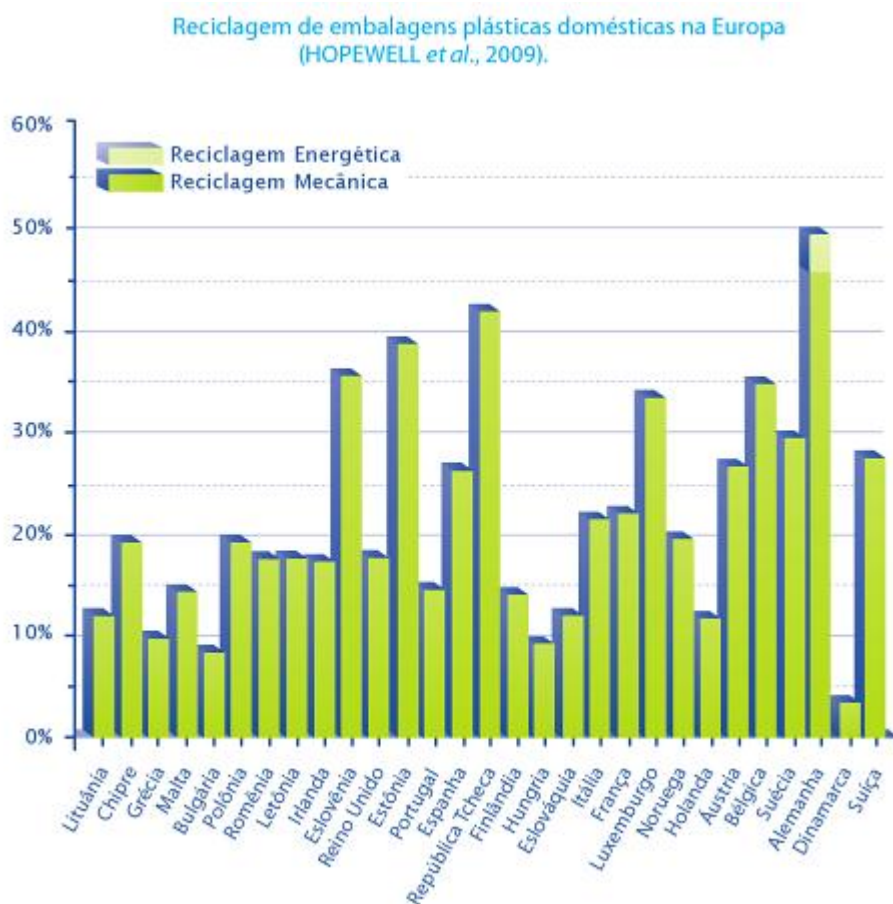
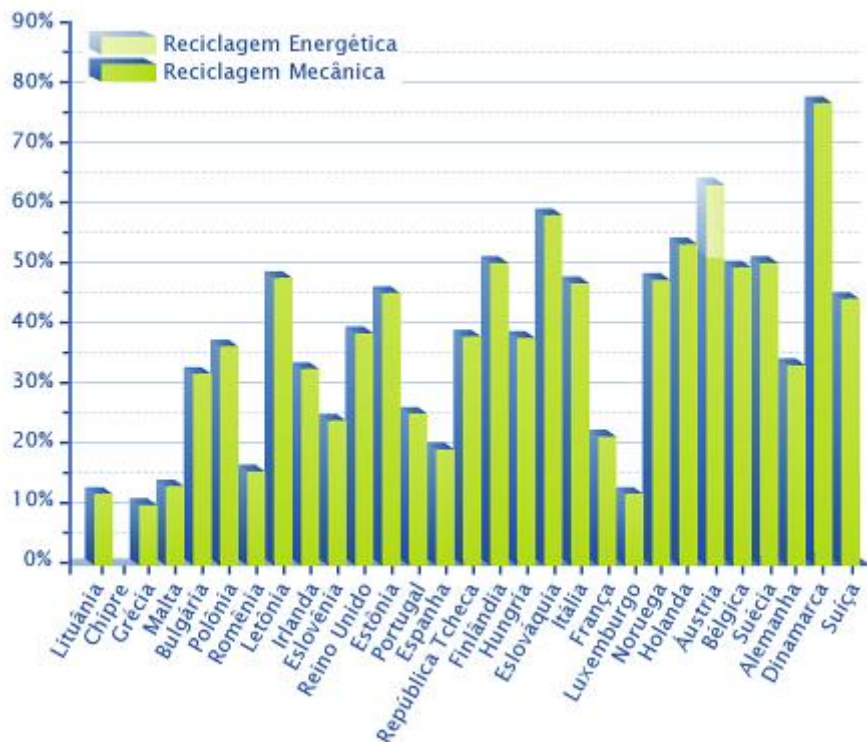


Figura 2.9: Índice de reciclagem de embalagens plásticas domésticas nos países Europeus

Reciclagem de embalagens plásticas comerciais na Europa (HOPEWELL *et al.*, 2009).**Figura 2.10:** Índice de reciclagem de embalagens comerciais nos países Europeus

2.4.1 A Reciclagem Mecânica de Plásticos como Tecnologia Social

No Brasil, tanto em nível nacional como regional, os principais agentes responsáveis pelas diversas etapas da reciclagem de plásticos são catadores de rua e associações ou cooperativas de recicladores, sendo que ainda são poucas as indústrias que se dedicam diretamente a esta etapa da cadeia produtiva dos materiais reciclados (coleta, triagem e acondicionamento) e tipo de processo. Sendo assim, a reciclagem mecânica de plásticos, na nossa realidade, deixa de ser um problema puramente tecnológico e assume um caráter bem definido de Tecnologia Social, visto que os aspectos sociais, econômicos e ambientais também são relevantes para o estudo em questão, cumprindo com os pré-requisitos contidos na definição de tecnologia social, apresentada anteriormente: reaplicabilidade, interação e apropriação pela comunidade e transformação e inclusão social. Reaplicabilidade, pois esta se encontra inserida em diferentes cidades, sendo adaptada para cada contexto histórico-cultural. Interação e apropriação, pois a transferência dessa tecnologia se deu (e se dá) de forma a englobar todos os atores ali envolvidos (comunidade, poder público, cooperados), tendo papel ativo na realização e manutenção do empreendimento e nas realizações com a tecnologia. E por fim, transformação e inclusão social, porque a implantação desta TS possibilita não só o aumento da renda e uma maior inserção social, mas também o desenvolvimento da dignidade e das relações de apropriação da tecnologia envolvida.

As TS's requerem uma análise diferenciada, não focada apenas em aspectos técnicos e econômicos, mas também detendo-se nos aspectos sociais envolvidos. Questões como gênero, escolaridade e as relações poder público-cooperativa são aspectos relevantes que devem ser considerados. Cada indivíduo, nesse contexto, participa do processo produtivo, não somente como operador, mas como gestor desses empreendimentos e como ator que desenvolve mais tecnologia através da apropriação do conhecimento que a tecnologia traz quando implantada.

As Tecnologias Sociais surgem dentro da comunidade atingida, a partir do desejo de desenvolver soluções para os problemas que lhes aflige através do conhecimento popular. Na maioria das vezes esses indivíduos não possuem o conhecimento formal ou os recursos necessários para realizar o aprimoramento do projeto. Nesse contexto, inserem-se os outros agentes de transformação: as instituições educacionais, a iniciativa privada e o poder público. As instituições educacionais auxiliam no aprimoramento do processo que está sendo desenvolvido através do conhecimento acadêmico, aprimoram o projeto que está sendo desenvolvido naquela comunidade. Já o poder público e a iniciativa privada entram com os recursos necessários para o aprimoramento (ou a adição) de tecnologia naquela comunidade e a disseminação dessa TS desenvolvida para outras realidades, fazendo com que tornem-se projetos embrionários para programas de políticas públicas.

Em Dois Irmãos a TS estudada foi desenvolvida na percepção de que a partir do beneficiamento do material plástico (reciclagem mecânica) poderia ser agregado valor aos produtos que eram comercializados. Na sequência, a cooperativa, através de fundos próprios e de parceria com ONGs e a iniciativa privada, adquiriu os equipamentos para o processamento de material. Esses equipamentos foram sendo adquiridos ao longo dos anos, primeiramente só com a moagem, após com a limpeza e por fim com o adensamento. Os cooperados buscaram parcerias com instituições de ensino como Instituto Federal Sul-Rio-grandense (IFSUL) de Sapucaia do Sul – RS, o qual desenvolveu capacitações e ações de melhoria na planta de reciclagem mecânica.

A TS de reciclagem mecânica desenvolvida na Cooperativa tem como etapas a separação, a moagem, a lavagem e a secagem do material plástico. Para os plásticos filmes flexíveis uma etapa posterior é adicionada, chamada aglutinação. A descrição detalhada desta TS encontra-se no Capítulo 4 (Seção 4.1).

2.5 Estudos sobre a reciclagem de plásticos pós-consumo

A seguir são apresentadas as principais referências encontradas e que mais se aproximam da temática desenvolvida.

FORLAN e FARIA (2002) abordam as potenciais vias para a reciclagem de embalagens plásticas para o setor de alimentos. Eles citam como alternativas a transformação mecânica para a transformação em novos produtos, a recuperação das resinas, a reutilização e a transformação térmica e a degradação ambiental. Como conclusões são relatadas a reutilização das embalagens como uma alternativa empresarial integrada com setores da

sociedade e a reciclagem como uma opção a ser melhor explorada, devido ao grande volume disponível e com uma aplicação tecnológica simples. A reutilização ou retornabilidade de embalagens, a transformação energética e a recuperação de resinas como alternativas possíveis, porém necessitam de uma regulamentação governamental e são citados a degradabilidade como uma alternativa a ser aplicada no desenvolvimento de novos produtos.

CARASCHI e LEAO (2002) apresentam estudo sobre a avaliação das propriedades mecânicas de plásticos advindos de RSU. Foram avaliados os plásticos PP, PS, PEAD e uma mistura de plásticos não identificados. Estes passaram pelo processo de moagem, lavagem, secagem e extrusão. Estas amostras foram avaliadas quanto à densidade, pureza, propriedades mecânicas e termomecânica. Os autores demonstraram que as poliolefinas recicladas apresentam boa performance nas propriedades mecânicas e que poderiam ser utilizadas na fabricação de novos produtos que não exigem especificações técnicas. A mistura de plásticos não identificados, apresentou propriedades semelhantes à do PEAD, porém com a vantagem de apresentar uma maior resistência à flexão. Conclui-se que os plásticos recicláveis tornam-se uma alternativa de baixo custo com capacidade para concorrer com as resinas virgens.

REMEDIIO *et al* (2002) apresentam um estudo de caso referente à caracterização em termos de massa e volume dos RSU, em cidades localizadas no estado de São Paulo (Araraquara, Américo Brasiliense e Santa Lúcia). Estas cidades possuem centrais de triagem, onde são comercializados os materiais. Foram quantificados também a fração de plásticos flexíveis potencialmente recicláveis presentes no rejeito (o rejeito trata-se do material que os recicladores excluíram no processo de triagem). A fração encontrada foi processada e realizaram-se ensaios no efluente gerado e analisadas as propriedades mecânicas do material. A caracterização do RSU apresentou um índice de 52,6% de presença de matéria orgânica e 5,4% de materiais potencialmente recicláveis, sendo entre estes 4,3% constituído de material plástico. No rejeito, foram encontrados 30% em volume de plásticos potencialmente recicláveis. A análise de DBO resultou na constatação de elevado teor de matéria orgânica presente. E os ensaios mecânicos mostraram valores próximos ao das resinas virgens.

SANTANA e GODIM (2007) apresentaram estudo avaliando a influência de produtos de limpeza no processo de reciclagem pós-consumo do PEAD. Foram preparadas três soluções de limpeza: NaOH (soda cáustica), detergente líquido, e NaOH/detergente (1:1). As amostras foram caracterizadas com ensaios de turbidez, DQO (demanda química de oxigênio), DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e Ph. Foram realizados também testes reológicos para a influência do produto na degradação da amostra. Os autores concluíram que a solução que apresentava somente NaOH apresentou a maior eficiência na remoção de impurezas orgânicas e inorgânicas. Porém, essa mesma solução (NaOH) apresentou resultados que demonstraram que ela possui alta influência na degradação oxidativa das amostras.

FARIA (2011) realizou estudo de caso em sete empresas de reciclagem mecânica de plásticos, localizadas nos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, propondo melhorias a partir dos conceitos da ferramenta Produção Mais Limpa (P+L). O estudo aponta que os principais problemas encontrados são a geração de resíduos, consumo excessivo de energia e

a não reutilização da água do processo. Como soluções, apresenta-se a manutenção periódica dos acessórios que compõem o moinho e a captação dos finos do processo; o tratamento da água residual na etapa de lavagem e a reutilização da água de resfriamento na etapa de extrusão. Além disso, o autor aconselha o investimento na cadeia de reciclagem para que seja possível a otimização do consumo de insumos e da emissão de resíduos, promovendo assim a diminuição dos custos de produção e o aumento da competitividade.

Capítulo 3

Materiais e Métodos

Os principais aspectos em termos de metodologia consistiram na definição dos procedimentos para acompanhamento do processo e na definição de indicadores a serem usados como base para análise dos dados coletados. Estes são descritos a seguir.

3.1 Acompanhamento do Processo

A pesquisa foi realizada na cidade de Dois Irmãos. A cooperativa utilizada como base de estudo localiza-se no aterro sanitário desativado da cidade. Para acessar o local, foram realizadas viagens de ônibus partindo da Rodoviária de Porto Alegre até a Rodoviária de Dois Irmãos. Como a cooperativa encontra-se a 2,9 km da rodoviária, o deslocamento entre a rodoviária e a cooperativa foi realizado de carro. Esse transporte foi oferecido pela cooperativa, que deslocava um de seus membros para realizá-lo. Para a viagem de retorno as mesmas alternativas de transporte foram utilizadas.

Em função da dependência de disponibilidade de horários para o deslocamento entre as cidades, a maioria das viagens ocorreu na parte da manhã, sendo possível a chegada à cidade em torno das 8 h e na cooperativa em torno de 8h e 30 min e 9 h. Os horários de retorno variavam de acordo com a disponibilidade de um cooperado deixar o seu posto de trabalho e realizar o transporte até a rodoviária e os horários de ônibus disponíveis para volta. Em algumas ocasiões se fez necessário à pesquisadora pernoitar em Dois Irmãos, para que fosse possível acompanhar todo o processo produtivo, já que o horário de trabalho do empreendimento inicia às 7 h e, excepcionalmente, nas terças-feiras às 06h e 30 min.

As visitas foram realizadas nos períodos em que ocorria o beneficiamento dos plásticos, que, geralmente, era realizado às segundas e terças-feiras. Os plásticos rígidos são

beneficiados aproximadamente a cada quinze dias e os plásticos flexíveis “transparentes” (PEBD sem pigmento) e “coloridos” (PEBD com pigmento) idem, alternando durante o mês as semanas para cada tipo. Os plásticos como PS e os plásticos flexíveis constituídos de PP são beneficiados quando houver comprador interessado ou quando não houver mais espaço para o armazenamento do material, sendo realizado, aproximadamente, uma vez a cada um ou dois meses.

O processamento de uma batelada de plásticos rígidos leva geralmente de dois a três dias, desde a preparação do material até a limpeza final do ambiente de trabalho e coleta e destinação dos rejeitos. Os plásticos flexíveis, por sua vez, levam geralmente dois dias de processamento pela etapa de moagem/lavagem/secagem e de três a cinco para a etapa de adensamento.

Foi priorizada a coleta de dados presencial, principalmente, nos dias de processamento direto do material. Durante os dias de adensamento parte dos dados foram coletados pelos próprios cooperados e posteriormente repassados. Alguns dados, principalmente aqueles que eram realizados antes da chegada à cooperativa (entre às 7 h e 8h e 30 min), foram realizados pelos próprios cooperados conforme acerto prévio, para que não fosse necessário o atraso na produção de material e não se atrapalhasse a rotina do empreendimento.

O período de realização da coleta de dados ocorreu durante os meses de junho à dezembro de 2012. Durante o início da realização do planejamento das visitas, a cooperativa relatou que haveria a troca da planta de reciclagem por uma mais nova a ser alocada no mesmo galpão, no pavimento inferior, entre os meses de outubro e novembro daquele ano. Sendo assim, durante o planejamento inicial procurou-se realizar a coleta dos dados de processamento (para os materiais flexíveis e rígidos) durante os três primeiros meses. E após a instalação, tinha-se a pretensão de coletar os mesmos dados para a planta mais moderna, a fim de comparação. No decorrer do tempo, devido a problemas técnicos referentes à aquisição pela prefeitura de um novo gerador de energia, que comportasse a nova demanda, e ao período eleitoral, esta instalação não se concretizou, sendo implantada de fato somente em janeiro de 2013. Isso justifica porque os dados coletados concentram-se mais nos primeiros meses de pesquisa do que nos finais. Após esse período, algumas visitas adicionais foram realizadas afim de apurar os dados obtidos ou retirar dúvidas que surgiram durante o processo de análise dos dados.

A coleta de informações se deu através de medidas físicas dos dados, bem como de diálogos e entrevistas e da observação da rotina de trabalho dentro da cooperativa. Sempre que possível foi realizado o mesmo trabalho que os cooperados praticam a fim de entender o funcionamento do processo e também vivenciar as dificuldades encontradas por eles. Por exemplo, na parte do setor de triagem, foi vivenciada essa experiência de forma a compreender melhor como é realizada a separação e quais as dificuldades encontradas (tanto na identificação dos materiais, quanto na questão das condições de trabalho). Procurou-se sempre coletar os dados sem interferir na rotina de trabalho, bem como na forma de produção, e com o consentimento e diálogo com os cooperados sobre as atividades que estavam sendo realizadas, além de muitas vezes contar-se com o auxílio deles na realização da atividade.

Apesar de o grupo de pesquisa já haver realizado pesquisa em cooperativa de reciclagem (SANTOS, 2010) na cidade de Nova Hartz, esta nova experiência se deu por um período mais longo e mais aprofundado do que nas experiências anteriores. Por falta de pesquisas na área e pelo fato de cada comunidade apresentar uma realidade diferenciada, o conhecimento do processo e a dinâmica de trabalho foram sendo construídos conforme iam-se coletando os dados e realizando-se as visitas. Os métodos e procedimentos inicialmente idealizados foram sendo modificados conforme as situações que se apresentavam e o diálogo que era realizado com os cooperados. Estas situações serão relatadas posteriormente para cada um dos procedimentos em que isso ocorreu.

As principais dificuldades durante a realização do trabalho foram as distâncias percorridas até o local, a dependência dos horários de ônibus intermunicipal, a variação no cronograma da coleta de dados (devido a quebra de equipamentos, prioridade de processo de outros produtos que não os que estavam sendo analisados, alongamento do período de processamento de um produto interferindo no início do beneficiamento de um material de interesse.), desconhecimento da forma de realização do processo e da rotina de trabalho e tempo de adaptação da pesquisadora com os cooperados e vice-e-versa.

3.2 Metodologia para a identificação dos indicadores e detalhamento dos procedimentos realizados

Para facilitar a identificação dos indicadores necessários à análise da Tecnologia Social (TS) em estudo nas quatro dimensões de interesse (Tecnológica, Ambiental, Econômica e Social), especificou-se, primeiramente, os aspectos necessários com relação a cada objetivo específico na dimensão considerada. Então, para cada um destes aspectos listou-se indicadores potenciais em função da sua relevância e mensurabilidade e/ou facilidade de obtenção da informação requerida. Para um melhor entendimento do processo de investigação realizado, os objetivos específicos foram numerados de 1 a 8 e os aspectos identificados pelas letras de A a M. Estes indicadores, juntamente com os respectivos objetos específicos e aspectos são representados a seguir.

3.2.1 Dimensão Tecnológica

A Tabela 3.1 apresenta os indicadores elaborados para cada um dos respectivos aspectos e objetivos específicos na Dimensão Tecnológica. Posteriormente será realizado o detalhamento da metodologia empregada para a obtenção de cada um dos indicadores apresentados, respeitando-se, sempre que possível, a ordem descrita na tabela.

Tabela 3.1: Aspectos e indicadores escolhidos para a análise dos objetivos específicos na Dimensão Tecnológica.

DIMENSÃO TECNOLÓGICA			
<i>Objetivos específicos</i>	<i>Aspectos</i>	<i>Observações</i>	<i>Indicadores</i>
1. Caracterizar a TS em vários dos seus aspectos tecnológicos para a obtenção de um melhor entendimento do processo estudado e posterior proposição de melhorias	A. Identificação das perdas do processo	Relacionado com a Dimensão Econômica	<ul style="list-style-type: none"> Diferença entre a massa de entrada no processo e a massa de saída (produto final). Identificação dos locais de acúmulo de massa no processo.
	B. Adequação da sequência de equipamentos/processo utilizado	Relacionado com as Dimensões Econômica e Ambiental e com a Aspecto A	<ul style="list-style-type: none"> Quantidade de água consumida. Quantificação e qualificação das perdas de massa do processo. Grau de sujidade encontrada no produto final. Total de Energia consumida
	C. Adequação da tecnologia no espaço disponível		<ul style="list-style-type: none"> Análise dos cruzamentos nos fluxos de produção
	D. Identificação de problemas técnicos e de manutenção encontrados durante o período de pesquisa	Relacionado com a Dimensão Social	<ul style="list-style-type: none"> Número de equipamentos com problemas de corrosão. Número de paradas (de equipamento específico e/ou planta). Frequência e gravidade dos problemas mais comuns encontrados. Frequência e gravidade das dificuldades encontradas na manutenção. Frequência de troca das facas do moinho.
	E. Preocupação com a manutenção dos equipamentos e espaço físico	Relacionado com a Dimensão Econômica e Social	<ul style="list-style-type: none"> Existência de programa de ações de manutenção programada. Existência de manutenção feita pelos cooperados. Existência de responsável pelo acompanhamento da necessidade de manutenção (preventiva). Identificação de ações que demonstrem preocupação por parte dos cooperados com relação à manutenção e preservação dos equipamentos e do espaço físico.
	F. Gastos com manutenção e investimento	Relacionado com a Dimensão Econômica e Aspecto E	<ul style="list-style-type: none"> Investimento realizado com troca de equipamentos durante o tempo de pesquisa. Parcela dos gastos de manutenção por agentes externos Gasto médio com manutenção de equipamentos.

2. Definir índices de eficácia e eficiência do processo	G. Produtividade.	<ul style="list-style-type: none"> • Massa de produto/ tempo de processamento
	H. Eficácia da TS.	<ul style="list-style-type: none"> • Razão entre a produção real e produção nominal
	I. Eficiência física.	<ul style="list-style-type: none"> • Massa total comercializada/ mês/ cooperado
	J. Eficiência econômica.	<ul style="list-style-type: none"> • Reais/mês/cooperado
	K. Eficiência do uso de água.	<ul style="list-style-type: none"> • Massa de produto final/ massa de água consumida

Para a realização da pesagem das massas de entrada e saída do processo e quantificação de algumas perdas identificadas (Aspectos A - *Identificação das perdas do processo*, G - *Produtividade*, I - *Eficiência física* e K - *Eficiência do uso de água*) foi utilizado como recurso uma balança industrial Continental MOD 250/00 com capacidade máxima de 300 kg e mínima de 2500 g, com um erro de 100g. As pesagens da massa de entrada para a batelada de plásticos rígidos eram realizadas por diferença, usando tambores de 200 L para colocação da massa de material plástico a ser medida. Para os plásticos flexíveis, não foi necessário se utilizar dessa estratégia já que os mesmos são acondicionados em fardos plásticos. Durante a realização da coleta de dados foi possível identificar os locais onde havia acúmulo de material dentro do processo e mensurar algumas dessas massas e perdas, também sendo utilizada a balança industrial como instrumento de medida. Foi realizada a pesagem para quatro bateladas dos plásticos rígidos e três bateladas dos plásticos flexíveis, no período de junho a outubro de 2012. A Figura 3.1 apresenta um dos momentos de pesagem do material.



Figura 3.1: Balança utilizada para a pesagem do material

Todas as medidas de tempo de processo (necessária para a elucidação do objetivo específico 2 - *Definir índices de eficácia e eficiência do processo*) foram realizadas com um cronômetro. As medidas espaciais foram feitas com uma trena.

As medidas de água consumida pelo processo, necessária para as Aspectos B - *Adequação da sequencia de equipamentos/ processo utilizado* e K - *Eficiência do uso de água* foram realizadas de maneira distintas para os plásticos rígidos e para os flexíveis. Os plásticos rígidos, em função de seu *design* e do grau de sujidade apresentado, necessitam de menos água para o beneficiamento que os plásticos flexíveis. Sendo assim, durante o beneficiamento daqueles, ocorre apenas a reposição de água no tanque, conforme o nível de água diminui a fim de que a roda transportadora realize a coleta de material sobrenadante. Nos plásticos flexíveis, diferentemente, é necessário que a vazão de água que entra no tanque seja constante. Os flexíveis também têm em seu processo uma segunda entrada de água, na seção de adensamento.

Para a medida de água utilizada na batelada dos rígidos, encheu-se, primeiramente, o tanque até a borda e mediu-se a dimensão do mesmo. Para a reposição utilizou-se recipientes de 200 L, sendo eles preenchidos até a borda e a água despejada manualmente a partir desses recipientes no tanque.

A medida de consumo de água para os flexíveis, inicialmente, foi realizado da seguinte maneira: enchia-se totalmente a caixa d'água da cooperativa e mediam-se a massa total processada até o esvaziamento completo da caixa d'água ou o volume final desta no final da batelada de interesse. Porém, ao longo da pesquisa percebeu-se que este método tornou-se inviável, devido ao tempo gasto para o preenchimento total da caixa d'água e também porque a quantidade de material total processada requeria um volume de água maior que a capacidade do reservatório, sendo necessário parar o beneficiamento do material e dividir uma mesma batelada em dois momentos. Foi realizada essa metodologia para uma batelada do plástico flexível transparente e uma batelada do plástico flexível colorido. Para as demais bateladas, foram medidos a vazão de água que entrava no tanque com o auxílio de um cronômetro e um recipiente de 20 L e com o cronômetro o tempo que a torneira permanecia aberta na mesma posição, resultando assim na quantidade de água consumida. A água consumida na etapa de adensamento é colocada no aglutinador de forma manual através de recipientes de 5 L conforme o operador vê a necessidade de seu uso. A medida do volume total de água consumido no aglutinador foi feita a partir do número de recipientes de água. Completamente. preenchidos utilizados durante o período completo de operação.

No caso do indicador 'qualificação e quantificação das perdas do processo', presente na Aspecto B - *Adequação da sequencia de equipamentos/ processo utilizado*, a etapa de identificação dos pontos onde havia acúmulo de massa durante o processo, potenciais perdas de materiais de interesse e retenção de matéria orgânica e contaminantes foi realizada por meio do acompanhamento visual das diferentes etapas do processo e de balanços de massa.

No caso da última batelada de rígidos analisada, foi possível coletar amostra do material que é retido no tanque de lavagem. Para isso utilizou-se do seguinte procedimento:

após o término de todo o beneficiamento, é retirada toda a água presente no tanque. Ocorre então a formação de uma espécie de lodo decantado que é retirado pelos cooperados com pás e colocado em tambores de 200L onde serão transportados para o rejeito. Desse lodo foram retiradas oito amostras com peso aproximado de 600 a 1000 g. Essas amostras foram coletadas de diferentes pontos do tanque e em diferentes profundidades para que se pudesse obter uma amostra representativa do material contido. A Figura 3.2 apresenta fluxograma da metodologia utilizada para a identificação dos materiais presentes no rejeito do tanque de lavagem. Após é apresentado o detalhamento das atividades para cada uma das etapas.

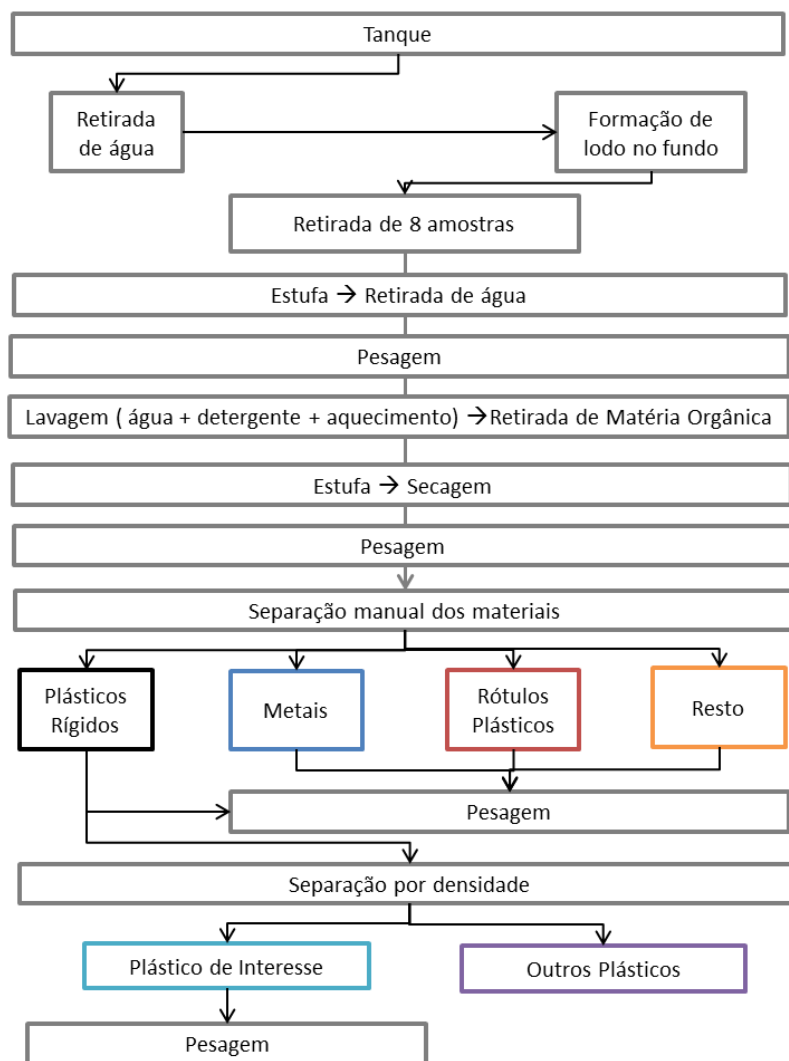


Figura 3.2: Fluxograma representativo da metodologia utilizada para a identificação dos materiais presentes no rejeito do tanque de lavagem.

Após a coleta as amostras foram pesadas em uma balança analítica Marte MOD AS 2000 (com capacidade máxima de 2000 g e mínima de 0,25 g e erro de 0,1 g) e secas em estufa (DeLeo MOD A3) durante 48 horas em uma temperatura de 80 °C para a retirada de água presente. Novamente essas foram pesadas. Com as amostras secas e sem presença de água, iniciou-se o processo de lavagem desses materiais para a retirada, e posterior quantificação, de matéria orgânica presente.

As amostras foram distribuídas, uma de cada vez, em beckers de 1 L e colocadas em uma solução de água quente e detergente, sendo mantidas sob aquecimento através de um aquecedor à aproximadamente 70°C. As etapas de lavagem foram executadas durante um período de dois dias para cada amostra, sendo realizada a troca de água dos recipientes e agitação manual a cada duas horas. Observou-se que para uma limpeza mais efetiva do material era necessário que estas ficassem por certo período de repouso antes de realizar a troca de água. Nos intervalos das trocas, o material era despejado em uma peneira e era realizada a limpeza manual com o auxílio de esponja para a retirada de sujidades mais grosseiras e persistentes. Esses procedimentos eram realizados até que se observasse que não havia mais troca de cor e turbidez presentes na solução de água e detergente. As etapas descritas acima podem ser observadas na Figura 3.3.

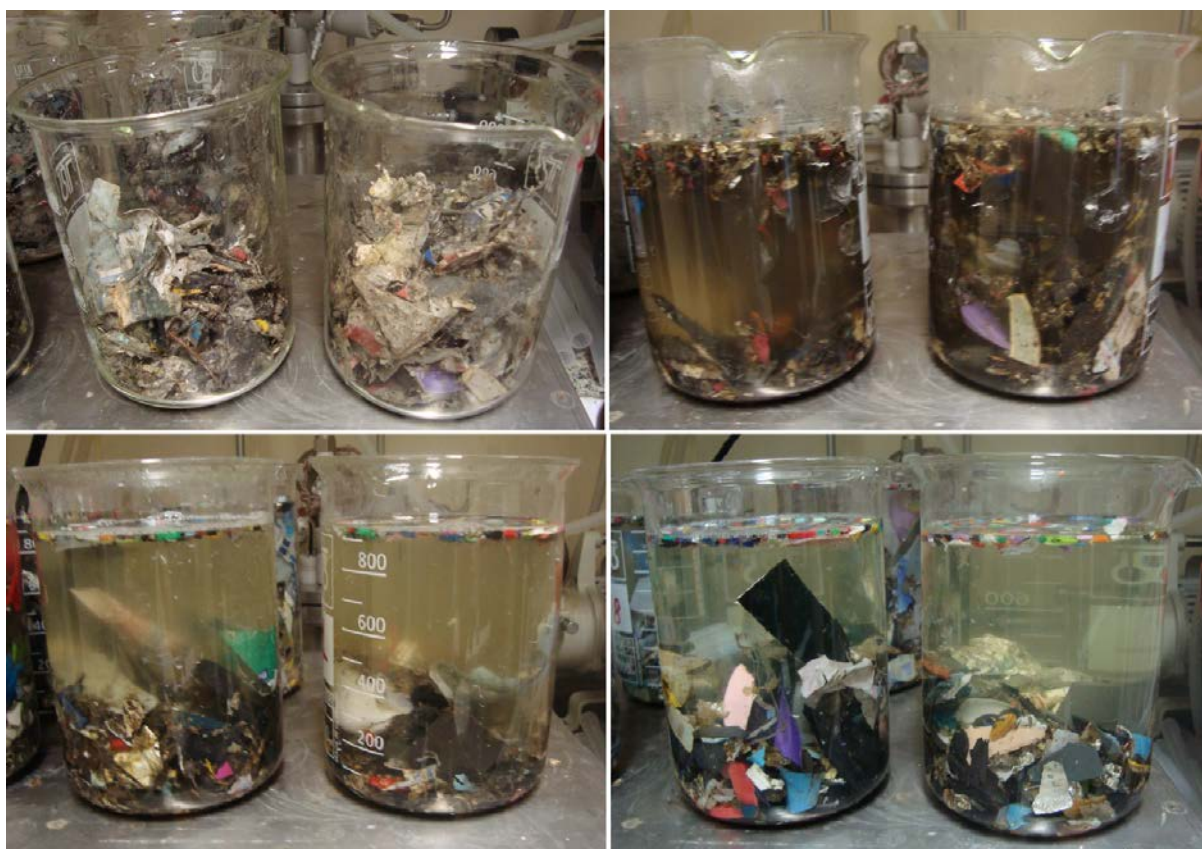


Figura 3.3: Procedimento de lavagem das amostras retiradas do tanque.

Terminada a etapa de lavagem as amostras foram secas novamente na estufa (DeLeo) durante 4 horas à 60 °C. Estas amostras foram pesadas novamente, e assim obtidas a massa de matéria orgânica presente. A partir do material seco, foi realizado um processo de separação manual e identificação dos materiais presentes, triando-os em quatro categorias distintas: metais, rótulos plásticos flexíveis, plásticos rígidos e resto. A categoria ‘resto’ foi constituída de materiais que não foram identificados, pedaços de tecido ou materiais com uma granulometria muito pequena e, portanto, de difícil separação. Feito isso, pesou-se novamente os materiais.

Após essa separação o material identificado na categoria ‘plásticos rígidos’ foi classificado em outras duas categorias: plásticos de interesse e outros plásticos. Essas duas categorias foram arbitradas para que fosse possível identificar quanto em massa dos plásticos de interesse processado na batelada (PP e PE) eram retidos no tanque. Para isso, foi utilizado um método de separação por diferença de densidade. Os plásticos rígidos foram colocados em um tanque com dimensões de quatro metros de comprimento por um metro de largura e um metro de profundidade e após alguns segundos os materiais que sobrenadaram (densidade menor que 1) foram identificados como ‘de interesse’ e os que afundaram como ‘outros’. Aqueles foram recolhidos e secados novamente em estufa por 4 horas a 60 °C.

Não foi possível realizar a coleta de amostras do material retido no tanque de lavagem para as outras bateladas devido às limitações quanto ao deslocamento à cooperativa. Geralmente o final das bateladas de rígidos encerrava-se em torno das 17h, sendo que o horário de expediente é até às 17h e 30 min. Sendo assim, a limpeza do tanque era realizada na manhã seguinte (entre 7h e 8h, aproximadamente) e, como dito anteriormente (Seção 4,1), só era possível a chegada à cooperativa depois das 8h, impossibilitando a coleta das mesmas.

Para a medida do grau de sujidade presente no produto final retratadas na Aspecto B - *Adequação da sequencia de equipamentos/ processo utilizado* no final do processamento de cada um dos produtos, para cada uma das quatro bateladas, foram recolhidas amostras do material produzido para os plásticos rígidos. Um exemplo da metodologia empregada pode ser visualizado na Figura 3.4. Após é apresentado, detalhadamente, a execução de cada uma das etapas.

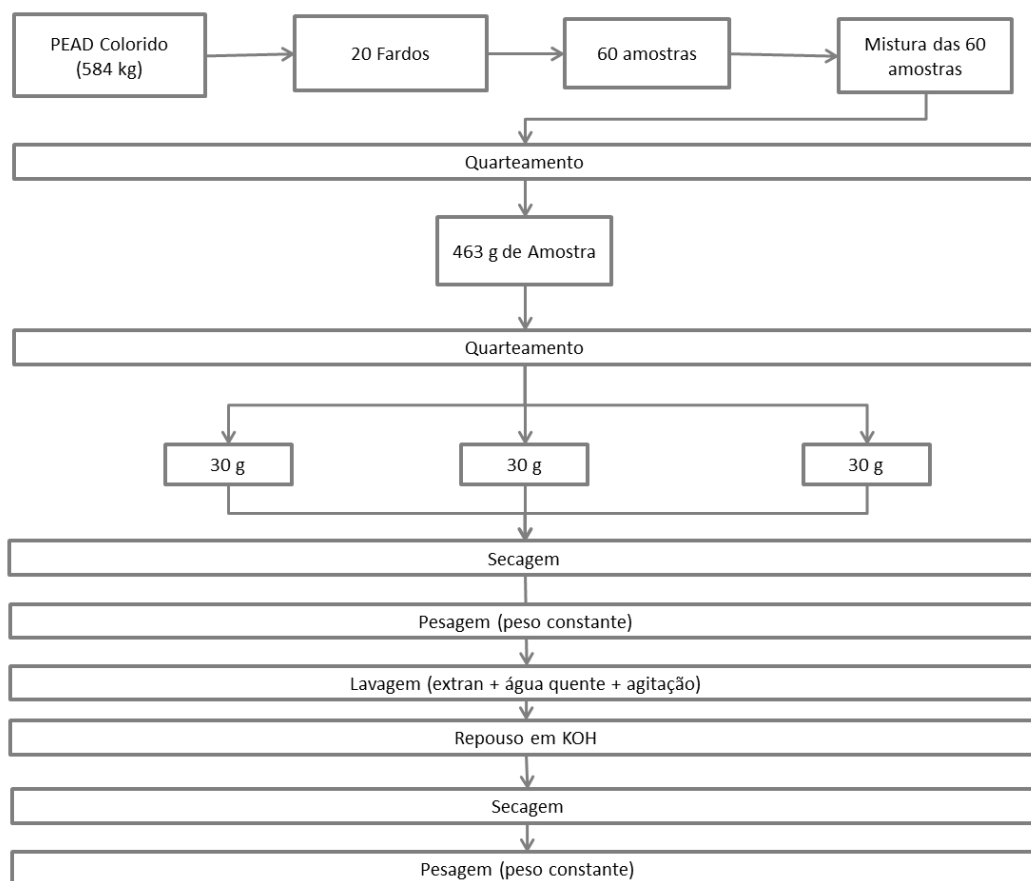


Figura 3.4: Fluxograma representativo da metodologia utilizada para a detecção da quantidade de sujidade existente no produto final dos plásticos rígidos.

Foram retiradas três amostras de cada um dos fardos de comercialização do produto. Após, essas quantias foram reunidas e misturadas e foi realizado o quarteamento dessa parcela, procurando-se sempre coletar entre 300 a 500 g de amostra para cada um dos produtos e assim obter uma amostra significativa do material processado.

Recolhidas as amostras as mesmas foram lavadas para que pudesse ser mensurada a quantidade de sujidade presente em cada um dos materiais. Para isso as amostras foram, novamente, quarteadas e retirada uma amostra de 30 g. Esse procedimento foi realizado em triplicata. As amostras passaram por uma secagem inicial em estufa De Leo MOD A3 por 2 horas a 95 °C para a retirada de qualquer umidade remanescente. Foram levadas a peso constante e medidas em uma balança analítica (Marte) com capacidade máxima de 220 g, mínima de 0,01 g e erro de 0,001 g. Cada uma das amostras de 30 g foi colocada em beakers de 1L em uma solução de 5% de Extran neutro e água quente e colocadas sob agitação utilizando um jar-test. As amostras permaneceram nessa solução por 1 hora e depois foram enxaguadas em água corrente. A Figura 3.5 apresenta o experimento de lavagem realizado.



Figura 3.5: Etapa de retirada de sujidade presente no material de amostra.

Após o enxague, os plásticos rígidos foram colocados em uma solução alcoólica de KOH 5% e deixados em repouso por mais 1 hora. O material, então, foi enxaguado em água corrente e colocado para secar por 2 horas em estufa 95°C e levadas a peso constante. A diferença entre a pesagem inicial e final fornece a quantidade de matéria orgânica presente.

Para os demais indicadores, os quais constam na Tabela 3.1, o procedimento para a coleta de informações se deu através de diálogos e entrevistas, da observação da rotina de trabalho dentro da cooperativa e em alguns casos de informações obtidas juntamente com a prefeitura da cidade.

3.2.2 Dimensão Econômica

A Tabela 3.2 apresenta os índices elaborados para cada uma dos respectivos aspectos e objetivos específicos na Dimensão Econômica. Posteriormente será realizado o detalhamento da metodologia empregada para a obtenção de cada um dos índices apresentados.

Tabela 3.2: Aspectos e indicadores escolhidos para a análise dos objetivos específicos na Dimensão Econômica.

DIMENSÃO ECONÔMICA		
<i>Objetivos específicos</i>	<i>Observações</i>	<i>Indicadores</i>
3. Compreender as relações cooperativa-mercado		<ul style="list-style-type: none"> • Forma de venda • Forma de pagamento • Preço de venda • Capacidade de estabelecer preço • Tipo de comprador
4. Compreender o modelo de gestão realizado dentro da cooperativa a partir da visão da Economia Solidária	Relacionado com a Dimensão Social	<ul style="list-style-type: none"> • Divisão das sobras entre os cooperados • Divisão do trabalho/responsabilidades • Quantidade de trabalhadores • Nível de participação nas assembleias. • Rotatividade dos cooperados no empreendimento
5. Analisar os ganhos econômicos advindos da transferência da TS estudada	Análise do aumento de renda com e sem a tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> • Número de associados • Preço de venda do produto enfardado • Preço de venda do produto moído ou aglutinado • Massa total de produto de interesse comercializado

Todos os indicadores descritos na Tabela 3.2 foram obtidos através de entrevistas e diálogos realizados com os cooperados, observações da rotina de trabalho no empreendimento e dados fornecidos pela prefeitura. As entrevistas foram realizadas durante as atividades na cooperativa, durante o acompanhamento dos trabalhos, de forma informal ou em reuniões durante o horário de almoço com todos os cooperados presentes. As observações da rotina eram realizadas durante a coleta dos dados procurando observar a dinâmica das relações ali presentes e capturar as informações de forma a não atrapalhar na dinâmica dos associados. Todos esses dados observados foram descritos em um diário de campo, utilizado pela pesquisadora durante o tempo de pesquisa.

3.2.3 Dimensão Social

A Tabela 3.3 apresenta os índices elaborados para cada uma das respectivas ações e objetivos específicos na Dimensão Social. Posteriormente será realizado o detalhamento da metodologia empregada para a obtenção de cada um dos índices apresentados.

Tabela 3.3: Aspectos e indicadores escolhidos para a análise dos objetivos específicos na Dimensão Social.

DIMENSÃO SOCIAL		
<i>Objetivos específicos</i>	<i>Observações</i>	<i>Indicadores</i>
6. Analisar o perfil dos trabalhadores que atuam dentro da cooperativa		<ul style="list-style-type: none"> • Idade. • Gênero. • Escolaridade.
7. Analisar alguns parâmetros sociais e de comportamento relacionados com o processo de organização do trabalho e na interação com a tecnologia.	Relacionado a todas as outras Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de programa de treinamento interno. • Existência de rotatividade nas funções. • Quantidade de acidentes ocorridos em um ano. • Observação de regularidade no uso de EPI's. • Informatização dos processos. • Limpeza do ambiente do trabalho. • Capacidade de diálogo no processo. • Poder de interromper o trabalho. • Tempo de permanência médio na cooperativa (rotatividade).

As informações para a realização do objetivo específico 6 (*Identificar o perfil dos trabalhadores que atuam dentro da cooperativa*) foram obtidas através de entrevistas realizadas diretamente com os cooperados. Já para o objetivo específico 7 (*Identificar quais parâmetros sociais e de comportamento então relacionados com o processo de organização do trabalho e na interação com a tecnologia*), além de entrevistas, foram utilizadas informações obtidas através da convivência com os membros da cooperativa no período de pesquisa, assim como descrito anteriormente, na Seção 3.2.3.

3.2.4 Dimensão Ambiental

A Tabela 3.4 apresenta os índices elaborados para cada um dos respectivos aspectos e objetivos específicos na Dimensão Social. Posteriormente será realizado o detalhamento da metodologia empregada para a obtenção de cada um dos índices apresentados.

Tabela 3.4: Aspectos e indicadores escolhidos para a análise dos objetivos específicos na Dimensão Ambiental.

DIMENSÃO AMBIENTAL			
<i>Objetivos específicos</i>	<i>Aspectos</i>	<i>Observações</i>	<i>Indicadores</i>
8. Quantificar o benefício ambiental que a cooperativa propicia através da reciclagem do material	L. Análise do RSU gerados e quantidade reciclada pela cooperativa	Relacionado com a Dimensão Econômica	<ul style="list-style-type: none"> Quantidade de RSU (coleta seletiva) reciclado pela cooperativa. Quantidade de RSU coletado na cidade.
	M. Economia da prefeitura com o não aterramento	Relacionado com a Dimensão Econômica	<ul style="list-style-type: none"> Preço (massa/ volume) para aterrar. Volume de produção.

Os indicadores listados na Tabela 3.4, assim como os anteriores já listados nas outras seções, foram obtidas através de diálogo e entrevista com os cooperados, observação da realidade da cooperativa e dados fornecidos pela prefeitura.

Capítulo 4

Resultados e Discussão

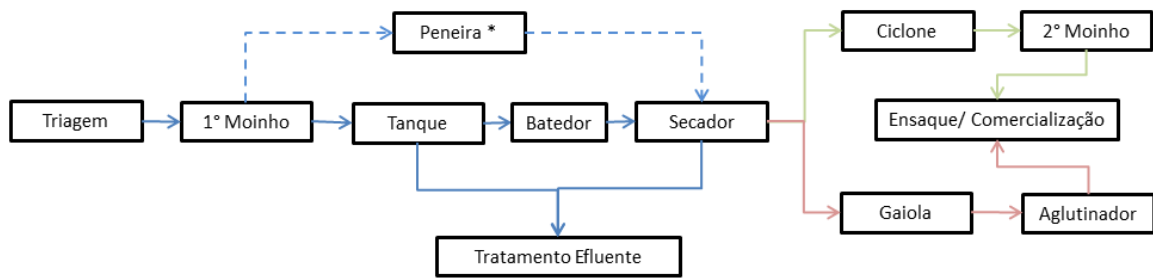
Este capítulo apresentará os Resultados e Discussão referentes aos pontos discutidos no Capítulo 3 - Materiais e Métodos. Será abordado cada uma das Aspectos que compõem um objetivo específico ou o próprio objetivo específico exatamente, caso ele não compreenda aspectos. Este capítulo foi separado seguindo a ordem dos objetivos específicos apresentados no Capítulo 1.

4.1 Descrição do processo da Tecnologia Social estudada

O processo de reciclagem mecânica dos plásticos pós-consumo pode ser realizado de várias maneiras e a sequência de equipamentos e operações unitárias utilizadas dependerá do tipo de resina plástica a ser processada. O processo realizado pela cooperativa constitui-se, basicamente, da moagem, limpeza¹, descontaminação², secagem e adensamento dos materiais que foram separados na parte de triagem. Os plásticos beneficiados pelo processo aqui descrito são aqueles que em sua maioria possuem densidade menor do que a da água. Materiais poliolefinicos mais densos, como é o caso do PET, a princípio, não podem ser reciclados mecanicamente nesta conformação. Os materiais beneficiados por esta TS são PP, PE e PS. A Figura 4.1 a seguir apresenta o fluxograma do processo estudado e a relação dos materiais processados.

¹ Para fins deste trabalho limpeza será a retirada de matéria orgânica presente no material plástico pós-consumo a ser processado

² Para fins deste trabalho descontaminação será a retirada de resinas plásticas que não às de interesse presentes após a triagem dos materiais. Essas outras resinas podem estar presentes devido à má separação por parte dos cooperados, bem como pela sua presença devido ao design do produto pós-consumo (por exemplo, o caso das garrafinhas PET que possuem tampa de PP e rótulo de PEBD)



Observações:

* Caminho alternativo para os materiais PP Aditivado e PS

Legenda:

- Rota comum à ambos os processos
- Rota dos Rígidos
- Rota dos Flexíveis

- Rota usual
- - - Rota alternativa

Materiais Flexíveis processados:

- ✓ PEBD Filme Transparente
- ✓ PEBD Filme Preto
- ✓ PS (Isopor e copos descartáveis)
- ✓ PP Filme colorido (Estralador)

Materiais Rígidos processados:

- ✓ PEAD Transparente
- ✓ PEAD Branco
- ✓ PP Aditivado
- ✓ PP Transparente
- ✓ PP Colorido
- ✓ Mistura I (resinas plásticas de constituídas principalmente de pigmento preto e outros)
- ✓ Mistura II (resinas plásticas constituídas principalmente de material advindo de tampinhas e conformações pequenas)

Figura 4.1: Fluxograma do processo estudado e relação dos materiais processados pela TS estudada.

Nota-se a partir da Figura 4.1 que existem duas classificações para os materiais processados: a dos materiais flexíveis e a dos materiais rígidos. Os materiais rígidos tratam-se de embalagens plásticas com conformação de sopro ou injeção e que apresentam uma forma definida. Os materiais flexíveis tratam-se de materiais constituídos de filmes plásticos, os quais têm formato maleável e que necessitam passar por um processo de adensamento no final do processo de reciclagem. O PS, apesar de se tratar de um material com conformação rígida, foi classificado nesse trabalho como parte dos materiais flexíveis processados por seu beneficiamento necessitar de aglutinação do material no final do processo.

É importante salientar que apesar da configuração do sistema ser para o beneficiamento de materiais menos densos do que a água, a cooperativa também beneficia alguns polímeros mais densos. São o PP Aditivado, que possui maior densidade devido à adição de cargas de reforço como fibra de vidro, ou de enchimento como talco em sua composição, e o PS. O PS reciclado pela cooperativa constitui-se, principalmente, de isopor e copos plásticos descartáveis. O isopor flutua devido a grande quantidade de ar adicionado no processo de conformação. Já os copos descartáveis afundam. Sendo assim, a cooperativa vende esses dois materiais juntos, por se tratarem da mesma resina.

Para que o material, tanto o PP aditivado quanto o PS, não afunde no tanque e este possa ser processado, eles utilizam uma peneira na saída do 1º moinho. Com isso recolhe-se o material moído e transportam-no manualmente até o secador, sem passar pelo tanque. A limpeza desses materiais acaba sendo, exclusivamente, através da água que passa pelo 1º moinho e através do processo de secagem por centrifugação.

A seguir apresenta-se a descrição de todas as etapas do processo.

4.1.1 Triagem

A matéria-prima recebida pela cooperativa vem da coleta seletiva (resíduo pós-consumo segregado na origem). Por tratar-se de material advindo desse tipo de fonte, ocorre uma pré-seleção por parte do consumidor em suas residências. Essa segregação entre resíduos secos e orgânicos influencia, diretamente, na qualidade do produto final e nas outras etapas do processo. Resíduos sólidos com grande quantidade de matéria orgânica dificultam os próximos passos no processo de separação e podem resultar em um produto beneficiado com menor qualidade.

O material recebido é despejado pelo caminhão de coleta em local próprio dentro do centro de triagem. Esse local é mais elevado e possui uma porta lateral que dá acesso à esteira onde são realizadas as próximas etapas de separação. Nessa primeira etapa alguns materiais são identificados e já separados. Geralmente trata-se de materiais que possuem um design de fácil identificação do material constituinte ou que possuem grandes dimensões. Tais como vidros, garrafas PET, metais e papelão.

Após, o material, em sua maioria acondicionada dentro de sacos plásticos, é transportado manualmente até o início da esteira. A esteira possui oito metros de comprimento. Na esteira os trabalhadores ficam posicionados em pé nos dois lados do equipamento e fazem o processo de triagem manual do material. A Figura 4.2 apresenta um esquema simplificado do método de separação adotado.

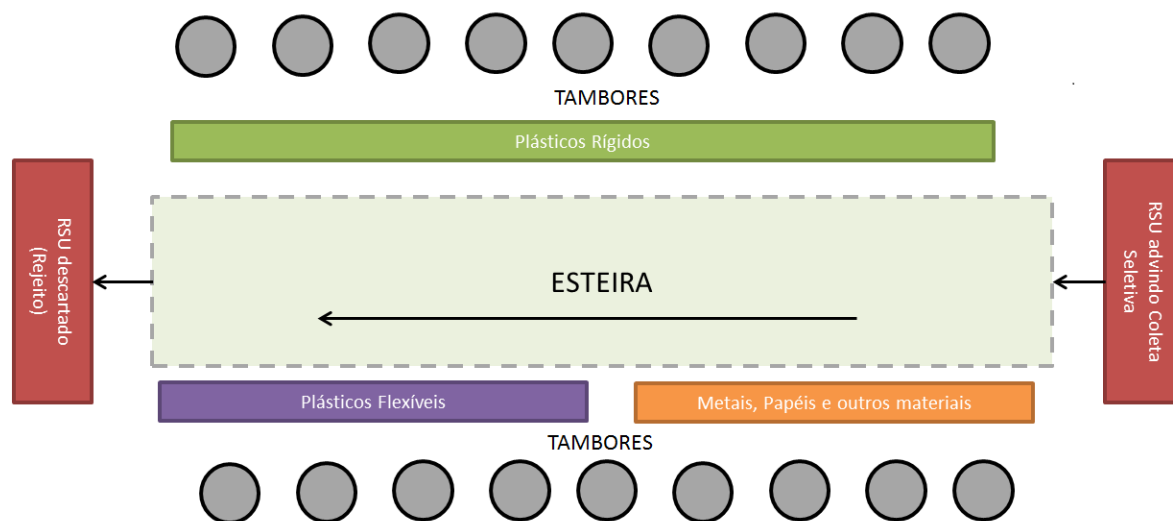


Figura 4.2: Esquema simplificado do método de separação adotado na esteira

Para melhor entendimento do processo de triagem que ocorre na esteira, foi realizado um esquema simplificado da forma de separação por setores, como pode ser visto na Figura 4.2. Os cooperados posicionados em cada um dos setores são responsáveis por separar e

classificar cada um dos materiais recebidos de acordo com as categorias mostradas. Isso mostra uma divisão do trabalho, facilitando a segregação e permitindo uma melhor qualidade do processo de triagem. Seria mais complexo e menos eficiente caso todos fossem responsáveis por separar tudo em todas as categorias.

A classificação é realizada principalmente por identificação da classe de material³, design do produto⁴ e identificação da matéria constituinte⁵.

No setor aqui denominado “Metais, Papéis e outros materiais” os cooperados posicionados procuram classificar os materiais que não são plásticos. Procuram também abrir os sacos plásticos de acondicionamento, esvaziando-os e colocando-os na esteira. Os materiais identificados que pertencem a outras categorias são lançados manualmente para o setor respectivo. E os materiais classificados são acondicionados em tambores de 200L localizados em ambos os lados da esteira, atrás dos cooperados, conforme mostrado na Figura 4.2.

No setor de “Plásticos Rígidos” são classificados todos os materiais constituídos de resinas plásticas. Tanto os que posteriormente serão beneficiados pela TS quanto outros (como por exemplo, o PET).

Esta não é uma setorização estática e rígida. Por exemplo, caso haja material metálico no final da esteira esse é classificado, apesar de neste ponto o interesse maior de separação seja pela classificação dos plásticos. É importante salientar que nesta etapa do processo uma segregação de qualidade (sem grande quantidade de resíduos orgânicos) da matéria-prima na origem (residência do consumidor) seja a que causa maior impacto. Foi observado que quanto maior a quantidade de material que deveria estar classificado para a coleta regular (como papéis higiênicos usados, restos de comida) misturado ao da coleta seletiva maiores são as chances de muitos materiais potencialmente recicláveis não serem triados e acabarem indo para o rejeito.

O rejeito trata-se de todos os materiais (orgânico e inorgânico) que não podem ser reciclados pela cooperativa ou para os quais não se encontram compradores. Relatos feitos pelos cooperados mostram que, anteriormente, as sacolinhas plásticas de supermercado também eram recicladas, porém a partir de certo momento não foi encontrado mais comprador para esse produto. Com isso a cooperativa parou de separar esse material e este passou a ser destinado para o rejeito. Em contrapartida, alguns materiais que não são vendidos

³ Entende-se por classe de material os diferentes tipos de matéria que constitui o resíduo, ou seja, plástico, metais, papel, vidro...

⁴ Design de produto é a forma que possui o resíduo sólido. Se rígido ou flexível, se possui ou não pigmentos...

⁵ Identificação da matéria constituinte refere-se ao tipo de matéria específica a que o item pertence. Por exemplo: PET, PVC, papelão, alumínio, etc... A classificação por esse pode identificação geralmente se dá através das propriedades mecânicas do material (material magnético, opacidade, rigidez...)

pela cooperativa, são separados por eles, como é o caso de pneus, lâmpadas fluorescentes e pilhas e baterias. Isso demonstra a conscientização ambiental presente no empreendimento.

Após essa primeira triagem, os materiais metálicos, papéis e outros são transportados dos tambores para às prensas, onde são prensados, enfardados e colocados no estoque para posterior comercialização. Os plásticos rígidos que passarão pelo processo de reciclagem mecânica são transportados para lugares pré-definidos, as baias, onde são acumulados até que se tenha um volume adequado para a realização do beneficiamento.

Os plásticos flexíveis passam por mais duas separações, realizadas em mesas por outros cooperados. Os plásticos flexíveis que contem grande quantidade de sujeira vão para uma separação onde são separados em três categorias, os transparentes (constituídos de PEBD), os coloridos de resina PEBD/PELBD e os coloridos PP. Os plásticos flexíveis limpos são separados em outra mesa, também nas três categorias citadas acima. Nestas mesas de trabalho é retirado manualmente todo o tipo de adesivo que possa estar presente, tal como papéis adesivos com preço de compra, ou impressões coloridas nas embalagens transparentes que não constituam grande parte da área da embalagem. Pode ocorrer também, de serem encontrados plásticos flexíveis considerados sujos. Quando isso ocorre, estes são classificados pelo tipo de resina e colocados junto com os plásticos flexíveis sujos.

Depois de triados, os plásticos embalados são acondicionados em grandes sacos plásticos (fardos) e guardados em lugares pré-estabelecidos na cooperativa até atingir um grande volume para ser realizado o beneficiamento. As exceções encontradas são, o PS (por se tratar de material rígido, mas ser processado como flexível) e o PP flexível, que são prensados, ao invés de acondicionados em fardos plásticos.

A Figura 4.3 é apresenta o processo de triagem para os diferentes tipos de plásticos beneficiados.

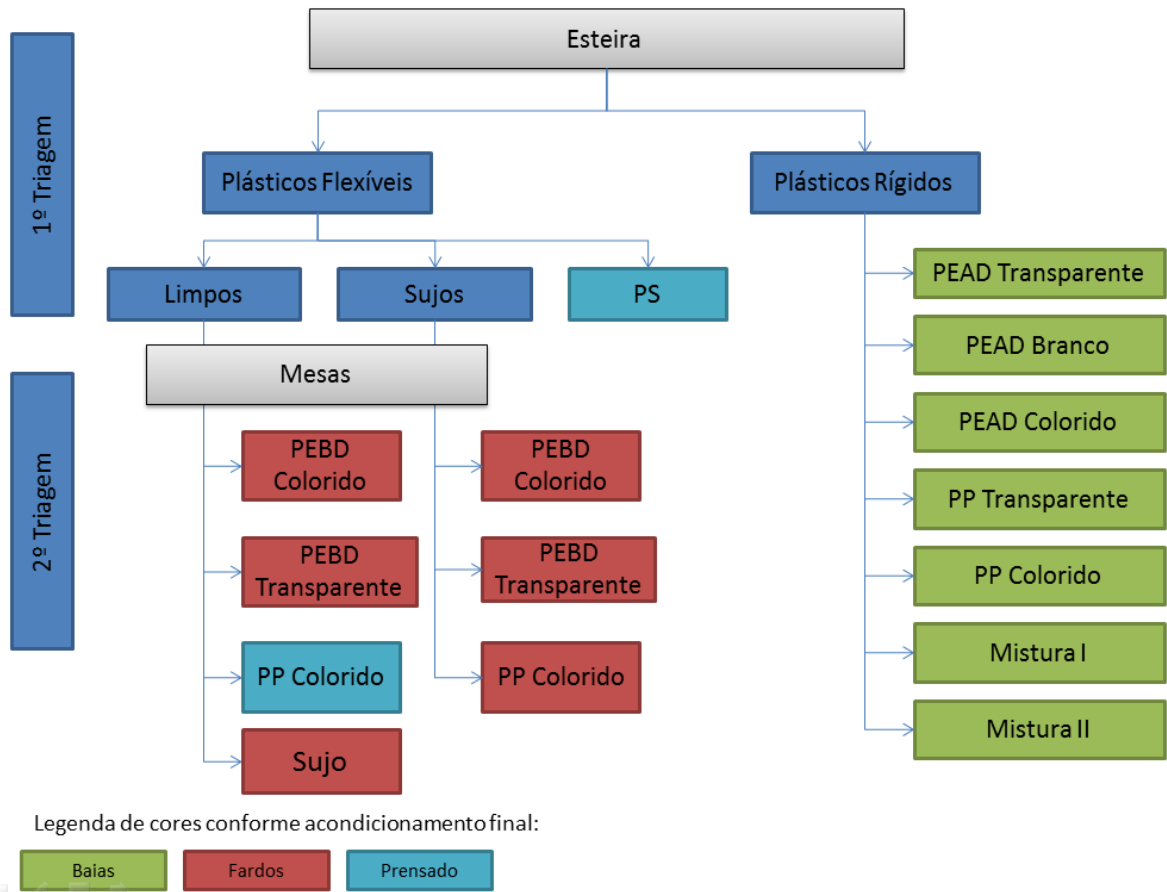


Figura 4.3: Representação esquemática do processo de triagem realizado pela cooperativa.

Na Tabela 4.1 é apresentado um resumo dos plásticos beneficiados pela cooperativa, o nome utilizado por eles para cada uma das categorias e exemplos das embalagens encontradas com maior frequência.

Tabela 4.1: Classificação dos plásticos comercializados pela Cooperativa de Dois Irmãos

<i>Nomenclatura utilizada na cooperativa</i>	<i>Tipo de Resina</i>	<i>Design mais comum encontrado</i>
RÌGIDOS		
"Garrafinhas"	PEAD transparente	Frascos de detergente e amaciante
"Leitoso"	PEAD Branco	Frascos de detergente e amaciante, produtos de limpeza
"Cadeira"	PP aditivado	Baldes, cadeiras, pote de sorvete
"Verde"	PEAD colorido	Frascos de produto de limpeza, shampoo, álcool
"Copinho"	PP transparente	Copos plásticos, frascos de doce de leite
"Margarina"	PP colorido	Potes de margarina, bacias, baldes, brinquedos
"Preto"	Mistura de vários tipos de resina (Mistura I)	Todo o tipo de material que possua o pigmento preto. E materiais onde é difícil retirar da tampa (frascos de catchup, maionese)
"Tampinha"	Mistura de vários tipos de resina (Mistura II)	Tampas de frascos e garrafas
FLEXÌVEIS		
"Filme Transparente"	PEBD/PELBD sem pigmento	sacos de alimentos secos
"Filme Preto"	PEBD/PELBD com pigmento	sacos de alimentos como arroz, leite, feijão
"Estralador"	PP Colorido	sacos de salgadinho
"PS"	PS	isopor e copos descartáveis,

Com a triagem realizada o beneficiamento dos plásticos é realizado como segue:: os materiais flexíveis são processados em bateladas separadas, sendo processada cada uma das resinas (PEBD, PP, PS) em momentos diferentes e sem reutilização de água no processo; os materiais rígidos são todos processados em uma única e grande batelada, onde cada uma das resinas é processada, sequencialmente, sem a troca de água do tanque e durante um período contínuo de tempo. A sequência realizada para os materiais rígidos é a mesa que se encontra ilustrada na Tabela 4.1, ou seja, primeiro o PEAD Transparente, depois o PEAD branco e assim sucessivamente até chegar a última composição denominada Mistura II.

A escolha da sequência de resinas a serem processadas para o caso dos rígidos não é aleatória. Os plásticos sem pigmentação (transparente ou branco) são sempre processados antes dos materiais com pigmentação (coloridos), para o caso de se sobrar algum material no

processo, este não interferir na qualidade do produto final. O PEAD sempre é processado antes do PP, pois aquele é constituído principalmente por embalagens de detergente e material de limpeza, enquanto que o PP é constituído principalmente por embalagens de alimentos. Assim, o detergente presente no tanque através da limpeza das embalagens de PEAD auxilia na limpeza das embalagens de PP que possuem uma presença maior de matéria orgânica.

4.1.2 Moagem

A moagem do material é realizada por um moinho de facas. O primeiro moinho de facas do processo tem por função moer o material em uma granulometria de aproximadamente 40 mm de espessura. O carregamento do equipamento é feito de forma manual pelo cooperado, na parte superior do equipamento. Os materiais rígidos, por se encontrarem em baias, são recolhidos desses espaços com o auxílio de tambores de 200 L. De forma manual o cooperado enche esses tambores com o material desejado e o ergue até uma outra plataforma, onde um outro cooperado que está operando o carregamento do moinho o levanta e despeja o material em uma pequena plataforma que está fixada na boca do moinho, realizando assim a alimentação do mesmo. Para os flexíveis não é necessário o uso de tambores, já que o material plástico está acondicionado em grandes fardos. Esses fardos são também levantados até a plataforma e o material vai sendo despejado conforme se percebe necessidade. A Figura 4.4 apresenta como é realizado o carregamento. No canto esquerdo dessa figura também pode-se observar como ficam acondicionados os plásticos flexíveis



Figura 4.4: Alimentação manual do moinho de facas.

O material rígido ao entrar no moinho se desloca por gravidade para dentro da câmara de moagem. Para os plásticos flexíveis é necessário a utilização de um cabo de madeira para auxiliar nesse deslocamento. A moagem ocorre pela passagem do material pelas facas móveis do rotor e as facas fixas da carcaça, ocorrendo quebra do mesmo através de cisalhamento e

impacto. A granulometria final é imposta pelo diâmetro da peneira localizada na parte inferior.

Acoplada a este primeiro moinho encontra-se uma tubulação de água que auxilia na limpeza do material e evita que haja superaquecimento do equipamento por causa do atrito. Essa tubulação capta água do tanque, com o auxílio de uma bomba e joga água para dentro do moinho, saindo na parte inferior do mesmo e desaguando no tanque, juntamente, com o material plástico processado. O aumento da temperatura dentro da câmara de moagem poderia acarretar na adesão de pequenos grãos de contaminantes (areia ou metais, por exemplo) na superfície do plástico. Além disso, os plásticos ao sofrerem aquecimento diminuem sua capacidade de romper através do mecanismo de fratura frágil.

Existe ao longo do processo, conforme representado na Figura 4.1, um segundo moinho. O funcionamento deste será relatado posteriormente.

4.1.3 Tanque de Lavagem

O tanque do processo tem por função a descontaminação e limpeza do material beneficiado. Suas dimensões internas são quatro metros de comprimento, um metro de profundidade e um metro de largura. O material moído cai no tanque de lavagem e é transportado ao longo dele através do fluxo de água contínuo que sai do primeiro moinho, dos batedores e roda transportadora acoplados ao longo do mesmo. Esses dois fenômenos promovem turbulência no tanque, auxiliando na limpeza do material. A limpeza do material também pode ser auxiliada através da presença de detergentes ou outros surfactantes presentes no tanque, conforme relatado na seção anterior para o caso da batelada de rígidos, como a sequência de PEAD antes do PP. Já a descontaminação se dá através da diferença de densidade dos materiais. Caso no processo de triagem alguma outra resina plástica tenha sido separada indevidamente e colocada junto com o material de interesse, esses materiais que são mais densos, devido ao comprimento do tanque e à turbulência irão se deslocar para o fundo. Os materiais de interesse por serem menos densos sobrenadarão e serão recolhidos pela roda transportadora e levados para o secador, como mostra a Figura 4.5.



Figura 4.5: Tanque do processo de reciclagem mecânica. À direita encontra-se o primeiro moinho e à esquerda o batedor.

4.1.4 Batedor e Roda Transportadora

O Batedor tem por função aumentar a turbulência da água do tanque aumentando assim a limpeza e descontaminação do material processado. Tem por função também auxiliar no transporte de material até a roda transportadora. A roda transportadora tem por função o recolhimento do material de interesse do tanque e o seu transporte até o secador. Ambos os equipamentos estão fixados na parte superior do tanque de forma a terem contato apenas com a camada mais superficial de água e assim recolher somente o material sobrenadante e evitar turbulência na parte inferior do tanque. A Figura 4.6 apresenta esse equipamento.



Figura 4.6: Batedor (esquerda) e roda transportadora (direita) do processo.

4.1.5 Peneira

A peneira é um recurso utilizado pela cooperativa para o beneficiamento de materiais que são mais densos do que a água e que, portanto, afundariam no tanque caso fossem beneficiados da mesma forma. Os materiais que ficam retidos na peneira são PP aditivado (rígido) e o PS (flexível). Os cooperados colocam uma peneira na saída do primeiro moinho e recolhem o material que cai deste equipamento, colocando-o em tambores. Outro cooperado recolhe esses tambores contendo material de interesse e despeja esse material no secador. Esses materiais, portanto, passam apenas pela lavagem promovida pelo fluxo de água presente no primeiro moinho. A Figura 4.7 apresenta o recolhimento do material na peneira e o seu posterior descarregamento no secador.



Figura 4.7: (A) Recolhimento do material saído do moinho pela peneira, (B) Vista geral do transporte da peneira para os tambores e (C) Descarregamento do material no secador.

4.1.6 Secagem

A secagem é realizada através de um secador centrífugo. O secador está colocado diagonalmente e o material cai na ponta mais baixa do mesmo. O equipamento possui um eixo central tipo espinha de peixe concêntrico a um tubo de aço galvanizado e perfurado. As aletas que fazem parte do eixo, através de força centrífuga e de arraste, promovem a secagem do material e o transporte até o topo do mesmo. Por ser perfurado, durante o processo de secagem, parte da água é retirada e parte do material orgânico (principalmente celulose) presente também acaba sendo expulso do equipamento. Sendo assim, o equipamento serve também como uma fase de descontaminação e limpeza do plástico processado. Porém, pode haver perda de material de interesse, se a granulometria for menor do que as aberturas do secador. O material que é removido pelo secador é acumulado ao redor deste e depois recolhido e levado para rejeito. A água expulsa no processo de secagem é conduzida por uma tubulação até a etapa de tratamento o efluente. A Figura 4.8 apresenta o secador do processo.



Figura 4.8: Secador do processo.

A partir dessa etapa, duas rotas são possíveis. A rota dos rígidos que passam por uma segunda moagem e a rota dos flexíveis que passam pelo adensamento do material. Para o transporte do material do secador para o local de destino é utilizado uma bomba pneumática. O material pode ser alocado então para o segundo moinho, no caso dos rígidos e para a gaiola, no caso dos flexíveis.

4.1.7 Segundo moinho de facas

Esse equipamento é a última etapa do beneficiamento dos plásticos rígidos. Este segundo moinho opera de forma similar ao primeiro. A diferença é que esse não possui lavagem. Este moinho tem por finalidade uma segunda moagem do material depois de seco com o objetivo de atingir a granulometria necessária para a comercialização. A peneira desse moinho tem diâmetro de 11 mm. A cominuição até essa granulometria não é realizada pelo primeiro moinho para evitar maiores perdas do material de interesse durante o processo. Caso assim fosse, provavelmente, as perdas no tanque, devido a arraste e no secador do material de interesse, seriam maiores. Além disso, ao entrar no primeiro moinho o material vindo da triagem pode possuir diversos contaminantes como metais, papel e outros materiais não plásticos, ao estipular uma granulometria maior, estes contaminantes passam diretamente pelas peneiras, diminuindo a manutenção das facas.

O material moído é coletado em uma caixa e posteriormente, ou ao final da produção respectiva, esse material é coletado, com o auxílio de um balde e colocado em sacos de rafia para posterior ensaque. A Figura 4.9 apresenta uma foto do segundo moinho de facas utilizado na cooperativa.



Figura4.9: Segundo moinho de facas do processo

4.1.8 Gaiola

Este equipamento é o primeiro local após a saída do secador para os materiais flexíveis. Ele serve como um grande tanque pulmão onde são armazenados os plásticos que passaram pelo secador para, posteriormente, serem recolhidos e aglutinados.

4.1.9 Aglutinador

A aglutinação dos materiais plásticos flexíveis tem como objetivo o adensamento destes materiais, ou seja, adquirir uma densidade aparente maior para que haja um melhor escoamento gravitacional no funil de alimentação da extrusora para a sua posterior transformação. O material é despejado manualmente no equipamento sendo parte dele composto de material advindo do processo (sujo) e outra parte do material que não passa pela lavagem (limpo). Essa divisão foi previamente realizada na etapa de triagem conforme mostrado na seção anterior.

O aglutinador é constituído de facas giratórias que promovem o aquecimento do material e fazem com que haja a formação de massa plástica. Ao longo desse processo é colocado água para que essa massa formada se quebre e forme grumos, ao invés de uma

grande massa plástica contínua. O formato final do material fica no formato de pequenos grãos.

É importante salientar aqui que o material plástico flexível somente passa pelo processo de moagem, lavagem e secagem anteriormente citados para a retirada de sujeira presente. Se o material advindo da coleta seletiva fosse higienizado e limpo, esse material poderia ser diretamente adensado.

A estratégia de misturar em uma mesma batelada de adensamento plástico seco (limpo) e plástico molhado (sujo) faz com que o tempo de adensamento do material no aglutinador seja menor, já que com uma menor quantidade de umidade, o adensamento do material é mais rápido. A Figura 4.10 apresenta o adensamento do PS.



Figura 4.10: Aglutinador em funcionamento para o adensamento do PS.

4.1.10 Ensaque e Comercialização

Após a realização da segunda moagem para os rígidos e do adensamento para os materiais flexíveis, os mesmos são colocados manualmente em sacos de rafia com capacidade de aproximadamente 25 kg/saco e estocados. Esses materiais ficam alocados nesse espaço até a sua comercialização que ocorre geralmente uma vez por mês.

4.1.11 Tratamento de Efluentes

O tratamento de efluentes do processo consiste no tratamento primário do efluente gerado. As fontes do efluente advêm do tanque e do processo de secagem. A água contaminada com matéria orgânica e outros materiais que são arrastados são através de

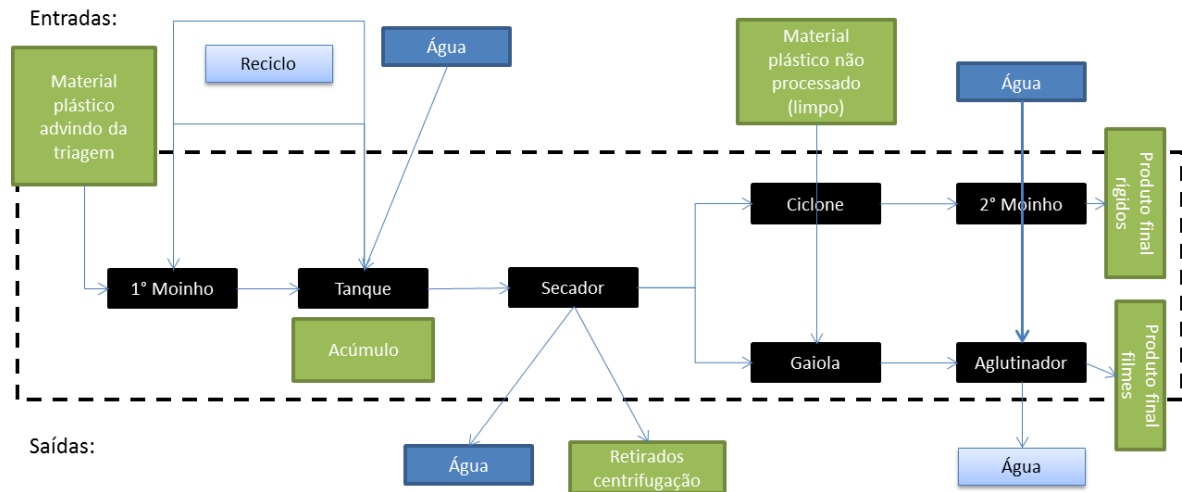
tubulações e por gravidade até o pavimento inferior da cooperativa, onde é realizado o tratamento.

O tratamento é composto de um primeiro gradeamento para a retirada dos sólidos mais grosseiros presentes. Essa grade trata-se de um saco de rafia colocada no final da tubulação e suspenso em cima do primeiro tanque de decantação. Após passar por esse gradeamento o efluente escoar por três tanques de decantação para que as outras partículas presentes decantem e o efluente final não possua a presença de sólidos. As conexões entre os decantadores também possuem sacos de rafia acoplados para que haja mais uma etapa de retenção de sólidos.

Como a cooperativa está localizada em cima de um aterro desativado, o efluente que passa por esse tratamento primário é canalizado para a lagoa de tratamento do chorume do próprio aterro, não sendo necessário que os cooperados realizem o tratamento químico e biológico do mesmo. A única responsabilidade da cooperativa quanto ao tratamento, além de manter uma boa retenção dos sólidos é de limpeza desses tanques de decantação e a retirada e limpeza dos sacos de rafia, dando uma destinação do lodo formado para o rejeito da cooperativa. Esse rejeito, é encaminhado para aterramento na cidade de Minas do Leão.

4.2 Caracterização da TS em seus aspectos tecnológicos

Para facilitar a compreensão dos dados e análises discutidos nesta seção, a Figura 4.12 apresenta um esquema com os principais aspectos avaliados no balanço material global da TS estudada. As caixas em verde presentes na Figura 4.11 representam onde se encontram os plásticos de interesse e em azul, a água. As entradas estão colocadas na parte superior da caixa de linha pontilhada e indicadas por flechas, e as saídas na parte inferior e na lateral direita. Para melhor entendimento são apresentados também quais os elementos estão presentes nas principais entradas e saídas.



Observações:

- **Material de entrada:** Material plástico de interesse + umidade + matéria orgânica + contaminantes + outros materiais
- **Acúmulo:** água + outros materiais + matéria orgânica + contaminantes
- **Retirados centrifugação:** matéria orgânica + água (absorvida pela matéria orgânica) + material plástico de interesse + contaminantes + outros materiais
- **Produto Final rígidos:** material plástico de interesse + umidade + matéria orgânica + contaminantes
- **Produto final filmes:** material plástico de interesse + matéria orgânica + contaminante (todos fundidos)

Figura 4.11: Aspectos avaliados no balanço material global da TS estudada.

4.2.1 Identificação das perdas do processo

Para a realização da identificação das perdas do processo foi realizado o balanço de massa do sistema, primeiramente foi realizado a pesagem da massa que entra (material plástico advindo da triagem) e a massa que sai (produto final) do sistema depois que o material é beneficiado. Estes foram realizados para as duas rotas, a rota dos plásticos rígidos e a rota dos plásticos flexíveis⁶. Os dois insumos principais que entram no sistema são plástico de interesse (PP e PE) e água. Os plásticos de interesse possuem alguns contaminantes e sujidades presentes, devido à origem do produto (domiciliar), à separação incorreta na triagem, ao design da embalagem (se contem rótulos, ou tampas de outros materiais, etc..). Os outros elementos presentes foram denominados como: matéria orgânica, contaminantes e outros materiais⁷.

Para o cálculo inicial do balanço global foi utilizado a seguinte equação para as duas rotas:

$$ME_i - MS_i = MP_i \quad (4.1)$$

⁶ Para estes foram realizadas coletas somente para os flexíveis transparentes (PEBD sem pigmento) e os flexíveis coloridos (PEBD com pigmento).

⁷ Contaminantes são todas as outras resinas plásticas que podem ser encontradas no sistema (PET, PVC, PS, e outras resinas advindas de rótulos) e outros materiais são substâncias não plásticas que podem estar presente tais como metal, vidro, tecido, etc.. Matéria orgânica é constituída de restos de alimento e material celulósico, como definido no Capítulo 2.

onde, ME é a massa de material plástico advindo da triagem que entra no sistema (kg), MS é a massa de material que sai do sistema (kg), MP é a massa perdida ou acumulada dentro do sistema (kg) e *i* o índice referente ao tipo de material processado.

A rota dos materiais rígidos é constituída por oito tipos de classificações de plásticos diferentes realizadas, sequencialmente, em uma única batelada (já que a água é reutilizada). Sendo assim, calculou-se primeiramente a massa perdida (MP) para cada um dos plásticos processados presentes para cada uma das quatro bateladas. Já a rota dos materiais flexíveis é constituída de duas classificações e realizada em bateladas separadas.

Os resultados encontrados para a diferença da entrada de matéria-prima e para a saída para a rota de plásticos rígidos são apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Tabela com os valores de entrada e saída por tipo de resina estudada para a rota dos plásticos rígidos.

<i>Tipo de material (i)</i>	<i>ME_i (kg)</i>	<i>MS_i (kg)</i>	<i>MP_i (kg)</i>	<i>MP_i/ME_i (%)</i>
Batelada Rígidos I				
PEAD Transparente	369,72	343,13	26,59	7,19%
PEAD Branco	173,03	137,18	35,85	20,72%
PP aditivado	160,37	149,38	10,99	6,85%
PEAD Verde	701,44	604,25	97,19	13,86%
PP Transparente	319,64	235,13	84,51	26,44%
PP Colorido	528,29	425,33	102,96	19,49%
Mistura I	299,33	255,43	43,90	14,67%
Mistura II	183,98	162,40	21,58	11,73%
Batelada Rígidos II				
PEAD Transparente	-	-	-	-
PEAD Branco	132,59	118,29	14,30	10,79%
PP aditivado	158,29	139,30	18,99	12,00%
PEAD Verde	650,04	593,40	56,64	8,71%
PP Transparente	338,38	218,30	120,08	35,49%
PP Colorido	569,97	393,28	176,69	31,00%
Mistura I	310,04	268,81	41,23	13,30%
Mistura II	185,21	170,63	14,58	7,87%
Batelada Rígidos III				
PEAD Transparente	463,08	359,93	103,15	22,27%
PEAD Branco	148,39	119,43	28,96	19,52%
PP aditivado	226,61	164,01	62,60	27,62%
PEAD Verde	750,56	653,91	96,65	12,88%
PP Transparente	360,80	256,91	103,89	28,79%
PP Colorido	750,04	536,98	213,06	28,41%
Mistura I	495,80	335,39	160,41	32,35%
Mistura II	201,90	182,88	19,02	9,42%
Batelada Rígidos IV				
PEAD Transparente	374,99	302,83	72,16	19,24%
PEAD Branco	132,35	109,39	22,96	17,35%
PP aditivado	213,19	172,25	40,94	19,20%
PEAD Verde	716,01	584,36	131,65	18,39%
PP Transparente	382,65	262,74	119,91	31,34%
PP Colorido	616,77	463,40	153,37	24,87%
Mistura I	357,58	277,80	79,78	22,31%
Mistura II	196,91	179,44	17,47	8,87%

Na coluna ME_i estão colocados os quilos de material que entram no moinho no início do processo. Deve-se ressaltar que estas massas compreendem o material que é separado na

etapa de triagem e estão contaminados com material orgânico, além de outros materiais presentes nas embalagens (tais como rótulos, tampas) e umidade. Não se sabe qual a porcentagem desses contaminantes na entrada do processo. Sendo assim, ao analisar a coluna MPi deve-se levar em consideração que essas massas constituem-se principalmente de dois itens: matéria orgânica e diferentes tipos de plásticos.

Levando em consideração que, no acompanhamento do processo, poucas perdas de material plástico foram observadas, pode-se afirmar que a maior parte das perdas apresentadas na Tabela 4.2 constitui-se de matéria orgânica, que fica retida no fundo do tanque ou que é retirado pelo secador. Suporte adicional para esta hipótese está no fato que materiais como o PP colorido e o PP transparente, que são constituídos principalmente de potes de margarina e de doce de leite, apresentam uma maior quantidade de massa acumulada no sistema. Isso se deve ao fato desses materiais virem com muito produto (matéria orgânica) dentro deles, tendo assim um valor de MR maior.

Outro aspecto a ser ressaltado é que as resinas PEAD colorido e PP colorido constituem a maior parte em massa do material reciclado, sendo responsáveis juntos por quase metade do material beneficiado.

Para a rota dos materiais flexíveis, os resultados são apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Tabela com os valores de entrada e saída por tipo de resina estudada para a rota dos plásticos flexíveis.

<i>Batelada</i>	<i>ME (kg)</i>	<i>MS (kg)</i>	<i>MP (kg)</i>	<i>MP/ME (%)</i>
Flexíveis – Transparente				
I	1558,04	1379,39	178,65	11,47%
II	1530,24	1325,00	205,24	13,41%
III	1192,07	1035,58	156,49	13,13%
Flexíveis – Colorido				
I	886,14	641,00	245,14	27,66%
II	1183,20	896,00	287,20	24,27%
III	1316,36	1033,00	283,36	21,53%
IV	1957,55	1489,00	468,55	23,94%

Analisando os resultados apresentados na Tabela 4.3 percebe-se que a massa perdida no processo é praticamente constante para os flexíveis, sendo em torno de 13,5 % para o transparente e em torno de 25% para o colorido. As amostras foram coletadas durante diferentes períodos do ano e esperava-se que as porcentagens fossem distintas uma das outras. Uma das explicações para isso pode ser atribuído ao grande número de separações que são realizadas para esse tipo de material durante o processo de triagem. Percebe-se que há um cuidado para que a menor quantidade possível de matéria orgânica e contaminante esteja presente quando o material é destinado para a etapa de beneficiamento.

Comparando os resultados obtidos entre os plásticos flexíveis, também se observa que o material colorido apresenta uma quantidade maior de massa perdida. Esse resultado também era esperado, considerando que os plásticos flexíveis coloridos são constituídos principalmente de embalagens para produtos alimentícios, enquanto que o plástico transparente tem como um de seus fins embalagens para produtos não alimentícios e para produtos alimentícios não perecíveis (os quais deixam poucos resíduos por escoarem bem durante a desembalagem).

Adicionalmente, a análise realizada indicou que o material quantificado como perda de massa é corresponde a soma da quantidade de material realmente perdido (considerando as fronteiras delimitadas pelos equipamentos) com aquele que se acumula no interior do sistema. Identificaram-se cinco pontos onde isso ocorre: no tanque do processo, fora do secador, dentro do secador, na tubulação e no 2º moinho. Estas são descritas mais detalhadamente a seguir:

- Perdas no tanque: material orgânico e inorgânico que fica retido no tanque do processo. São constituídas principalmente de água (retido pela matéria orgânica), matéria orgânica e material inorgânico em geral (plástico, metal, etc.)
- Perdas dentro do secador: parcela do material que, após ser retirado do tanque pela roda transportadora, ao cair no secador fica retido dentro do mesmo. As pás rotativas, por estarem desgastadas não conseguem transportar o material através de arraste, ocasionando esse tipo de perda.
- Perdas fora do secador: material eliminado através de seus orifícios, contendo principalmente água, matéria orgânica (que em sua maioria está diluído na água) e finos do plástico que está sendo beneficiado. Parte dessa massa, que não está dispersa na água acaba se acumulando nas paredes exteriores e no chão abaixo do secador. Essa massa forma um resíduo de aspecto úmido e firme. Nota-se a presença acentuada de celulose.
- Perdas na tubulação: material que fica acumulado na tubulação que transporta o plástico beneficiado do secador para o ciclone ou para a gaiola, devido a pontos de estagnação e por adesão eletrostática dos finos às paredes internas durante o transporte pneumático.
- Perdas do 2º moinho: material acumulado no transporte do 2º moinho para o ciclone. E entre o 2º moinho e a caixa final, onde cai o plástico moído pelo mesmo (somente para os plásticos rígidos). Isto ocorre principalmente porque estas etapas do processo não ocorrem sob condições herméticas.

4.2.2 Adequação da sequência de equipamentos/processo utilizado

Analisado o processo de forma global, torna-se necessário averiguar outro insumo importante nesse processo: a água.

Para a batelada de plásticos rígidos, faz-se necessário ver o consumo global de toda a batelada, sem considerar os diferentes tipos de plásticos que serão processados, já que ocorre somente a reposição da mesma. Os dados de consumo para cada uma das bateladas beneficiadas para os plásticos rígidos são apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Consumo de água para os plásticos rígidos.

<i>Batelada</i>	<i>Quantidade de água utilizada (L)</i>	<i>Quantidade de material de entrada (kg)</i>	<i>Água/ Material de entrada (L/kg)</i>
I	4440	2735,80	1,62
II	4440	2344,52	1,89
III	4640	3397,19	1,37
IV	4440	2990,45	1,48

A quantidade de material plástico que entra no processo (e não a de produto final) foi utilizada como referência para análise do consumo de água, pois entende-se que a água, por ter como função a lavagem, é dependente da quantidade de sujidade presente na entrada do processo.

Sabendo que o volume do tanque é de aproximadamente 3440 L, conclui-se que a quantidade de água consumida fica condicionada em maior parte, às dimensões do tanque. Para que a limpeza do material seja mais eficiente é necessário que o tanque apresente um comprimento que permita que os plásticos possam separar-se por diferença de densidade e que durante o processo de arraste, devido à turbulência, parte dos contaminantes dispersem-se ou permaneçam suspensos na água, limpando assim o plástico beneficiado. Isso explica o porquê de o item ‘Água/ Material de entrada’ da Batelada II ter sido maior em comparação com as outras bateladas, apesar de apresentar uma quantidade menor de plástico sendo processado.

Para os plásticos flexíveis a água é consumida em duas etapas do processo: no tanque e no aglutinador. Sendo assim, é necessário apresentar esse consumo de forma a englobar essas duas etapas separadamente. A partir dessas considerações torna-se possível fazer o balanço mássico global incluindo a água utilizada. Foi utilizada a seguinte equação para os plásticos flexíveis:

$$Me_{sujo} + MA_{tanque} + Me_{limpo} + MA_{aglu} - MS = MP_{filmes} \quad (4.2)$$

Onde, Me_{sujo} é a massa de material plástico advindo da triagem com grande quantidade de matéria orgânica que entra no sistema (kg), MA_{tanque} é a massa de água que entra no sistema e consumida no processo de lavagem (L), Me_{limpo} é a massa de material plástico advindo da triagem sem presença de sujidade que entra no sistema (kg), MA_{aglu} é a massa de água que entra no sistema e consumida no processo de adensamento (L), MS é a massa de produto final (kg), $MP_{flexíveis}$ é a massa resultante acumulada ou perdida pelo sistema (kg).

Os dados referentes ao consumo de água para os plásticos flexíveis são representados nas Tabela 4.5 e Tabela 4.6.

Tabela 4.5: Consumo de água para os plásticos flexíveis

<i>Batelada</i>	<i>MA_{tanque}</i> (L)	<i>Me_{sujo}</i> (kg)	<i>MA_{aglu}</i> (L)	<i>Me_{limpo}</i> (kg)	<i>Água total</i> (<i>MA_{tanque}</i> + <i>A_{aglu}</i>) (L)	<i>MS</i> (kg)	<i>MP_{flexíveis}</i> (kg)
Transparente							
I	-	1028,20	-	529,84	10174,70	1379,39	178,65
II	9900,00	872,31	120,00	657,93	10020,00	1325,00	205,24
III	7794,00	716,86	80,00	475,21	7874,00	1035,58	156,49
Colorido							
I	-	790,23	-	95,91	11267,93	641,00	245,14
II	15484,96	1125,53	85,00	57,67	15569,96	896,00	287,20
III	17244,00	1212,69	105,00	103,67	17349,00	1033,00	283,36
IV	24235,20	1835,00	125,00	122,55	24360,20	1489,00	468,55

Tabela 4.6: Comparações entre o consumo de água e as massas de material.

<i>Batelada</i>	<i>MA_{aglu} / MS</i> (L/kg)	<i>MA_{tanque} / MP_{flexíveis}</i> (L/kg)
Transparente		
I	-	56,95
II	0,09	48,24
III	0,08	49,81
Colorido		
I	-	45,97
II	0,09	53,92
III	0,10	60,86
IV	0,08	51,72

Observa-se ao analisar a Tabela 4.5, mais especificamente o item ‘ $MA_{\text{tanque}}/MP_{\text{flexíveis}}$ ’ que a quantidade de água utilizada no processo de lavagem é dependente da quantidade de sujeira presente no material de entrada. Realizando a comparação entre a Batelada III dos plásticos flexíveis transparentes (716 kg) e a Batelada I dos plásticos flexíveis coloridos (790 kg), por possuírem a mesma ordem de grandeza, a quantidade de água utilizada é cerca de 40% maior. Isso é explicado, também, pela quantidade de sujeira presente.

Comparando então os resultados apresentados para os plásticos rígidos e para os flexíveis, percebe-se que os flexíveis necessitam de mais água no seu processamento, não somente pela quantidade de sujeira presente, mas também pelo design do material. Os rígidos apresentam maior efetividade na remoção de impurezas durante a lavagem devido ao maior atrito que promovem no contato entre eles, já que não se deformam.

Apresentado o consumo de água passa-se à análise das perdas do processo de forma quantitativa e qualitativa. Essa análise será realizada de forma diferenciada para a rota de plásticos rígidos e para a de plásticos flexíveis.

A partir dos valores de consumo de água e de massa torna-se possível fazer o balanço mássico global incluindo a água utilizada. Para isso foi utilizado a seguinte equação para os plásticos rígidos:

$$ME + MA - MS = MPA \quad (4.3)$$

onde, ME é a massa de material plástico advindo da triagem que entra no sistema (kg), MS é a massa de material que sai do sistema (kg), MA é massa de água que entra no sistema (kg), MPA é a massa resultante acumulada ou perdida pelo sistema juntamente com a água (kg). A seguir a Tabela 4.7 apresenta estes dados.

Tabela 4.7: Balanço de massa global para os plásticos rígidos

<i>Batelada</i>	<i>ME (kg)</i>	<i>MA (kg)</i>	<i>MS (kg)</i>	<i>MPA (kg)</i>	$\frac{MPA-MA}{MP_{\text{rígidos}}}$ (kg)	$\frac{(MPA-A)}{ME}$ (%)
Rígidos						
I	2735,80	4440	2312,22	4863,58	423,58	15,5%
II	2344,52	4440	1902,02	4882,50	442,50	18,9%
III	3397,19	4640	2609,45	5427,74	787,74	23,2%
IV	2990,45	4440	2352,21	5078,24	638,24	21,3%

Considerando que toda a água que entra no sistema através do tanque é retirada através do secador ou permanece no tanque após o término das bateladas, obtem-se na última coluna da Tabela 4.7, uma estimativa das perdas do processo global.

A análise visual das correntes envolvidas indica que a constituição das perdas do processo global envolve os seguintes materiais:

- matéria orgânica retirada durante o processo nas etapas através da lavagem e secagem;
- contaminantes provenientes de rótulos, tais como filmes plásticos;
- resinas plásticas que possuem densidade maior que a da água (PVC, PET) e outros tipos de materiais (alumínio, papel, vidro) presentes no interior dos frascos;
- PP e PE retidos em alguma parte do processamento, não chegando ao fim do beneficiamento.

sendo que, conforme mencionado anteriormente, o material orgânico constitui a parcela presente em maior quantidade. Cabe ainda ressaltar que os índices percentuais apresentados na última coluna da Tabela 4.7 estão relacionados à soma dos quatro itens citados.

A proporção de perdas varia entre uma batelada e outra, principalmente comparando-se a primeira batelada (15,5%) e as três últimas (18,9; 23,2 e 21,3%). Isso se deve ao período do ano em que os dados foram coletados. Segundo relatos dos cooperados, conforme se aproximam os meses de outubro, novembro e dezembro, que são os meses onde a cooperativa tem o maior volume de RSU recebidos durante o ano, a quantidade de lixo aumenta e a segregação no domicílio diminui. Com isso, uma quantidade maior de matéria orgânica e outros contaminantes encontra-se presente no RSU recebido. Foi relatado também que nos últimos anos, apesar das campanhas de educação para a separação correta do lixo domiciliar realizadas na cidade, e das seguidas visitas realizadas pela comunidade à Cooperativa, o lixo destinado à Coleta Seletiva vem sendo menos segregado.

Para os plásticos rígidos foi possível fazer a quantificação das perdas presentes em duas das quatro bateladas. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 4.8. Percebe-se claramente que as perdas na tubulação e no 2º moinho são pequenas frente ao total de perdas quantificáveis. Estas perdas são recuperadas, no momento da limpeza final da planta (após encerrada a batelada), por meio do seu recolhimento e adição na nova batelada a ser processada, sendo colocadas junto com os plásticos da Mistura I. Sendo assim, este material volta a ser beneficiado e não pode ser considerado como perda do processo. As perdas no 2º moinho podem ser minimizadas melhorando o encaixe do transporte entre o ciclone e o 2º moinho e colocando-se uma contenção entre a saída do 2º moinho e a caixa de retenção, evitando assim que este plástico seja tratado como rejeito ou seja utilizado na batelada seguinte numa categoria de material que dá retorno econômico menor do que os outros que são processados.

Tabela 4.8: Perdas quantificáveis do processo

<i>Batelada</i>	<i>MPrígidos (kg)</i>	<i>Perdas no tanque (kg)</i>	<i>Perdas dentro do secador (kg)</i>	<i>Perdas Fora do secador (kg)</i>	<i>Perdas da tubulação (kg)</i>	<i>Perdas do 2° moinho (kg)</i>	<i>Quantidade total de perdas quantificáveis (QP)</i>	<i>MPrígidos - QP</i>
II	442,50	301,21	5,77	299,05	5,2	11	622,23	-179,73
IV	638,24	403,2	4	131,08	4	6,08	548,36	89,88

As perdas no tanque e no secador, como esperado, são as maiores perdas do processo. No tanque, por ter sido projetado para reter grande parte dos contaminantes presentes no material reciclado, e no secador, por eliminar parte dos contaminantes e da água presentes junto ao plástico beneficiado.

Adicionalmente, levando em consideração que, pelas características do processo, somente a matéria orgânica e finos podem ser eliminados como perda no secador, a diferença de quase 80 kg entre as perdas das duas bateladas (II e IV) indica que o matéria-prima na Batelada II continha uma quantidade de resíduo orgânico maior do que na Batelada IV.

Estes resultados também indicam que o tanque, na sua configuração atual, tem um limite de retirada de material orgânico, fazendo que parte dessa contaminação seja eliminada somente no secador. Este fato pode ser corroborado analisando-se a Batelada II, para qual as perdas do tanque e no secador possuem a mesma ordem de grandeza, enquanto que na Batelada IV, esse fenômeno não é observado.

A última coluna da Tabela 4.8 apresenta uma comparação entre a quantidade de massa que ficou acumulada no processo e a soma da perdas quantificáveis resultando em um valor negativo para a Batelada II. Isso se explica, pois o $MP_{\text{rígidos}}$ foi calculado considerando-se que toda a água que entra no sistema através do tanque é eliminada. Porém na mensuração das perdas quantificáveis, a água também se encontra presente. Sendo assim, esse resultado negativo vem corroborar que a Batelada II possuía mais matéria orgânica e por isso reteu mais água, estando presente no momento da pesagem. E a Batelada IV por ter menos matéria orgânica apresenta um resultado positivo, demonstrando que esses 90 kg aproximadamente, foram dispersos no processo e eliminados principalmente pelo secador e pela descarga final do tanque.

Para a Batelada IV foi possível a análise dos constituintes presentes no fundo do tanque de lavagem. Os resultados são apresentados na Figura 4.12. Percebe-se que existe uma relação de proporção de 1:1 entre quantidade de matéria orgânica e a quantidade de água absorvida pela mesma. Outro dado importante é a quantidade de plásticos presentes no fundo do tanque (22%), sendo que desta parcela somente 5% é constituída pelo material de interesse. Sabendo que a coleta de amostras foi representativa, é possível estimar a quantidade de material de interesse que é perdido no fundo do tanque através do processo de arraste.

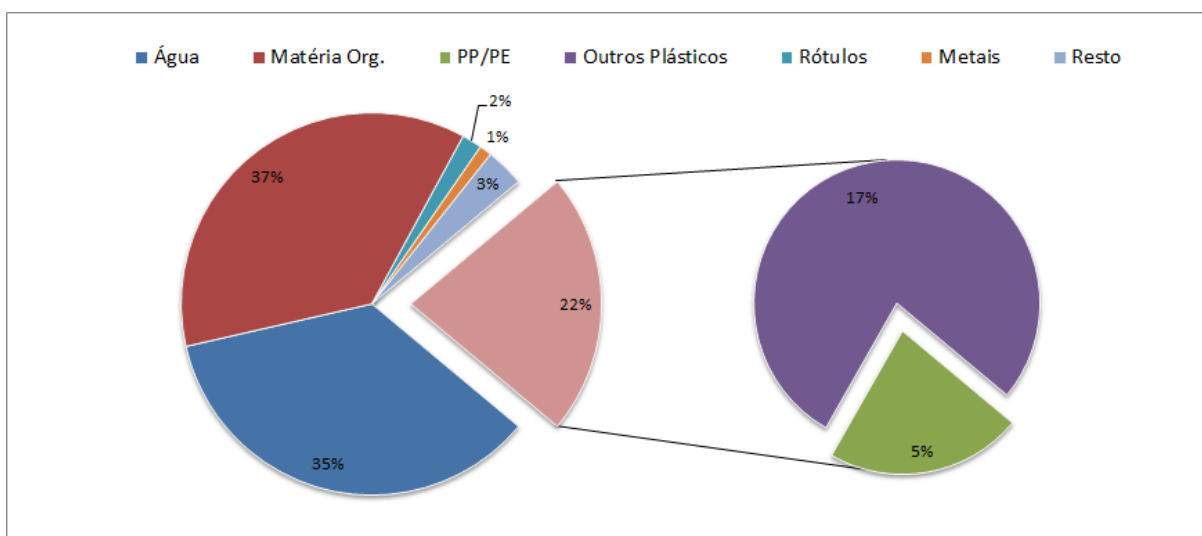


Figura 4.12: Composição do material presente no fundo do tanque de lavagem

Realizando o cálculo de quanto essa porcentagem de material de interesse encontrado no tanque representa como perda de produto frente a produção final total, chega-se a um valor de 0,86 %. Apesar de este ser um dado de apenas uma das bateladas investigadas, ele é um indicativo de que o processamento é realizado de forma satisfatória e que as perdas de produto são pequenas.

Com relação à análise da quantidade de sujidade presente no produto final, os dados referentes à batelada de rígidos encontram-se na Tabela A.1 do Apêndice A. A partir desses dados é apresentada a comparação na Figura 4.13 entre o tipo de material e a quantidade total de matéria orgânica presente no produto final para cada uma das resinas processadas.

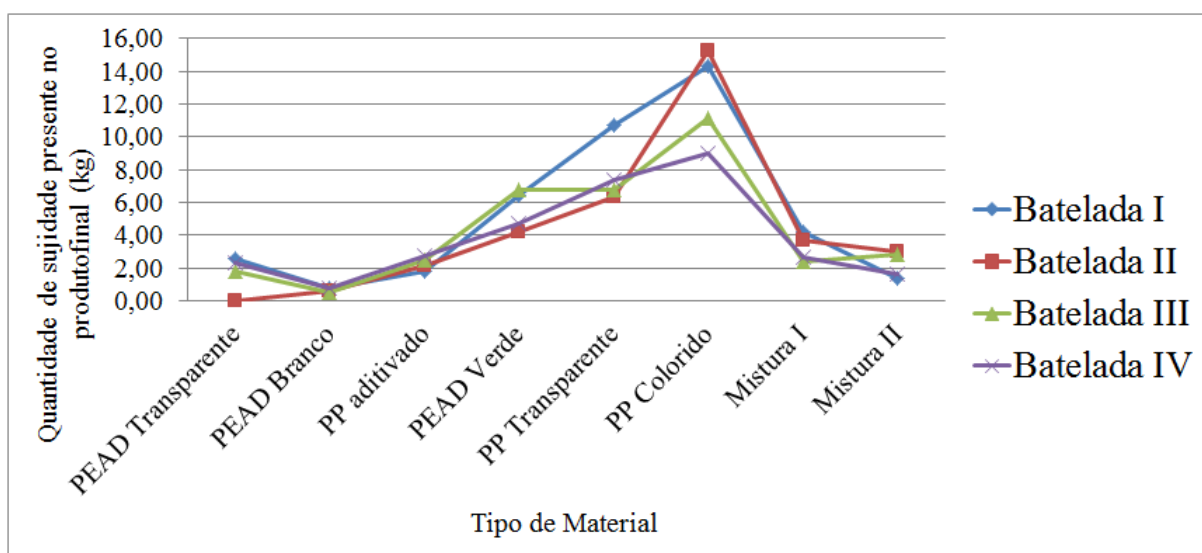


Figura 4.13: Quantidade de sujidade presente no produto final por tipo de resina rígida processada

Os materiais que possuem mais sujidade no produto final são os constituídos de polipropileno. Esse resultado pode ser explicado considerando que estes são constituídos principalmente por embalagens plásticas que contêm produtos alimentícios, a maior parte deles, com grande quantidade de gordura. Como observado, a maioria dessas embalagens vem das residências com grande quantidade de produto presente (como margarina ou doce de leite) e durante o processo de lavagem não é adicionado nenhum produto com o intuito de retirar especificamente a gordura presente. Assim, essa substância acaba por não ser retirada totalmente, já que não é solúvel em água. Provavelmente a gordura presente é retirada em maior parte no secador, através do processo de retirada de líquidos pela força centrífuga do que no próprio tanque.

Passando aos dados sobre energia gasta na cooperativa, a Figura 4.14 apresenta os dados relativos ao consumo total de energia por mês e a quantidade total de material comercializado por mês na cooperativa (papel, plásticos, metais...). Não foi possível obter os dados de consumo somente da TS.

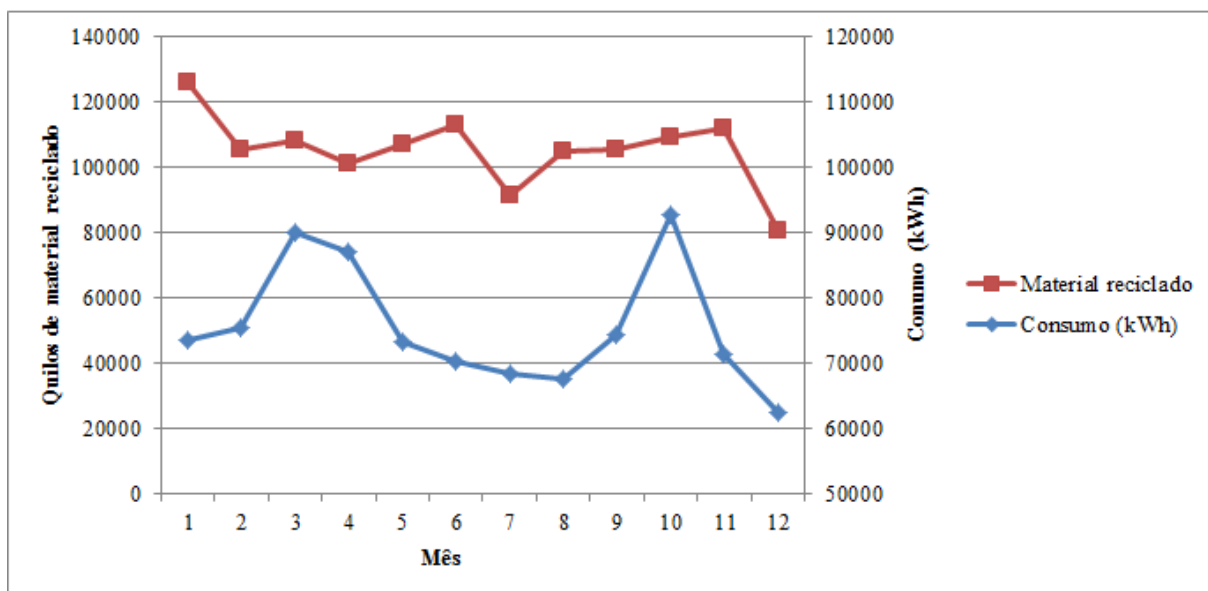


Figura 4.14: Comparação entre a energia gasta por mês e o quantidade de materiais reciclados pela cooperativa

Como pode ser observado o gasto de energia não acompanha a quantidade de material reciclado. Isso é explicado pela forma de venda dos materiais na cooperativa. Provavelmente os meses que possuem maior pico de consumo de energia foram aqueles onde mais foi produzido material, mas não vendido. Fazendo com que esse montante passasse para o mês seguinte (caso dos meses abril-maio ou dos meses outubro-novembro). Já no mês de novembro e dezembro, a demanda de energia acompanha a produção de material.

Realizando o cálculo obtido para o valor médio de energia consumida por material reciclado chega-se a um valor médio de 0,7 kWh/ kg de material produzido. FARIA (2011) obteve como valor médio de consumo de energia de 0,6 kWh/ kg para empresas de reciclagem mecânica de plásticos. Comparando esses dois valores, percebe-se que a

cooperativa encontra-se apenas um pouco acima. Isso pode ser explicado pela defasagem dos equipamentos utilizados. Já que estes em sua maioria foram adquiridos já usados, e provavelmente consomem mais energia.

4.2.3 Adequação da tecnologia no espaço disponível.

As plantas baixas do prédio da cooperativa, juntamente com os fluxos de produção para cada material (plásticos rígidos, plástico flexível transparente e plástico flexível colorido), podem ser encontradas nas Figuras A.1, A.2 e A.3 do Anexo A.

A Figura 4.15 retrata uma representação em escala e resumida dos fluxos de produção para os materiais rígidos.

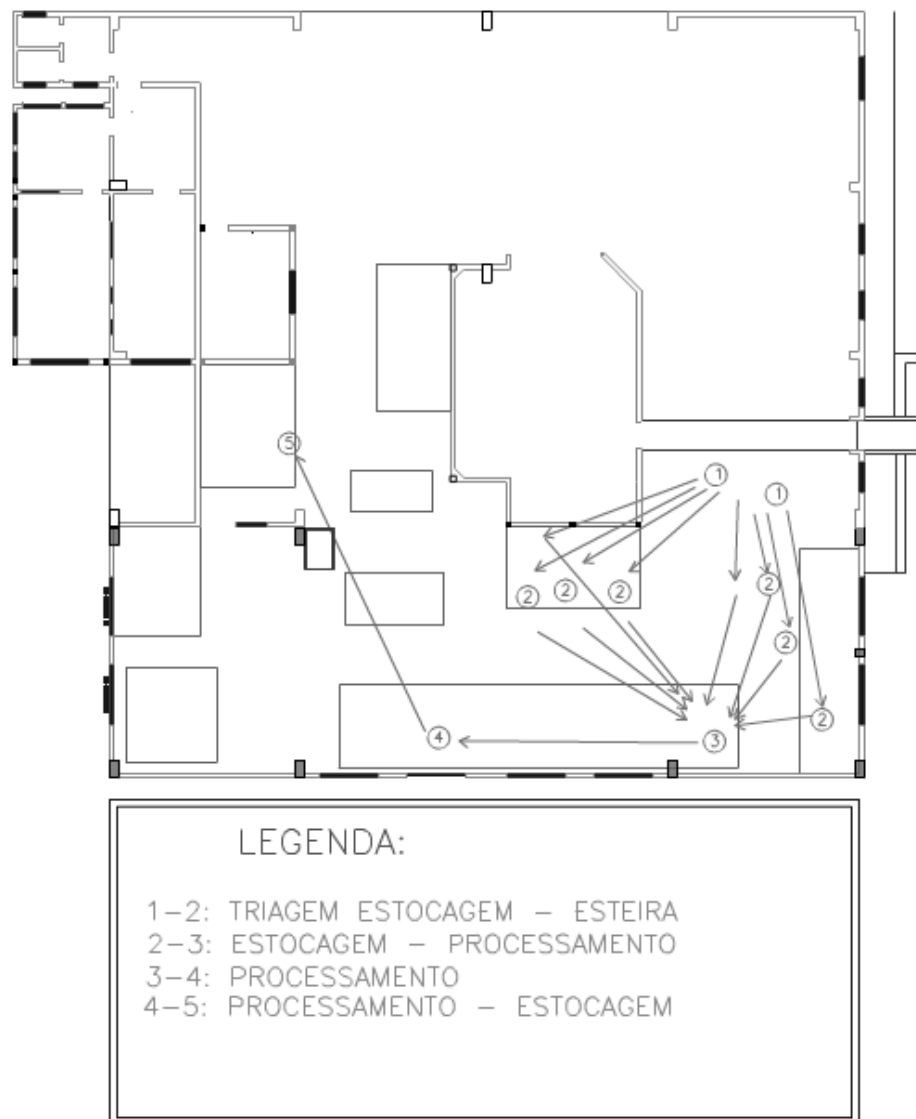


Figura 4.15: Representação do fluxo de produção para os plásticos rígidos

O fluxo de produção mostrado (Figura A.1 do Anexo A) foi dividido em números para que houvesse uma melhor compreensão das etapas que compreendem o fluxo do processo. O segmento 1 → 2 trata-se da etapa de triagem até a estocagem do material triado; o segmento 2 → 3 trata-se da etapa de estocagem ao início do processamento do material; o segmento 3 → 4 trata-se do beneficiamento e o segmento 4 → 5 trata-se da etapa do produto final até a estocagem para a comercialização.

O fluxo é o mais linear possível. O problema encontrado está na parte do processo em que o material necessita ser estocado para que haja volume de produção suficiente para o beneficiamento. Isso faz com que se necessite de grandes espaços para essa estocagem intermediária. Além disso, os materiais quando se encontram em sua forma original (ou seja, sem estarem moídos) necessitam ser levados manualmente com o auxílio de tambores de 200 L, sendo necessário sempre o deslocamento de pelo menos um cooperado para realizar essa função. Considerando que em média 6 kg de material, em seu design original, preenchem um tambor de 200L, esses deslocamentos tornam-se frequentes. Tanto para o caso da etapa de triagem – estocagem, quanto na etapa de estocagem para o moinho de beneficiamento.

Outro aspecto importante observado diz respeito à saúde desses trabalhadores que precisam realizar um esforço físico repetitivo, principalmente na etapa de estocagem-moagem. Nesta etapa, é necessário que o trabalhador abaixe-se, levante o tambor em cima dos ombros, desloque-se da baía até o moinho e o coloque na plataforma onde se encontra o outro operador que alimentará o 1º moinho de facas com este material. O ritmo com que esse trabalho é realizado deve ser tão rápido quanto o processamento do moinho.

Deve-se levar em consideração também que apenas duas pessoas operam a planta de beneficiamento: o cooperado encarregado de alimentar o 1º moinho e o outro cooperado encarregado de realizar todas as outras atividades necessárias - tais como o transporte da estocagem até o moinho (2 → 3) e do produto final até a estocagem de comercialização (4 → 5). Sendo assim, no intervalo entre o beneficiamento de uma resina e outra (por exemplo, entre o PEAD Colorido e o PP Transparente) é necessário que este cooperado rapidamente carregue três tambores com material a ser beneficiado e desloque-se para enfardar o produto moído e lavado.

Esta situação também ocorre quando a caixa coletora do material descarregado pelo 2º moinho transborda. Neste caso também pode ocorrer o transbordamento de material final, através das laterais do recipiente. Quando isso ocorre, outro cooperado se desloca do seu posto de trabalho (geralmente aquele que se encontra na mesa de separação mais próxima) e auxilia no enfardamento do material. Outra estratégia utilizada para estas situações é continuar moendo o material no 1º moinho e parar a roda transportadora e o batedor, acumulando material no tanque de lavagem. E assim, encerrado o ensaque de produto final acionar novamente a roda e o batedor e continuar a produção. O que pode ocorrer nesses casos é a estagnação de material no tanque, fazendo com que materiais de interesse acabem se deslocando para o fundo do mesmo através do processo de arraste por materiais mais pesados, já que não se promove turbulência e conseqüente deslocamento.

Uma representação do fluxo de produção para os materiais plásticos flexíveis transparentes pode ser encontrada na Figura A.2 do Anexo A e é retratada em escala na Figura 4.16 apresentada abaixo.

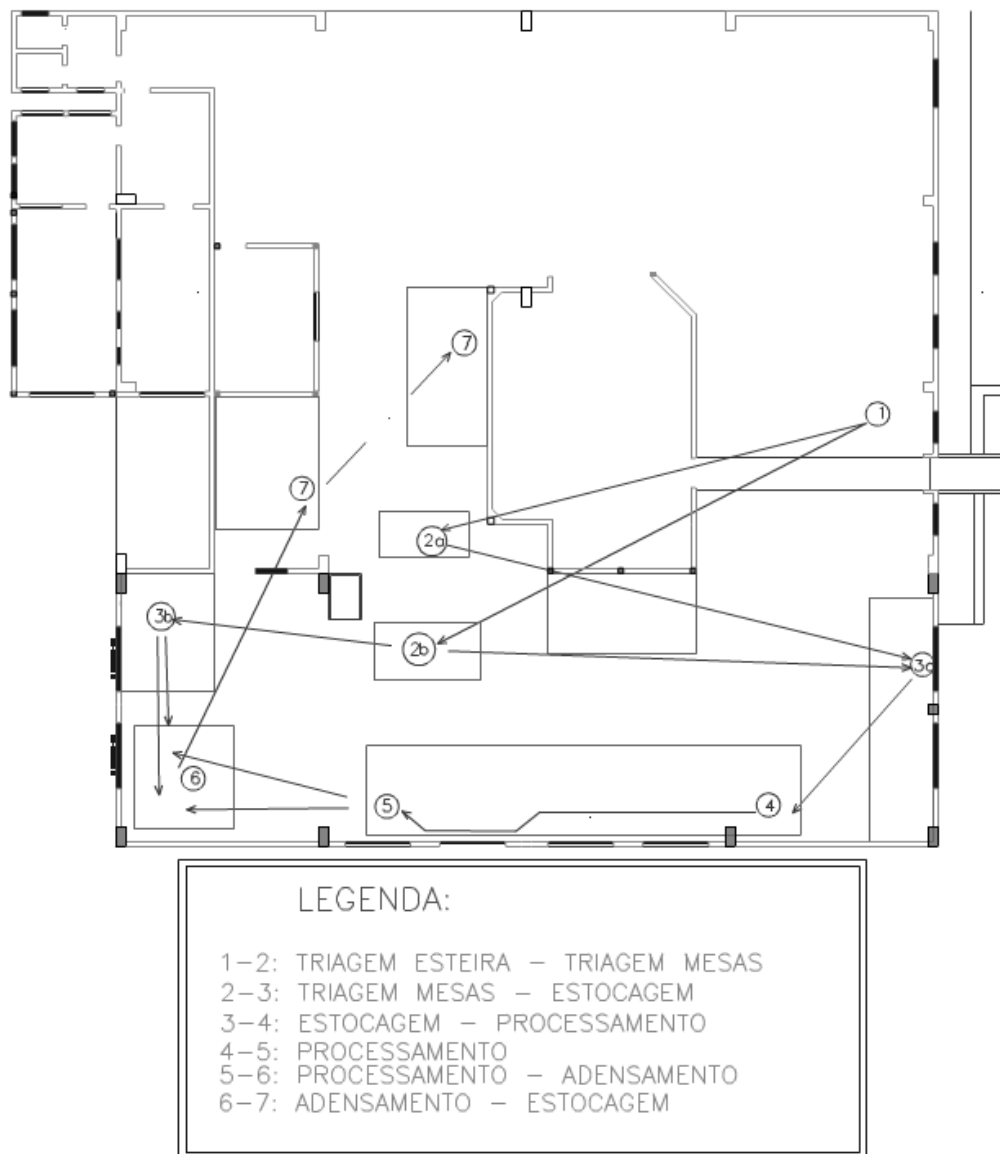


Figura 4.16: Representação do fluxo de produção para os plásticos flexíveis transparentes

Da mesma forma que o anterior foi realizado a divisão por números das etapas de produção. No segmento 1 → 2 encontra-se a etapa de triagem na esteira até a etapa de triagem nas mesas. Sendo colocado o subíndice ‘a’ para os materiais sujos e ‘b’ para os limpos. O segmento 2 → 3 trata-se do deslocamento da etapa de triagem na mesa até a etapa de estocagem do material triado. O material sujo separado desloca-se da 2ª etapa de triagem para a estocagem, (segmento 2a → 3a). O material limpo separado desloca-se da etapa 2b para a 3b (2b → 3b), sendo que também pode haver deslocamento de material para a etapa 3a (2b → 3a), caso seja encontrado material sujo presente. O segmento 3a → 4 trata-se da etapa de estocagem do material sujo até o início do processamento de lavagem e secagem. O segmento

4 → 5 trata-se da etapa de lavagem e secagem do plástico flexível sujo. Já os segmentos 5 → 6 e 3b → 6 tratam-se da etapa de transporte dos materiais até o aglutinador. E por fim o segmento 6 → 7 trata-se da etapa do produto final até a estocagem para a comercialização.

Num primeiro momento ao analisar a figura percebe-se claramente que os fluxos encontram-se cruzados, fazendo assim com que muitos deslocamentos sejam necessários entre as etapas de produção. Um dos grandes problemas em relação à distribuição do espaço físico é o local de descarregamento do resíduo que chega na cooperativa, sendo que este encontra-se no centro do espaço físico, não permitindo que haja um fluxo linear do processo, principalmente para os plásticos flexíveis. Analisa-se a seguir alguns dos segmentos separadamente e se apresenta os problemas identificados em função da distribuição dos espaços.

No segmento 1→2 fica claro o problema do material triado pelas mesas devido às barreiras físicas que separam cada uma das etapas de triagem. O local onde são classificados os plásticos flexíveis na esteira foi determinado pela necessidade de adaptação ao espaço físico que se dispunha, sendo priorizado aos plásticos rígidos permanecerem com um fluxo mais linear, já que a repetitividade de deslocamento da esteira para estocagem é maior para esses. Esse trajeto é realizado de duas maneiras. A primeira é deslocar-se contornando através da entrada da cooperativa, pelo caminho onde se encontram as prensas, e a segunda é deslocar os fardos de material classificados por cima da esteira para que outro cooperado realize esse transporte até as mesas pelo caminho onde se encontram as máquinas. Isso também ocorre para os plásticos flexíveis coloridos.

Outro segmento que deve ser analisado trata-se do 3a→ 4, onde a escolha de colocar o material sujo mais próximo do moinho se deu de forma acertada, já que assim o deslocamento é menor nesse transporte. Da mesma forma a escolha por colocar esse material em um ponto mais elevado, acima das baias de rígidos, mostra a intenção de otimização do espaço físico.

Para o segmento 5 → 6, ocorre o repetido deslocamento para a realização da última etapa do processo. A gaiola como pode ser observado na Figura A.2 do Anexo A encontra-se longe dos aglutinadores, fazendo com que haja uma descontinuidade no beneficiamento. Essa descontinuidade não se dá somente pelo afastamento dos dois aparelhos, mas também porque o processo de adensamento é mais lento que o processo de moagem/lavagem/secagem do material. Sendo assim, os cooperados optaram por deixar a gaiola mais perto da etapa de moagem e utilizá-la como um grande tanque pulmão. Durante o processo de adensamento a porta da gaiola é aberta e é retirado o material e colocado no chão. Este material é transportado através dos tambores de 200L até os aglutinadores, onde é adensado junto com o plástico flexível transparente limpo. O ideal seria que a gaiola ficasse localizada acima dos aglutinadores de forma que não houvesse a necessidade dessa estratégia. Porém isso não é possível devido à altura do andar onde se encontrava a tecnologia na época da pesquisa. Atualmente, a planta encontra-se no pavimento inferior, e essa melhoria pôde ser implantada. Esse mesmo fenômeno ocorre também para os plásticos flexíveis coloridos que serão discutidos posteriormente.

E por fim, o fluxo de produção para os materiais plásticos flexíveis coloridos é representado na Figura 4.17.

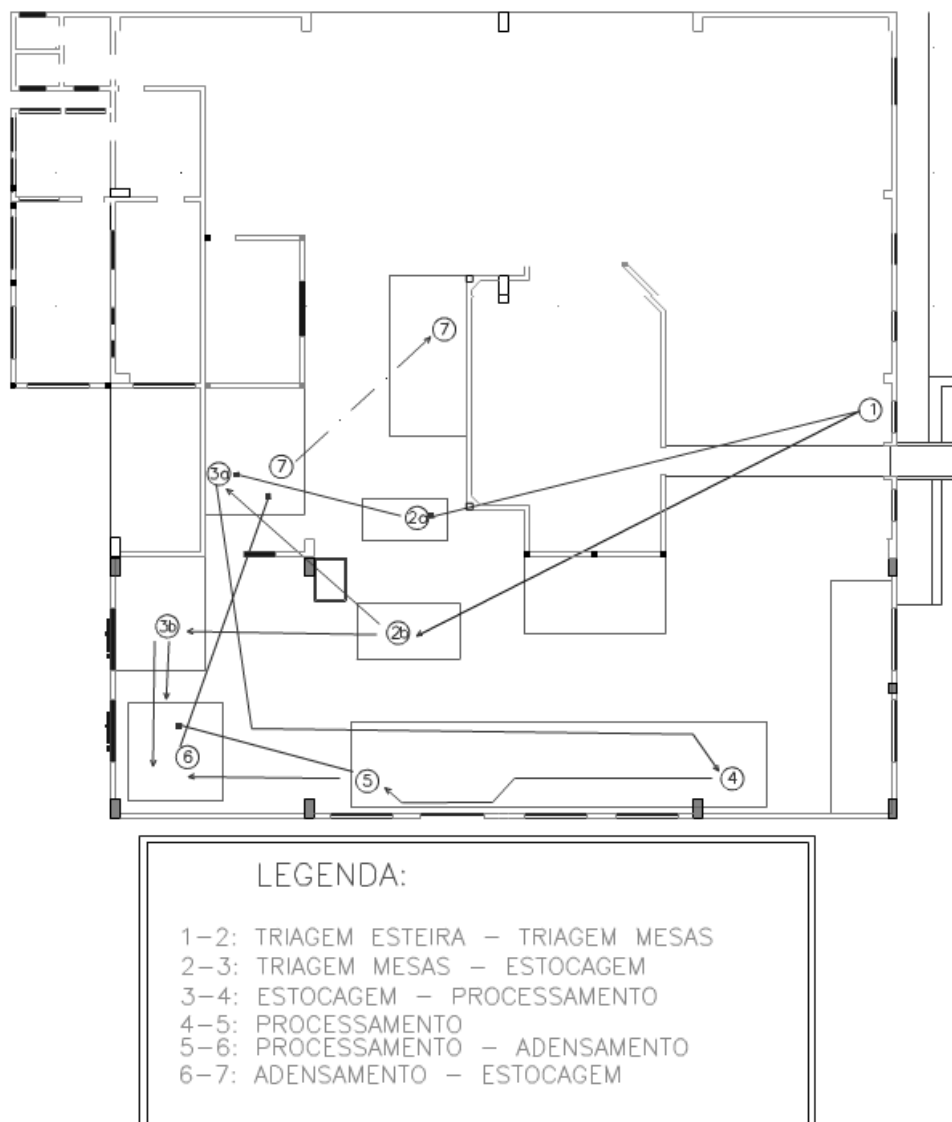


Figura 4.17: Representação do fluxo de produção para os plásticos flexíveis coloridos

Da mesma forma que os outros a Figura 4.8 apresenta uma divisão por números das etapas de produção. Para os plásticos coloridos a classificação dos segmentos é a mesma realizada para os plásticos flexíveis transparentes, havendo somente modificação na rota observada para cada um.

Os problemas encontrados para os plásticos flexíveis coloridos quanto à adequação do espaço à tecnologia foram muito parecidos aqueles já relatados para os flexíveis transparentes, principalmente nos segmentos 1→2 e 5→6. A diferença está no segmento 2b→3a e 2a→3a, que trata-se do deslocamento do plástico flexível colorido sujo triado para o local de estocagem intermediária. Como pode ser observado, o local de estocagem localiza-se próximo do local onde é estocado o produto final. Esses materiais são estocados nesse local e não no

mesmo lugar que o transparente, pois possuem uma maior quantidade desse tipo de resina advindo no processo de triagem, sendo assim esse local se torna o lugar escolhido para que se possa alocar esse recurso. Obviamente, que isso causa um problema no momento do deslocamento para a outra etapa (3a→4), fazendo com que se perca muito mais tempo nesse transporte.

A planta para o caso dos plásticos flexíveis continua sendo operada apenas por duas pessoas, sendo uma alocada no 1º moinho e a segunda alocada nos aglutinadores. Com isso, não somente a questão do tempo de deslocamento foi observada, mas também o fato que muitas vezes é necessário que o operador do moinho desloque-se de seu posto e carregue os fardos do ponto 3a para o 4, havendo assim um atraso na produção. Também foi observado que muitas vezes o operador do aglutinador também se desloca para realizar esse trabalho. Ele faz isso nos momentos em que não é necessário a sua presença na operação do aparelho, também auxiliando nesse transporte.

4.2.4 Identificação de problemas técnicos e de manutenção encontrados.

Foram observados que todos os equipamentos possuem algum problema de corrosão. Isso se deve ao fato de os mesmos se tratarem de equipamentos que estão continuamente em contato com água e por estarem sendo utilizados a pelo menos três anos. Além disso, os equipamentos da planta foram comprados já usados. Não foram observados problemas maiores em relação à produção em consequência desse tipo de desgaste das máquinas.

Diversas paradas foram observadas durante o período de estudo. A primeira delas foi devida ao enrolamento do material flexível nas navalhas do primeiro moinho. A partir de observações e dos relatos dos cooperados observou-se que quando eram processados os plásticos flexíveis, constituídos de PEBD, que eram mais grossos, e portando possuíam mais massa, havia o enrolamento desses materiais nas facas do moinho, ocasionando a parada do motor por sobrecarga. Esse fenômeno ocorre por que o moinho foi projetado para processar os materiais com design dos plásticos rígidos. O material ao entrar na câmara de moagem, desce por gravidade, ou é empurrado com o auxílio de um bastão de madeira,

No caso do material flexível, por ele ser muito longo, as facas fixas e as giratórias acabam não conseguindo cortá-lo fazendo com que esse flexível acabe se enrolando ao longo do eixo das facas. Ao longo do tempo com o acúmulo de material, acaba ocorrendo a sobrecarga da máquina. Para resolver esse problema os cooperados param a produção e limpam a câmara de moagem, retirando esse material, outra estratégia utilizada é alimentar o moinho mais lentamente fazendo com que minimize o enrolamento e que se de mais tempo para que as facas consigam cortar o material. A Figura 4.18 apresenta o problema identificado.



Figura 4.18: Plástico flexível transparente enrolado nas facas do moinho

Outro problema frequente observado foi a parada do secador, também devido à sobrecarga do sistema. O eixo tipo espinha-de-peixe encontra-se desgastado fazendo com que o material acabe se acumulando na parte inferior do equipamento, não seguindo por arraste até o topo, onde será transportado, pneumáticamente através da tubulação. Ao longo da produção o material acumulado no fundo faz com que o eixo tenha que realizar mais trabalho para fazer a rotação, ocasionando uma sobrecarga no sistema e havendo a perda das máquinas. Quando isso ocorre é necessário parar a produção e retirar esse material de dentro do secador através de uma escotilha que se encontra na parte inferior do equipamento. Esse problema é minimizado pelos cooperados diminuindo a vazão de alimentação, eles realizam isso parando a roda transportadora por alguns instantes. A solução seria a troca do eixo do secador. A Figura 4.19 apresenta uma foto com o material retirado de dentro do secador quando esse problema ocorre.



Figura 4.19: Material retirado de dentro do secador

As paradas relatadas anteriormente são as que ocorrem com certa frequência durante a o beneficiamento e que são resolvidas de imediato. Porém foram observadas paradas totais da produção, durante dias, devido a problemas nos equipamentos ou nas peças que os compõe. Entre elas está o desgaste dos rolamentos que ligam o motor com o eixo do secador, nessa ocasião foi realizada a troca do eixo do mesmo. Os motores dos aglutinadores foram trocados, segundo relatos dos cooperados, duas vezes no ano de 2012. Também foi necessário durante o ano de 2012, mas não observado durante o período de pesquisa, a troca do motor do 1º moinho de facas, havendo parada da produção de beneficiamento por 14 dias. Durante o período de pesquisa foi necessário também a troca do motor da roda batidora, ocasionando uma parada de uma semana no beneficiamento. Esses problemas ocorreram devido ao desgaste dos equipamentos e também pelo fato de estes terem sido comprados já usados.

Os cooperados não souberam dizer a frequência exata de ocorrência de cada problema descrito nos parágrafos anteriores, porém os problemas citados em relação ao secador e ao 1º moinho durante a produção foram observados em 50% das vezes em que a pesquisadora encontrava-se no local. Também foi relatado que pelo menos uma vez por ano há a troca do motor em cada um dos aglutinadores. A troca das facas tanto dos moinhos, quanto dos aglutinadores é realizada pelo menos uma vez por mês e das correias dos equipamentos cerca de duas vezes ao ano.

4.2.5 Preocupação com a manutenção dos equipamentos e espaço físico

Segundo o relato dos cooperados não existe um planejamento de ações de manutenção programada. O que ocorre é que quando surge algum tipo de problema ou estraga algum equipamento, toma-se as providências necessárias, isto é, a manutenção corretiva. Porém, quando ocorre de a baixa na produção, geralmente devido a pouco lixo recebido, eles agendam um tempo para fazer a manutenção dos equipamentos necessários e trocar as peças que são necessárias.

A maior parte da manutenção rotineira é realizada pelos próprios cooperados, como engraxe das máquinas, afiamento das navalhas, entre outros. Porém, quando é necessário a troca de peças, seja por desgaste ou por quebra, essa é realizada por terceiros.

Também foi relatado que não há nenhum cooperado responsável pela manutenção preventiva dos equipamentos dentro da cooperativa. Ocorre que um dos cooperados possui mais experiência na parte mecânica, de modo que, quando há algum problema, geralmente ele é acionado. Mas este cooperado não é o responsável, nem faz qualquer fiscalização. A justificativa dada para esta situação foi a impossibilidade de a cooperativa ter uma pessoa que realizasse somente essa atividade. Isto porque ou esta pessoa teria que ser deslocada do seu posto de trabalho (e, assim, diminuiria a produção) ou teriam que contratar outra pessoa (tendo uma diminuição das sobras individuais).

Apesar disso, durante o período de pesquisa percebeu-se que há a preocupação dos cooperados quanto ao cuidado no manuseio dos equipamentos e com o espaço físico. Todas as pessoas em seus postos de trabalho são responsáveis por deixá-lo limpo e organizado no final de cada turno. Eles relatam que apesar de trabalharem com lixo, não há necessidade de estarem num ambiente sujo e desorganizado.

4.2.6 Gastos com manutenção e investimento

Durante o tempo de pesquisa não foi necessária a troca de nenhum dos equipamentos da cooperativa. O que houve foi a troca de alguns motores ou peças, como já relatado anteriormente. O investimento em equipamentos mais robustos é muito alto e a cooperativa não tem hoje a possibilidade da troca de maquinários através de seus próprios recursos. A forma de investir em novos equipamentos é através de projetos com ONGs, parcerias com empresas privadas e com órgãos do governo (através de projetos), como a Petrobrás ou Banco do Brasil, que realizam iniciativas deste caráter. Um exemplo foi a aquisição no final de 2012 de uma empilhadeira, o que facilitou o trabalho de transporte e carregamento dos fardos que antes era realizado de forma manual ou para os fardos maiores, advindos das prensas com o auxílio de um guindaste. Foram adquiridos também com o auxílio da Braskem e do Instituto Vompar, os equipamentos para a nova planta de beneficiamento instalada na cooperativa no começo de 2013. Os equipamentos doados foram um novo moinho que foi utilizado como 1º moinho de facas no processo, um secador, fazendo com que a linha passasse a ter duas etapas de secagem e novos batedores para o tanque, que foi aumentado para sete metros. A Figura 4.20 mostra a nova planta instalada na cooperativa.



Figura 4.20: Planta nova instalada na cooperativa

A maioria dos gastos com manutenção dos equipamentos é realizado pela própria cooperativa. A prefeitura realiza investimentos somente para as prensas e esteira, que são de sua propriedade, e são cedidas para os trabalhadores. A prefeitura também faz um repasse anual de R\$ 7000 destinados a gastos com manutenção. Obviamente, esse valor não cobre as despesas desse tipo de serviço. Os cooperados relataram que gastam em média R\$ 1500 a R\$ 2000 somente com a manutenção dos equipamentos, sendo que todo mês é guardado R\$ 1000 para esse fim. Porém, quando há quebras de equipamentos, esse custo é elevado para uma média mensal de R\$ 3000 a R\$ 3500. Isso considerando todos os equipamentos, não só os referentes à parte de beneficiamento, como as prensas e a própria esteira. As prensas inclusive são as que mais têm problemas de quebras.

4.3 Definição de alguns índices de eficácia e eficiência do processo

4.3.1 Produtividade

O índice de produtividade foi definido como a massa de material final produzido pelo tempo de processamento. Será realizada primeiramente a análise dos dados para os plásticos rígidos, para cada um dos materiais processados e após para os plásticos flexíveis. A Tabela 4.9 apresenta os dados de eficiência do processo para cada um dos plásticos rígidos.

Tabela 4.9: Eficiências tecnológicas para cada uma das resinas plásticas rígidas processadas

<i>Batelada</i>	<i>Massa de material produzido/ tempo de produção (kg/h)</i>				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>Média</i>
PEAD Transparente	212,25	-	299,94	330,36	280,85
PEAD Branco	182,91	228,94	255,92	234,41	225,55
PP aditivado	224,07	203,85	144,72	246,08	204,68
PEAD Verde	228,02	299,19	239,24	263,62	257,52
PP Transparente	235,13	192,62	165,75	164,21	189,43
PP Colorido	227,85	218,49	242,25	248,25	234,21
Mistura I	232,21	194,32	205,34	277,80	227,42
Mistura II	389,75	319,94	342,90	384,52	359,28

Para o PEAD Transparente e o PEAD Branco na Batelada I uma das justificativas para uma produtividade mais baixa em comparação com as outras é devido ao processo de adaptação necessário para a realização da coleta de dados da quantidade de material a ser beneficiado. Já que para a realização dessa coleta era necessário recolher o material com os tambores, pesá-los na balança, tirá-los da mesma, colocá-lo na plataforma e somente depois realizar o carregamento no primeiro moinho.

Para o PP aditivado no caso da Batelada III o valor mostrado pode ser justificado pelo fato de que apenas um operador foi deslocado para realizar a função de duas pessoas (recolhimento do material na peneira e alimentação do secador), fazendo com que a produtividade caísse quase 35% em relação à média das outras bateladas.

Se analisarmos as médias das resinas PEAD com a média das resinas PP, observaremos que a dos últimos é menor. Isto pode estar relacionado pelo fato de que o PP sendo uma material mais frágil do que o PEAD, tenderá a possuir um tamanho médio na saída do 1º moinho menor do que o tamanho médio do PEAD, o que pode acarretar em um tempo de residência maior no tanque de lavagem (probabilidade menor da pá encontrar-se com a partícula menor e carregá-la para o secador), tornando-se um gargalo no processo.

A seguir na Tabela 4.10 são apresentados os resultados para os materiais flexíveis. Para estes, foi obtida a produtividade para o processo (moagem/lavagem/secagem) e para o aglutinador separadamente, por se entender que este último trata-se de um gargalo do sistema, fazendo com que a eficiência do processo seja diminuída. Para a parte do processo foi utilizada somente a quantidade de massa processada final suja, para a parte do aglutinador foi utilizada a massa total produzida (sujo e limpo).

Tabela 4.10: Índices de eficácia da TS para as resinas plásticas flexíveis processadas

<i>Batelada</i>	<i>Massa final do processo (kg)</i>	<i>Massa final aglutinador (kg)</i>	<i>Produtividade do processo (kg/h)</i>	<i>Produtividade do aglutinador (kg/h)</i>	<i>Produtividade global para os flexíveis (kg/h)</i>
Plásticos flexíveis transparentes					
I	849,55	1379,39	128,07	85,15	78,67
II	667,07	1325,00	93,73	79,34	71,49
III	560,37	1035,58	88,48	91,92	77,28
Plásticos flexíveis coloridos					
I	545,09	641,00	106,19	66,31	43,31
II	838,33	896,00	147,08	63,62	44,43
III	929,33	1033,00	96,97	32,50	24,60
IV	1366,45	1489,00	121,82	63,91	43,14

Analisando os dados da produtividade do processo para os plásticos flexíveis transparentes percebe-se que há uma discrepância entre o primeiro valor e os últimos. Isso provavelmente ocorreu, para o caso da batelada II e III, porque durante o processamento foi observado que o plástico flexível ficou enrolado nas facas do moinho mais vezes do que para Batelada I. Sendo assim, era necessário que se alimentasse o moinho mais devagar para que o mesmo tivesse tempo de triturar o plástico que ali se encontrava, diminuindo a eficiência. Esse mesmo motivo foi constatado para os plásticos flexível colorido nas bateladas I e III. Logo, a produtividade dos flexíveis está diretamente relacionada ao processo de moagem, constituindo-se no seu gargalo de processo.

Entretanto, se realizarmos a comparação de eficiências entre os plásticos flexíveis transparentes e coloridos percebe-se que na média a produtividade dos processos são muito próximas - 103,43 Kg/h para transparentes (com amplitude de 39,59 Kg/h correspondente a 38% em relação à média) e 118,01 Kg/h para os coloridos (com amplitude de 50,11 Kg/h correspondente a 43%).

Fazendo a mesma comparação para as eficiências referentes aos aglutinadores, era esperado que para os plásticos transparentes esta fosse maior, por dois motivos. O primeiro é a razão entre massa suja/ massa limpa (Tabela 4.5) que alimenta o equipamento, pois a massa de material que sai do processo vem umedecida, fazendo com que o aglutinador leve um tempo maior para processar o material. O segundo é que, a partir das observações em campo,

percebeu-se que os plásticos flexíveis coloridos saíam do processo de secagem com uma umidade maior que os transparentes, aumentando também assim o tempo de permanência no aglutinador.

Os valores médios de produtividade entre rígidos e flexíveis denotam as diferenças de comportamento que estes dois grupos de produtos, durante o uso desta TS. É evidente que no processo de moagem encontra-se o gargalo no processamento dos flexíveis, enquanto que para os rígidos há evidências de que a retirada do material do tanque para o secador seja o gargalo de processo, principalmente quando se processa o PP.

Para os rígidos há maior eficiência no processo de moagem que para os flexíveis. No moinho há três processos mecânicos que geram a redução de tamanho: as navalhas quando atingem a superfície do plástico cisalham e impactam o material e se o material se prender nas diferentes partes móveis, haverá o estiramento. Entretanto este último ocorre de forma muito reduzida, pois os moinhos de navalhas possuem poucos pontos que permitem este processo. Nos produtos rígidos o impacto é mais intenso do que nos produtos flexíveis. Nos flexíveis há praticamente cisalhamento e isto explica a diferença entre estes dois grupos.

4.3.2 Eficácia da TS

O índice de eficácia da TS foi definido como a razão entre a produção real e a produção nominal. Sabe-se que a produção nominal pode chegar até 300 kg/h para os PEAD frascos, segundo o fabricante de equipamentos para esse tipo de processo. Sendo assim, os resultados obtidos foram comparados. Para a produção real foram utilizados como dados a quantidade de massa produzida final pelo tempo de processamento (kg/h). A Tabela 4.11 apresenta estes resultados.

Tabela 4.11: Índices de eficácia da TS para cada uma das resinas plásticas rígidas processadas

<i>Batelada</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
PEAD Transparente	0,71	-	1,00	1,10
PEAD Branco	0,61	0,76	0,85	0,78
PP aditivado	0,75	0,68	0,48	0,82
PEAD Verde	0,76	1,00	0,80	0,88
PP Transparente	0,78	0,64	0,55	0,55
PP Colorido	0,76	0,73	0,81	0,83
Mistura I	0,77	0,65	0,68	0,93
Mistura II	1,30	1,07	1,14	1,28

Como pode ser observado, os dados obtidos para a eficácia estão entre 0,5 e 1,3. É natural que os plásticos constituídos de PP apresentem uma eficiência menor, já que na

passagem pelo primeiro moinho de facas eles são cortados no formato de tiras, o que facilita a ocorrência de perdas deste material durante as etapas do processo. Quanto à diferença para o PP aditivado na Batelada III em relação aos outros índices obtidos para as demais bateladas, este pode ser justificado da mesma forma que na seção anterior, considerando que foi deslocada apenas uma pessoa para realizar o trabalho de dois postos, aumentando assim o tempo de processamento e conseqüentemente diminuindo a eficácia.

Apesar disso os índices de eficácia obtidos foram satisfatórios e para alguns casos, como no caso da Mistura II (Tampinhas), eles são maiores que 1, justificando mais uma vez o processamento desse material. O mais provável para que esse material seja processado com alta eficácia é o fato de possuir uma granulometria mais baixa se comparadas com os frascos de outras resinas. Com isso, estes materiais entram na câmara de moagem do primeiro moinho e não precisam permanecer muito tempo nela até passarem pela peneira do equipamento, fazendo com que diminua o tempo de processamento do material.

A Tabela 4.12 apresenta os dados de eficácia da TS para os materiais flexíveis. Para estes foi utilizado somente a produtividade obtida pelo processamento, sem considerar o tempo de adensamento do material, já que os dados de comparação existentes, não contemplam os aglutinadores.

Tabela 4.12: Índices de eficácia da TS para as resinas plásticas de material flexível

<i>Batelada</i>	<i>Eficácia da TS</i>
Plásticos flexíveis transparentes	
I	0,43
II	0,31
III	0,29
Plásticos flexíveis coloridos	
I	0,35
II	0,49
III	0,32
IV	0,41

Os materiais flexíveis possuem uma eficiência pequena, pois essa tecnologia de reciclagem mecânica de plásticos não foi projetada para a reciclagem de plásticos flexíveis. Para que fosse possível o seu processamento, a tecnologia precisou ser adaptada às necessidades do empreendimento, não alcançando uma eficiência adequada. Para aumentar essa produtividade, principalmente em relação ao moinho, este deveria ser projetado para moer especificamente os plásticos flexíveis. Se o fosse, provavelmente o problema encontrado de enrolamento do material das navalhas não aconteceria. Além disso, provavelmente o material quando passasse pelo secador seria secado com maior eficiência, já que a granulometria do material estaria mais adequada. O secador também por usar força de arraste

para transportar o material da entrada até o topo, não foi projetado para o transporte de materiais tão leves quanto os flexíveis, fazendo com que o processo de secagem também seja mais demorado. Porém, seria inviável a criação de uma nova linha de processamento somente para os plásticos flexíveis, não só pela questão de espaço físico, mas também de custos de investimento e pela pouca quantidade de material recebido como matéria-prima.

4.3.3 Eficiência física

O índice de eficiência física foi mensurado como a massa total comercializada por mês por cooperado somente com os materiais plásticos beneficiados pela tecnologia. Os dados para cada um dos materiais produzidos podem ser vistos na Figura 4.21. Já a Tabela 4.13 apresenta a média anual para cada um dos materiais beneficiados pela tecnologia em comparação com os dados obtidos em um relatório feito para o Governo Federal (BRASIL, 2006) sobre análise dos custos para geração de postos de trabalho para o segmento dos catadores. Esse estudo realizou uma comparação entre várias cooperativas de recicladores em todo o Brasil e chegou aos dados que constam nessa tabela. Para fins de comparação, colocamos os dados referentes somente aos plásticos que tinham relação com os mesmos beneficiados pela tecnologia, sabendo que a nomenclatura é diferente para cada lugar.

A variação encontrada nos gráficos apresentados na Figura 4.21, demonstram o que já foi relatado em relação à sazonalidade e pela questão da forma de venda do produto, concentrando essa em alguns meses como é o caso dos plásticos Mistura I e II, por exemplo. Porém se observarmos a eficiência física média distribuída pelos doze meses do ano como foi realizado para a construção da Tabela 4.13, percebe-se que os valores se comparados com as do relatório são superiores, demonstrando que a cooperativa possui uma alta eficiência. O relatório apresenta então que as cooperativas que obtêm essa eficiência acabam alcançando no processo de comercialização uma maior vantagem que as outras em comparação.

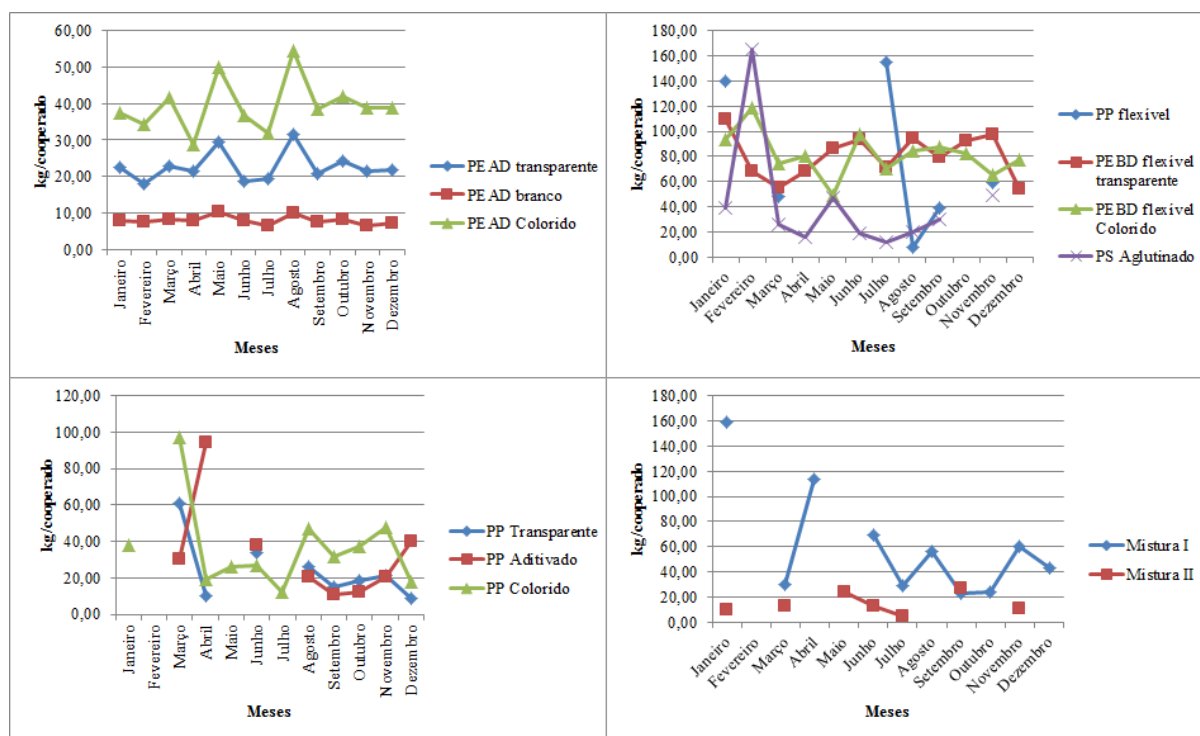


Figura 4.21: Eficiência física dos materiais beneficiados pela tecnologia ao longo dos meses do ano de 2012

Tabela 4.13: Média anual da eficiência física por material beneficiado pela cooperativa comparado com a eficiência física obtida pelo relatório

<i>Cooperativa</i>		<i>Estudo</i>	
<i>Tipo de material</i>	<i>Eficiência física</i>	<i>Tipo de material</i>	<i>Eficiência física</i>
PEAD transparente	22,65	PEAD	1,39
PEAD branco	7,94	Plástico rígido	27,4
PEAD Colorido	39,40		
PEBD flexível transparente	80,97	PEBD Cristal	36,66
PEBD flexível Colorido	81,76	PEBD Misto	26,58
PP Colorido	36,40		
Mistura II	14,88		
PP flexível	74,69		
Mistura I	60,73		
PS Aglutinado	42,52	PS (copo)	10,42
PP Transparente	24,22		
PP Aditivado	33,36	PP (balde)	29,41
Total	519,51	Total	255,84 ⁸

⁸ É importante observar que no relatório para o item total estão incluindo todos os plásticos, inclusive PET, PVC entre outros. Sendo que a eficiência alcançada pela cooperativa aqui calculada não inclui essas resinas. Isso demonstra que caso fosse possível também incluí-las a eficiência da cooperativa de estudo seria ainda muito maior

4.3.4 Eficiência econômica

A eficiência econômica é definida como a quantidade de reais bruta obtida na comercialização dos materiais plásticos beneficiados pela tecnologia por mês por cooperado. Como comparação, têm-se os dados do relatório já citado (BRASIL, 2006), onde consta que para os materiais plásticos (incluídos aí também PET e outros) a eficiência econômica média encontrada foi de R\$ 132,86, tendo picos de R\$ 214,28 para a categoria de alta eficiência⁹.

Para a cooperativa de Dois Irmãos foi encontrado como eficiência econômica uma média mensal de R\$654,24 somente advindo dos materiais beneficiados. Sem a tecnologia esse valor seria de R\$ 280,80, considerando o ano de 2012. O que se aproximaria supera os valores obtidos pelo relatório para as cooperativas de alta eficiência.

4.3.5 Eficiência do uso de água

A eficiência do uso de água foi avaliada com base na relação da quantidade de água consumida por massa de produto final. Este foi realizado para os plásticos rígidos e flexíveis. A Tabela 4.14 apresenta os dados para os plásticos rígidos.

Tabela 4.14: Eficiência do uso de água para os materiais rígidos

<i>Batelada</i>	<i>Quantidade de água utilizada (L)</i>	<i>Quantidade de material de saída (kg)</i>	<i>Eficiência do uso de água (L/kg)</i>
I	4440	2312,22	1,92
II	4440	1902,02	2,33
III	4640	2609,45	1,78
IV	4440	2352,21	1,89

Percebe-se que na média a quantidade de água necessária para o processamento ficou em torno de 2 L de água/ kg material produzido. Como já comentado anteriormente, o consumo de água depende em maior parte das dimensões do tanque, sendo assim, o valor obtido para a Batelada II é coerente. Esses resultados justificam a escolha da cooperativa pela estocagem do material até que haja um volume adequado para a produção dos plásticos rígidos, evitando assim o desperdício de água.

Para os plásticos flexíveis os dados são apresentados na Tabela 4.15. Para este caso foram calculadas as eficiências tanto para o consumo no aglutinador, quanto no processo de lavagem/secagem.

⁹ No relatório as cooperativas são classificadas em alta, média e baixa eficiência, de acordo com as eficiências física e econômica encontrada.

Tabela 4.15: Eficiência do uso de água para os materiais flexíveis.

<i>Batelada</i>	<i>Eficiência do uso de água total (Água total/ massa de produto final)</i>	<i>Eficiência do uso de água no processo (Água utilizada no tanque/massa que sai do processo)</i>	<i>Eficiência do uso de água no aglutinador (Água aglutinador/ massa de produto final)</i>
TRANSPARENTE			
I	7,38	11,98	-
II	7,56	15,02	0,0120
III	7,60	14,05	0,0102
Média	7,51	13,68	0,0111
COLORIDO			
I	17,58	20,67	-
II	17,38	18,57	0,0055
III	16,79	18,67	0,0061
IV	16,36	17,83	0,0051
Média	17,03	18,93	0,0055

Comparando os valores para eficiência total do uso de água entre os plásticos transparentes e coloridos percebe-se que utiliza-se duas vezes mais água para os coloridos do que para os transparentes. Isso ocorre principalmente pela maior quantidade de sujidade presente no material colorido.

Ao comparar os dados referentes à água para o aglutinador, essa tendência se inverte. Isto corre provavelmente porque os plásticos flexíveis coloridos, por serem em sua maioria oriundos do processo e saírem com uma umidade maior, necessitam de menos água adicionada ao aglutinador no processo de quebra da massa plástica que está sendo formada. Além disso, vale ressaltar que a proporção de massa de entrada no processo/ massa de entrada no aglutinador é maior para os últimos, reafirmando a proposição acima.

Para os transparentes se comparados a segunda e terceira colunas da Tabela 4.15 há uma diferença maior que comparado com as mesmas colunas para os coloridos. Da mesma forma que o caso anterior, a presença de uma maior quantidade de material limpo faz com que sejam necessários menos litros de água para o beneficiamento dessa resina.

4.4 Análise das relações cooperativa-mercado

O mercado da reciclagem é bem diversificado, tanto na questão dos tipos de materiais que são comercializados, como no tipo de empreendimento individual ou coletivo que realiza esse comércio. Sendo assim, julgou-se relevante apresentar a forma como se dão essas

relações no caso específico de Dois Irmãos e como isso influencia no processo produtivo do empreendimento.

Os produtos são comercializados de duas formas: prensados (onde é realizada a prensagem dos materiais, atingindo um volume de aproximadamente 1 metro cúbico) ou moídos (plásticos beneficiados aqui relatados). Não é realizada a venda de material solto (ou seja, não prensado). Os diferentes tipos de materiais são, em sua maioria, comercializados uma vez ao mês. Alguns deles, como papel e papelão, podem ser vendidos somente quando completa-se uma carga de caminhão, ou seja, quando se completa determinado volume de material. Dessa forma não se estabelece o período de venda pelo tempo (como por exemplo, uma vez na semana ou toda ultima sexta-feira do mês), assim como realizam outras cooperativas. Segundo os relatos isso faz com que se obtenham alguns centavos a mais por quilo de material comercializado. É importante ressaltar que nem todas as cooperativas podem operar dessa forma, já que para que isso aconteça, é necessário que exista espaço físico para estoque dos materiais já prensados. A cooperativa a partir de novembro de 2012 passou a contar com um galpão localizado ao lado deste onde é feito a triagem. Neste local encontra-se a estocagem dos materiais prensados pela cooperativa (PET, papel, metais,...). Antes os materiais eram estocados dentro do galpão, nos espaços onde restava lugar e esses eram empilhados por 3 ou 4 níveis, ou eram colocados no andar inferior, onde a única forma de acesso é contornando o prédio pelo lado de fora.

Os pagamentos realizados pelos compradores ocorrem também de duas formas, a vista ou a prazo (geralmente de 15 a 20 dias). Esse é um fato que também faz com que a cooperativa receba mais por quilo vendido. Na comercialização de materiais recicláveis é comum o pagamento a vista e em pequenos volumes, devido à necessidade rápida de obtenção de dinheiro para as necessidades pessoais, tanto dos indivíduos quanto dos integrantes de cooperativas de recicladores. Isso demonstra uma boa organização e compreensão do fluxo de caixa da empresa, do conhecimento do processo e do tipo de matéria-prima que advém da coleta seletiva. A venda dos materiais é sempre realizada com nota fiscal, conforme prevê a lei.

A relação com os compradores dos materiais se dá das mais diversas formas. É priorizada a venda de certos materiais para compradores antigos, pois estes podem até mesmo pagar alguns centavos a menos por quilo, porém efetuam a compra com uma boa regularidade, garantindo assim uma entrada fixa de rendimentos no mês. Este é o caso dos plásticos flexíveis (tanto transparentes quanto coloridos). Para os outros materiais há negociação do preço de venda através da comunicação com as outras cooperativas. Porém, o preço de venda do material geralmente é estabelecido pela média do que está sendo comercializado pelo mercado. A cooperativa pode realizar esse comércio, pois não possui custos com a luz (subsidiada pela prefeitura) e com a matéria-prima que chega. Em contrapartida a prefeitura não gasta com o aterramento desses materiais (já que são comercializados), promove um destino ambientalmente correto para o RSU produzido pela cidade, está em conformidade com a Lei 12305 e gera renda para as pessoas envolvidas.

Foi relatado pelos cooperados, e também observado durante a pesquisa, que existe uma preocupação com a qualidade do produto comercializado. Isso faz com que os compradores de matérias recicláveis, principalmente os dos plásticos beneficiados fidelizem-se como clientes do empreendimento. A cooperativa procura atender as demandas trazidas pelos compradores, desde mudando a separação, até realizando mais uma etapa de triagem para que o produto final tenha a qualidade que o comprador espera. Este é o caso dos plásticos flexíveis coloridos feitos de resina PEBD/ PELBD. Durante o processo de triagem desse material, observou-se que algumas embalagens de PELBD não eram classificadas nessa categoria. E a justificativa para isso foi a de que o comprador percebeu que algumas embalagens de PELBD que advinham principalmente de produtos como sabão em pó não podiam ser adensadas juntamente nessa categoria, já que causavam problemas no processo de extrusão. Dessa forma, na separação os cooperados deixaram de incluir esse material nos plásticos flexíveis coloridos.

Como já relatado, também observou-se que muitas vezes para o PS e para o plástico flexível PP somente ocorre o beneficiamento do material quando há venda para o comprador. A estratégia nesse caso é continuamente separar esses materiais no processo de triagem, prensá-los e somente processá-los quando houver comprador, ou quando o valor proposto for considerado justo, levando-se em conta os custos e também o tempo de trabalho despendido no beneficiamento.

Alguns outros materiais que não possuem venda todo mês são beneficiados com certa regularidade e estocados. É o caso dos plásticos rígidos ‘Preto’ (Mistura I), ‘Cadeira’ (PP aditivado) e ‘Tampinhas’. Isso é possível porque o volume de material a ser processado não é muito alto comparado com os outros beneficiados, portanto ocupa pouco volume de estoque depois de moído. Além disso, pelo volume de estoque gerado quando eles estão no seu design original, não valeria a pena acumulá-los e somente processá-los quando houvesse comprador. Assim, estes materiais são processados juntamente com aqueles de maior saída e, então, estocados.

Outro caso interessante observado em relação à venda de materiais e o processo produtivo foi o das sacolinhas plásticas. Esse material anteriormente era comercializado pela cooperativa. Porém, com a falta de comprador no mercado, a cooperativa parou de separá-lo. Percebeu-se claramente que os cooperados sentiram-se incomodados por não poderem mais comercializar esse produto, muito menos pelo dinheiro ganho, mas mais pelo fato de que um material útil e ‘bom’ segundo as palavras deles, estava indo para o aterro. Com a instalação da nova planta a capacidade da planta aumentou fazendo com que ela fique ociosa por mais tempo. A partir desse fato, a cooperativa percebeu que poderia novamente beneficiar as sacolas plásticas. O trabalho que eles pensam em realizar é fazer testes com os equipamentos novos com esse tipo de resina e apresentá-los para os compradores para ver se algum deles teria interesse em obter esse material.

Por último foi relatado pelos cooperados qual o tipo de comprador a que eles vendem esses materiais. Os materiais beneficiados (plásticos que passam pela TS) são vendidos diretamente para as empresas de transformação que realizam o processo de extrusão e

produção dos artigos que chegam ao consumidor. Já os materiais prensados (papel, papelão,..), todos eles são vendidos para atravessadores. Estes atravessadores são empresas regularizadas que realizam somente o trabalho de estocagem desse material, revendendo com um maior custo para as empresas transformadoras.

Todos esses fatos demonstram que há a percepção de que existem possibilidades em aumentar a eficiência do processo de triagem através do desenvolvimento de produtos que hoje fazem parte do rejeito, mas que de uma forma ou outra passam pelo processo e geram seus custos de produção. Seria o equivalente a um produto não conforme num processo produtivo qualquer.

4.5 Compreender o modelo de gestão realizado dentro da cooperativa a partir da visão da Economia Solidária

Há atualmente trinta e duas pessoas trabalhando na cooperativa de Dois Irmãos. Vinte e cinco delas trabalham dentro do galpão de triagem e sete trabalham na coleta seletiva da cidade. A prefeitura contrata a cooperativa não somente para fazer o trabalho de triagem, mas também para realizar a coleta seletiva. Os caminhões da coleta são da prefeitura, assim como o motorista é contratado pela mesma e os cooperados apenas fazem o recolhimento do RSU classificado nas residências para este fim.

A divisão das sobras da cooperativa se dá de forma igualitária entre todos os cooperados proporcionalmente às horas trabalhadas, independente do cargo ou função. Os pagamentos são realizados no final de cada mês, porém é possível que o cooperado faça uma retirada de até R\$ 600,00 uma vez no mês caso tenha alguma necessidade. A cooperativa também possui uma iniciativa de empréstimo para os seus membros. Essa iniciativa funciona da seguinte forma, há um limite de três pessoas que podem contrair o empréstimo, se esse limite já foi preenchido, caso algum outro cooperado precise de dinheiro, ele deve esperar que alguém quite a dívida para poder realizar o seu. Esse empréstimo é realizado sem o acréscimo de juros e cada pessoa pode usar desse recurso somente uma vez no ano.

Quanto à divisão do trabalho, existe a compreensão dentro da cooperativa que é necessário ter o número de trinta e três membros para que ele seja efetivo. Foi observado e relatado pelos cooperados que são necessários sete pessoas no recolhimento do lixo nas ruas, esses membros não trabalham no galpão de triagem. Quando algum membro que trabalha neste posto tira férias ou necessita de afastamento, algum membro da cooperativa que atua no galpão se desloca para fazer o trabalho nas ruas. Dentro do galpão as funções são divididas da seguinte forma: os trabalhadores da esteira, o das mesas de triagem, os operadores das prensas, os trabalhadores que ficam na parte de recebimento do lixo e os operadores das máquinas. Essas funções não são estáticas, sendo alternadas entre os cooperados.

Na esteira trabalham dez ou onze pessoas, nas prensas duas e no recebimento do lixo duas ou três, dependendo da quantidade de RSU que é recebido na cooperativa. São três as

mesas de triagem, as quais são chamadas de setor de qualidade, as duas mesas de triagem dos plásticos flexíveis sujos e limpos e uma terceira onde é realizada a triagem de materiais que advém principalmente de escolas e estabelecimentos que contém muitos papéis. A opção por essa última separação é devido ao fato de que essa fonte geradora possui muitos materiais que tem granulometria pequena. Se fossem colocadas na esteira, junto com o restante do lixo, estes se perderiam e acabariam sendo destinados para rejeito. As atividades nos postos de triagem na esteira e no caminhão são realizadas por todos os cooperados, já as das mesas de triagem são realizadas por pessoas fixas, geralmente. Eles justificam que na parte da qualidade é necessário haver uma pessoa com mais experiência para esse trabalho. Porém, isso não impede que outros cooperados a realizem, como diversas vezes foi observado durante o período de pesquisa.

Na operação das máquinas, essa função é realizada geralmente pelos mesmos dois indivíduos. E nesse caso, também pode ocorrer troca, caso haja necessidade. Os cooperados justificam o fato, novamente pela questão da qualidade do produto e também pela experiência de manejo na operação dos equipamentos. No trabalho com os aglutinadores, por exemplo, foi observada apenas a atuação de uma pessoa específica. No caso dos aglutinadores, este operador tem a experiência de conseguir operar ambos simultaneamente. E por isso permanece nesse posto. Quando não ocorre produção nos equipamentos, os cooperados são deslocados para auxiliar nas outras funções.

Quanto à divisão dos cargos de gerência da cooperativa, existe uma diretoria composta por três membros. Essa diretoria é renovada a cada dois anos e todos os integrantes votam na eleição de escolha destes. A responsabilidade é compartilhada entre todos os cooperados, sendo realizadas assembleias regulares para as decisões estratégicas do empreendimento.

Observou-se que há uma iniciativa de transmissão de conhecimento para os outros cooperados e que todos, na medida do possível, saibam realizar as mais diversas funções. Em alguns postos de trabalho que necessitam de maior força física, como a de carregamento do 1º moinho ou a operação das prensas, nestes não foi observada a presença de mulheres. As cooperadas realizam trabalho de força como o transporte de alguns fardos e o transporte da esteira até as prensas, mas trabalhos mais árduos e principalmente repetitivos em relação à força física são realizados pelos homens.

A frequência das reuniões de diretoria na cooperativa é semanal, realizadas às segundas-feiras. Existe no mínimo uma assembleia por mês, onde são realizadas as prestações de contas e tratados os assuntos mais importantes. Se necessário são realizadas mais encontros nesse mesmo período de tempo. O nível de participação nas assembleias é de 100% dos cooperados. Foi colocado no estatuto da cooperativa que caso o cooperado não esteja presente na reunião sem uma justificativa, estas horas serão descontadas quando da divisão das sobras. Pela observação das assembleias, constatou-se que há participação da maioria dos associados referentes nos temas abordados. Somente uma pequena parcela acaba não se pronunciando, tanto devido a não gostar desse tipo de situação, como pelo fato de estar a pouco tempo na cooperativa e não se sentir apto a falar sobre o assunto. Mas nota -se que há da parte de alguns

membros mais ativos um incentivo para que todos falem e participem. As decisões são sempre tomadas de forma democrática, sendo respeitada a decisão da maioria.

Quanto à rotatividade na cooperativa, observou-se pouca. A cooperativa sabe que necessita de trinta e três trabalhadores, sendo assim, quando algum membro sai, é chamada uma pessoa que consta em uma lista de espera para entrar no empreendimento. Esse novo membro passa por um período de experiência de dois meses, e após esse tempo, todos os membros votam se aceitam ou não a pessoa como membro permanente. Essa lista de espera existia durante o início do período de pesquisa. Nos últimos meses do ano de 2012, as pessoas que estavam na lista ou não se interessaram mais por permanecer nela, ou não havia nomes para que houvesse a substituição.

Conforme relatado e observado, dois postos de trabalho ficaram vagos devido à aposentadoria de dois membros da cooperativa, sendo uma mulher e um homem. Esses postos foram então repostos, sendo respeitado o gênero do novo integrante a entrar. Também foi relatado que depois que começou o trabalho de realização da coleta seletiva (há aproximadamente três anos) nas ruas da cidade, a rotatividade aumentou. Antes desse período o grupo permaneceu com os mesmos integrantes por pelo menos dois anos. No último ano, a rotatividade foi de cinco a seis pessoas na cooperativa, não sendo relatado pelos cooperados a rotatividade do posto de trabalho.

4.6 Analisae dos ganhos econômicos advindos da transferência da TS estudada

Na Figura 4.22 é apresentada a comparação entre o preço médio do plástico beneficiado pela Tecnologia Social na cooperativa e o preço médio vendido pelas cooperativas localizadas na grande Porto Alegre (prensado). A Figura 4.24 é feita a razão entre o preço de venda do produto beneficiado pelo prensado.

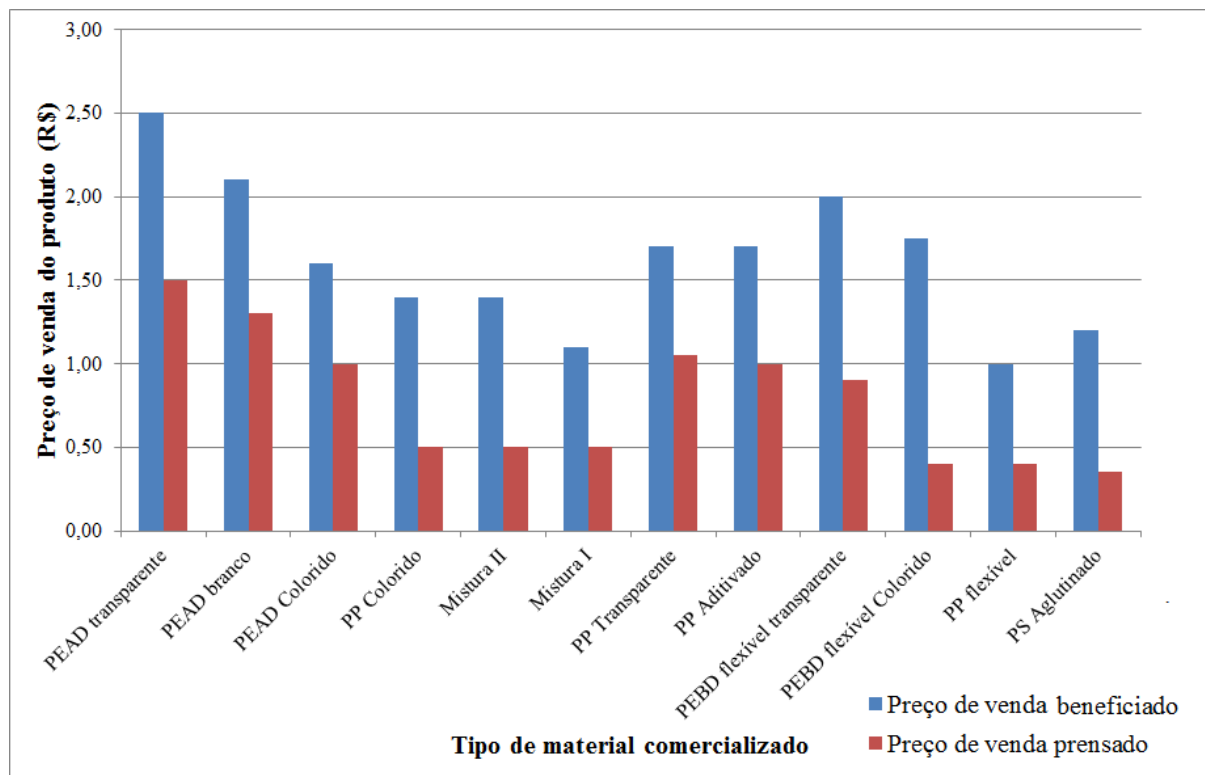


Figura 4.22: Comparação entre o preço de venda do produto prensado em cooperativas da grande Porto Alegre e o preço de venda do produto beneficiado pela cooperativa de Dois Irmãos.

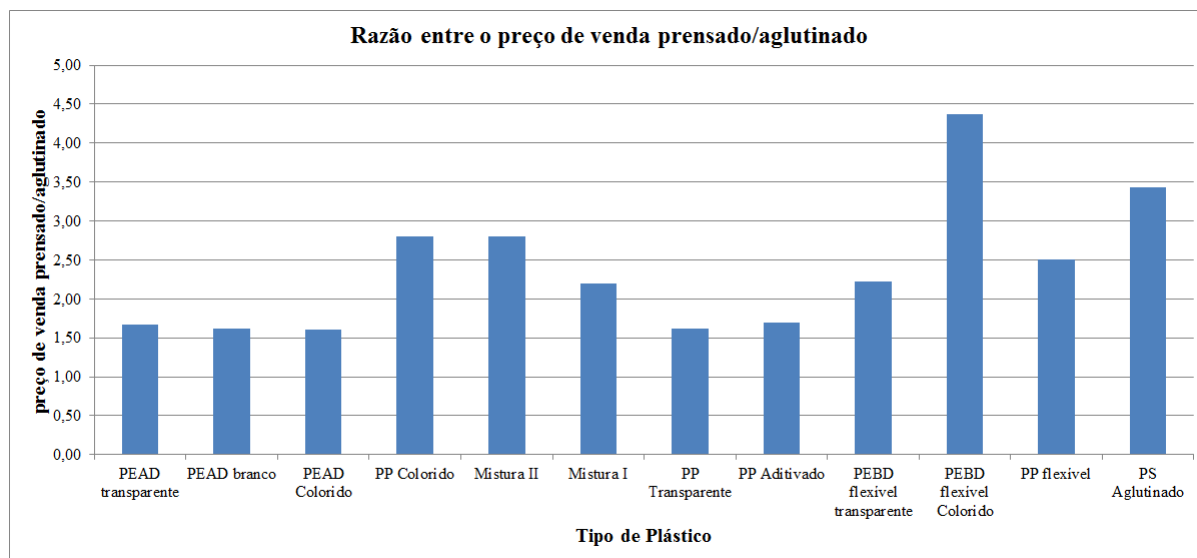


Figura 4.23: Razão entre o preço de venda do produto prensado e beneficiado

Analisando as Figuras 4.22 e 4.23 nota-se um aumento substancial entre o preço de venda dos plásticos vendidos beneficiados e os prensados. Também constata-se que os materiais que não contém pigmentos possuem um preço maior de venda do que os que contém (Figura 4.22). Apesar de os plásticos com pigmentação alcançarem uma razão prensado/aglutinado maior que os sem pigmentação (brancos e transparentes). No processo de

extrusão para a produção de novas embalagens, os materiais que não contém pigmentação podem ter qualquer cor adicionada, enquanto que os plásticos coloridos ao serem extrusados novamente só poderão ser pigmentados com cores escuras, mais próximas ao preto.

Também se pode notar que os plásticos tipo Mistura II (tampinha) possuem o mesmo valor de venda que o PP Colorido (Margarina), justificando assim, a sua separação no processo de triagem, não somente pela qualidade do produto, mas pelos ganhos obtidos com a sua comercialização. O mesmo ocorre com o plástico PP transparente e PP aditivado, justificando assim, para o PP aditivado, o beneficiamento desse material na forma de flakes (moído), lembrando que é necessário utilizar uma peneira para o beneficiamento deste e, conseqüentemente, o deslocamento de duas pessoas para a realização do processo (uma na peneira e outra no secador).

A Figura 4.24 apresenta a comparação entre os preços de venda de cada uma das resinas beneficiadas pela tecnologia e os quilos por ano.

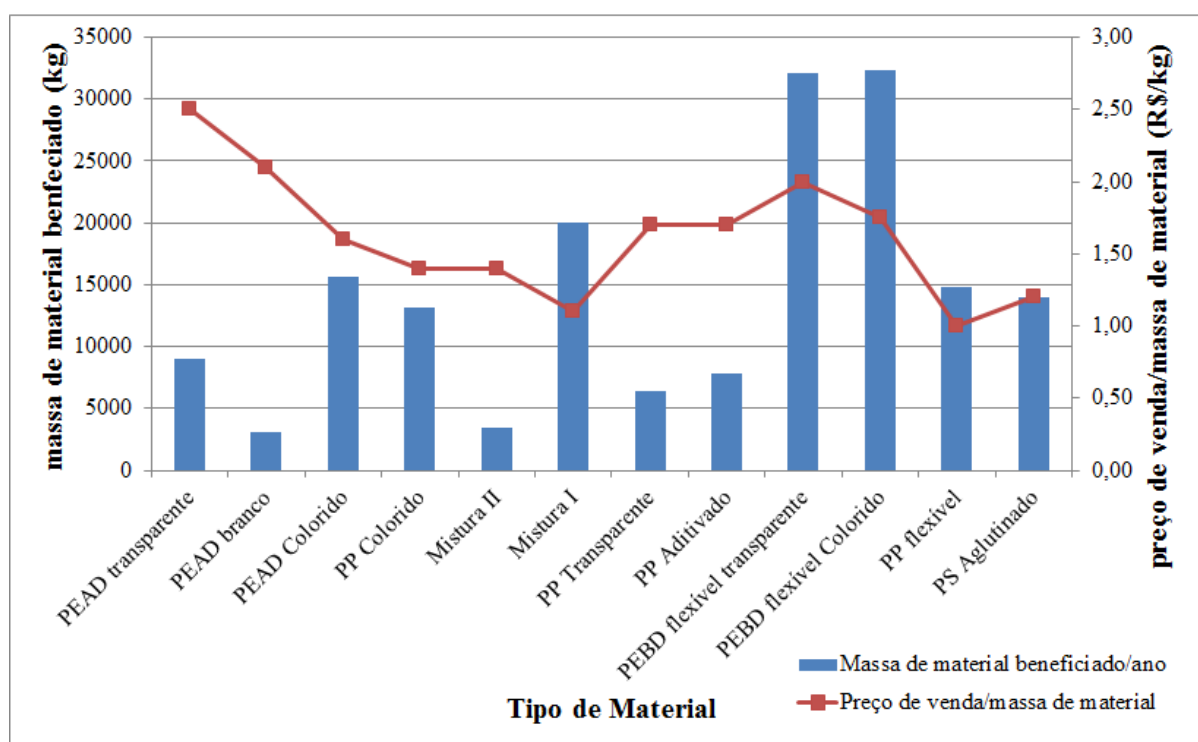


Figura 4.24: Comparação entre o preço de venda do produto e o total de material comercializado no ano para cada tipo de resina

Como mostrado no gráfico as maiores produções em massa são dos materiais flexíveis, apesar de não possuírem o maior preço de venda, o que justifica a sua comercialização, sendo que estes levam mais tempo para serem produzidos. Esse gráfico também apresenta o perfil dos plásticos comercializados pela cooperativa. Chama a atenção o valor para o Mistura I que possui uma massa de produto comercializada maior que os outros plásticos rígidos, indo em contradição com os dados coletados durante a pesquisa, onde esse material tinha uma porcentagem menor na constituição dos produtos beneficiados. Realizando a análise dos dados percebeu-se que no mês de janeiro de 2012 houve uma quantidade de comercialização quase quatro vezes maior comparado com os outros meses. Segundo relatos

dos cooperados o mais provável é que este material estivesse em estoque e foi comercializado de uma única vez neste mês, justificando assim essa discrepância.

A Figura 4.25 apresenta o aumento percentual de faturamento com e sem a tecnologia. Essa comparação foi feita dividindo-se o valor que seria recebido se não houvesse a tecnologia pelo valor recebido com a tecnologia para a mesma quantidade de plásticos. Essa comparação foi feita somente com os plásticos beneficiados pela TS, sem considerar os outros materiais que são vendidos prensados pela cooperativa.

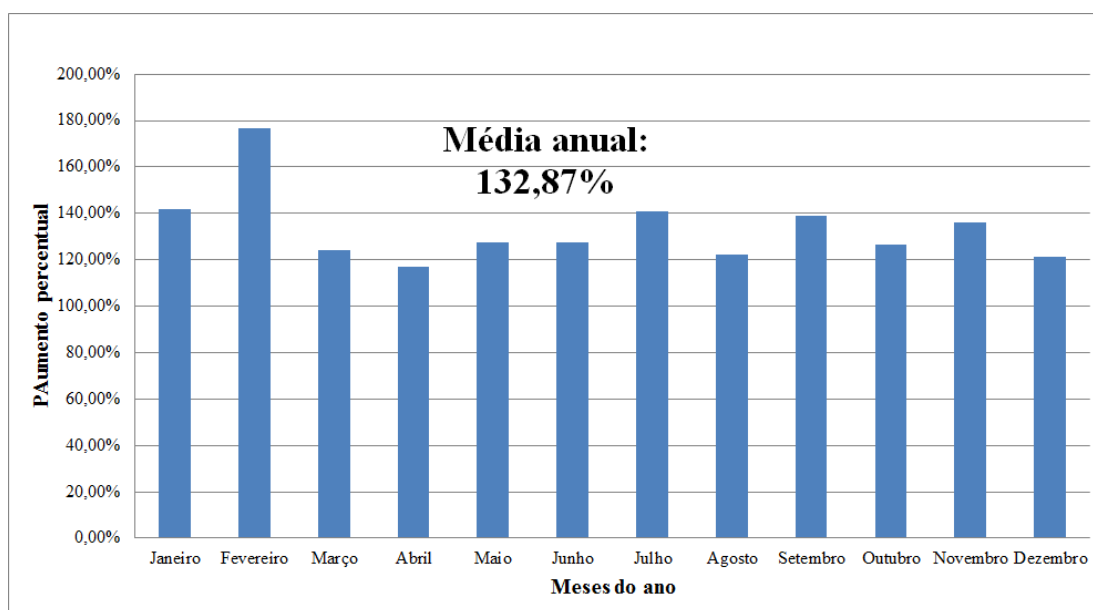


Figura 4.25: Aumento percentual do faturamento por mês para a cooperativa, considerando somente os plásticos beneficiados.

A Figura 4.25 demonstra que a questão da sazonalidade influencia no processo de venda dos materiais. Também influencia no aumento de renda, o tipo de material que é beneficiado. Porém, este não é uma variável que a cooperativa pode controlar, já que depende da composição do RSU da cidade. Mesmo assim, o índice médio de 132% de aumento no faturamento (considerando somente os plásticos) demonstra que a aplicação da TS reverte-se em grandes benefícios para os cooperados e para a renda de suas famílias. A Figura 4.26 apresenta a porcentagem que cada material contribui em relação ao faturamento para os plásticos beneficiados durante o período de um ano, mostrando quais tipos de matérias mais contribuem para o faturamento final da cooperativa.

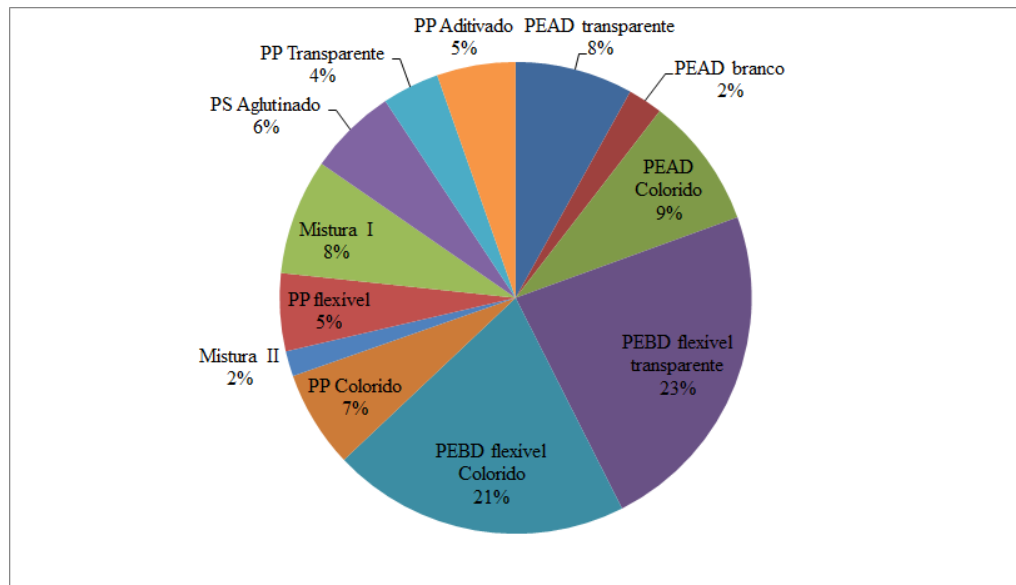


Figura 4.26: Contribuição das diferentes resinas no faturamento dos plásticos

Observa-se que apesar dos plásticos flexíveis requererem mais tempo para serem processados, justifica-se o seu processamento, já que contribuem com 40% do faturamento. Porém se houvesse somente materiais rígidos no RSU para serem processados, talvez fosse melhor justificado fazer somente esse tipo de material, já que não demandam o tempo de aglutinação. Também se deve levar em consideração que caso esses materiais não fossem processados, a planta ficaria mais ociosa do que já se encontra. Neste momento na cooperativa a capacidade de processamento está subestimada. Uma das soluções seria uma parceria com outras prefeituras da região para o recebimento de materiais para processamento.

4.7 Análise do perfil dos trabalhadores que atuam dentro da cooperativa

Os dados levantados para a cooperativa foram realizados com 25 dos 32 cooperados (com exceção do indicador gênero, onde obteve-se os dados para os 32 integrantes) que trabalham no empreendimento. Esses dados foram comparados com os dados publicados em relatório realizado pela Faculdade de Educação da UFRGS a pedido do Ministério da Educação e da Cultura (MEC) onde se encontra o perfil socioeconômico para as Cooperativas de recicladores de Porto Alegre (MEC, 2009)

A Figura 4.27 apresenta os dados de Gênero obtidos para a cooperativa.

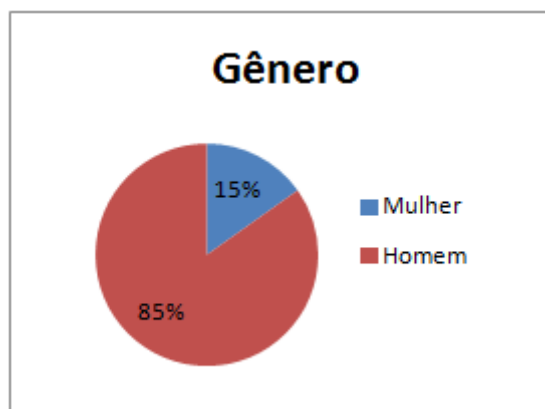


Figura 4.27: Perfil de gênero da cooperativa de Dois Irmãos

Nas cooperativas de catadores de Porto Alegre, 68% são mulheres e 32% são homens. Percebe-se que na cooperativa de Dois Irmãos esse panorama é invertido. Durante a pesquisa foi observado que a cooperativa possui um mínimo de cinco mulheres que podem participar, não existe um máximo, mas se alguma mulher sair, outra deve entrar no lugar. Diferente do encontrado nas cooperativas de Porto Alegre, onde geralmente as mulheres realizam o trabalho de limpeza e alimentação e os homens os trabalhos mais pesados, na Cooperativa de Dois Irmãos todos são responsáveis pela limpeza do ambiente de trabalho. Eles são divididos em dois grupos de trabalho, numa semana o primeiro grupo é responsável pela limpeza do refeitório e dos banheiros, enquanto o segundo grupo trabalha no sábado pela manhã. Na outra semana, as atividades trocam. No ambiente de produção e triagem do lixo todos limpam o ambiente no final do dia ou de uma atividade específica (como, por exemplo, a limpeza das baias depois que todo o material daquele lugar foi processado). Não há diferenciação de gênero para essa função.

Quanto à faixa etária, os dados para a cooperativa de Dois Irmãos são apresentados na Figura 4.28. Como se pode perceber a faixa etária dos cooperados é bem distribuída. Fazendo uma comparação entre a faixa etária e o tempo de permanência na cooperativa, nenhuma relação foi encontrada.

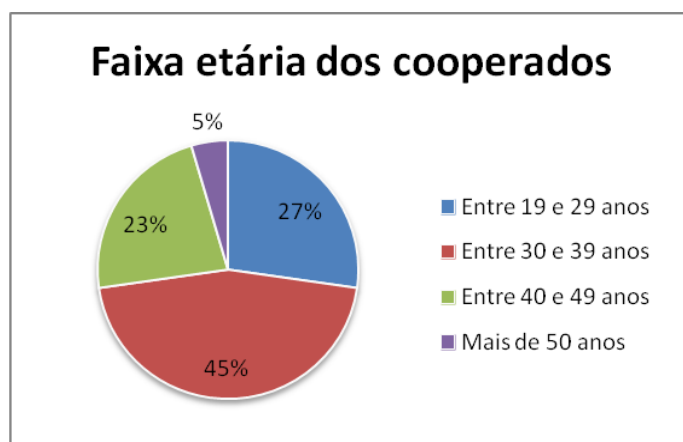


Figura 4.28: Perfil etário dos cooperados de Dois Irmãos.

A Figura 4.29 apresenta os dados referentes ao grau de escolaridade dos recicladores.

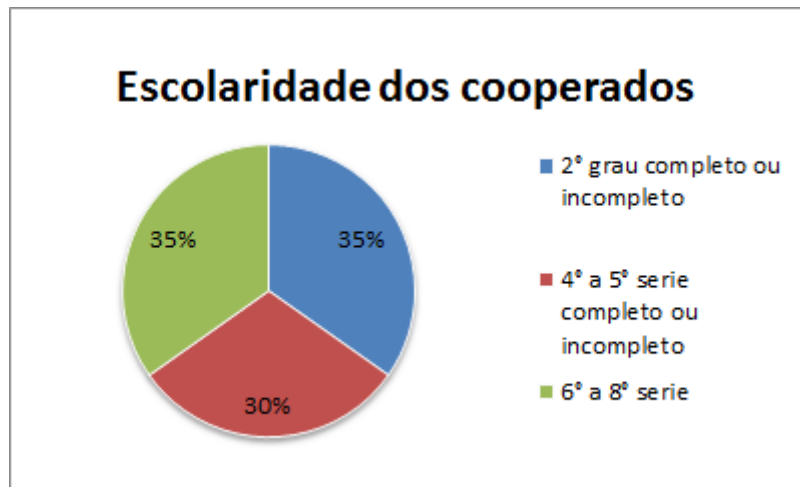


Figura 4.29: Perfil de escolaridade dos cooperados.

Diferente dos dados encontrados para outras pesquisas sobre o perfil dos recicladores em Dois Irmãos, nenhum dos cooperados é analfabeto. Segundo a pesquisa para Porto Alegre, 5% dos catadores são analfabetos. Também se pode notar que 35% deles possuem o Ensino Médio completo ou realizaram até uma parte. Esse grau de ensino, talvez, seja um dos motivos pelos quais a Cooperativa de Dois Irmãos é eficiente no seu empreendimento.

Este perfil diferenciado pode estar relacionado com a origem trabalhista de seus integrantes. Muitos são originários da crise calçadista na década de 90, a qual atingiu principalmente descendentes de alemães locais. Estes cooperados possuíam um nível de escolaridade diferenciado dos trabalhadores não qualificados da Grande Porto Alegre. Esta origem da formação para o trabalho também pode explicar o nível organizacional da própria cooperativa, principalmente o foco nas estratégias de gestão da produção e na disciplina para o trabalho.

Pode-se discutir a questão de gênero *vs* divisão do trabalho: homens trabalham nos equipamentos perigosos (como moinho, aglutinador), onde há o elevado risco de acidente, a necessidade de conhecimentos técnicos sobre o funcionamento e a manutenção, conhecimentos estes comuns aos homens de fábricas de calçados, mas não das mulheres desta origem, as quais realizavam trabalhos repetitivos em mesas de montagem. Todos esses fatores permitem entender em partes a divisão do trabalho na cooperativa.

4.8 Análise dos parâmetros sociais e de comportamento estudados relacionados com o processo de organização do trabalho e na interação com a tecnologia

Os indicadores sociais foram escolhidos sempre tentando identificar quais parâmetros estariam ligados à Tecnologia Social estudada, conforme as observações realizadas durante o período de pesquisa. A descrição destes será realizada a seguir.

Segundo o relato dado pelos cooperados não existe um programa de treinamento interno formal, porém, como já dito anteriormente, existe uma preocupação de que os diferentes cooperados saibam realizar as mais diversas funções dentro da cooperativa. Um associado que entra na cooperativa é, primeiramente, treinado no processo de separação da esteira, ele é treinado por todos os cooperados que se encontram nessa função. Esse cooperado aprende como realizar a separação de todos os materiais até os mais complexos como os plásticos. Nos projetos realizados por ONGs e empresas, geralmente está associado treinamento para os cooperados, não somente na forma como operar a TS, mas também em assuntos como cooperativismo, segurança, fluxo de caixa, entre outros. Na cooperativa de Dois Irmãos essas oficinas realizadas por agentes externos são temas de interesse escolhidos pela própria cooperativa.

Quanto à rotatividade das funções, foi observado que essa é realizada. Sendo os setores de triagem mais fina de material (triagem dos plásticos limpo, sujo e material escolar) e operação da planta de reciclagem realizada geralmente por pessoas específicas. Porém foi observado que pessoas mais antigas na cooperativa é que geralmente trabalham na esteira e no processo de triagem das mesas. Durante o período de pesquisa uma das cooperadas estava grávida. Ela geralmente trabalhava na esteira, porém devido ao seu estado ela foi colocada no processo de separação de materiais escolares, o qual é um ambiente mais limpo que os outros (por não receber o lixo que vem diretamente do caminhão) e menos apertado, já que na esteira os cooperados encontram-se lado a lado sem muito movimento. Também na operação da planta foi observada certa rotatividade. Porém, somente na posição de alimentação do primeiro moinho.

Quanto à quantidade de acidentes foi declarado pelos cooperados que estes geralmente tratam-se pequenos cortes nas mãos e pisar em materiais pontiagudos, afiados ou cacos de vidro. Quanto a fraturas ou quedas, nada foi constatado. A frequência com que os acidentes que foram relatados ocorrem é geralmente uma vez por mês. Durante o período de pesquisa foi presenciado somente uma vez o corte de algum cooperado, no período de junho a dezembro de 2012.

Os EPI's utilizados na cooperativa são luvas de borracha plástica, calçado fechado, uniforme da cooperativa (calça e camiseta) e guarda-pó. Quando há a operação das máquinas é utilizado um abafador auricular tipo concha pelos operadores das máquinas e por alguns que se encontram nas mesas de triagem mais próximas à planta. Os outros cooperados geralmente utilizam um protetor auricular tipo plug de espuma moldável, já que se encontram mais

distantes do processo. Também foi observado o uso de óculos de proteção na operação do secador para o beneficiamento do plástico PP aditivado. E durante o adensamento do material, o cooperado que o opera utiliza máscara de proteção por causa do vapor que sobe do equipamento. Esse vapor pode conter particulados de plástico que se desprendem durante o processo e se acumularem nos pulmões.

Os processos na cooperativa não são informatizados, sendo o controle de produção realizado através de planilhas feitas à mão e um livro caixa. Porém, algumas atividades são realizadas no computador, já que é necessário a retirada de nota fiscal eletrônica dos materiais comercializados. No final do ano, algumas informações contidas nas planilhas são digitalizadas no computador (como quantidade de material reciclado), porém, se é necessário alguma informação, geralmente eles recorrem às planilhas físicas.

Observou-se que há possibilidade de diálogo ao longo do processo. Os cooperados interagem socialmente durante o trabalho. Também podem interromper o trabalho, como ir tomar água por exemplo. Porém é muito difícil que isso ocorra, já que o volume de lixo é grande. Apesar disso, eles realizam duas pausas por dia de dez minutos, um no período da tarde e outro no período da manhã, além do intervalo para o almoço.

Quanto ao tempo médio na cooperativa, esses dados por ser observados na Figura 4.30.

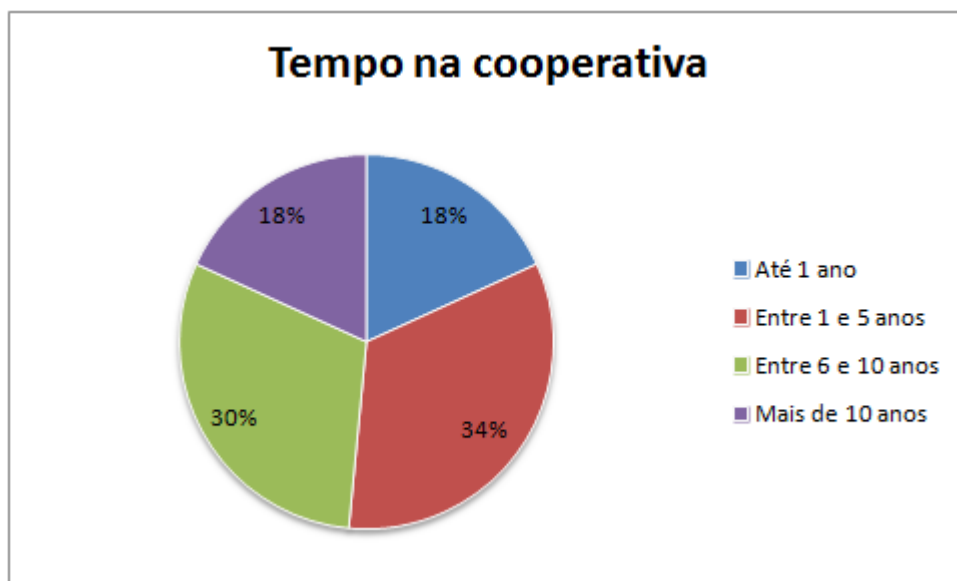


Figura 4.30: Perfil do tempo de permanência dos cooperados no empreendimento.

Como pode ser observada a rotatividade do empreendimento não é muito alta, sendo de 18% os cooperados que entraram no último ano. Também é importante colocar que durante o ano de 2012, dois cooperados saíram do empreendimento em função de sua aposentadoria, o que indica o bom ambiente de trabalho. Isto é relevante, sendo que se sabe que é muito difícil a aposentadoria nesse setor, devido a vários fatores como o não recolhimento de contribuição do INSS ou às condições de trabalho em que se encontram essas pessoas. Se forem somadas

as parcelas dos cooperados que se encontram a mais de 5 anos, obtemos um resultado de 48%, o que se aproxima do comparado com os resultados obtidos para as cooperativas de Porto Alegre – 54% para as mulheres e 46% para os homens (MEC, 2009).

4.9 Quantificação do benefício ambiental que a cooperativa propicia através da reciclagem do material

4.9.1 Análise do RSU gerados e quantidade reciclada pela cooperativa

A Figura 4.31 apresenta uma comparação entre RSU gerado pela cidade de Dois Irmãos, separado em seco e molhado. O lixo molhado é o RSU advindo da coleta regular da cidade mais o rejeito produzido pela cooperativa, estes são obtidos através da pesagem do material que é aterrado em Minas do Leão – RS. Já o lixo seco é o RSU que foi separado e comercializado pela cooperativa. É apresentado também a proporção entre lixo seco e molhado ao longo dos anos (1995 a 2010).

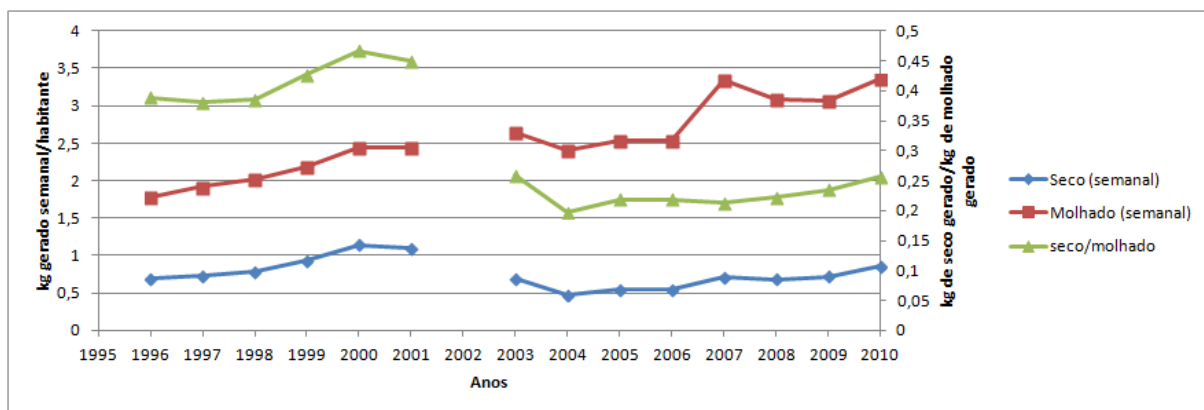


Figura 4.31: Comparação entre o lixo seco e molhado gerado na Cidade de Dois Irmãos.

Como se pode perceber o lixo seco e molhado aumentaram ao longo dos anos, porém a proporção entre o material reciclado e o material aterrado (seco/molhado) diminuiu depois do ano de 2001, tendo um leve aumento nos últimos anos. Segundo o relato dos cooperados, a separação na fonte (casas) tem diminuído ao longo dos anos, havendo uma maior quantidade de lixo contendo material orgânico junto com o recolhido pela Coleta Seletiva. Este fato foi observado durante o período de pesquisa, com a presença de matéria orgânica e material descartado no banheiro das residências (papéis higiênicos, absorventes,).

A cidade realiza campanha de Educação Ambiental nas escolas e a cooperativa realiza trabalho de conscientização na cidade, dando palestra nas escolas do município e recebendo visita não só de grupos de habitantes da cidade, mas também de outros municípios. A cooperativa tem conhecimento aproximado de onde advém o lixo que contém menor

segregação, pois a rota que a coleta seletiva realiza é fixa pelos bairros, fazendo com que possa se ter controle de quais regiões da cidade segregam menos o lixo em suas residências. Uma das soluções possíveis seria a realização de trabalho de educação ambiental maior nas regiões onde é detectada uma menor separação. Outro ponto importante também relatado é que a cidade possui uma população muito variável devido às empresas moveleiras e calçadista que estão ali instaladas, fazendo com que o trabalho de educação ambiental seja dificultado pela alta rotatividade.

4.9.2 Economia da prefeitura com a não disposição

A partir dos dados referentes à tonelagem produzida pela cooperativa de Dois Irmãos durante o ano de 2012, a prefeitura economizou R\$ 107.525 anuais com o não aterramento de material. Esse valor gasto referente ao frete e ao aterramento na cidade de Minas do Leão. Porém os custos que a prefeitura tem com a cooperativa, considerando o repasse de manutenção e os gastos com luz giram em torno de R\$ 49.000 anuais. A prefeitura também realiza um repasse mensal para os cooperados, pelo serviço prestado pela cooperativa com a triagem do material reciclável e pelo serviço prestado na cidade de recolhimento do lixo na coleta seletiva. Esse valor não foi informado.

Sabe-se que o recolhimento do RSU é custoso para as prefeituras, principalmente quando estão envolvidas duas coletas separadas. Porém deve-se pensar que o dinheiro investido em coleta seletiva e em cooperativas de reciclagem se reverte em renda para a população que trabalha com estes materiais, ao invés de ser destinado para o aterramento dos mesmos. E com essa renda, os cooperados podem investir em saúde, educação, alimentação e bem estar, para si e para sua família. Diminuindo, indiretamente, os gastos da prefeitura devido ao aumento do poder de compra dessa parte da população.

Capítulo 5

Considerações Finais

A presente dissertação analisou uma Tecnologia Social de Reciclagem Mecânica de Plásticos, procurando explorar os diferentes aspectos envolvidos nessa TS, através da escolha de quatro das dimensões que a norteiam. Com o intuito de compreender o desenvolvimento e aplicação deste tipo de tecnologia nos ambientes diferenciados em que se encontram, utilizou-se o caso da Cooperativa de Recicladores de Dois Irmãos. As dimensões escolhidas foram: tecnológica, econômica social e ambiental.

As perdas de material encontradas foram em torno de 7 a 32 %, dependendo do tipo de resina processada, para os plásticos rígidos. Essas alcançaram os maiores índices para as embalagens constituídas de PP, por serem em, suas maioria, composta por potes de margarina e de doce-de-leite, que contem maiores resquícios de produtos alimentícios em seus interior. Foi identificado que a maior parte constitui-se de matéria orgânica, que fica retida no fundo do tanque ou que é retirado pelo secador. Para os plásticos flexíveis foram encontrados índices em torno de 13,5 % para o transparente e em torno de 25% para o colorido. Também sendo em sua maioria constituído de matéria orgânica advindo do RSU. Adicionalmente, foram identificados cinco pontos de perda de massa do sistema ou acúmulo, são eles: tanque do processo, fora do secador, dentro do secador, na tubulação e no 2º moinho.

Constatou-se que, para os plásticos rígidos, a quantidade de água utilizada para a remoção de sujidade e contaminantes é dependente da extensão do tanque de lavagem. Enquanto que para os plásticos flexíveis a dependência está relacionada a quantidade de sujidade presente no material de entrada do sistema.

Para os plásticos rígidos ao ser realizado a quantificação de algumas perdas e acúmulo de material dentro do sistema, percebeu-se que as maiores concentrações encontram-se no tanque e no secador do processo. No tanque, por ter sido projetado para reter grande parte dos contaminantes presentes no material reciclado, e no secador, por eliminar parte dos contaminantes e da água presentes junto ao plástico beneficiado. Contatou-se também que o

tanque possui um limite de retirada de sujidade e contaminantes, fazendo com que parte desses últimos sejam eliminados pelo secador.

Na análise de material presente no fundo do tanque foi detectado uma perda de material plástico de interesse de 0,86 % frente a produção final total. Indicando que o processamento é realizado de forma satisfatória e que as perdas de produto são pequenas neste local do sistema.

Com relação à quantidade de sujidade presente no produto final referente à batelada de rígidos foi constatado que os materiais constituídos de polipropileno são os que possuem os índices mais altos. O resultado deve-se a estes serem constituídos, principalmente, por embalagens plásticas que contem produtos alimentícios e, a maior parte deles, com grande quantidade de gordura.

Para a quantidade de energia gasta pela cooperativa por material reciclado, chegou-se a um valor de consumo de 0,7 kWh/ kg de material produzido. Comparando com valores obtidos por FARIA (2011) – 0,6 kWh/kg de material produzido - percebe-se que a cooperativa encontra-se apenas um pouco acima provavelmente devido a defasagem dos equipamentos.

A análise do fluxo de produção demonstrou que a TS teve de ser adaptada ao ambiente em que se encontra, ocasionando diversos cruzamentos nas rotas de transporte entre etapas do processo.

Quanto aos problemas técnicos e de manutenção encontrados, os principais foram o enrolamento dos plásticos flexíveis nas navalhas do primeiro moinho e o acúmulo de material de interesse no interior do secador. Ambos causaram paradas no momento do beneficiamento do material. O primeiro ocorre devido ao fato de o moinho não ser projetado para o beneficiamento do material. Ao mesmo tempo, pode-se constatar que há por parte dos cooperados preocupação em relação a manutenção do espaço físico e dos equipamentos.

Alguns índices de eficácia e eficiência puderam ser estabelecidos. A produtividade alcançada pelos plásticos rígidos teve alta variabilidade (em torno de 190 a 350 kg/h de material produzido), dependendo do tipo de resina beneficiada. Sendo que os plásticos constituídos de polipropileno obtiveram os menores resultados, devido à fragilidade do material. Para os plásticos flexíveis, a produtividade obtida foi de 103,43 Kg/h para transparentes e 118,01 Kg/h para os coloridos. As diferenças entre as duas rotas pode ser explicado pela maior eficiência obtida pelos rígidos na etapa de moagem.

Os resultados obtidos para a eficácia da TS foram também bastante variados, sendo a dos plásticos flexíveis menores que dos rígidos, devido a TS que se encontra não ser projetada para realizar o beneficiamento desse tipo de material.

E por fim, a eficiência física e econômica obtidas apresentaram-se acima da média em comparação com as obtidas através do relatório realizado para a situação no Brasil (BRASIL,

2006). Ratificando que a TS de reciclagem mecânica promove aumento de renda para os agentes envolvidos nesse processo.

Quanto à dimensão econômica demonstrou-se que a cooperativa possui um modelo autogestionário avançado em comparação com outras cooperativas conhecidas. Foi considerado para isso o tempo que a cooperativa se encontra atuante na comunidade e na forma de gestão do trabalho ali realizado. Pode-se demonstrar também que o beneficiamento dos plásticos acarreta em uma melhor renda para os trabalhadores, além de diminuir o espaço necessário para o volume de estocagem dos materiais. Os processos produtivos são determinados pelos compradores, mas também pela forma de venda, o tipo de comprador, a fidelidade desse cliente com a cooperativa, além da preocupação em comercializar um produto de qualidade.

Na dimensão social analisou-se o perfil dos trabalhadores que atuam na cooperativa e algumas variáveis relacionados com a organização do trabalho e interação com a tecnologia. O fator como escolaridade, por exemplo, pode explicar o nível organizacional da própria cooperativa, principalmente o foco nas estratégias de gestão da produção e na disciplina para o trabalho. Pode-se inferir também que a possibilidade de diálogo dentro do ambiente de trabalho, a capacidade de comunicação, e a baixa rotatividade são determinantes para o bem estar do ambiente e também para a qualidade do trabalho desenvolvido dentro do empreendimento.

E por fim, para a dimensão ambiental foi realizado a tentativa de quantificar o ganho ambiental que a cooperativa propicia através da reciclagem do material. Constatou-se que houve uma diminuição da separação do RSU na fonte, apesar de haver iniciativas de educação ambiental tanto da parte da prefeitura quanto da cooperativa. Provavelmente esse fato ocorre devido a certa rotatividade que existe entre os moradores da cidade.

Deve-se ressaltar que a cooperativa sendo uma prestadora de serviços ambientais para o município e também para região, impede que materiais que ainda possuem tempo de ciclo de vida possam ser aterrados na cidade de Minas do Leão. Além disso, apresenta-se a questão da qualidade ambiental para cidade, com projetos de educação ambiental, desde a retirada de livros do lixo e a sua distribuição, à doação de roupas para pessoas carentes no brechó existente dentro da cooperativa.

Sendo assim, os resultados indicam que obteve-se uma melhor compreensão da Tecnologia Social estudada, que existe a necessidade de melhorias no processo, que a análises devem ser realizadas levando em consideração os diferentes aspectos envolvidos e que a busca por soluções deve contemplar não somente os aspectos técnicos e econômicos, mas também os sociais, promovendo interação com os agentes envolvidos.

Referências Bibliográficas

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Compostagem - Terminologia: NBR 13.591. Rio de Janeiro, 1996.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos Sólidos - Classificação: NBR 10.004. Rio de Janeiro, 2004.
- ALBREPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil 2011.
- AL-SALEM, S.M., LETTIERI, P., BAEYENS, J. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. Waste Management, Vol. 29, nº10, p. 2625-2643. 2009
- ASTM. American Society for Testing and Materials. Standard Guide for Development of ASTM Standards Relating to Recycling and Use of Recycled Plastics. 2007
- BRASIL - Relatório Técnico Final - ANÁLISE DO CUSTO DE GERAÇÃO DE POSTOS DE TRABALHO NA ECONOMIA URBANA PARA O SEGMENTO DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS. Brasil, 2006
- BRANDRUP, J.; BITTNER, M.; MICHAELI, W.; MENGES, G. Recycling and Recovery of Plastics. Hanser Publisher. Munique, 1996
- CARASCHI, J. C. e LEAO, A. L. Avaliação das propriedades mecânicas dos plásticos reciclados provenientes de resíduos sólidos urbanos. Acta Scientiarum, v. 24, n. 6, p. 1599-1602 Maringá, PR, 2002
- CASTILHOS, A.F. Estudo da influência da adição de copolímero EPR nas propriedades de misturas de poliolefinas oriundas do rejeito de centros de triagem de resíduos sólidos urbanos. Dissertação de mestrado PPGCEM, UFSC. 2004.
- CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 2º ed. São Paulo, 2000

- CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Pesquisa CempreCiclossoft2012, 2012. Disponível <http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2012.php>. Acessado em fevereiro de 2013.
- CORREA, R.F. Tecnologia e Sociedade: Análise de tecnologias Sociais no brasil contemporâneo. Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2010.
- DAGNINO, R. A Tecnologia Social e seus desafios. In: Dagnino, R. et al (org.). Tecnologia Social: Ferramenta para contruir outra sociedade. Campinas, SP: Komedi, 2010
- FARIA, F.P. A reciclagem do plástico a partir de conceitos de Produção Mais Limpa. GEPROS, ano 6, n° 3, Jul - Set/2011, p. 93-107. Rio de janeiro, 2011
- FBB. Fundação Banco do Brasil. Disponível em <<http://www.fbb.org.br/tecnologiasocial/tecnologia-social-1/>>. Acessado em fevereiro de 2013.
- FORLIN, F. J. e FARIA, J.A.F. Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas. Polímeros Ciência e Tecnologia, Vol. 12, n° 1, p. 1-10. São Paulo, 2002
- IBGE. Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas Saneamento 2011. Brasil, 2011
- IBGE. Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável 2010. Brasil, 2010
- IBGE. Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Brasil, 2008
- IBGE. Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio 2009. Brasil, 2009
- ITS. Intituto de Tecnologias Sociais. Tecnologia Social. Disponível em <<http://www.itsbrasil.org.br/conceitos/tecnologia-social>>. Acessado em fevereiro de 2013.
- KONDER, L. Marxismo e alienação: contribuição para um estudo do conceito marxista de alienação. São Paulo: Expressão Popular, 2009.
- LEI FEDERAL Nº 12.305. "Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências". Brasil, 2 de agosto de 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acessado em fevereiro de 2013.
- LIMA, J.D. Gestão de resíduos sólidos no Brasil. Campina Grande, PB

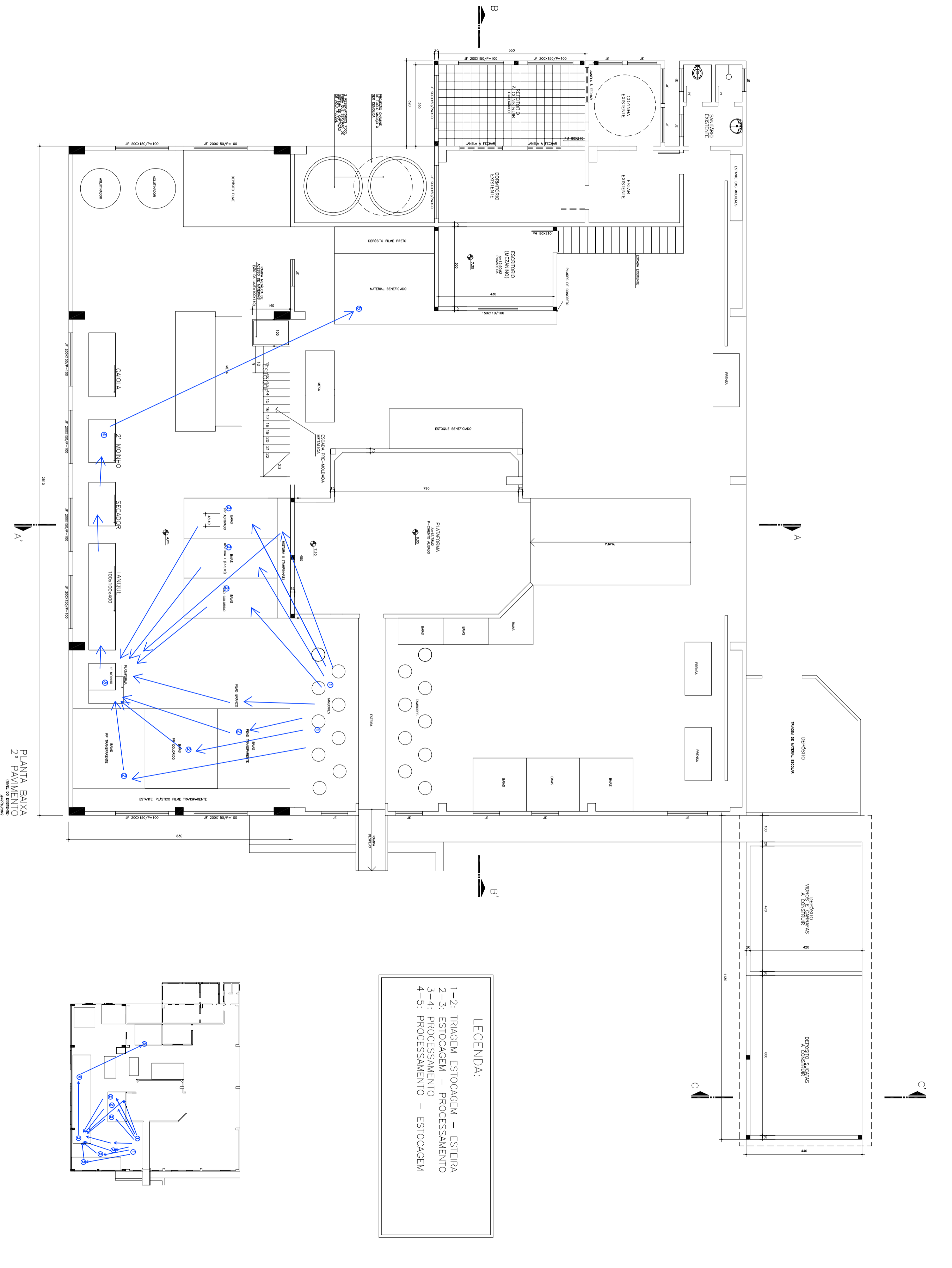
- MAXIQUIM. Análise do Perfil da Indústria de Reciclagem Mecânica de Plásticos no Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, setembro de 2011. Disponível em <http://www.simplas.com.br/www/uploads/downloads/Relat%C3%B3rio%20Estudo%20Mercado%20Reciclagem%20RS_set_2011.pdf>. Acessado em fevereiro de 2013
- MAXIQUIM. Reciclagem de Resíduo pós – consumo no Rio Grande do Sul – Enfoque na cadeia de fornecimento de matéria – prima. Rio Grande do Sul, 2009.
- MEC - FNDE/CATADORES - Estudo do perfil sócio-educacional da população de catadores de materiais recicláveis organizados em cooperativas, associações e grupos de trabalho. Brasil, 2009
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Versão pós Audiências e Consulta Pública para Conselhos Nacionais. Brasília, 2012. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1529/PNRS_consultaspublicas.pdf>. Acessado em fevereiro de 2013.
- MTE. Ministério do trabalho e do Emprego. Economia solidária em desenvolvimento. <www.mte.gov.br/geral/ecosolidaria/desenvolv.asp>. Acessado em fevereiro de 2013
- MTE. Ministério do trabalho e do Emprego. O que é economia solidária?. Disponível em <www.mte.gov.br/geral/funcoes/imprimir.asp?URL=/ecosolidaria/ecosolidaria_oque.as>. Acessado em fevereiro de 2013.
- PEDRINI, D. M. e OLIVEIRA, A.L. A economia solidária como estratégia de desenvolvimento. Emancipação, v.7, pp. 111-133, 2007.
- PINTO, J.C et all. Impactos ambientais causados pelos plásticos: uma discussão abrangente sobre os mitos e os dados científicos. Rio de Janeiro, RJ. E-Papers, 2012.
- PLASTIVIDA. Instituto Sócio Ambiental dos Plásticos. Disponível em <http://www.plastivida.org.br/2009/Noticias_2012_058.aspx>. Acessado em fevereiro de 2013.
- PLASTIVIDA. Instituto Sócio Ambiental dos Plásticos. Disponível em <http://www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem_Oque-e.aspx>. Acessado em fevereiro de 2013.
- PNUD. Plano de Desenvolvimento das Nações Unidas. Relatório do Desenvolvimento Humano 2010. ONU, 2010.
- REIS, F.A.G.V. Curso de Geologia Ambiental EAD. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res07.html>>. Acessado em fevereiro de 2013.

- REMEDIO, M. V. B, MANCINI, S. D. e ZANIN, M. Potencial de Reciclagem de Resíduos em um sistema com coleta de lixo comum. Engenharia sanitária e ambiental, Vol. 7, n. 1, 2002
- RTS. Rede de Tecnologias Sociais. Tecnologia social - Conceito. Disponível em <<http://www.rts.org.br/rts/tecnologia-social/tecnologia-social>>. Acessado em fevereiro de 2013.
- SANTANA R. M. C. e GONDIM, G. Avaliação da Influência do produto de limpeza na reciclagem de PEAD pós-consumo. 9º Congresso Brasileiro de Polímeros. Campina Grande, PB. 2007
- SANTOS, C.D.M. Análise de uma Tecnologia Social de Reciclagem Mecânica implantada no Centro de Triagem de Nova Hartz. Trabalho de Conclusão de Curso, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2010
- SINGER, Pau. Introdução à Economia Solidária. Editora Fundação Perseu Abramo, São Paulo, 2002
- SINGER, Paul. A economia solidária no governo federal. IPEA: Mercado de Trabalho, pp. 1-5, agosto de 2004
- SINGER, Paul. A economia solidária versus a economia capitalista. Sociedade e Estado, v.16, pp. 100-112, Brasília, 2001
- SPINACÉ, M. A. S., DE PAOLI, M. A. A Tecnologia de Reciclagem de Polímeros. Química Nova, v. 28, pp. 65-72, 2005
- WASSERMAN, A. I.; ESPÍNDOLO, L.C.; CASTILHOS, A. F.; HOLZ, N; CARDOZO, N.S.M. Recycling of commingled plastics – 1st Mercosur Congress on Chemical Engineering (EMPROMER), 2001.
- ZAMORA, M.A.M. A. Economia Solidária: autogestão e distribuição do excedente econômico. Trabalho de Conclusão de Curso, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012
- ZANIN, Márcia; MANCINI, Sandro D. Resíduos Plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia. São Carlos: Edusfcar, 2004.

Apêndice A

Tabela A.1: Sujidade encontrada no produto final para os plásticos rígidos

<i>Tipo de material</i>	<i>Massa retida no processo - MR/ME (%)</i>	<i>Sujidade no produto final - SF (%)</i>	<i>MS (kg)</i>	<i>MS * SF (kg)</i>
Batelada Rígidos I				
PEAD Transparente	7,19%	0,75%	343,13	2,57
PEAD Branco	20,72%	0,59%	137,18	0,81
PP aditivado	6,85%	1,19%	149,38	1,78
PEAD Verde	13,86%	1,07%	604,25	6,47
PP Transparente	26,44%	4,54%	235,13	10,67
PP Colorido	19,49%	3,37%	425,33	14,33
Mistura I	14,67%	1,65%	255,43	4,21
Mistura II	11,73%	0,85%	162,40	1,38
Batelada Rígidos II				
PEAD Transparente	-	-	-	-
PEAD Branco	10,79%	0,53%	118,29	0,63
PP aditivado	12,00%	1,55%	139,30	2,16
PEAD Verde	8,71%	0,71%	593,40	4,21
PP Transparente	35,49%	2,92%	218,30	6,37
PP Colorido	31,00%	3,87%	393,28	15,22
Mistura I	13,30%	1,37%	268,81	3,68
Mistura II	7,87%	1,74%	170,63	2,97
Batelada Rígidos III				
PEAD Transparente	22,27%	0,50%	359,93	1,80
PEAD Branco	19,52%	0,40%	119,43	0,48
PP aditivado	27,62%	1,50%	164,01	2,46
PEAD Verde	12,88%	1,04%	653,91	6,80
PP Transparente	28,79%	2,62%	256,91	6,73
PP Colorido	28,41%	2,08%	536,98	11,17
Mistura I	32,35%	0,72%	335,39	2,41
Mistura II	9,42%	1,54%	182,88	2,82
Batelada Rígidos IV				
PEAD Transparente	19,24%	0,76%	302,83	2,30
PEAD Branco	17,35%	0,72%	109,39	0,79
PP aditivado	19,20%	1,57%	172,25	2,70
PEAD Verde	18,39%	0,80%	584,36	4,67
PP Transparente	31,34%	2,82%	262,74	7,41
PP Colorido	24,87%	1,95%	463,40	9,04
Mistura I	22,31%	0,97%	277,80	2,69
Mistura II	8,87%	0,91%	179,44	1,63



LEGENDA:

1-2: TRIAGEM ESTOQUEM - ESTEIRA
 2-3: ESTOQUEM - PROCESSAMENTO
 3-4: PROCESSAMENTO
 4-5: PROCESSAMENTO - ESTOQUEM

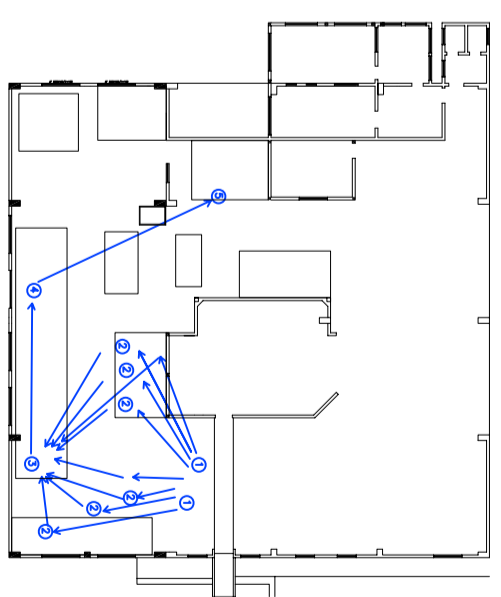


Figura A.1 : Fluxo de produção sobre a planta baixa da cooperativa para os plásticos rígidos

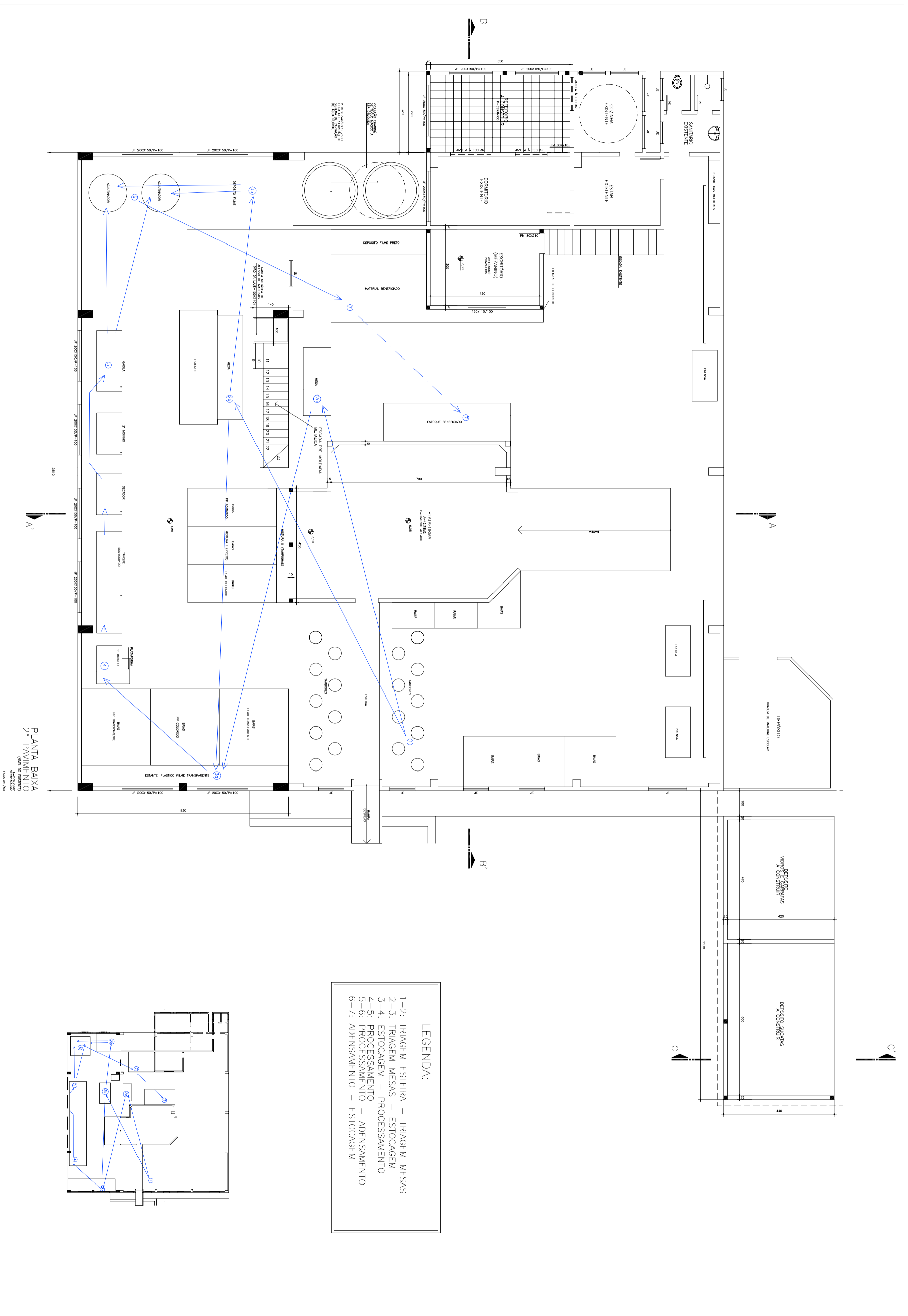
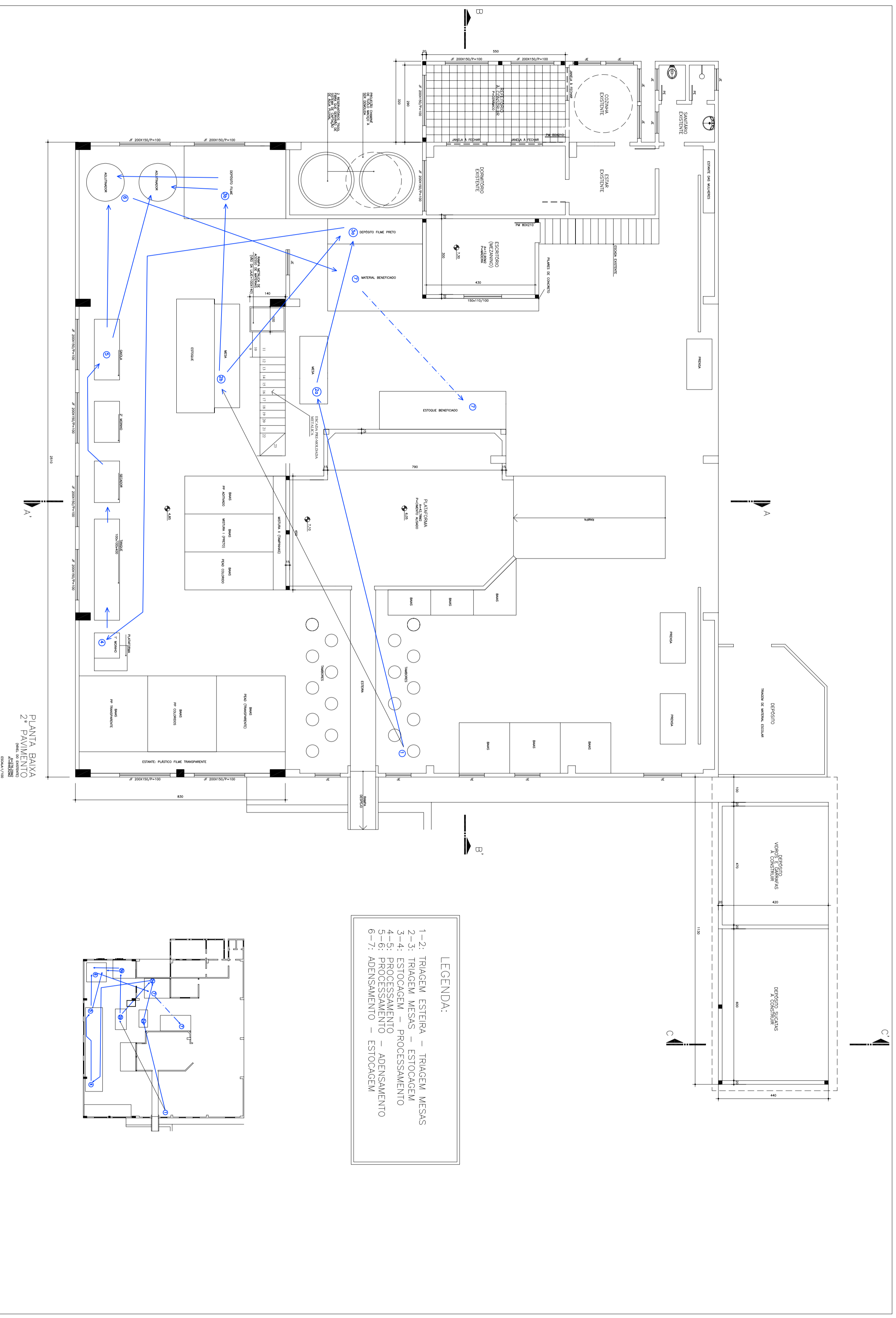


Figura A.2: Fluxo de produção sobre a planta baixa da cooperativa para os plásticos flexíveis transparentes



LEGENDA:

1-2: TRIAGEM ESTEIRA - TRIAGEM MESAS
 2-3: TRIAGEM MESAS - ESTOCAGEM
 3-4: ESTOCAGEM - PROCESSAMENTO
 4-5: PROCESSAMENTO - ADENSAMENTO
 5-6: PROCESSAMENTO - ADENSAMENTO
 6-7: ADENSAMENTO - ESTOCAGEM

Figura A.3: Fluxo de produção sobre a planta baixa da cooperativa para os plásticos flexíveis coloridos