

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
NÍVEL MESTRADO**

CARLINE FABIANE STALTER

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA DO PROCESSO DE
EMBALAGEM DE UTILIDADES DOMÉSTICAS A PARTIR DA
ABORDAGEM DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

SÃO LEOPOLDO

2017

Carline Fabiane Stalter

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA DO PROCESSO DE
EMBALAGEM DE UTILIDADES DOMÉSTICAS A PARTIR DA
ABORDAGEM DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes

São Leopoldo

2017

S782a Stalter, Carline Fabiane.
Avaliação ambiental e econômica do processo de
embalagem de utilidades domésticas a partir da
abordagem de produção mais limpa / Carline Fabiane
Stalter. – 2017.
113 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio
dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Civil, 2017.
“Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes.”

1. Produção mais limpa. 2. BOPP. 3. Processo de
embalagem. 4. Flow pack. I. Título.

CDU 62

CARLINE FABIANE STALTER

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA DO PROCESSO DE
EMBALAGEM DE UTILIDADES DOMÉSTICAS A PARTIR DA
ABORDAGEM DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada e aprovada pela banca examinadora no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UNISINOS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovado por:

Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes
Orientador

Prof. Dra. Luciana Paulo Gomes
Coordenador do PPGEC/UNISINOS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Korzenowski - UNISINOS

Ana Cristina Curia – Bolsista Pós doc

Profª. Drª. Feliciane Brehm - UNISINOS

Profª. Drª. Regina Modolo - UNISINOS

SÃO LEOPOLDO, RS – BRASIL
Agosto/2017

Dedico este trabalho a todos aqueles que torceram pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, pela minha saúde e por nunca me deixar desistir perante as dificuldades.

Ao professor Carlos Moraes que vem me acompanhando e orientando desde a graduação, sempre com paciência e dedicação, sem nunca me deixar fraquejar.

Ao professor André Korzenowski pela ajuda com as estatísticas e pela cordialidade de sempre.

Aos colegas de mestrado que dividiram comigo alegrias, angústias e conhecimentos. Um agradecimento especial ao colega Flávio Folletto pelos conselhos e pelo chimarrão de todas as semanas.

À minha família por me apoiar e compreender as minhas ausências nos almoços de domingo. Vocês são o bem mais precioso que tenho e se hoje eu cheguei até aqui, pai e mãe, foi pela educação que vocês me deram. Sei que sou exemplo para minha irmã, mas ela, apesar de ser bem mais jovem que eu, também é meu exemplo de garra e de força de vontade, minha futura Engenheira Eletricista.

Ao meu companheiro de vida, Andrius Kaiser, por me apoiar nas minhas decisões, não me deixar desistir e ser meu público nas “apresentações caseiras”.

Ao Engenheiro Rodrigo Chaves Serafini por todas as explicações do processo de fabricação dos filmes de BOPP, por todas as dúvidas respondidas por email, não foram poucas, mas nunca deixou de me responder.

Ao colega Marcus Vinicius Abreu da Silva, por toda a paciência, pelos ensinamentos, pelas discussões dos processos, pelos elogios, pelas críticas, por fazer sempre o possível para me ajudar, por ouvir minhas lamentações quando alguma coisa não saía como previsto, enfim, foi uma pessoa muito importante pra mim durante o mestrado.

Ao colega Leonardo Silveira por me auxiliar, quase sempre de ultima hora, nas correções e traduções, não só na dissertação, mas também com os artigos.

À empresa onde trabalho, ao meu coordenador e ao gerente por me liberarem do trabalho nos dias em que precisei e por permitirem, mesmo que com restrições, o desenvolvimento desta pesquisa.

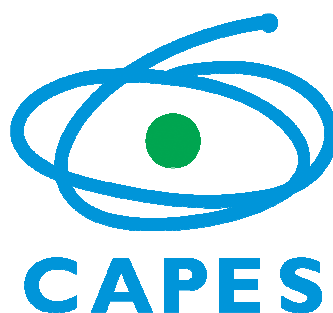
À CAPES por apostar em mim concedendo uma bolsa de estudos sem a qual eu não teria seguido no mestrado.

Aos professores do PPGEC e ao NucMat, que fizeram parte desta jornada tão importante da minha vida.

Enfim, a todos aqueles que de uma forma ou outra, direta ou indiretamente, foram importantes nesses dois anos.

FONTES DE FINANCIAMENTO DA PESQUISA

A realização desta pesquisa só foi possível com o apoio das seguintes fontes financiadoras:



RESUMO

A geração de resíduos em um processo deve ser evitada, tanto por questões econômicas como por questões ambientais, isso porque os resíduos gerados são compostos por matérias-primas que não se tornaram produto. Neste sentido, o presente trabalho busca avaliar oportunidades de melhoria através da ferramenta ambiental Produção mais Limpa (P+L) a fim de reduzir a quantidade de resíduos gerados no processo de embalagem da empresa Gama localizada no estado do Rio Grande do Sul. Este processo utiliza como matéria-prima o filme de polipropileno biorientado (BOPP), um polímero termoplástico resultante da orientação biaxial do filme de polipropileno (PP). Esses filmes são produzidos e vendidos pela empresa Alfa na forma de bobinas para a empresa Beta que realiza a impressão e então os comercializam. O processo de embalagem é realizado nas embaladoras horizontais do tipo *Flow Pack* que provem a selagem a quente do filme. Na empresa existem seis máquinas deste tipo, juntas geraram no ano de 2016, em média, 900kg de resíduo de embalagem de BOPP. Neste estudo foram selecionadas duas máquinas para serem estudadas e estas foram identificadas de acordo com o ano de fabricação: *Flow Pack 84* e *Flow Pack 07*. A partir da avaliação *in loco* do processo em ambas as máquinas, foram identificadas as principais causas da geração de resíduo: *rompimento do filme, falta de material, material trancado, material desalinhado e selagem inadequada*. Com base em uma análise estatística por tabela de contingência e o diagrama de Pareto foram identificadas as principais falhas, ou seja, as que deveriam ser sanadas com prioridade: *falta de material* para a *Flow Pack 07* e *material trancado* para a *Flow Pack 84*. Foi verificado ainda que a *Flow Pack 84* gerava quase três vezes mais resíduos de embalagens quando comparada a *Flow Pack 07*. Assim, foram definidas ações de P+L visando a redução/eliminação de resíduo na fonte geradora. Com a instalação de uma esteira pulmão e de dois sensores de parada na *Flow Pack 84* será possível eliminar a geração de resíduos por *materiais trancados*, pois quando algum material venha trancar o sensor identificará e interromperá o processo. Quanto a *Flow Pack 07*, a *falta de material* não depende da máquina em si, mas sim da qualidade do material que é alimentado nela, ou seja, é um problema que deve ser resolvido antes do processo de embalagem. A análise de viabilidade econômica realizada através do *PayBack* simples mostrou que o investimento realizado com as mudanças será recuperado

em pouco mais de 1 ano. Com a implantação da melhoria no processo será reduzida a geração de resíduos de embalagem em 63,4% na *Flow Pack 84*, e conseqüentemente, serão reduzidos os impactos ambientais negativos causados não apenas pelo processo de embalagem, mas também por toda a cadeia produtiva do BOPP.

Palavras-chave: Produção mais Limpa. BOPP. Processo de embalagem. *Flow Pack*.

ABSTRACT

The generation of waste in a process should be avoided, both for economic and environmental reasons, because waste is composed of raw materials that have not become a product. In this sense, the present work seeks to evaluate improvement opportunities through the Cleaner Production (CP) environmental tool in order to reduce the amount of waste generated in the packaging process of a company Gama located in the state of Rio Grande do Sul. This process uses as a raw material bioriented polypropylene film (BOPP), a thermoplastic polymer resulting from the biaxial orientation of the polypropylene film (PP). These films are produced and sold by the company Alfa in the form of reels for the company Beta that do the printing and then sell them. The packaging process is carried out on the horizontal packers of the Flow Pack machines that provide the heat sealing of the film. In the company there are six machines of this type that together generated in the year 2016, on average, 900kg of packaging waste of BOPP. In this study two machines were defined to be studied and identified according to the year of manufacture: Flow Pack 84 and Flow Pack 07. From the on-site evaluation of the process in both machines, the main causes of waste generation were identified: Disruption of the film, lack of material, locked material, misaligned material and inadequate sealing. The statistical analysis by contingency table and the Pareto diagram showed the main failures, those that should be addressed with priority: lack of material for Flow Pack 07 and material locked for Flow Pack 84. It was also verified that Flow Pack 84 generated almost three times more packaging waste when compared to Flow Pack 07. Thus, CP actions were defined in order to reduce or eliminate waste in the generating source. With the installation of a lung treadmill and two stop sensors in the Flow Pack 84 it would be possible to eliminate the generation of waste by stucked materials, because when some material stuck into the machine the sensor would identify and interrupt the process. As for Flow Pack 07 the lack of material does not depend on the machine itself, but on the quality of the material that is fed into it, so, it is a problem that must be solved before the packaging process. The economic viability analysis performed through simple PayBack showed that the investment made with the changes would be recovered in just over a year. With the improvement of the process, the generation of packaging waste would be reduced by 63,4% in Flow Pack 84 and consequently the negative environmental impacts

caused not only by the packaging process but also by the entire BOPP production chain would be reduced.

Key-words: Cleaner Production. BOPP. Packaging process. Flow Pack.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Termos mais comuns utilizados para descrever os tipos de embalagens	30
Figura 2 - Participação de cada segmento na indústria de embalagem.....	31
Figura 3 - Obtenção do polietileno	32
Figura 4 - Cadeia produtiva do plástico.....	35
Figura 5 - Principais aplicações dos plásticos por tipo de resina	36
Figura 6 - Ciclo dos filmes para embalagens	39
Figura 7 - Camadas do filme Q de BOPP	40
Figura 8 - Processo produtivo de filmes de BOPP	41
Figura 9 - Bobina de filme de BOPP	41
Figura 10 - Esquema da impressão flexográfica em papel	44
Figura 11 - Processo de embalagem utilizando filme de BOPP.....	45
Figura 12 - Custos e benefícios com implementação de medidas de P+L.....	49
Figura 13 - Fluxograma da geração de opções de P+L	50
Figura 14 - Comparativo entre a nova aplicação da proteção às folhas e a antiga com o uso de filme <i>stretch</i>	52
Figura 15 - Metodologia da pesquisa	56
Figura 16 - Embaladora <i>Flow Pack</i>	57
Figura 17 - Resíduo de filme de BOPP sem impressão	59
Figura 18 - Fluxo para o levantamento de dados junto às máquinas do tipo <i>Flow Pack</i> .	63
Figura 19 - Modelo da planilha utilizada para o levantamento de dados.....	64
Figura 20 - Fluxograma da rota das embalagens.....	71
Figura 21 - Diagrama de blocos do processo de produção do filme de BOPP ao processo de embalagem	73
Figura 22 – Dimensão padrão dos materiais.....	79
Figura 23 - Problema de Processo x Incidência. A. <i>Flow Pack 84</i> ; B. <i>Flow Pack 07</i>	82
Figura 24 - Problemas de processo x Tempo. A. <i>Flow Pack 84</i> ; B. <i>Flow Pack 07</i>	82
Figura 25 - Problemas de processo x Embalagens descartadas. A. <i>Flow Pack 84</i> ; B. <i>Flow Pack 07</i>	83
Figura 26 – Material encanoado.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Funções das embalagens	29
Quadro 2 - Plástico de importância industrial: Polipropileno	37
Quadro 3 - Propriedades do polipropileno virgem	38
Quadro 4 - Propriedades de filmes biorientados de PP	43
Quadro 5 - Produção mais Limpa versus Fim de Tubo	48
Quadro 6 - Critérios de abrangência (ABR).....	60
Quadro 7 - Critérios de severidade (SEV).....	61
Quadro 8 - Critérios de frequência (FREQ).....	61
Quadro 9 - Impactos e significância	62
Quadro 10 - Ações para redução de resíduos na fonte.....	66
Quadro 11 - Dados para análise de viabilidade econômica das melhorias na <i>Flow Pack 84</i>	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA).....	75
Tabela 2 - Tabela de contingência	80
Tabela 3 - <i>Flow Pack 84</i>	84
Tabela 4 - <i>Flow Pack 07</i>	85

LISTA DE SIGLAS

ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABR	Abrangência
ABRE	Associação Brasileira de Embalagens
AIA	Avaliação de aspectos e impactos ambientais
ASTM	American Society for Testing and Materials
BOPP	Polipropileno Biorientado
C	Carbono
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CO ₂	Dióxido de carbono
COF	Coefficiente de Fricção
COV's	Compostos Orgânicos Voláteis
FREQ	Frequência
g	Gramas
gl	Graus de liberdade
GWh	Giga-watt-hora
H	Hidrogênio
J	Joule
kg	Quilograma
LAIA	Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais
m	Metro
mm	Milímetro
MO	Mão de Obra
Mpa	Mega Pascal
N	Newton
P+L	Produção mais Limpa
PA	Poliamida
PE	Polietileno

PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinila
SEV	Severidade
SINDIPLAST	Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo
t	Tonelada
tm	Temperatura de fusão cristalina
tg	Temperatura de transição vítrea

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	26
1.2 OBJETIVOS	26
1.2.1 Objetivo Geral	26
1.2.2 Objetivos Específicos	26
1.3 JUSTIFICATIVA	27
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1 EMBALAGENS.....	29
2.1.1 Tipos e Aplicações	31
2.2 POLÍMEROS	32
2.2.1 Plástico	34
2.2.2 Polipropileno	36
2.3 POLIPROPILENO BIORIENTADO (BOPP)	37
2.3.1 Processo Produtivo dos Filmes de BOPP	40
2.3.2 Propriedades dos Filmes de BOPP	42
2.3.3 Processo de Impressão em Filmes de BOPP	43
2.3.4 Processo de Embalagem com Filmes de BOPP	44
2.4 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DAS EMBALAGENS.....	45
2.5 PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)	46
2.5.1 P+L na Indústria: Exemplos de Aplicação	51
3 METODOLOGIA	55
3.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	56
3.2 VISITAS TÉCNICAS	59
3.3 AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	60
3.4 PROCESSO DE EMBALAGEM, DESCRIÇÃO DAS CAUSAS DE GERAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS PRIORITÁRIAS	62
3.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIA	65
3.6 AVALIAÇÃO ECONÔMICA	66
4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	69
4.1 CADEIA PRODUTIVA DO BOPP	69
4.2 LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	72
4.2.1 Avaliação Qualitativa de Aspectos e Impactos Ambientais	74

4.3 MÁQUINAS <i>FLOW PACK</i> E AS CAUSAS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS	77
4.3.1 Falta de Material.....	77
4.3.2 Material desalinhado	78
4.3.3 Material Trancado	78
4.3.4 Rompimento do Filme	79
4.3.5 Selagem Inadequada	80
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	80
4.4.1 Avaliação da Associação por Tabela de Contingência	80
4.4.2 Identificação das Causas Prioritárias	81
4.4.3 Avaliação por Tempo de Parada e Embalagens Descartadas	84
4.5 PROPOSTAS DE P+L DE NIVEL 1	85
4.5.1 Barreiras e Facilidades.....	88
4.6 AVALIAÇÃO ECONÔMICA	89
4.6.1 PayBack.....	89
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	94
REFERÊNCIAS	95
APÊNDICE B – LEVANTAMENTO DE DADOS DA <i>FLOW PACK 07</i>.....	107
APÊNDICE C – ARTIGO PUBLICADO NO 6TH WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION.....	111
APÊNDICE D – MENÇÃO ESPECIAL RECEBIDA NO 6TH WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION	123

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial vem atrelado ao aumento do consumo de materiais e, conseqüentemente, da geração de resíduos. Desta forma é importante que haja ações para reduzir, reaproveitar ou reciclar os resíduos gerados nos processos.

A redução de resíduos ou até mesmo a sua não geração é capaz de trazer ganhos econômicos, já que o descarte desses resíduos gera perdas econômicas, pois são necessários gastos com tratamento e disposição destes que poderiam deixar de ser gerados. (SEIFFERT, 2011). Contudo, quando não houver alternativa para prevenir a geração de resíduos na fonte, estes devem ser reciclados de forma ambientalmente segura. (GASI; FERREIRA, 2013).

A indústria possui importante papel no desenvolvimento de alternativas de tratamento e redução da geração de resíduos além de ser responsável pelo desenvolvimento e utilização de tecnologias de reciclagem. (CAMILO, 2009).

Camilo (2009) afirma ainda que a falta de responsáveis, inseriu as embalagens em um canário de vilã para o meio ambiente, desta forma, é preciso assumir responsabilidades quanto a sua produção e ao seu descarte. O desenvolvimento de práticas de reciclagem, a redução da geração de resíduos na fonte, os modelos de embalagem, as formas de envase, a impressão, e o desenvolvimento de embalagens degradáveis, apresentam-se como algumas alternativas. (CAMILO, 2009; HANLON; KELSEY; FORCINIO, 1998).

A indústria de materiais plásticos, como o de embalagens, normalmente utiliza os resíduos dos processos na produção de materiais menos nobres. (CAMILO, 2009). Porém, alguns são pouco explorados como é o caso do filme Polipropileno Biorientado (BOPP), produzido através da biorientação do filme de polipropileno (PP). Este material permite a variação de suas propriedades além de ser utilizado nas mais diversas aplicações, como na embalagem de alimentos, materiais elétricos, carteiras de cigarro, dentre outros.

Com a Produção mais Limpa (P+L) é possível conciliar aspectos ambientais com interesses econômicos. Esta ferramenta auxilia na redução da geração de poluentes e de impactos visando o desenvolvimento sustentável. (GASI; FERREIRA, 2013).

Esta pesquisa apresenta a utilização do filme de BOPP no processo de embalagem de uma empresa gaúcha do ramo de utilidades de limpeza doméstica e que gera grande quantidade de resíduos. Neste contexto, Camilo (2009) afirma que

todas as embalagens causam impactos ao serem produzidas, utilizadas ou descartadas, contudo é possível preveni-los, e quando inevitáveis, minimizá-los.

Desta forma, este estudo visa associar a ferramenta ambiental P+L ao processo de embalagem a fim de buscar oportunidades de redução da geração de resíduos na fonte geradora, ou seja, no processo de embalagem.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Esta pesquisa, apesar de levantar dados referentes a três diferentes processos: produção do filme, impressão flexográfica e embalagem; mantém o foco no processo de embalagem.

1.2 OBJETIVOS

Neste item são apresentados os objetivos desta pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar ambiental e economicamente o processo de embalagem de utilidades domésticas a partir da abordagem de Produção mais Limpa.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) caracterizar os aspectos e impactos ambientais da cadeia produtiva do BOPP para embalagens;
- b) identificar, quantificar e comparar falhas existentes em dois tipos de máquinas *Flow Pack* utilizadas no processo de embalagem;
- c) avaliar as oportunidades de P+L de nível 1 no processo de embalagem.

1.3 JUSTIFICATIVA

O aumento da preocupação das empresas com as questões ambientais é notório. Cada vez mais se buscam métodos que visam a reciclagem, a reutilização ou a redução da geração de resíduos.

Para Caetano, Depizzol e Reis (2017) alternativas baseadas na P+L que possibilitem ganhos econômicos bem como viabilizem menor impacto ambiental sobre os meios físico, biótico e socioeconômico são necessidades urgentes. Os autores complementam ao afirmar que isso melhora a qualidade de vida da população através da redução dos impactos ambientais bem como auxilia as empresas na diminuição da perda de insumos na forma de resíduos.

A avaliação dos processos produtivos é de suma importância, pois seu gerenciamento evita gastos desnecessários. As abordagens de P+L vão ao encontro dessa afirmação, mostrando que é possível atrelar os ganhos econômicos aos ganhos ambientais. Para isso, as empresas devem buscar a aplicação de tecnologias limpas a fim de reduzir os impactos ambientais negativos. Já os processos devem funcionar, primeiramente, de forma a prevenir a geração de resíduos, caso não seja possível, a diminuição da geração já pode trazer bons ganhos ambientais e econômicos (GASI; FERREIRA, 2013). Orth, Baldin e Zanutelli (2014) complementam ao afirmar que diante da problemática relacionada à gestão e a geração de resíduos as empresas devem buscar processos produtivos menos agressivos.

A comercialização de resíduos é um caminho seguido por muitas empresas, contudo, segundo Gasi e Ferreira (2013), há maior ganho econômico com a conservação das matérias primas do que com a comercialização dos reciclados.

Orth; Baldin; Zanutelli (2014) afirmam que evitar a geração de resíduos por desperdício de material retarda a aquisição de novos materiais, cujos processos de produção, armazenagem e transporte também envolvem impactos ambientais negativos. Sendo assim, ainda de acordo com os autores, a empresa que evita desperdícios contribui para a redução dos impactos ambientais negativos, seja pela redução da geração de resíduos, ou pela diminuição da aquisição de novos materiais.

Neste contexto, justifica-se esse estudo, por abordar a redução da geração de resíduos de embalagem através da P+L na fonte geradora.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica utilizada para fundamentar os assuntos referentes ao tema de estudo.

2.1 EMBALAGENS

De acordo com Negrão e Camargo (2008), as embalagens têm o objetivo de armazenar temporariamente os produtos protegendo-os e estendendo o seu prazo de vida, viabilizando sua distribuição, identificação e consumo.

No Quadro 1 estão descritas as funções e os atributos relacionados às embalagens.

Quadro 1 - Funções das embalagens

Funções	Atributos
Proteção	Prevenir danos mecânicos, deterioração do produto (barreira contra gases, umidade, etc.), contaminação externa e adulteração, aumento da vida de prateleira do produto.
Promoção	Proporciona estética e apelo de venda, apresenta e descreve o produto e suas características.
Informação	Identificar o produto e apresentar informações diversas (informação nutricional, data de fabricação e validade, etc.).
Logística e manuseio	Viabilizar o transporte até o varejista e a exposição no ponto de venda.
Armazenagem	Reduzir a perda de produto e poder permitir a reutilização da embalagem; auxiliar e orientar o descarte do produto e da embalagem; proteger o produto e permitir a estocagem adequada, garantindo maior durabilidade; viabilizar um transporte eficiente; apresentar oportunidades no uso de matérias-primas alternativas e renováveis, etc.

Fonte: Adaptado de EUROPEAN (2009 apud KARASKI et al., 2016).

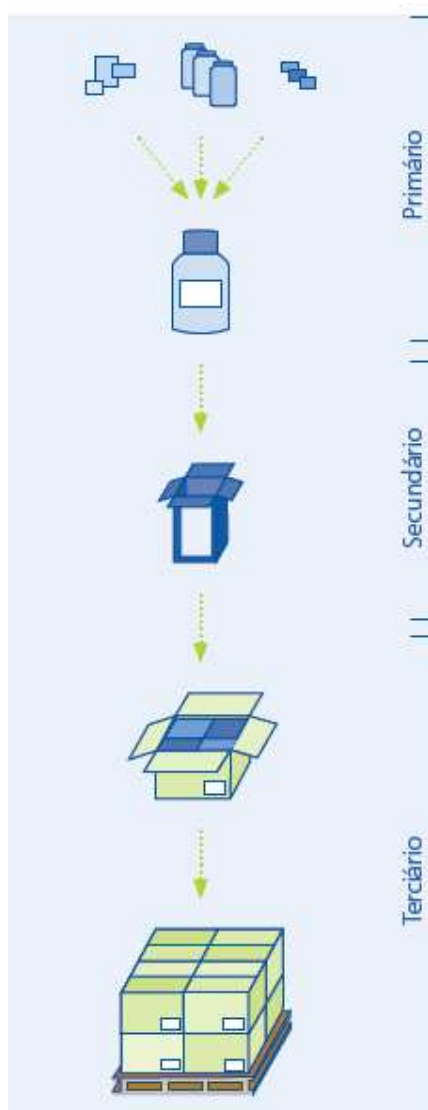
Segundo a The Consumer Goods Forum (2011), as embalagens são divididas em três categorias:

- a) embalagens primárias: entram em contato direto com o consumidor. Ex: latas, garrafas, embalagens TetraPack, etc.;

- b) embalagens secundárias: visam proteger as embalagens primárias. Ex. caixas de papelão, rótulos, envoltórios plásticos, etc.;
- c) embalagens terciárias: têm por objetivo proteger as embalagens primárias e/ou secundárias no seu transporte, estocagem e distribuição. Ex. caixas de papelão, caixas de vidro, etc.

Na Figura 1 estão representadas as categorias de divisão das embalagens.

Figura 1 - Termos mais comuns utilizados para descrever os tipos de embalagens

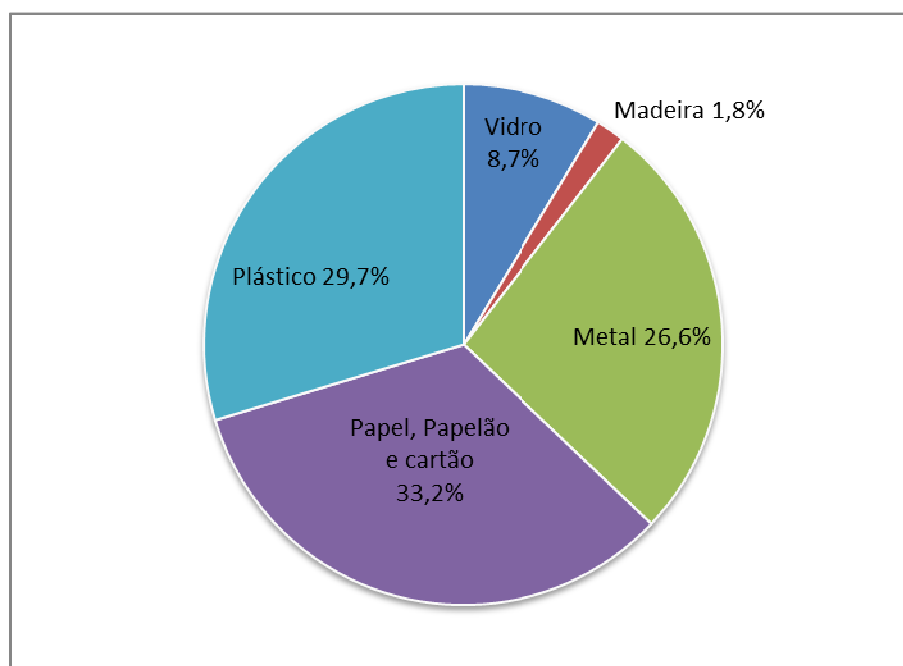


Fonte: Adaptado de The Consumer Goods Forum (2011, p. 14).

2.1.1 Tipos e Aplicações

A Figura 2 mostra a participação de cada segmento na indústria de embalagem para o ano de 2012 em relação à produção física. Pode-se observar que as embalagens de papel, papelão e cartão possuem a maior participação, seguidas pelas embalagens de plástico, metal, vidro e por último as embalagens de madeira.

Figura 2 - Participação de cada segmento na indústria de embalagem



Fonte: Elaborado pela autora, com base em ABRE (2012).

Tamanho é a importância desse setor que é apontado como indicador do movimento econômico industrial, ou seja, quando a indústria de embalagens apresenta aumento, isso reflete no aumento da produção e vice-versa. (NEGRÃO; CAMARGO, 2008).

As embalagens de plástico, que aparecem em segundo lugar em consumo, ainda podem ser divididas em embalagens rígidas, semirrígidas e flexíveis. As embalagens flexíveis são leves e podem ser formadas por um único material ou pela composição de diversos materiais buscando as características desejadas. (PAULA, 2013).

Os impactos ambientais causados pela indústria de embalagens estão trazendo sérias preocupações. (EUROSTAT, 2011 apud LECETA et al., 2013).

Neste contexto, Landim et al. (2015) afirmam que devem ser buscadas alternativas para reduzir os danos causados pelo setor de embalagens.

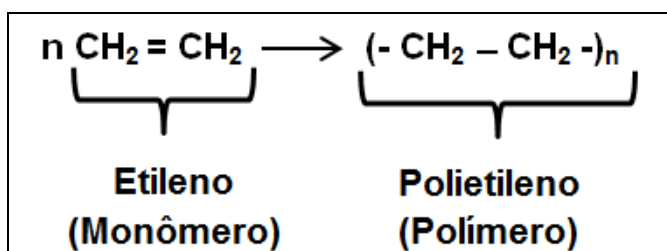
O BOPP trata-se de um filme muito utilizado na indústria de embalagens flexíveis. É obtido através da biorientação do Polipropileno (PP) e apresenta diversas vantagens, porém, é um material pouco estudado em termos de reciclagem, tanto do produto final quanto dos resíduos do processo produtivo.

2.2 POLÍMEROS

O significado da palavra polímero vem do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição), ou seja, um polímero é uma macromolécula composta por muitos meros, ligados por ligação covalente. A matéria-prima para a obtenção de um polímero é o monômero, uma molécula com uma unidade de repetição. (CANEVAROLO JÚNIOR, 2010).

Na Figura 3, tem-se a obtenção do Polietileno (PE), onde a união de n monômeros resultará na formação do polímero.

Figura 3 - Obtenção do polietileno



Fonte: Elaborada pela autora, com base em Feltre (2005).

A reação que produz o polímero é chamada de reação de polimerização. A molécula inicial, ou seja, o monômero vai sucessivamente se ligando a outras e assim forma o polímero que pode ainda ser classificado em plásticos e elastômeros. (CAMPOS FILHO, 1991; FELTRE, 2005).

Na natureza existem polímeros naturais como a celulose e o amido, por exemplo, porém, no início do século XX, os químicos começaram a produzir os polímeros sintéticos como o polipropileno (PP), PE e cloreto de polivinila (PVC). (FELTRE, 2005).

Os polímeros podem ainda ser divididos em dois grupos: copolímeros e homopolímeros. As moléculas nas quais existe apenas um tipo de unidade básica,

ou seja, apenas um mero, é caracterizado como homopolímeros. Porém, quando há a presença de dois ou mais meros distintos na molécula, este se caracteriza como copolímero. A copolimerização é utilizada com o objetivo de se alterar propriedades de um polímero. (BLASS, 1988).

Em relação à fusibilidade, os polímeros podem ser divididos em termoplásticos e termorrígidos. Os termoplásticos são aqueles que podem ser amolecidos pelo calor e endurecidos pelo resfriamento várias vezes, sem perder suas propriedades. Já os termorrígidos podem sofrer decomposição quando aquecidos após sua preparação, podendo assim perder algumas de suas propriedades. (FELTRE, 2005).

Os termoplásticos permitem a reciclagem com facilidade, já que podem ser amolecidos e resfriados diversas vezes. Já no caso dos termorrígidos, não é possível realizar mais de uma moldagem e por isso a opção é moê-los e utilizá-los na produção de outros plásticos na forma de blenda ou mesmo na produção de outros artefatos. (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB), 2011).

Os polímeros podem se apresentar no estado amorfo ou cristalino. Acima do ponto de amolecimento todas as resinas se apresentam como amorfas, porém, certas resinas quando resfriadas tendem para a cristalinidade. Contudo, nenhum polímero é completamente cristalino, desta forma são definidos através do *índice de cristalinidade* que representa o volume percentual do material no estado cristalino. As regiões cristalinas são mais densas, mais rígidas, apresentam maior resistência mecânica e térmica, já as regiões amorfas conferem elasticidade, maciez, flexibilidade e, eventualmente, transparência. (BLASS, 1988).

Ashby (2009) afirma que os polímeros são uma contribuição dos químicos ao mundo, porém, pelo fato de serem obtidos através do petróleo e serem de difícil degradação, acabam sendo vistos por muitos como um problema ambiental.

No ano de 1999, Mano e Mendes (1999) afirmavam que a maior parte dos polímeros industriais era de materiais plásticos. De acordo com a CETESB (2011), devido às suas características, o plástico é utilizado em praticamente todas as atividades econômicas e seu consumo vem crescendo ao longo dos anos.

2.2.1 Plástico

É difícil eliminar o plástico da sociedade, já que ele está presente em traveseiros, escovas de dente, roupas, geladeiras, máquinas de lavar, dentre outros. Há uma gama de produtos diferentes que podem ser denominados como plástico. A semelhança entre eles é a facilidade com que podem ser moldados. (CANTO, 1995).

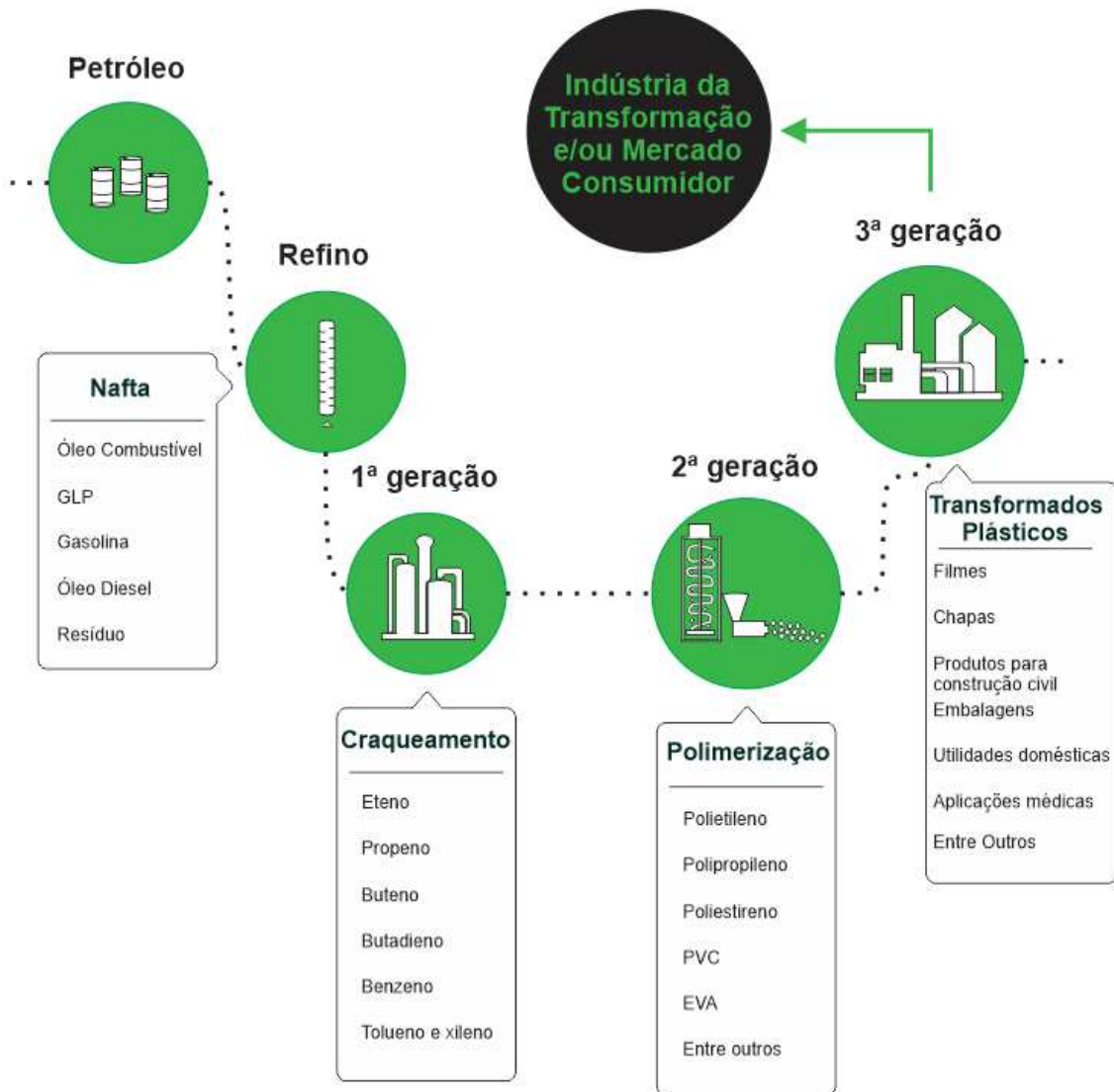
Alterações nas massas molares dos polímeros provocam grandes mudanças nas suas propriedades, isso proporciona a produção de vários tipos de polímeros para atender as mais diversas necessidades de aplicação. (CANEVAROLO JUNIOR, 2010).

Os plásticos apresentam baixo custo de produção, peso reduzido, resistência, capacidade de ser moldado nas mais diversas formas e por isso são utilizados por inúmeros setores no Brasil e no mundo. Além disso, as indústrias de materiais plásticos dão suporte a quase todas as indústrias dos mais variados segmentos. (CETESB, 2011).

Atualmente, os *commodities*, ou seja, os polímeros mais utilizados são o PE, o PP, o poliestireno (PS), o poliuretano (PU), o policloreto de vinila (PVC) e o poliéster. Contudo, há vários outros tipos de polímeros produzidos em menor escala, por apresentarem aplicações específicas, como é o caso dos chamados plásticos de engenharia. (CETESB, 2011).

Como observado na Figura 4, a cadeia produtiva do plástico se inicia com a extração do petróleo. Após é realizado o seu refino para obtenção da nafta que servirá de matéria-prima para a indústria de primeira geração onde é realizado o craqueamento, o fracionamento dos seus subprodutos e a destilação fracionada para obtenção de alguns produtos como o propeno, principal matéria-prima para produção do polipropileno. O propeno segue então para a indústria de segunda geração onde será realizada a polimerização para posterior envio às indústrias de terceira geração onde é realizada a transformação (filmes, chapas, embalagens, dentre outros).

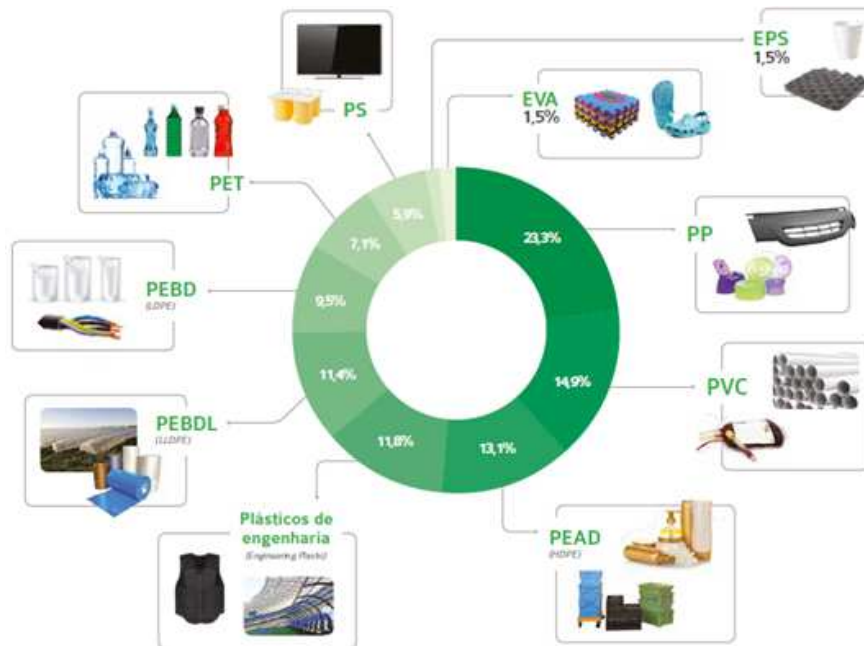
Figura 4 - Cadeia produtiva do plástico



Fonte: Elaborada pela autora, com base em ABIPLAST (2014).

Na Figura 5 estão representadas as principais aplicações dos plásticos por tipo de resina. É possível observar que no ano de 2014 o PP respondeu por 23,3% do consumo de plástico. Manrich (2013), afirma que o consumo de PP varia ano a ano, contudo é um dos plásticos *commodities* de maior crescimento.

Figura 5 - Principais aplicações dos plásticos por tipo de resina



Fonte: ABIPLAST (2014, p. 14-15).

2.2.2 Polipropileno

O PP é um polímero sintético, ou seja, não foi produzido pela natureza, como é o caso da celulose, por exemplo, mas sim pelo homem a partir do petróleo. Pode ser considerado um *commoditie*, pois apresenta baixo custo, baixo nível de exigência mecânica, elevada produção, facilidade de processamento, dentre outros. (CANEVAROLO JUNIOR, 2010). Contudo, o polipropileno não tem características ideais para ser considerado um plástico de engenharia pela sua limitação quanto à resistência mecânica. (ALBUQUERQUE, 1999). Uma das grandes vantagens desse material é o fato de ser um termoplástico, ou seja, não sofre alterações químicas em sua estrutura química durante o aquecimento, por isso podem ser fundidos novamente após seu resfriamento.

No Quadro 2, estão apresentadas algumas características do polipropileno, um dos plásticos industriais mais importantes. (MANO; MENDES, 1999).

Quadro 2 - Plástico de importância industrial: Polipropileno

Monômero	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_3$ Propileno (gás); p.e.: -48°C
Polímero	$-(\text{H}_2\text{C}-\text{CHCH}_3)_n-$ polipropileno
Preparação	<ul style="list-style-type: none"> • Poliadição em lama. Monômero; Catalisador de Ziegler-Natta, heptano, 60°C, 20psi. • Poliadição em fase gasosa. Monômero; catalisador de Ziegler-Natta, 70°C-80°C, 230-260 psi.
Propriedades	<ul style="list-style-type: none"> • Peso molecular: 10 • Cristalinidade: 60 - 70%; Tg: $4 - 12^\circ\text{C}$; Tm: $165 - 175^\circ\text{C}$. • Material Termoplástico. • Propriedades mecânicas moderadas. • Resistência química excelente.
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> • Para-choques de automóveis, carcaças de eletrodomésticos, recipientes em geral, fita lacre de embalagens, brinquedos, sacaria, carpete, tubos para canetas esferográficas, válvulas para aerossóis, material hospitalar, recipientes para uso em fornos de micro-ondas. • Utilidades domésticas em geral, tampas (rosca, <i>flip-top</i>, etc), cabelo de boneca, fita adesiva, filmes biorientados, garrafões de água mineral, copos descartáveis, pastas escolares, telas de aviário, etc. (WIEBECK; HARADA, 2012).
Observações	<ul style="list-style-type: none"> • Tem alta cristalinidade. Como polímero apolar, e de T_m elevada, é excelente material para resistir às radiações eletromagnéticas na região de microondas. • Por ter surgido mais tarde que outros polímeros, PP procura deslocar outros materiais em diversas aplicações. • A baixa densidade, o baixo custo e facilidade de moldagem têm propiciado o crescente uso do PP na indústria automobilística.

Fonte: Adaptado de Mano e Mendes (1999).

2.3 POLIPROPILENO BIORIENTADO (BOPP)

O filme de BOPP é um material flexível utilizado em diversas aplicações, como no processo de embalagem de alimentos e cosméticos, por exemplo. Isso se deve ao fato deste material deter propriedades como rigidez, barreira de gases, resistência a várias temperaturas, brilho, transparência, etc. Esses filmes apresentam ainda grande escala de produção e aplicação. (AUMILLER et al., 2014).

O polipropileno é a principal matéria-prima para a produção do BOPP. Trata-se de um polímero termoplástico obtido pelo processo de polimerização do propeno, subproduto da nafta. (CARVALHO, L., 2008).

O PP virgem utilizado na produção de filmes de BOPP é o H504XP, fornecido pela empresa Braskem, trata-se de uma resina de polipropileno homopolímero de baixo índice de fluidez e indicada para processos de extrusão de filmes biorientados em equipamentos de alta velocidade. Este produto proporciona o controle do perfil de espessura, conferindo ao filme ótimas propriedades óticas e mecânicas, com bom deslizamento e elevada barreira ao vapor. (BRASKEM, 2016). No Quadro 3 são apresentadas as principais propriedades do material.

Quadro 3 - Propriedades do polipropileno virgem

PP para extrusão de filmes biorientados									
Propriedades típicas		Índice de fluidez (230 °C / 2,16 kg)	Densidade	Módulo de Flexão Secante a 1%	Resistência à tração no Escocamento	Alongamento no Escocamento	Dureza Rockwell	Resistência ao Impacto Izod a 23 °C a	
Método ASTM		D 1238	D 792A	D 790A	D 638	D 638	D 785	D 256 ^a	
Unidades		g/10 min	g/cm ³	MPa	MPa	%	Escala R	J/m	
HOMO	POLIMERO	H 504 XP	3,0	0,905	1250	32	11	90	30

Fonte: Braskem (2016).

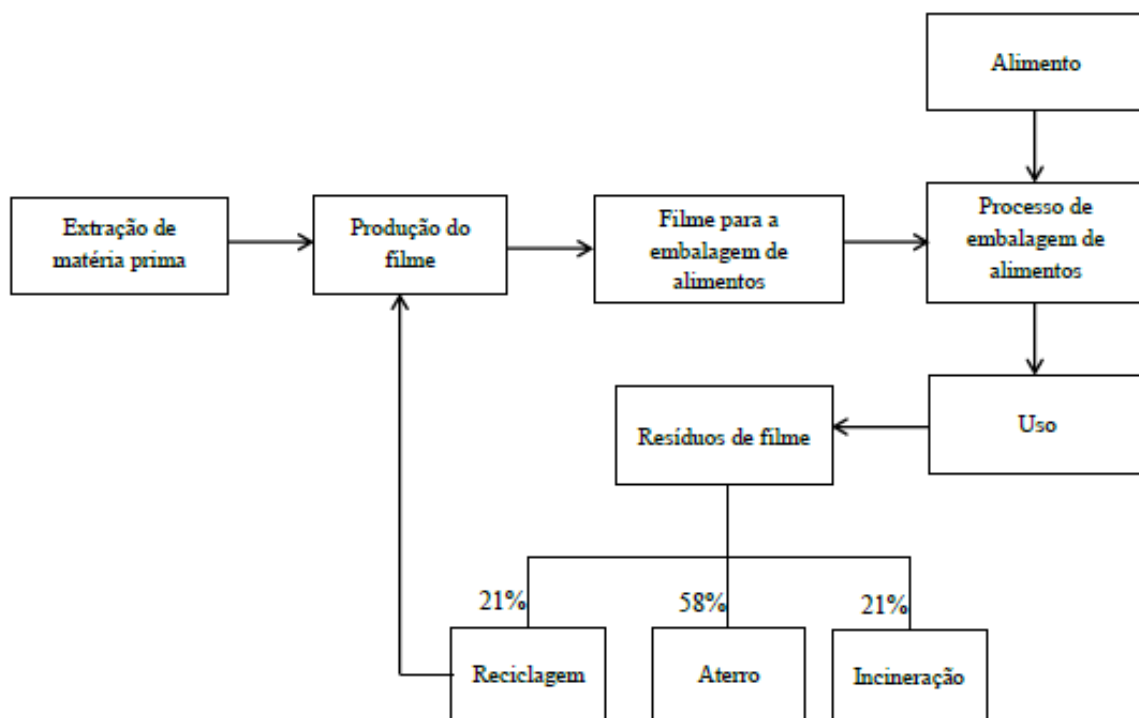
O filme de BOPP é resultado da biorientação do filme de polipropileno na direção longitudinal ao equipamento e na direção transversal. (MORTARA, 2009). Trata-se de um processo físico, onde a orientação das cadeias moleculares do polímero possibilita formação de um filme muito fino e adequado ao manuseio e à conservação. A utilização de polímeros como o polipropileno permite uma redução,

da ordem de 50%, de gases e vapor de água que podem se infiltrar na embalagem. (OLIVEIRA, 2007 apud FEOLA, 2009).

Esse tipo de embalagem é amplamente utilizado na indústria alimentícia, contudo, suas propriedades são também muito aproveitadas nas mais diversas aplicações industriais como na produção de fitas adesivas, rótulos e no segmento de higiene e limpeza. (KARASKI et al., 2016). Seu uso é muito atrativo devido ao seu custo, adequação técnica e mercadológica. (MORTARA, 2009).

Leceta et al. (2013) estudaram o processo de embalagem de alimentos utilizando filmes plásticos e mostram que apenas 21% desses resíduos são reciclados, o restante tem como destino a incineração (21%) ou aterro (58%), como representado na Figura 6. Ainda segundo os autores, a reciclagem eficiente requer resíduos com valor agregado, segregados e homogêneos, contudo, estes tendem a ser contaminados e com mistura de materiais com diferentes composições. Isso demonstra a importância pela busca de alternativas que reduzam a geração de resíduos na fonte, ou mesmo que possibilitem a reciclagem desses resíduos, de modo que não sejam enviados aos aterros.

Figura 6 - Ciclo dos filmes para embalagens



Fonte: Adaptado de Leceta et al. (2013).

2.3.1 Processo Produtivo dos Filmes de BOPP

O processo produtivo dos filmes de BOPP compreende basicamente as seguintes etapas: extrusão, formação, estiramento longitudinal, estiramento transversal, tração e tratamento da película orientada e enrolamento. (MIGUEL et al., 2003).

O filme de BOPP é composto basicamente por três camadas (Figura 7), sendo que as duas camadas externas são compostas por polímeros, copolímeros e aditivos. Já a camada interna é composta por homopolímero e material reciclado. (CARVALHO, L., 2008).

Figura 7 - Camadas do filmeQ de BOPP

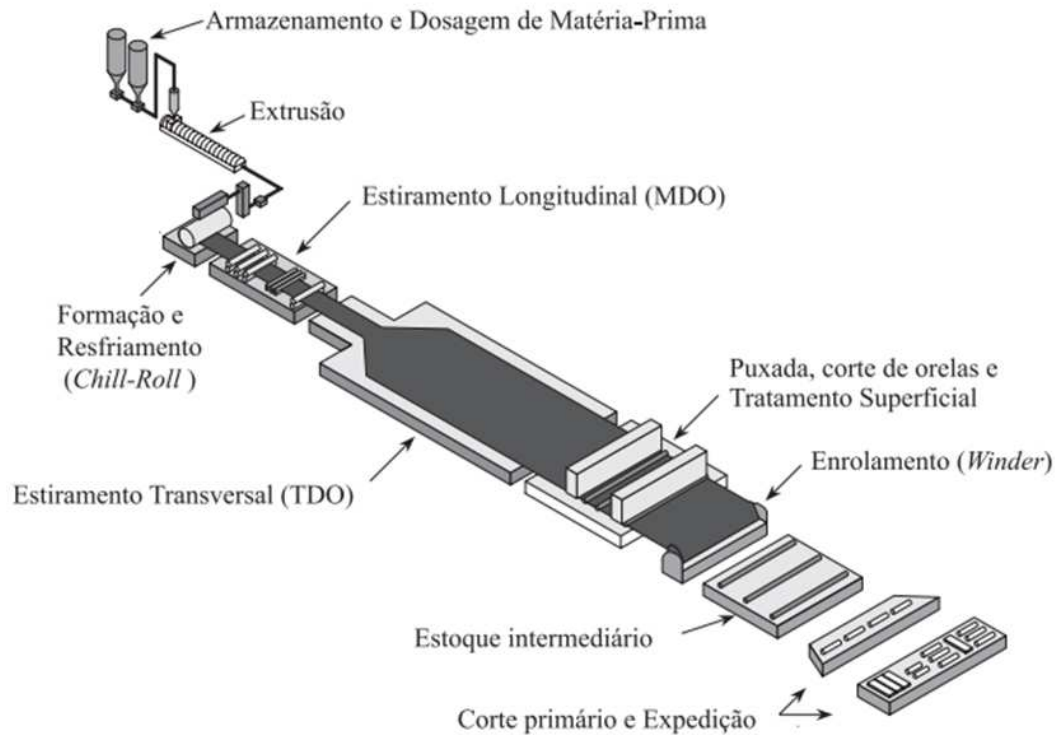


Fonte: Polo Films (2016).

Na Figura 8 está representado o processo produtivo dos filmes de BOPP, onde a matéria-prima (PP) é armazenada em silos que alimentam, de acordo com a necessidade, a área de extrusão, composta pela extrusora principal e coextrusoras. Na extrusão ocorre a fusão do polipropileno, que seguirá para a etapa de formação que proporciona a forma e o resfriamento do filme. O estiramento longitudinal promove, por meio de um estiramento mecânico, a orientação das cadeias de PP na direção longitudinal do filme. Seguindo a mesma ideia, o estiramento transversal tem o mesmo objetivo, porém, a orientação das cadeias ocorre na direção transversal. A combinação desses dois estiramentos resulta na película de polipropileno orientada biaxialmente, ou seja, em duas direções. Após é realizada a tração e o tratamento da película e por último o enrolamento, ou seja, a formação de bobinas de filme de

BOPP. (MIGUEL et. al., 2003). Na Figura 8 tem-se a representação do processo produtivo dos filmes de BOPP.

Figura 8 - Processo produtivo de filmes de BOPP



Fonte: Miguel et al. (2003, p. 90).

O material é comercializado em bobinas (Figura 9), que podem apresentar diversos tamanhos e larguras que vão depender das exigências do cliente.

Figura 9 - Bobina de filme de BOPP



Fonte: PoloFilms (2016).

Os filmes de BOPP podem ser do tipo transparente, mate, opaco e metalizado, porém o princípio de fabricação é o mesmo, exceto no caso do filme de BOPP metalizado, onde há uma etapa de evaporação de alumínio para formar a camada metalizada. (POLO FILMS, 2016). Esse processo consiste na deposição de uma finíssima camada de alumínio sobre a superfície tratada de um filme de BOPP em uma câmara a vácuo. (MORTARA, 2009).

Neste item foi descrito o processo produtivo do filme *cru*, que pode ou não passar para a próxima etapa: a impressão.

2.3.2 Propriedades dos Filmes de BOPP

Os filmes de BOPP apresentam baixo alongamento, alta resistência à tração, boa rigidez, ótimas propriedades ópticas, ótima barreira contra água e gases. Contudo, a incorporação de certos aditivos pode proporcionar propriedades específicas. (LIMER-CARD, 2015; POLO FILMS; 2016).

O alinhamento das cadeias ocasionado pela orientação dos filmes de PP viabiliza a formação de estruturas cristalinas, ocasionando o aumento na cristalinidade que reflete diretamente nas seguintes propriedades:

- a) a rigidez e a resistência à tração aumentam no sentido da orientação. Isso se deve às ligações covalentes entre os átomos de carbono da cadeia do PP e também devido à orientação, que alinha as cadeias de PP no sentido do estiramento, aumentando assim a cristalinidade;
- b) a permeabilidade dos filmes de BOPP aos gases diminui, pelo fato das moléculas de gás não se difundirem facilmente através da matriz cristalina;
- c) a resistência dielétrica triplica;
- d) com o aumento da cristalinidade, há também o aumento da transparência, uma vez que a refração da luz ocorre nas interfaces entre as regiões amorfas e cristalinas. (MAIER; CALAFUT, 1998 apud OLIVEIRA, 2012).

No Quadro 4 estão apresentadas algumas propriedades típicas dos filmes de BOPP. Como já mencionado, suas propriedades variam em função da direção do estiramento: na direção da máquina e na direção transversal à máquina. (MANRICH, 2013).

Quadro 4 - Propriedades de filmes biorientados de PP

Propriedade	ASTM	Unidade	BOPP
Resistencia à tração	D-822	MPa	140 – 240
Alongamento	D-822	%	50 – 130
Resistencia ao rasgo	D-1922	N/mm	1,5 – 2

Fonte: Adaptado de Manrich (2013).

2.3.3 Processo de Impressão em Filmes de BOPP

O desenvolvimento da comunicação de uma embalagem culmina no processo de impressão. (NEGRÃO; CAMARGO, 2008).

A impressão flexográfica é uma tecnologia de baixo custo semelhante aos carimbos. O processo, representado na Figura 10, funciona da seguinte maneira: a matriz de fotopolímero presa em um cilindro do equipamento, indiretamente entintada por um rolo revestido com moletom, que funciona como se fosse uma almofada umedecida flexível, pressionada sobre o suporte para imprimir seu grafismo. Trata-se de um processo de impressão direta, de matriz relevo gráfica flexível, que utiliza tintas líquidas e voláteis (com solventes como água e álcool). Este processo é utilizado para imprimir principalmente embalagens flexíveis de baixo custo em plástico ou papel, geralmente mais utilizado para trabalhos de vida útil limitada. (FERNANDES, 2003).

Figura 10 - Esquema da impressão flexográfica em papel



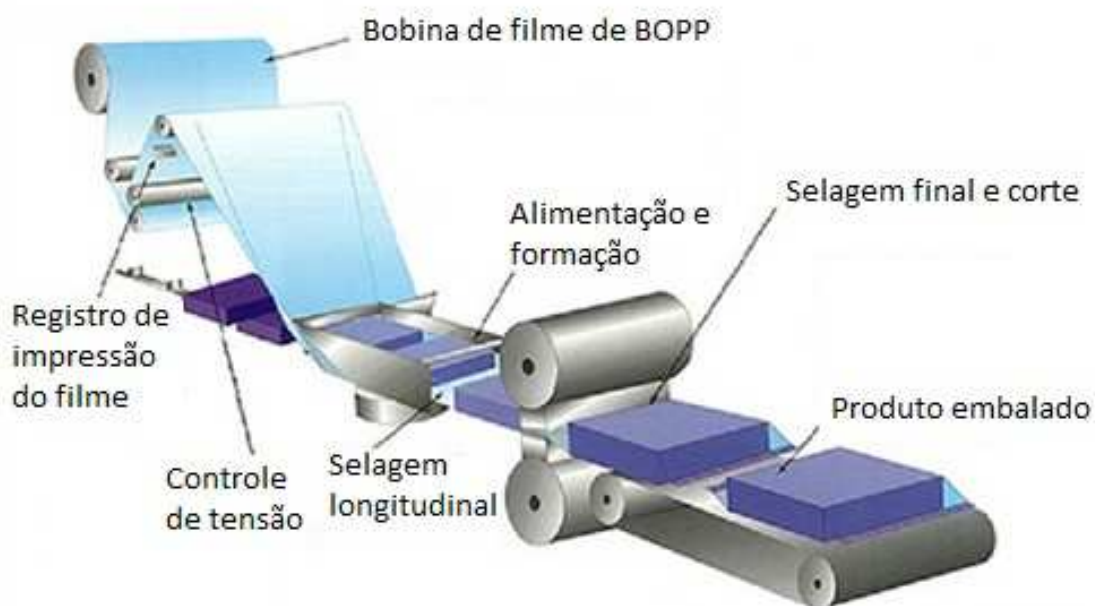
Fonte: Fernandes (2003, p. 141).

2.3.4 Processo de Embalagem com Filmes de BOPP

Existem diversas máquinas de embalagem para atender as mais diversas exigências do mercado, contudo uma das mais comuns são as do tipo *Flow Pack*. Estas são máquinas de embalagem horizontal e que utilizam apenas uma bobina de filme para a realização da embalagem através de três soldas, sendo duas transversais e uma longitudinal. Este tipo de máquina pode ser utilizado tanto para o mercado alimentício como para o não alimentício. (ULMA, 2016).

O processo de embalagem, representado na Figura 11, inicia-se com o produto a ser embalado que é colocado na esteira de alimentação (de forma automática ou manual) para ser transportado. As bobinas de BOPP são colocadas no eixo girante da máquina que opera com três eixos independentes: um para o avanço do filme, um para a tração da corrente de alimentação e o último para o acionamento dos mordentes. O filme é continuamente retirado da bobina, envolvendo o produto como um tubo. Após, roletes selam longitudinalmente e mordentes selam e cortam transversalmente esse todo, formando assim o pacote. A próxima etapa é o encaixotamento do produto embalado. (MENDES, 2009).

Figura 11 - Processo de embalagem utilizando filme de BOPP



Fonte: Adaptado de Maquinaria (2010).

2.4 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DAS EMBALAGENS

As embalagens são um problema em vários países, podendo representar de 30% a 35% dos resíduos sólidos municipais gerados anualmente em países desenvolvidos. (TENCATI et al., 2016).

A União Europeia adota a chamada "responsabilidade alargada do produtor" que se trata da extensão da responsabilidade pelos impactos ambientais causados pelas embalagens. Neste caso, os produtores entram como corresponsáveis devendo assim contribuir para a redução da geração de resíduos de embalagens. (PIRES et al., 2015). Carvalho, M. (2008) complementa ao afirmar que na Europa existem exigências quanto a coleta de embalagens pelos pontos de venda bem como pelos fabricantes de produtos. Além disso, o autor ressalta que há a proibição da utilização de algumas matérias primas.

Para Carvalho, M. (2008) algumas empresas já se apresentam flexíveis quanto à coleta e recompra dos materiais que oferece. Porém, o autor destaca que para haver retorno econômico é preciso que o projeto da embalagem já preveja o seu reaproveitamento, levando em consideração além do material, os adesivos, tintas, etiquetas, entre outros; que o compõe.

A reutilização e a reciclagem de produtos de plástico, por exemplo, podem reduzir significativamente a energia necessária ao longo do ciclo de vida isso porque os insumos virgens necessários para a produção de novos produtos excedem em grande parte a quantidade de energia necessária nas etapas de reutilização ou reciclagem. (ROSS; EVANS, 2003). Por outro lado, segundo Bonifazi et al. (2017), a recuperação energética de resíduos de embalagem plásticas pós consumo, por exemplo, pode apresentar riscos ambientais devido a presença de polímeros clorados que podem liberar dioxinas e outros gases tóxicos.

Para Tencati et al. (2016), a prevenção e a inovação são os principais fatores para reduzir o desperdício de embalagens na fonte e minimizar os impactos ambientais gerados por esses materiais ao longo de seu ciclo de vida. Desta forma, o autor vai ao encontro dos conceitos de nível 1 da P+L, ou seja, reduzir a geração de resíduos ou desperdícios na fonte.

Riegel, Staudt e Daroit (2012) afirmam que a avaliação de aspectos ambientais dos processos é importante para que sejam apontadas alternativas que busquem a redução dos impactos ambientais das embalagens já que estas apresentam impactos ligados à extração de matéria-prima, fabricação, transporte e destinação pós-consumo. Os autores identificaram os impactos ambientais relacionados à produção de embalagens de perfumaria e mostram que os processos apresentaram aspectos ambientais relacionados com o consumo de recursos naturais, geração de efluentes, emissões atmosféricas e geração de resíduos com efeitos em nível local, regional e global.

2.5 PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)

A escassez de recursos naturais, a pressão da sociedade para que as empresas adotem medidas de prevenção de impactos ambientais negativos além das questões econômicas, aumentam a busca por alternativas sustentáveis. Neste contexto surge a oportunidade de se desenvolverem ações de Produção mais Limpa (P+L), buscando a redução ou até mesmo a eliminação da geração de resíduos na fonte. Para Guimarães, Severo e Vieira (2017), essa ferramenta tem sido um importante meio para motivar sistematicamente a redução de resíduos e a reutilização de produtos. Severo, Guimarães e Dorion (2017) afirmam que métodos de P+L, bem como as práticas de Gestão Ambiental visam a eficiência do processo

produtivo, a utilização de insumos e a não geração de resíduos. Ainda segundo Severo, Guimarães e Dorion (2017), tais ferramentas podem contribuir para a inovação sustentável dos produtos, devido ao uso racional dos recursos naturais. Chareonpanich et al. (2017) mostram que ferramentas de avaliação ambiental vem sendo aprimoradas e ajustadas aos padrões, leis e regulamentos com o objetivo de melhorar a sustentabilidade dos produtos, processos e serviços.

O diagnóstico do processo é de suma importância quando se fala em P+L, pois este auxilia no conhecimento do processo produtivo e suas estruturas além de identificar pontos da cadeia produtiva para os quais cabe propor ações de mitigação, redução ou minimização de impactos, possibilitando ainda quantificar a geração de resíduos. (POPI et al., 2016; SCHUEROFF, 2013).

Nascimento; Lemos e Mello (2008) afirmam que existem duas características comuns entre os setores produtivos: o desperdício de matérias-primas e o desperdício de energia; que geralmente são resultado da grande geração de rejeitos.

Para Giannetti e Almeida (2011), a forma mais utilizada de combate à poluição é o tratamento de final de tubo, ou seja, os resíduos e efluentes são tratados após a sua geração. Os autores afirmam ainda que o homem desenvolveu tecnologias capazes de tratar água, ar e resíduos sólidos. Contudo, há ainda casos em que os resíduos e emissões são apenas transferidos para outro meio, como por exemplo, a água para o solo.

Neste contexto surge a P+L, que busca implementar práticas e ações que resultem em ganhos ambientais, econômicos e sociais. (SEIFFERT, 2011).

A P+L associa melhorias ambientais com ganhos econômicos; sua implementação busca a incorporação de tecnologias que permitam aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água, energia e reduzir impactos ambientais e riscos para os empregados, além de proporcionar um cenário de competitividade para a empresa. (DOMINGUES; PAULINO, 2009; PIMENTA; GOUVINHAS, 2012).

De acordo com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) (2003), nas últimas décadas, com o melhor entendimento dos processos e da consciência ambiental, abandonou-se a ideia de simplesmente tratar os resíduos para buscar formas de evitar a sua geração. A não geração de resíduos é um dos princípios da P+L.

Segundo a CETESB (2011), a implementação do programa P+L pode trazer diversas melhorias no processo como: redução no consumo de energia elétrica e água, diminuição dos índices de refugo e de resíduos, melhor acompanhamento do processo e diminuição da necessidade de manutenções.

Assim, enquanto que a metodologia fim de tubo trabalha de forma corretiva, ou seja, busca tratar a poluição; a P+L trabalha de forma preventiva, evitando a geração e reduzindo a geração de resíduos ao mínimo possível. (CNTL, 2003).

No Quadro 5 estão apresentadas as principais diferenças entre as técnicas de fim de tubo e da P+L, onde é possível verificar que a visão linear das tecnologias fim de tubo não garante a sustentabilidade ambiental, sendo avaliada como uma alternativa ecologicamente insuficiente. Já a P+L abrange a gestão do sistema de produção auxiliando as organizações a se manterem sustentáveis. (HINZ; VALENTINA; FRANCO, 2006).

Quadro 5 - Produção mais Limpa versus Fim de Tubo

FIM DE TUBO	PRODUÇÃO MAIS LIMPA
Pretende reação.	Pretende ação.
Os resíduos, os efluentes e as emissões são controlados através de equipamentos de tratamento.	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte. Procurar evitar matérias-primas potencialmente tóxicas
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes.	Proteção ambiental é tarefa para todos.
A proteção ambiental atua depois do desenvolvimento dos processos e produtos.	A proteção ambiental atua como uma parte integrante do design do produto e da engenharia de processo.
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.	Os problemas ambientais são resolvidos em todos os níveis e em todos os campos.
Não tem a preocupação com o uso eficiente de matérias-primas, água e energia.	Uso eficiente de matérias-primas, água e energia.
Leva a custos adicionais.	Ajuda a reduzir custos

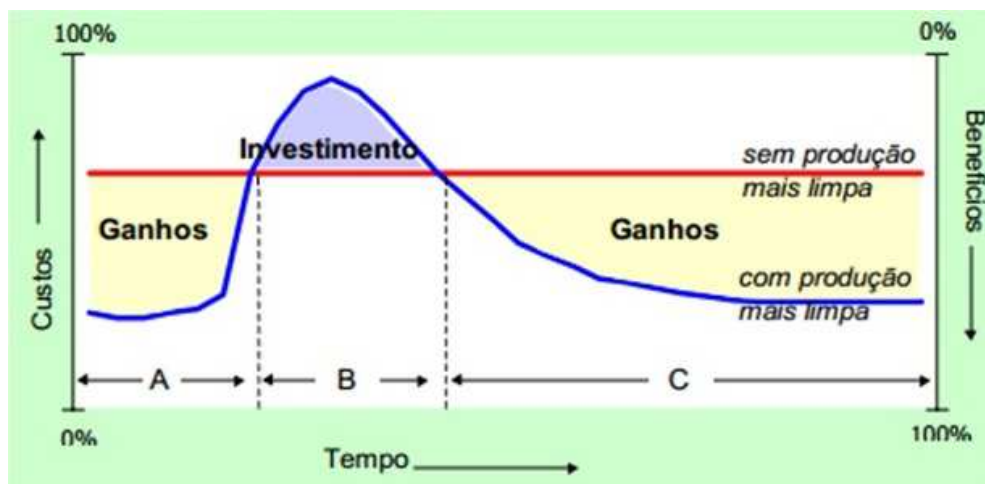
Fonte: CNTL (2003).

A P+L é uma ferramenta que proporciona a redução dos impactos identificados nos processos e atividades, traz benefícios financeiros além de

melhorar a imagem da empresa. Contudo, sua implementação, muitas vezes, demanda mudança no comportamento do sistema produtivo atual através da combinação de uma postura pró-ativa dos empresários, maior exigência por parte dos consumidores e uma política de valorização e fortalecimento das pequenas e médias empresas. (ROSSI; BARATA, 2009). Neste contexto, Aumiller et al. (2014) afirmam que a P+L pode auxiliar na obtenção de vantagens competitivas além de auxiliar na tomada de decisão de investimentos futuros nos processos produtivos.

Na Figura 12 são apresentadas as fases compreendidas na abordagem da P+L. Observa-se que sem a utilização da P+L não há investimento e variações substanciais. Por outro lado, com a utilização da P+L, há três fases: A, B e C. Na fase A os investimentos financeiros são poucos, as ações são baseadas em treinamentos e aplicação de boas práticas produtivas. Já na fase B há incremento nos custos totais, resultados dos investimentos feitos para as adaptações necessárias e investimentos em novos equipamentos. Por último, na fase C, verifica-se a redução nos custos totais que permite a recuperação do investimento inicial: os ganhos com maior eficiência permitem uma redução contínua nos custos totais. (NASCIMENTO; LEMOS; MELLO, 2008; OLIVEIRA, F.; OLIVEIRA, K., 2015).

Figura 12 - Custos e benefícios com implementação de medidas de P+L



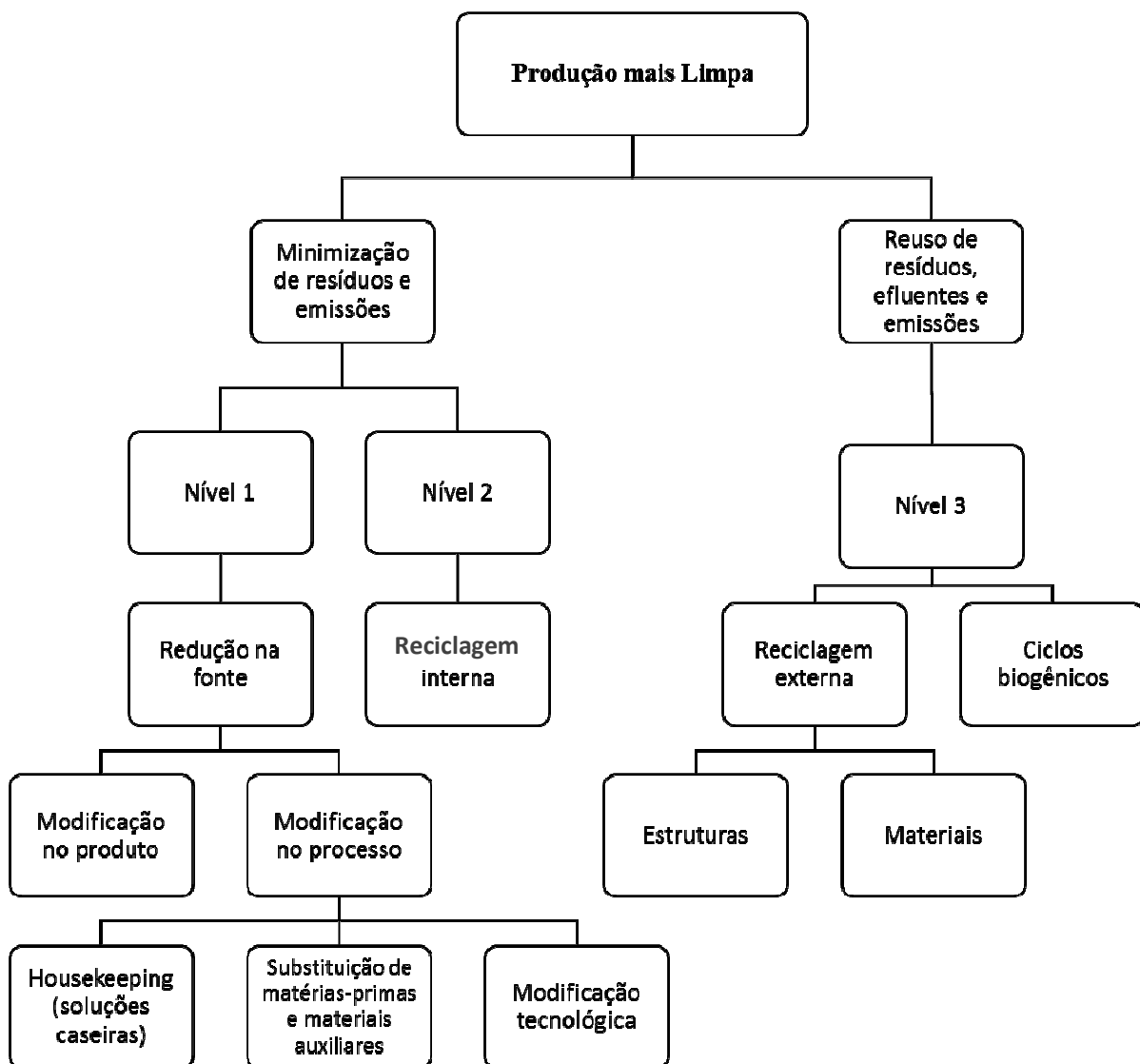
Fonte: CNTL (2003).

Para implantar a P+L é necessário que se tenha conhecimento do fluxograma do processo, observar o fluxo das matérias-primas, o consumo de água, o consumo de energia e a geração de resíduos para realizar um adequado balanço de massa e

energia, preferencialmente, quantitativo. Desta forma pode-se construir uma estratégia de minimização de resíduos, efluentes e emissões. (CNTL, 2003).

Contudo, para Seiffert (2011), há uma série de fatores que devem ser considerados na busca pela redução de poluentes, como por exemplo, o projeto dos produtos, a utilização de tecnologias limpas, o conhecimento detalhado do processo, dentre outros. Assim sendo, esses fatores incluem modificações no processo produtivo e no produto. Neste contexto, a Figura 13 apresenta a lógica de prioridade que deve ser analisada.

Figura 13 - Fluxograma da geração de opções de P+L



Fonte: CNTL (2003).

As ações de nível 1 são as prioritárias. Devem-se buscar medidas que eliminem a geração de resíduos na fonte, isso pode ser feito através da modificação

no produto ou no processo produtivo. Destas duas opções, a primeira é mais difícil, pois envolve a aceitação dos consumidores. As medidas de minimização mais encontradas nesses programas são os que envolvem a modificação no processo que se divide ainda em Boas Práticas de P+L, Substituição de Matérias-Primas e Modificação Tecnológica. As ações de Nível 2 são as reciclagens internas, ou seja, é a recuperação dos materiais dentro da própria planta industrial. Já as ações de nível 3 devem ser aplicadas somente quando forem descartadas as de nível 1 e 2, pois neste caso a reciclagem é feita fora da empresa. (CNTL, 2003).

Ajustar o processo produtivo a fim de reduzir a geração de resíduos através de pequenos ajustes no modelo já existente ou mesmo pela aquisição de novas tecnologias, sejam elas simples ou complexas, são ações de P+L. (NASCIMENTO; LEMOS; MELLO, 2008). Também se pode citar a substituição de materiais e mudanças parciais do processo que acabam direta ou indiretamente diminuindo o impacto do processo sobre o meio ambiente. (GIANNETTI; ALMEIDA, 2011).

A reutilização, reciclagem ou desenvolvimento de outros produtos possíveis de comercialização aumenta o fluxo de materiais e, conseqüentemente, diminui a geração de resíduos. (GIANNETTI; ALMEIDA, 2011). Contudo, para Nascimento, Lemos e Mello (2008), os resíduos devem ser reintegrados no processo somente quando não for possível evitar a sua geração.

A P+L apresenta-se como uma alternativa viável para as empresas, independente do seu ramo de atuação, para combater problemas ambientais. Ainda que existam algumas barreiras, não tem sido difícil sua implantação nas empresas já que o retorno do investimento realizado com a P+L pode ser de curto a médio prazo. (SILVA FILHO; SICSÚ, 2003; PIMENTA; GOUVINHAS, 2012).

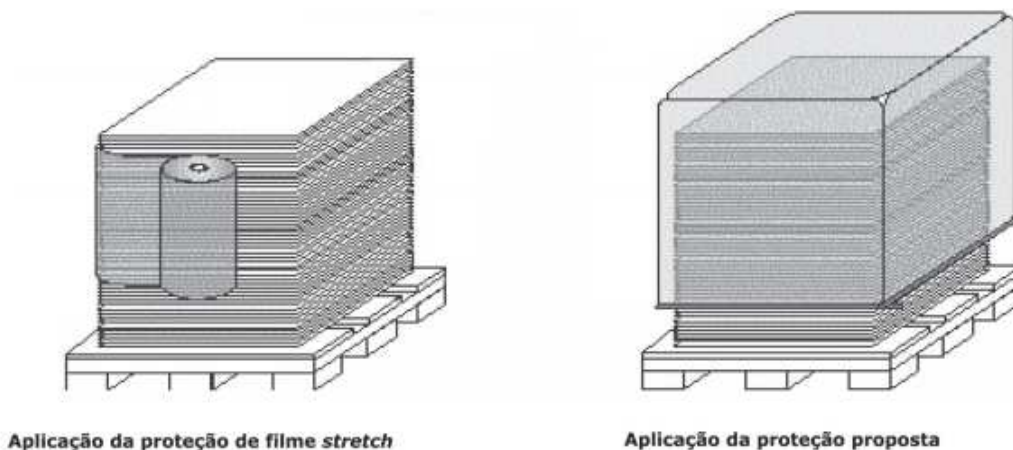
2.5.1 P+L na Indústria: Exemplos de Aplicação

Existem diversos estudos relacionados à P+L nas mais diversas áreas e aplicações, alguns com ações muito simples, mas que possibilitaram grandes resultados. A seguir serão apresentados alguns exemplos e resultados.

Medeiros et al. (2007) avaliaram o processo de produção de embalagens de papel cartonado em uma empresa e a partir da análise de entradas e saídas do processo foi identificada a geração de resíduos de filme de *stretch*, material utilizado no revestimento de *pallets*. A partir desta constatação, os autores identificaram a

oportunidade de substituir o *stretch* por outro material visando a redução da geração de resíduos. Os autores utilizaram então, uma capa plástica, cuja vida útil foi estimada em aproximadamente 6 meses, confeccionada utilizando-se os resíduos plásticos provenientes dos invólucros da bobina de papel-cartão. Na Figura 14 pode-se observar o comparativo entre as duas aplicações.

Figura 14 - Comparativo entre a nova aplicação da proteção às folhas e a antiga com o uso de filme *stretch*



Fonte: Medeiros et al. (2007).

A geração de resíduos de *stretch* foi quantificada em 2.316,5 kg/ano, após a substituição de materiais, a geração desse resíduo foi eliminada. Em relação aos resíduos de capa plástica, a geração era de 120 kg/ano, contudo esse material passou a substituir o *stretch* deixando de se tornar resíduo. A ação proposta por Medeiros et al. (2007) proporcionou aumento da produtividade, redução de custos e eliminação dos resíduos, atendendo assim as ações de nível 1 da P+L, ou seja, redução na fonte.

Essa mesma ideia, de substituir materiais, também foi desenvolvida por Stalter e Moraes (2015), que avaliaram um determinado processo de dublagem (também conhecido como colagem) onde se utilizava como material colante o adesivo de poliuretano. Este processo era realizado em uma cabine de colagem e o adesivo era aplicado com uma pistola específica, o que acabava formando névoas de adesivo que se depositavam e ficavam aderidas nas paredes internas da cabine. Após certo tempo de operação, havia a formação de uma camada de adesivo que deveria ser removida das paredes e descartada como resíduo. Para evitar a adesão

definitiva desse adesivo, as paredes eram cobertas com graxa à base de óleo mineral que contaminava o resíduo polimérico classificando-o como classe I – perigoso, de acordo com a NBR 10004. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2004). Desta forma, eram gerados em média 3 toneladas por mês de resíduo de poliuretano contaminado com graxa. Levando em consideração o consumo de graxa e a disposição do resíduo como classe I – Perigoso, o gasto mensal era de R\$2360,00. A partir desta situação os autores propuseram a substituição da graxa pelo tecido de fibra de vidro com Teflon®, um ótimo antiaderente. Assim, com a substituição dos materiais, o resíduo deixou de ser classificado como classe I – perigoso e se tornando então classe II – não inerte, possível de reciclagem. A implantação da nova proposta somou um investimento de R\$2.701,45. Contudo, mesmo o custo de implantação sendo maior, este valor seria compensado em 1,1 meses. O tempo de vida útil do tecido de fibra de vidro com Teflon® ainda estava em avaliação, mas os autores já afirmavam um mínimo de 4 meses. Pode-se notar que esta ação é classificada claramente como nível 1 da P+L, pois o resíduo perigoso foi eliminado na fonte. (STALTER; MORAES, 2015).

Gasi e Ferreira (2013) apresentam um caso de sucesso relacionado à mudança tecnológica que resultou na eliminação de aproximadamente 160 toneladas por ano de dióxido de carbono na montagem de eixo em uma metalúrgica. Para isso a empresa substituiu o CO₂ do processo de resfriamento por ar comprimido sem prejuízos ao processo, com isso deixou de lançar na atmosfera esse gás que ocasiona o efeito estufa. Além disso, houve também a redução de custos com a compra do gás e não houve investimento inicial.

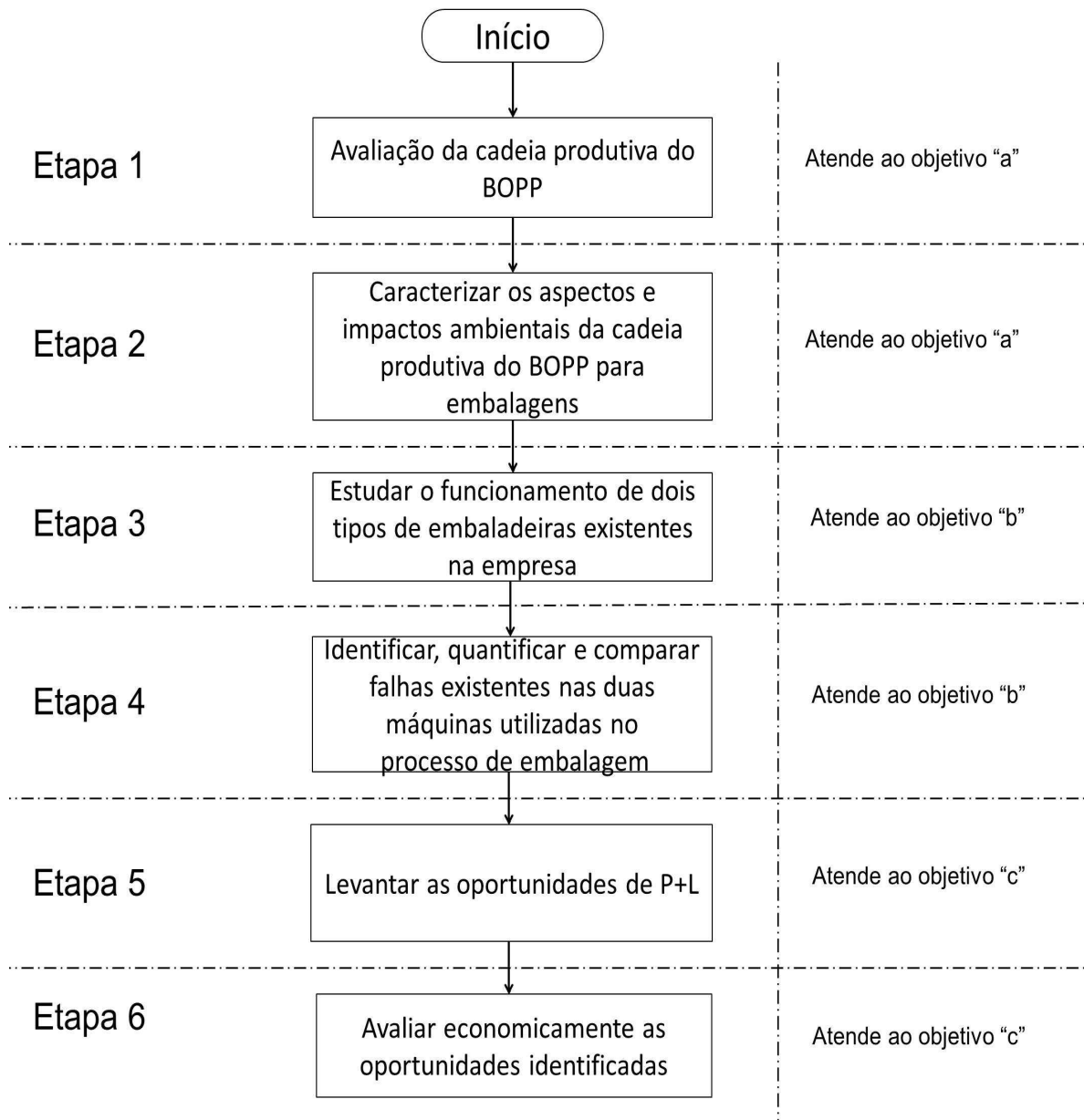
3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso que, de acordo com Gil (2002), consiste em uma avaliação profunda, de modo a permitir seu amplo detalhamento e conhecimento. Yin (2010) complementa ao afirmar que o estudo de caso não deve ser considerado apenas qualitativo, mas também quantitativo.

Porém, segundo Gil (2002), o intuito do estudo de caso não é de proporcionar o conhecimento exato das características de uma população, mas sim a visão global do problema ou identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados.

Buscando atender aos objetivos propostos, a metodologia deste trabalho foi dividida em 6 etapas como representado no fluxograma da Figura 15.

Figura 15 - Metodologia da pesquisa



Fonte: Elaborada pela autora.

3.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A presente pesquisa foi realizada em uma empresa com mais de 70 anos de experiência no mercado de limpeza doméstica. Ela está localizada no estado do Rio Grande do Sul e conta com mais de 1000 funcionários.

Essa empresa produz e embala diversos tipos de produtos, através do uso de filmes transparentes de BOPP. Por exigência da empresa, seu nome não foi mencionado, sendo então denominada como empresa Gama.

O processo de embalagem genérico funciona da seguinte maneira: o BOPP é recebido em forma de bobinas que são inseridas em equipamentos específicos, as chamadas embaladoras do tipo *Flow Pack*, que realizam o processo de embalagem dos produtos.

Existem diversos tipos de embaladoras *Flow Pack* (Figura 16), desde as mais modernas até as mais comuns. Contudo, todas têm o mesmo princípio: fechar a embalagem por termoselagem, ou seja, pelo aquecimento do filme de BOPP.

Figura 16 - Embaladora *Flow Pack*



Fonte: ULMA (2016).

Das seis máquinas existentes na empresa, foram selecionadas duas para esta pesquisa, uma fabricada no ano de 1984 e a outra em 2007. A fim de facilitar a identificação definiram-se aqui as máquinas de acordo com o seu ano de fabricação, ou seja, *Flow Pack 84* e *Flow Pack 07*. A escolha das máquinas se deu pelo fato da *Flow Pack 84* ser mais antiga e de já se ter conhecimento de que gerava mais resíduos quando comparada as demais. Quanto a *Flow Pack 07*, esta foi escolhida por ter a capacidade de embalar os mesmos materiais que são embalados na *Flow Pack 84*, possibilitando assim a comparação entre ambas nas mesmas condições de processo.

A *Flow Pack 84* foi fabricada no ano de 1984, trata-se de um equipamento simples onde o ajuste do produto dentro da embalagem é feito totalmente de forma manual assim como a alimentação da esteira, onde os produtos são colocados um a um pelos operadores. Esta máquina não possui sensor de parada; caso haja falta de

material na zona de embalagem a máquina continuará trabalhando e, conseqüentemente, gerando embalagens vazias que serão descartadas como resíduo. Outro fator importante é que não há nenhum tipo de câmera para avaliação dos produtos, ou seja, a avaliação também é feita visualmente pelo operador que alimenta a esteira.

Por outro lado, a *Flow Pack 07* fabricada no ano de 2007, possui sistema automatizado com controles digitais de temperatura da solda, velocidade da máquina e tamanho da embalagem (que varia de acordo com o produto a ser embalado). A máquina apresenta uma esteira pulmão com 17 metros de comprimento e a alimentação dessa esteira, é feita de forma automática por outra máquina independente. Na saída desta máquina há um sistema de câmeras que avaliam os materiais um a um e caso seja detectada alguma anomalia, como tamanho ou massa inadequada, o material é expulso antes de entrar na esteira. Caso haja falta de material ou algum material fique trancado na zona de alimentação um sensor faz com que a máquina pare e assim não sejam geradas embalagens vazias.

Em ambas as máquinas, quando as embalagens apresentam problemas de solda, os produtos embalados são removidos da embalagem e voltam para o processo para serem novamente embalados.

A velocidade de operação também é diferente entre elas, como na *Flow Pack 07* a alimentação é automática, ela tem capacidade máxima de embalar 175 peças por minuto. Já a alimentação da *Flow Pack 84* é manual, ou seja, a velocidade não pode ser demasiada já que corre o risco dos operadores não conseguirem colocar as peças em tempo na esteira e, conseqüentemente, serem geradas muitas embalagens vazias. Neste caso a velocidade de operação vai depender da capacidade dos operadores. Aqui a capacidade máxima é de 75 peças embaladas por minuto. Os dados de capacidade de peças embaladas estão de acordo com o informado pelo setor e se referem a um mesmo tipo de produto embalado. Informações complementares de consumo de energia elétrica das máquinas foram obtidos através dos seus manuais.

Os filmes de BOPP utilizados como embalagem são extremamente leves, contudo, de acordo com o acompanhamento mensal de resíduos da empresa, no ano de 2016 foram gerados em média 900 kg de resíduo de BOPP por mês que foram vendidos para empresas de reciclagem. Na Figura 17, tem-se a representação

dos resíduos gerados, todavia, é importante destacar que o resíduo aqui apresentado não tem nenhum tipo de impressão a fim de não divulgar a marca da empresa.

Figura 17 - Resíduo de filme de BOPP sem impressão



Fonte: Registrada pela autora.

O tamanho da embalagem varia de acordo com o produto que ela está embalando, o mais comum apresenta dez centímetros de comprimento.

3.2 VISITAS TÉCNICAS

Para Silva et al. (2011), as visitas técnicas são uma forma de interação entre teoria e prática e um processo de internalização do conhecimento. Desta forma, buscando avaliar a cadeia produtiva do BOPP *in loco*, foram realizadas três visitas técnicas, sendo uma na empresa que produz o BOPP, uma na empresa que realiza o processo de impressão e a outra na empresa que promove o processo de embalagem. Mesmo que esta pesquisa tenha sido focada apenas no último processo (embalagem), é importante que haja o conhecimento dos processos que o precedem.

3.3 AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

A Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais (AIA) é um instrumento de planejamento que proporciona um quadro sistemático e estruturado. (SÁNCHEZ, 2013). Para aplicação da metodologia de avaliação dos aspectos e impactos ambientais, foi escolhido o método utilizado por Silva (2016), onde, a partir do levantamento *in loco* dos aspectos ambientais gerados nos processos de produção do filme, impressão flexográfica e processo de embalagem, foram descritos os impactos potenciais associados a cada um desses aspectos. Após, foram atribuídos pela autora os valores pré-definidos (pontuação) a cada um dos critérios de avaliação da planilha com base em seus conhecimentos na área. Os valores e critérios de avaliação são apresentados nos Quadros 6, 7 e 8.

A abrangência é o critério que indica a localização do impacto e atribui valores para cada impacto ocorrido dentro de um dos limites pré-estabelecidos, conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Critérios de abrangência (ABR)

Classificação	Pontuação
Pode causar impacto no local de trabalho ou no entorno	1
Pode causar impacto que ultrapassa o local da ocorrência até os limites da instalação	2
Explora os limites da instalação	4

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

A severidade é o critério que apresenta a gravidade do impacto ocorrido e tem a sua nota conforme classificação do Quadro 7.

Quadro 7 - Critérios de severidade (SEV)

Classificação	Pontuação
Não causa danos: Impactos que não causam danos ou com efeitos benéficos sobre o homem e/ou meio ambiente, produtos e serviços.	1
Causa danos leves: Impactos ao meio ambiente, mas que não chega a comprometer nenhuma espécie viva ou recursos naturais, podendo ser recuperado através de pequenas ações.	2
Causa danos graves: impacto no meio ambiente pode comprometer alguma espécie de vida ou recursos naturais e a recuperação poderá depender de maiores recursos.	3
Causa danos gravíssimos: Impacto no meio ambiente compromete alguma espécie de vida ou recursos naturais, e a recuperação poderá ser impossível ou dependerá de recursos especiais.	4

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

A frequência é o critério que atribui nota conforme a frequência ocorrida, as notas são apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Critérios de frequência (FREQ)

Classificação	Pontuação
Baixa: aspectos decorrentes de atividades/tarefas que, apesar da alta frequência de execução, configuram-se ou podem ocorrer de uma a quatro vezes no mês.	1
Média: aspectos decorrentes de atividades/tarefas que, apesar da alta frequência de execução, configuram-se ou podem ocorrer de cinco a nove vezes ao mês.	2
Alta: aspectos decorrentes de atividades/tarefas que, apesar da alta frequência de execução, configuram-se ou podem ocorrer de dez vezes em diante ao mês.	4

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

A partir dos Quadros 6, 7 e 8 foi criada a tabela LAIA (Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais) onde a cada aspecto e impacto foi atribuída uma nota. A seguir, foram somadas as notas dos itens (ABR, SEV, FREQ) e a partir da pontuação gerada foi classificado o impacto conforme Quadro 9.

Quadro 9 - Impactos e significância

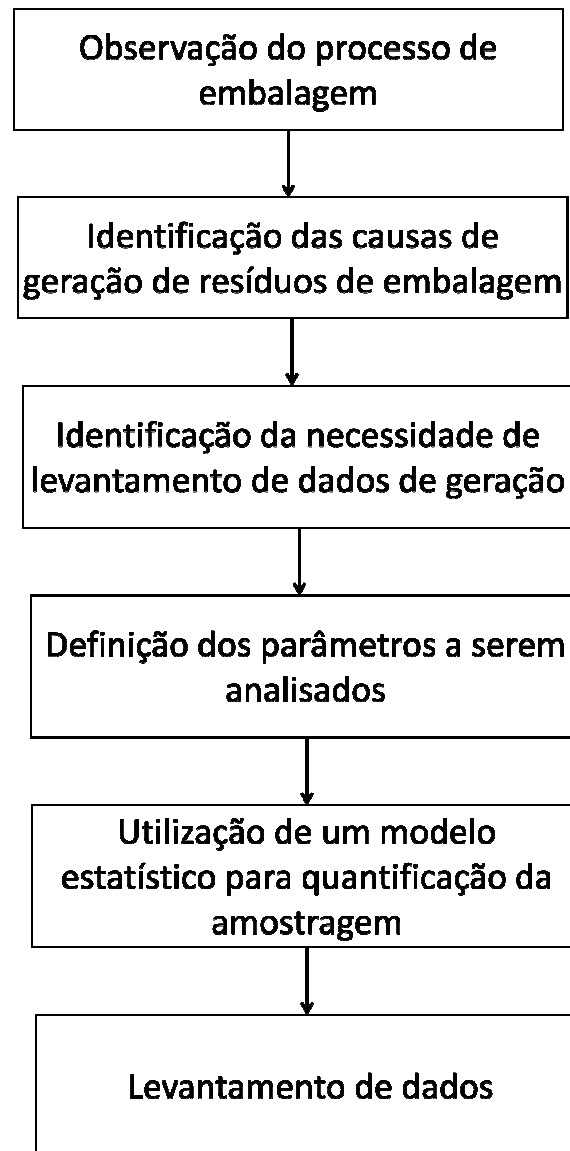
Classificação	Pontuação
3 a 5	Desprezível
6 a 8	Moderado
9 a 12	Crítico

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

O levantamento de dados apresenta grande importância nesta pesquisa, pois traz informações concretas do processo, permitindo sua caracterização e a identificação de oportunidades de melhoria. Aqui foram avaliadas as entradas e saídas do processo produtivo do BOPP, processo de impressão e processo de embalagem. A partir destes, foi criado um digrama de blocos em forma de fluxograma que, segundo Silva e Amaral (2011), deve seguir o fluxo de produção, desde a entrada de matérias-primas até a saída dos produtos.

3.4 PROCESSO DE EMBALAGEM, DESCRIÇÃO DAS CAUSAS DE GERAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS PRIORITÁRIAS

O processo de embalagem realizado por máquinas do tipo *Flow Pack* tem a função de envolver o produto e promover três soldas, sendo uma longitudinal e duas transversais. Buscando comparar as duas máquinas e avaliar os processos de forma completa, foram definidas algumas etapas apresentadas na Figura 18.

Figura 18 - Fluxo para o levantamento de dados junto às máquinas do tipo *Flow Pack*

Fonte: Elaborado pela autora.

Foi observado que a *Flow Pack 84* gerava uma quantidade de resíduos de embalagem superior quando comparada à *Flow Pack 07* e, a partir desta constatação, foi realizado o acompanhamento *in loco* mais aprofundado buscando identificar as causas da geração de resíduos. Foi ainda identificada a necessidade de quantificar esses resíduos, sendo assim foi definido que cada uma das causas seria associada a outros dois parâmetros: tempo de parada da máquina e quantidade de embalagens descartadas.

Desta forma, visando o levantamento de dados, o processo em ambas as máquinas foi acompanhado no período de abril a maio de 2017, durante dez minutos, duas vezes ao dia. Para que fosse possível observar o comportamento das

máquinas em diferentes turnos com diferentes operadores, as observações foram realizadas durante o turno da manhã e da tarde. Levando em consideração que a capacidade máxima de embalagem das máquinas é de 75 peças/ minuto na *Flow Pack 84* e de 175 peças/ minuto na *Flow Pack 07*, pode-se concluir que a cada 10 minutos foram observadas em torno de 750 peças sendo embaladas na *Flow Pack 84* e 1750 peças na *Flow Pack 07*.

A Figura 19 mostra a tabela utilizada para o levantamento de dados, onde, a cada 10 minutos eram verificadas as falhas que ocorriam, o tempo que a máquina parou devido a esta falha bem como a quantidade de embalagens descartadas.

Figura 19 - Modelo da planilha utilizada para o levantamento de dados

Nº da observação	Quantidade de embalagens refugadas	Tempo de parada (segundos)	Causa da parada

Fonte: Elaborado pela autora.

O cálculo do tamanho das amostras foi realizado com o apoio do software de análise estatística G*Power v. 3.1, desenvolvido por Faul et al, (2007). Para avaliar a associação pelo teste Qui-Quadrado com 4 graus de liberdade entre as máquinas e os tipos de falhas, foi considerado um tamanho de efeito médio a ser detectado ($w=0,3$), nível de significância de 10% e poder estimado de 95%. Foi definido o número de 4 graus de liberdade em função de tratar-se da análise de uma tabela de contingência com duas máquinas e 5 tipos distintos de problemas, observados em uma amostra piloto com 10 repetições de 10 minutos de observação em cada máquina. Para tanto foi obtido um tamanho mínimo de 176 problemas/falhas. Como explicado anteriormente, foram coletadas 80 janelas de tempo sendo obtidas 220 falhas observadas nas duas máquinas no total.

Assim, foi possível levantar as principais diferenças de processo entre as máquinas bem como a observação de oportunidades de melhoria visando a redução da geração de resíduos.

Buscando identificar as variáveis que mais impactam negativamente no processo foi utilizado o diagrama de Pareto que, de acordo com Ballestero-Alvarez (2012), trata-se de um gráfico de barras que ordena a frequência das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas apresentados. Para Triola (2014), o diagrama pode ser utilizado quando há necessidade de chamar a atenção para as categorias mais importantes. Vieira (2013) complementa ao afirmar que o diagrama de Pareto indica a ordem em que os problemas devem ser sanados ou mesmo reduzidas as perdas.

O diagrama de Pareto é também conhecido como regra do 80/20, que traz a ideia de que 80% dos problemas são explicados por 20% das causas. (VIEIRA, 2012). O objetivo é sanar as poucas causas que determinam muitas perdas, contudo, se a causa de alguns poucos defeitos tem solução simples, esta deve ser eliminada imediatamente. (VIEIRA, 1999).

3.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIA

Bhupendra e Sangle (2016) afirmam que as estratégias que buscam a não geração devem ser as primeiras a serem implementadas para alcançar vantagens financeiras e mitigar riscos. Neste contexto, a P+L adota uma abordagem preventiva buscando a otimização de matérias-primas, água e energia.

A redução na fonte é integrada aos processos através da substituição de matérias-primas, mudanças tecnológicas, boas práticas operacionais e mudança nos produtos. (GASI e FERREIRA, 2013).

Desta forma, no Quadro 10 são apresentadas duas ações principais: modificação nos produtos e modificação nos processos, sendo que esta última ainda é dividida em outras três etapas: substituição de matéria-prima, modificação tecnológica e boas práticas. Todas essas opções estão dentro do escopo das ações de nível 1 da P+L, ou seja, redução na fonte.

Quadro 10 - Ações para redução de resíduos na fonte

Ação		Exemplo
Modificações no produto		Modificações na composição, tipo de embalagem e tempo de vida útil dos produtos.
Modificação no processo	Substituição de matéria-prima	Utilização de matérias-primas e insumos menos poluentes e com maior vida útil.
	Modificação tecnológica	Melhoria na automação de processos, substituição de equipamentos e processos.
	<i>Housekeeping</i>	Mudanças nos procedimentos operacionais, na gestão e no treinamento de funcionários.

Fonte: Adaptado de Benkel (2000 apud CORREIA; JERÔNIMO, 2012) e Gasi e Ferreira (2013).

Tendo como base as ações apresentadas no Quadro 10, foram avaliadas as possibilidades de redução da geração de resíduos na fonte geradora, ou seja, no processo de embalagem.

3.6 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

O estudo de viabilidade econômica foi realizado com a premissa de mensurar o capital investido *versus* o ganho obtido na implementação de melhorias visando à redução da geração de resíduos de BOPP.

O indicador utilizado nessa avaliação foi o *Payback Simples*, que apresenta o número de períodos necessários para recuperar o investimento do negócio. (NEVES, 2010). Balarine (2004) afirma que se trata de um mecanismo simples e de caráter inicial para análise de projetos

Para o cálculo do *Payback Simples*, quando ocorrem retornos iguais e sucessivos, divide-se o investimento inicial pelo ganho no período, ou seja, como mostrado na Equação 1.

$$PBS = \frac{P}{PMT}$$

Equação 1

Onde:

PBS= Pay Back Simples

P= Investimento inicial

PMT= Valor dos ingressos periódicos

O resultado encontrado corresponde ao número de períodos decorridos desde o investimento inicial até a sua recuperação, ou seja, trata-se do momento a partir do qual o saldo de caixa passa a ser positivo. (BALARINE, 2004).

Se o tempo de retorno for maior que o valor do *PayBack* o projeto é rejeitado, porém se este tempo for menor o projeto é aceito. (WICKBOLDT; FORNECK, 2013).

4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos a partir da metodologia proposta.

4.1 CADEIA PRODUTIVA DO BOPP

A fim de conhecer de forma completa a produção de embalagens de BOPP, ou seja, da produção do filme polimérico ao processo de embalagem; foram realizadas três visitas técnicas em três empresas diferentes. Estas empresas serão aqui denominadas Alfa, Beta e Gama e estão localizadas no estado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

A empresa Alfa, que produz os filmes de BOPP, está localizada no estado do Rio Grande do Sul e é uma das maiores fabricantes de filmes de BOPP do Brasil. Ela produz filmes nas versões: transparente, opaco, metalizado e mate, atendendo assim às mais diversas aplicações. O princípio de produção é o mesmo para todos os tipos de filme: extrusão, estiramento, enrolamento e corte. Neste processo as bobinas de BOPP são produzidas com um tratamento superficial chamado de corona, que ativa a superfície do filme através de descarga elétrica provocando uma reação química que quebra algumas ligações e libera ozônio. Desta forma o filme está preparado para receber a impressão. Este tratamento é necessário, pois sem ele a impressão não adere ao filme. Após estes processos, as bobinas de BOPP são vendidas para empresas que realizam o processo de impressão. No processo de produção de filmes de BOPP há grande geração de resíduos, tanto de rebarbas quanto de início de processo, ou mesmo por problemas ao longo deste, como *rompimento do filme*, por exemplo. Contudo, a empresa consegue reciclar 100% desses resíduos e reintroduzi-los no processo de origem.

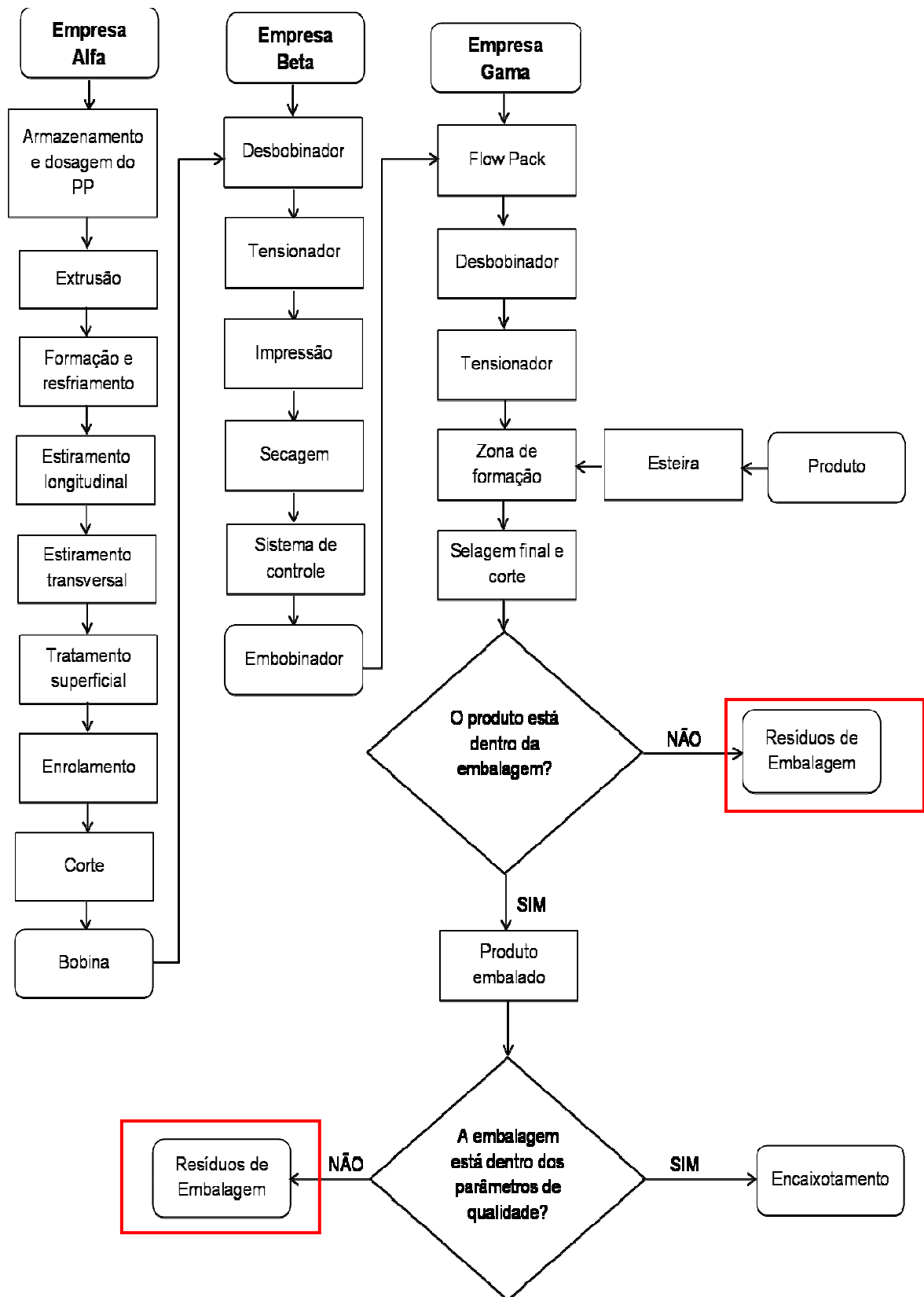
A empresa Beta, localizada no estado de Santa Catarina, realiza o processo de impressão flexográfica nos filmes de BOPP utilizando tintas com solventes orgânicos. A empresa tem a capacidade de desenvolver as mais diversas cores e desenhos para serem impressos em diversos tipos de filme. O processo funciona como um carimbo: a tinta molha o rolo com o relevo do desenho e o rolo pressiona o relevo sobre o filme, promovendo assim a impressão sobre ele. Cada rolo só pode ser molhado com uma cor, ou seja, se o filme possui um desenho com cinco cores

diferentes, são necessários cinco rolos com cinco cores de tinta. Os operadores têm o controle do processo através de câmeras para evitar que haja a descentralização da cor com o desenho, porém isso pode ocorrer e quando ocorre, o filme deve ser descartado.

O foco deste estudo é a empresa Gama que está localizada no estado do Rio Grande do Sul e onde é realizado o processo de embalagem com os filmes de BOPP. As bobinas de BOPP são adquiridas por quilograma e não têm uma massa padrão apresentando entre dez e treze quilogramas. O filme aqui utilizado tem o objetivo de embalar utilidades domésticas e, devido a alguns fatores, pode se tornar resíduo do processo.

A Figura 20 apresenta o fluxograma da rota das embalagens desde a sua produção até a sua utilização.

Figura 20 - Fluxograma da rota das embalagens

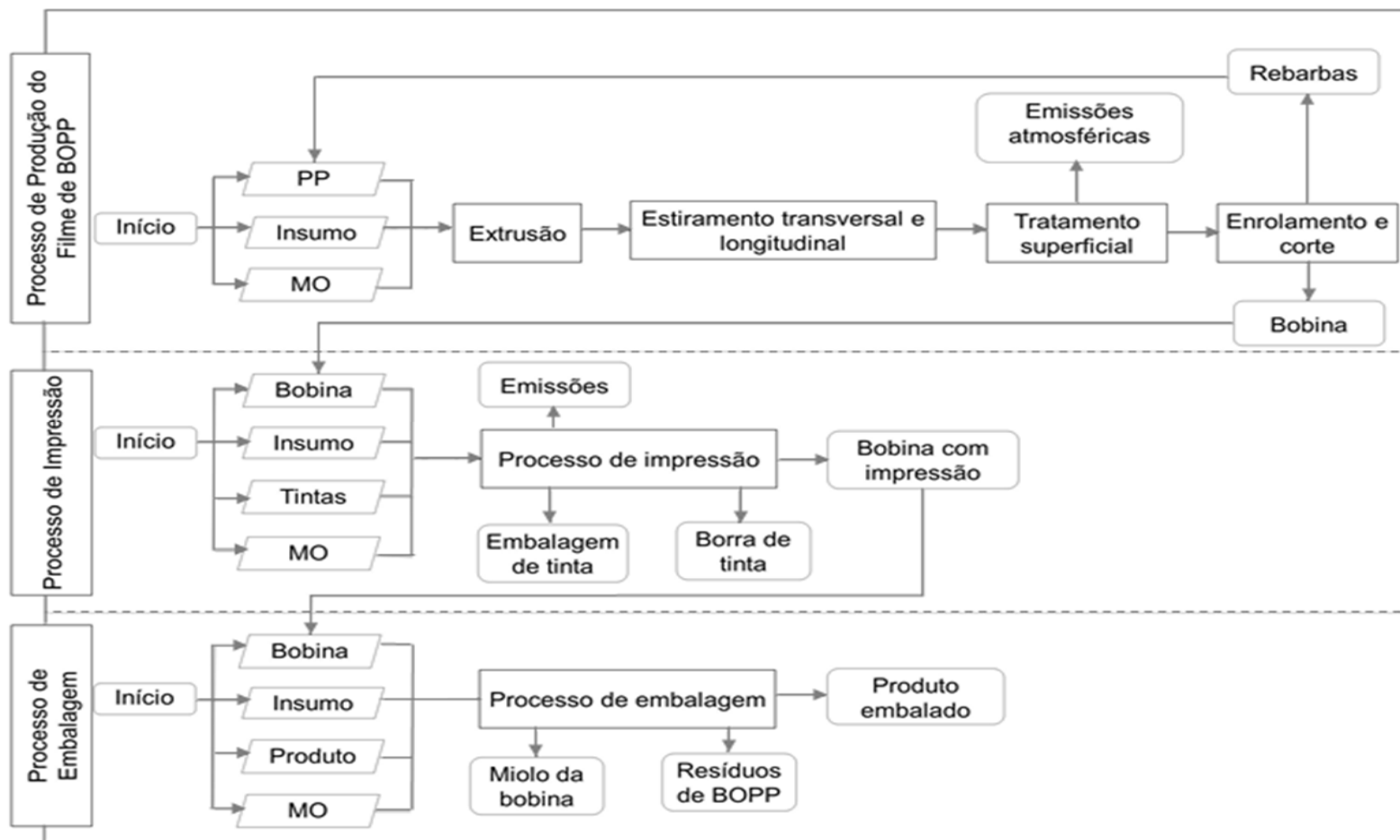


Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Neste item é apresentada a avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais, e para auxiliar nessa avaliação foi primeiramente elaborado o diagrama de blocos do processo produtivo do filme de BOPP, do processo de impressão flexográfica e do processo de embalagem. Na Figura 21 estão apresentadas as entradas e saídas qualitativas dos três processos.

Figura 21 - Diagrama de blocos do processo de produção do filme de BOPP ao processo de embalagem



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.1 Avaliação Qualitativa de Aspectos e Impactos Ambientais

A Tabela 1 apresenta a avaliação dos aspectos e os respectivos impactos ambientais dos processos de produção do filme de BOPP, do processo de impressão flexográfica e do processo de embalagem.

Tabela 1 - Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA)

PROCESSO	Nº	ASPECTOS	IMPACTOS	ABR.	SEV.	FREQ.	IMP.	SIG.
Produção do filme de BOPP	1	Consumo de energia elétrica	Uso de recursos naturais não renováveis ou escassos	4	3	4	11	Crítico
	2	Emissão de Ozônio	Poluição atmosférica	2	3	4	9	Crítico
	3	Óleo utilizado nas máquinas	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	4	3	3	10	Crítico
	4	Consumo de água	Uso de recursos naturais não renováveis ou escassos	4	3	4	11	Crítico
Processo de impressão flexográfica	5	Consumo de energia elétrica	Uso de recursos naturais não renováveis ou escassos	4	3	4	11	Crítico
	6	Óleo utilizado nas máquinas	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	4	3	3	10	Crítico
	7	Evaporação de solventes orgânicos	Poluição atmosférica	2	3	4	9	Crítico
	7	Borra de tinta	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	3	2	4	9	Crítico
	9	Resíduo de BOPP	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	4	3	4	11	Crítico
Processo de embalagem	10	Consumo de Energia Elétrica	Uso de recursos naturais não renováveis ou escassos	4	3	4	11	Crítico
	11	Óleo utilizado nas máquinas	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	4	3	3	10	Crítico
	12	Geração de resíduo de papel do miolo da bobina de BOPP	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	2	2	4	8	Moderado
	13	Geração de resíduo de filme de BOPP	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	2	2	4	8	Moderado
	14	Geração de papel que embala a bobina	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	2	2	4	8	Moderado

Fonte: Elaborado pela autora.

Observando a Tabela 1 verifica-se que 100% dos impactos do processo produtivo do BOPP bem como o processo de impressão flexográfica são considerados críticos. Já o processo de embalagem apresentou 60% de impactos críticos.

Ao considerar o processo como uma cadeia ou como um todo, tem-se 78,5% dos impactos classificados como sendo críticos, o que mostra a importância de se buscar alternativas para redução de resíduos na fonte geradora.

É possível observar que o consumo de energia elétrica está presente nos três processos e apresenta-se como crítico por se tratar de um recurso natural não renovável. Em dezembro de 2016 a demanda de energia elétrica nas indústrias brasileiras avançou 0,9% quando comparada ao mesmo mês no ano de 2015. (COMISSÃO PERMANENTE DE ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA (COPAM); EMPRESA DE ENERGIA ELÉTRICA (EPE), 2017). De acordo com dados internos da empresa, neste mesmo ano, foram consumidos em média 0,88 GWh o que corresponde a R\$ 373.207,95 ao mês. Observando as especificações das máquinas foi constatado que a *Flow Pack 84* apresenta potência de 3500 Watts já na *Flow Pack 07* a potência é de 2000 Watts. Segundo Alexander e Sadiku (2013), o custo da eletricidade depende da quantidade de energia consumida em quilowatts-hora (kWh), desta forma a *Flow Pack 84* apresenta um consumo de energia 42,8% superior quando comparada a *Flow Pack 07*.

Desta forma torna-se importante a busca por ações que reduzam o consumo de energia elétrica bem como o desenvolvimento de fontes alternativas, buscando não somente a economia monetária como também a redução dos impactos ambientais negativos causados pela geração de energia. Para Carvalho (2014), as indústrias devem realizar aperfeiçoamentos tecnológicos destinados a reduzir o consumo de energia elétrica e o aproveitamento integral de matérias primas com o mínimo impacto ambiental e máxima eficiência.

A contaminação do solo e dos recursos hídricos foi o item com maior incidência na planilha de levantamento de aspectos e impactos ambientais e estão presentes principalmente no processo de embalagem. Este item está associado a geração de resíduos e, segundo Ballesterro-Alvarez (2012), representa a perda de reservas e resulta na degradação do meio ambiente. Rocca, 2013, afirma que pode haver alteração da qualidade do solo tornando-o impróprio para os usos a que se

destina e que o armazenamento, o manuseio, tratamento e descarte inadequado de resíduos representam uma importante fonte de contaminação do solo e da água.

A poluição atmosférica está presente nos dois primeiros processos através das emissões de ozônio e de compostos orgânicos voláteis (COV's). Os COV's podem agravar a degradação do ozônio estratosférico e contribuir para o efeito estufa, por isso é importante que haja o controle e minimização da emissão destes que reagem na presença da luz. (BAIRD, 2002). O ozônio é gerado no tratamento corona, que consiste na aplicação de descargas eletrostáticas sobre a superfície do filme, aumentando sua energia superficial, permitindo uma boa adesão das tintas de impressão. (WITMANN, 2010). Bermann (2008) afirma que o ozônio, nas camadas inferiores da atmosfera, é nocivo para os vegetais, animais e para o homem, mesmo que em baixas concentrações. O autor destaca ainda que o ozônio age como agente inibidor da fotossíntese das plantas e danos na estrutura pulmonar do ser humano.

Este estudo está focado somente no processo de embalagem, onde nem todos os impactos foram críticos, contudo, cada embalagem descartada carrega uma carga de impactos ambientais críticos dos processos que a precedem.

4.3 MÁQUINAS *FLOW PACK* E AS CAUSAS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS

As causas de geração de resíduos foram identificadas como: falta de material, material trancado, material desalinhado, selagem inadequada e rompimento do filme. A partir do monitoramento da produção foi possível observar características e especificidades de cada uma das máquinas denominadas *Flow Pack 84* e *Flow Pack 07*, permitindo avaliar estas características com os problemas observados, e relacionados a geração de resíduos durante o processo embalagem.

Neste item serão descritas as falhas que ocorrem no processo e que provocam a geração de resíduos de embalagem em ambas as máquinas.

4.3.1 Falta de Material

A *Flow Pack 07* possui uma esteira com 17 metros de comprimento que atua como pulmão do processo de embalagem e dois sensores de parada que tem a função de interromper o processo se houver falta de material. Um deles verifica o alinhamento das peças a 60 cm antes da zona de embalagem e o outro detecta a

falta de material na esteira pulmão, a fim de mantê-la sempre cheia evitando a falta de material na zona de embalagem. Desta forma, não há geração de resíduos de embalagens por *falta de material* ou *material desalinhado*. Por outro lado, na *Flow Pack 84*, se o operador não alimentar a esteira, a máquina continuará o processo e gerará embalagens vazias que serão descartadas como resíduo.

Contudo, este item também se apresenta como um ponto negativo na *Flow Pack 07*, pois, devido a problemas de qualidade do material ele pode não ser alimentado na esteira e conseqüentemente provocar a parada da máquina por *falta de material* na esteira pulmão. Porém se trata de um problema anterior ao processo de embalagem.

4.3.2 Material desalinhado

Na *Flow Pack 07* há um sensor, cerca de 60 centímetros antes da zona de embalagem e que detecta o alinhamento dos materiais, caso algum esteja desalinhado a máquina interrompe o processo. Desta forma evita-se que a selagem da embalagem seja feita sobre os materiais que ela envolve, o que poderia levar a perda do material e da embalagem.

Como na *Flow Pack 84* não há este sensor e a alimentação é feita pelos operadores, os materiais podem ficar desalinhados na esteira fazendo com que sejam embalados de forma inadequada, gerando assim resíduos de embalagem e possível perda dos materiais. Caso a selagem seja feita sobre o material, pode comprometê-lo sendo necessário descartá-lo.

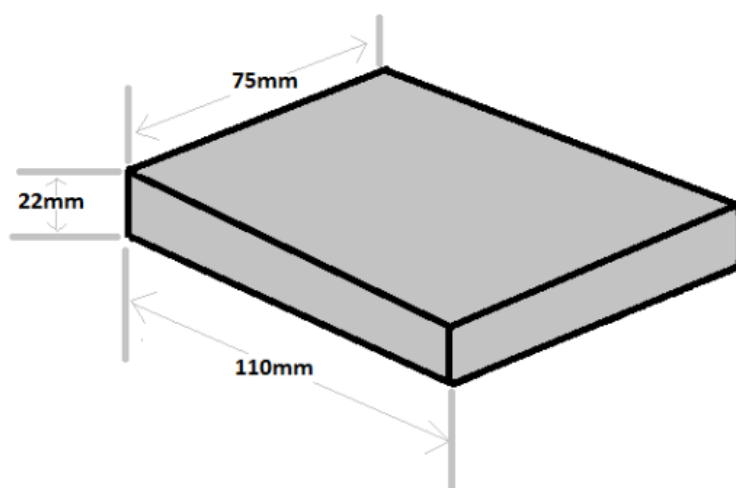
4.3.3 Material Trancado

Esta falha se assemelha à falha *material desalinhado*, porém neste caso o material interrompe a passagem dos demais, já quando o material está desalinhado, mesmo assim pode ser embalado.

Se o material trancar na *Flow Pack 07*, o sensor de parada irá identificar a falta de material e interromperá o processo. Já na *Flow Pack 84*, como não há sensor de parada, o material fica trancado impedindo a passagem dos demais e a máquina continua o processo gerando embalagens vazias.

Na *Flow Pack 07* o material tranca devido a alta velocidade da máquina que pode provocar a sobreposição dos materiais que conseqüentemente poderão trancar em algum ponto. No caso da *Flow Pack 84*, o material tranca na zona de embalagem por problemas dimensionais, ou seja, se o operador alimentar materiais com dimensões maiores que o padrão (Figura 22), isso pode fazer com que o material fique trancado, impeça a passagem dos demais e conseqüentemente gere embalagens vazias.

Figura 22 – Dimensão padrão dos materiais



Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.4 Rompimento do Filme

O coeficiente de atrito/fricção é um dos testes de qualidade realizado nos filmes de BOPP e serve para avaliar a dificuldade relativa do deslizamento entre duas superfícies. (POLO FILMS, 2017). Se este coeficiente estiver fora da faixa de especificação, o filme pode não deslizar de forma adequada e romper devido a tensão.

Sempre que há o *rompimento do filme*, é preciso parar a máquina para que o operador recoloca o filme no sistema de eixos girantes e reajuste-o ao processo. A agilidade de ajuste vai depender dos operadores, alguns possuem mais experiência e conseguem reajustar o processo com mais facilidade.

4.3.5 Selagem Inadequada

A *selagem inadequada* ocorre normalmente a cada parada da máquina, pois, como esta é feita a quente, os mordentes mantem-se aquecidos durante todo o processo. Caso a máquina pare, o filme ainda continua em contato com os mordentes que o aquecerão a ponto de degradá-lo e neste caso haverá então geração de resíduos. Em ambos os casos as embalagens são descartadas e o produto volta ao processo de embalagem.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Neste item será apresentada a análise estatística que auxiliou na tomada de decisão.

4.4.1 Avaliação da Associação por Tabela de Contingência

A tabela de contingência (Tabela 2) foi avaliada a partir do teste Qui-Quadrado de Pearson apresentando resultado significativo ao nível de 10% (Qui-Quadrado = 9.049, gl= 4, p-valor= 0,06, poder estimado do teste = 92,4%). A análise complementar de resíduos indicou uma associação significativa entre a máquina *Flow Pack 07* e a falha por *falta de material* e a máquina *Flow Pack 84* e a falha por *material trancado*. A este nível de significância não foram encontradas associações significativas relacionadas as demais falhas. O item *nada observado* indica que o processo foi avaliado, porém, naquele período, nenhum problema foi observado, ou seja, o processo não parou e não gerou resíduos de embalagem.

Tabela 2 - Tabela de contingência

Problema	Flow Pack 84	Flow Pack 07
Falta de material	38	51
Material desalinhado	23	20
Material trancado	24	9
Rompimento do filme	7	6
Selagem inadequada	16	18
Nada observado	5	3
Total	113	107

Fonte: Elaborada pela autora.

O fato da *Flow Pack 07* apresentar associação significativa quanto ao item *falta de material* pode ser explicado pelo sistema de alimentação da máquina. Quando um material está fora das dimensões ou mesmo torto, ele não entra na esteira pulmão, e caso entre, acaba sendo expulso após passar pela avaliação das câmeras. Desta forma, se houverem muitos materiais fora das especificações, de forma a não alimentar a esteira pulmão, isso provocará a parada do processo. Como na *Flow Pack 84* a alimentação é feita manualmente pelos operadores e a máquina possui uma velocidade menor, a *falta de material* apresentou valores menores.

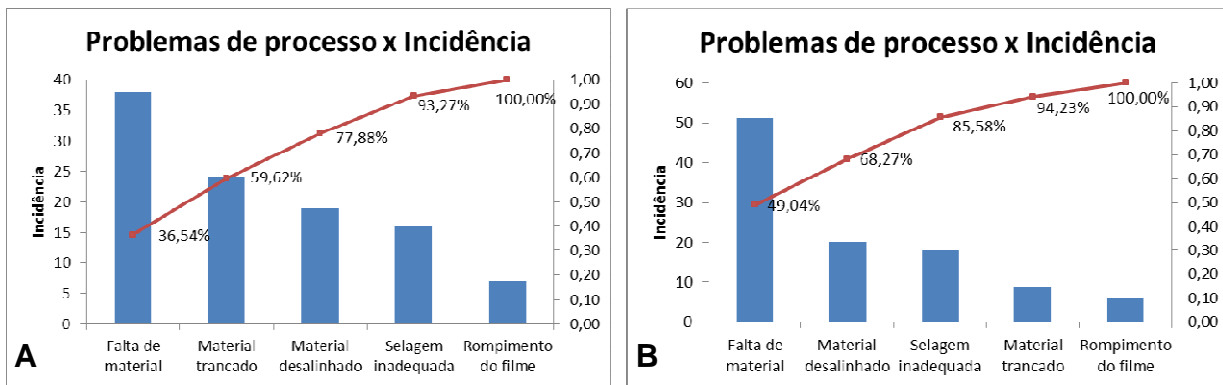
A *Flow Pack 84* apresentou associação significativa quanto ao item *material trancado*, pois a máquina não possui um sistema de avaliação da qualidade automatizado e nem um sensor de parada que interrompa o processo quando um material estiver trancado. Esse processo é feito pelos operadores, que nem sempre tem a sensibilidade de avaliar as dimensões. Quando isso ocorre na *Flow Pack 07*, o sistema de câmeras identifica o material e o expulsa, já na *Flow Pack 84* este segue para ser embalado e pode acabar trancado na máquina impedindo a passagem dos demais e assim gerando embalagens vazias.

Os demais problemas não apresentaram associação significativa, por isso não podem ser associados ao tipo de máquina.

4.4.2 Identificação das Causas Prioritárias

Dentre as causas de geração de resíduos de embalagem, os diagramas de Pareto mostram aquelas que apresentam maior relevância, ou seja, as que devem ser tratadas com prioridade pelo programa de P+L.

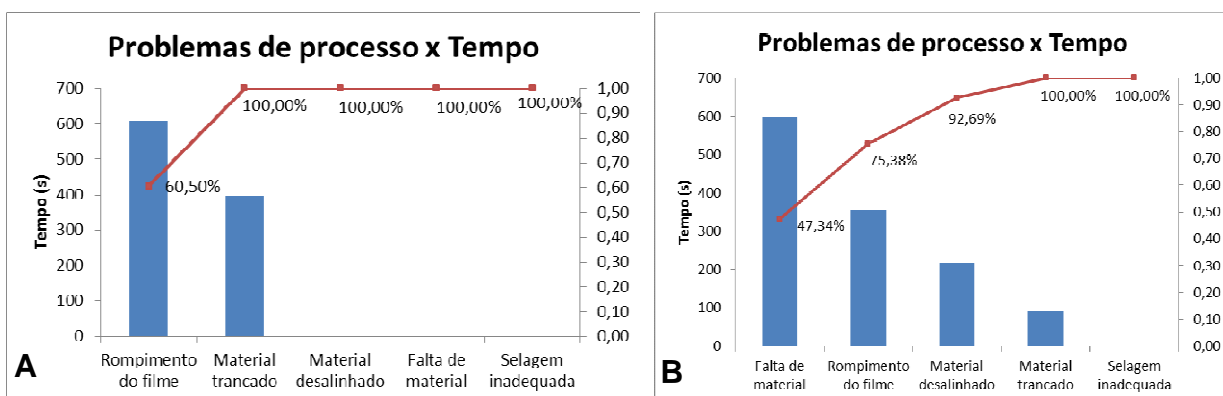
Na *Flow Pack 84* os itens: *falta de material*, *material trancado* e *material desalinhado* são responsáveis por quase 80% das incidências (Figura 23A). Já na *Flow Pack 07* os itens: *falta de material*, *material desalinhado* e *selagem inadequada* correspondem a pouco mais de 85% das incidências (Figura 23 B). Neste caso, de acordo com a análise através da tabela de contingência, na *Flow Pack 84*, a *falta de material* e o *material trancado* apresentam significância enquanto que na *Flow Pack 07* apenas a *falta de material* apresenta significância. Desta forma, esses são os itens que devem ser priorizados quanto à incidência.

Figura 23 - Problema de Processo x Incidência. A. *Flow Pack 84*; B. *Flow Pack 07*

Fonte: Elaborada pela autora.

Os itens: *falta de material* e *material trancado*, na *Flow Pack 84* podem ser justificados pela forma como os materiais são alimentados na esteira, ou seja, manualmente pelos operadores. Já a *falta de material* na *Flow Pack 07* ocorre devido a qualidade dos materiais que, se estiverem fora das especificações, não entram no processo de embalagem e se entrarem, ao passar pela avaliação das câmeras, acabam sendo expulsos. Desta forma, a quantidade de materiais fora das especificações, está diretamente relacionada às paradas da máquina.

Como podem ser observados na Figura 24A, 100% dos problemas na *Flow Pack 84* são decorrentes do *rompimento do filme* e do *material trancado*. Já para a máquina *Flow Pack 07* os principais problemas são a *falta de material* e o *rompimento do filme* (Figura 24B).

Figura 24 - Problemas de processo x Tempo. A. *Flow Pack 84*; B. *Flow Pack 07*

Fonte: Elaborada pela autora.

A tabela de análise de contingência mostrou que o *rompimento do filme* não é significativo, mas, como observado, é um dos problemas que exige mais tempo de

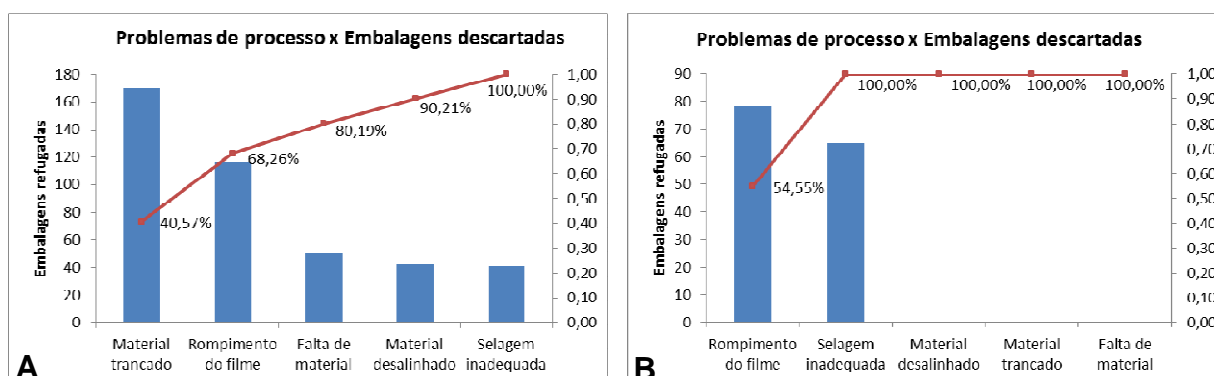
máquina parada. Contudo, este fator não está associado ao tipo de máquina em si, mas sim à qualidade do filme. Já os fatores: *falta de material* e *material trancado*, apresentaram significância e são responsáveis pelo maior tempo de parada na *Flow Pack 07* e na *Flow Pack 84*, respectivamente, sendo então os itens que devem ser priorizados.

A ocorrência do item *falta de material* na *Flow Pack 07* se deve principalmente a qualidade deste. Se o material não estiver dentro das especificações de qualidade, ou seja, massa e dimensões adequadas, pode não conseguir sair do alimentador para entrar na esteira, e se conseguir entrar pode acabar sendo expulso após passar pela avaliação das câmeras. Quando há um grande número consecutivo de materiais fora de especificação haverá também maior tempo de parada, já que pode haver falta de material na esteira pulmão.

Na *Flow Pack 84*, o item *material trancado* se deve também a qualidade dos materiais. Uma vez que um material fora das especificações dimensionais for alimentado pelos operadores, este pode trancar na zona de embalagem, sendo então necessário interromper o processo para removê-lo.

Observando a Figura 25B, nota-se que na *Flow Pack 07*, 100% da geração de resíduos de embalagem se dá pelo *rompimento do filme* e pela *selagem inadequada*, contudo, nenhum destes apresentou significância através da tabela de contingência. Já a Figura 25A mostra que os itens: *material trancado*, *rompimento do filme* e *falta de material*, são responsáveis por 80% das causas de geração de resíduos de embalagens na *Flow Pack 84*. Destes três, o *material trancado* e a *falta de material* apresentam significância, como demonstrado na tabela de contingência.

Figura 25 - Problemas de processo x Embalagens descartadas. A. *Flow Pack 84*; B. *Flow Pack 07*



Fonte: Elaborada pela autora.

Na *Flow Pack 84* a geração de resíduos de embalagem por *material trancado* e *falta de material* se dá pelo fato desta máquina não apresentar um sensor que detecte esse tipo de problema. Este sensor identificaria tais situações e promoveria a parada da máquina eliminando assim a geração de resíduos ocasionada por este problema.

Como observado, as falhas que acarretam na geração de resíduos na *Flow Pack 07* não apresentam significância, porém, por serem responsáveis por 100% da geração de resíduos nesta máquina também devem ser trabalhadas pela P+L. O *rompimento do filme*, responsável por mais de 50% da geração de resíduos, é uma questão de qualidade do filme, o que pode ser discutido junto ao fornecedor.

4.4.3 Avaliação por Tempo de Parada e Embalagens Descartadas

As Tabelas 3 e 4 mostram a soma dos tempos de parada e das embalagens descartadas em ambas as máquinas separadamente no período de abril a maio de 2017.

Tabela 3 - *Flow Pack 84*

Problemas	Soma do Tempo de parada (segundos)	Soma de Quantidade de embalagens descartadas
Falta de material	0	51
Material desalinhado	0	50
Material trancado	397	170
Nada observado	0	0
Rompimento do filme	608	116
Selagem inadequada	0	40
Total Geral	1005	427

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 4 - *Flow Pack 07*

Problemas	Soma do Tempo de parada (segundos)	Soma de Quantidade de embalagens descartadas
Falta de material	596	0
Nada observado	0	0
Material desalinhado	218	0
Material trancado	92	0
Rompimento do filme	353	78
Selagem inadequada	0	65
Total Geral	1259	143

Fonte: Elaborada pela autora.

A *Flow Pack 84* apresentou um total de 1005 segundos (16, 75 minutos) de parada enquanto que a *Flow Pack 07* somou 1259 segundos (20,98 minutos), ou seja, em torno de 20% a mais do que o tempo de parada da *Flow Pack 84*. Quanto ao número de embalagens descartadas, a *Flow Pack 84* apresentou 427 já a *Flow Pack 07* somou 143, ou seja, apenas 33% da geração de resíduos da *Flow Pack 84*.

A *Flow Pack 84* apresentou menor tempo de parada e maior geração de embalagens descartadas, enquanto a *Flow Pack 07* somou maior tempo de parada e menor geração de embalagens descartadas. Isso pode ser explicado pela presença do sensor de parada, pois ele evita que a máquina continue o processo sem material na zona de embalagem e assim não gere resíduos. A *Flow Pack 07* possui este sensor e por isso parou por mais tempo, porém gerou menos resíduos de embalagem quando comparada a *Flow Pack 84* onde não há o sensor.

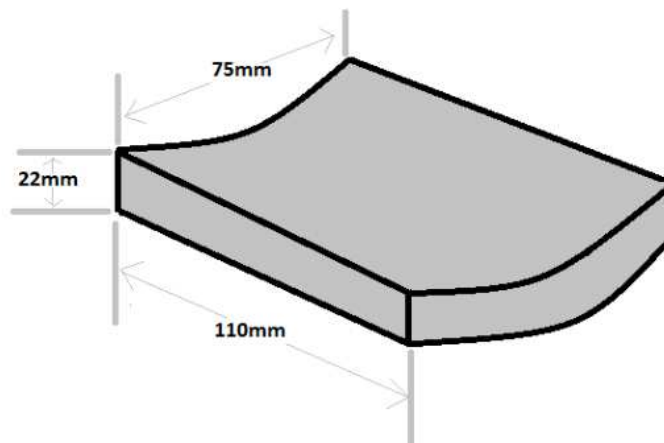
4.5 PROPOSTAS DE P+L DE NIVEL 1

Como identificado a partir dos diagramas de Pareto, a *Flow Pack 07* apresentou como principais problemas a *falta de material*, responsável pela maior incidência e pelo maior tempo de parada, e o *rompimento do filme* responsável pela maior geração de resíduos de embalagem.

A *falta de material* não está ligada diretamente ao processo de embalagem, mas sim ao processo anterior de alimentação da esteira, visto que a alimentação é automatizada. A partir da observação do processo foi identificado que a principal causa é o *encanoamento* dos materiais (Figura 25), ou seja, devido a problemas de

processo, eles acabam se curvando. Isso faz com que o material não consiga entrar na esteira pulmão e quando entra, acaba sendo expulso ao passar pela avaliação das câmeras.

Figura 26 – Material encanoado



Fonte: Elaborado pela autora.

O *rompimento do filme* foi identificado como uma questão relacionada a qualidade do próprio filme. Há um parâmetro de controle de qualidade das bobinas muito importante para o processo: o coeficiente de fricção (COF), que se trata da capacidade que o filme tem de deslizar sobre uma superfície, ou seja, é uma medida da dificuldade do deslizamento entre duas superfícies. Piva (2016) afirma que a variação do COF responde por grandes volumes de rejeições durante o processo bem como de devoluções dos clientes por dificuldades de utilização, já que este parâmetro interfere no desempenho durante o processo. Caso este parâmetro esteja fora da faixa de especificação, o filme não desliza continuamente fazendo com que aumente a tensão e, conseqüentemente, ocorra o seu rompimento. Neste caso a solução seria discutir com o fornecedor para que este desenvolva melhorias no seu processo a fim de evitar o envio de materiais fora da faixa de especificação já que isso resulta na geração de resíduos.

Na *Flow Pack 84* a maior incidência foi a *falta de material* e isso pode ser explicado pelo fato de a alimentação ser realizada manualmente pelos operadores bem como o controle de qualidade dos materiais, que na *Flow Pack 07* é feita através de câmeras. Como o processo é rápido e os operadores precisam avaliar os materiais que serão embalados e alimentar a esteira, a *falta de material* é um

problema recorrente e gera embalagens vazias. Neste caso a instalação de um alimentador automático, um sistema de controle de qualidade por câmeras, uma esteira pulmão e um sensor de parada auxiliariam na questão da *falta de material*. Este sensor, além de parar a máquina quando não houver material na zona de embalagem, também auxiliaria no item que apresentou maior geração de resíduos de embalagem: *material trancado*. Desta forma, toda vez que um material ficasse trancado, ou não houvesse material na zona de embalagem, a máquina pararia, evitando assim a geração de embalagens vazias. Como consequência, o sensor também auxiliaria na eliminação de resíduos pela falha *material desalinhado*, interrompendo o processo se algum material estivesse desalinhado na esteira antes de entrar na zona de embalagem. Com essas mudanças, este processo passaria a se assimilar com o processo da *Flow Pack 07* que não gera resíduos para estes parâmetros, ou seja, seria eliminada a geração de resíduos de embalagem para os mesmos parâmetros na *Flow Pack 84*. Sendo assim, a geração de resíduos seria reduzida em 63,4%.

O *rompimento do filme* é um dos problemas que demanda maior tempo de parada, como descrito neste item, pode ser resolvido através do controle do COF das bobinas. Desta forma a bobina não trava ou tranca evitando assim o rompimento do filme que exige que a máquina pare o processo bem como a geração de resíduos.

Os resíduos sólidos industriais são um dos principais fatores responsáveis pela degradação do meio ambiente. Desta forma, reduzir a geração é atuar diretamente na prevenção da degradação ambiental.

O uso de alternativas baseadas na P+L podem trazer benefícios ambientais (redução da geração de resíduos sólidos, efluentes e emissões atmosféricas) e econômicos já que a redução da geração de resíduos implica não apenas na diminuição dos impactos ambientais negativos, mas também nos gastos relacionados aos resíduos gerados. (CAETANO; DEPIZZOL; REIS, 2017; ORTH; BALDIN; ZANOTELLI, 2014).

A mudança de tecnologia é uma das ações de Nível 1 da P+L que visa reduzir a geração de resíduos na fonte. Neste contexto, Sloan (2011) afirma que a adoção tecnologias mais novas e limpas nem sempre produz os resultados esperados, isso porque em algumas situações os custos ambientais globais são muito maiores devido à carga de descarte do equipamento antigo e da produção de um novo.

Para Silva Filho e Sicsú (2003), as mudanças realizadas em um processo com o objetivo de reduzir ou eliminar a geração de resíduos podem ser realizadas através da adaptação de equipamentos e dos processos. Quanto às mudanças, estas podem ser através de: alterações no processo de produção, automação, mudanças nas condições de processo (temperatura de produção, pressão, umidade utilizada), rearranjos físicos da produção e modificações nos equipamentos.

Sendo assim, as ações aqui propostas que visam diminuir a geração de resíduos na fonte geradora através da modificação da tecnologia de uma máquina, vão ao encontro da P+L e da diminuição dos impactos ambientais negativos gerados pelas embalagens e pelo processo de embalagem.

4.5.1 Barreiras e Facilidades

As barreiras e facilidades aqui apresentadas se baseiam nas percepções durante o desenvolvimento desta pesquisa.

A empresa apresentou certa resistência com a exposição de alguns dados e não permitiu fotografar ou filmar os processos, mesmo sendo para fins acadêmicos. Isso afetou negativamente o desenvolvimento desta pesquisa já que a apresentação de fotos facilitaria o entendimento do processo e de seus problemas pelos leitores.

A falta de conhecimento dos conceitos de P+L pela empresa resultou na falta de interesse inicial pela pesquisa por parte desta, que se justificou pelas dificuldades em investir. Isso comprova que falta de conhecimento dos conceitos é uma grande barreira, pois a P+L mostra justamente que é possível diminuir a geração de resíduos sem grandes investimentos, ou mesmo havendo necessidade de investimentos, sempre com ganhos econômicos, mesmo que, a longo prazo.

A empresa possui um sistema que auxilia no acompanhamento mensal da produção onde é possível verificar, para cada máquina, a quantidade de materiais embalados, as quantidades de materiais descartados por estarem fora das especificações de qualidade bem como o tempo de máquina parada. Contudo, ao visualizar estes dados foram observadas algumas divergências e foi então constatado que não há o preenchimento correto das planilhas. Se esses dados fossem preenchidos de forma correta, poderiam ser utilizados nesta pesquisa, pois trariam um histórico das máquinas além das informações pertinentes.

O livre acesso à empresa proporcionou o acompanhamento do processo e o levantamento de dados durante o período. Também foi possível desenvolver conversas com os operadores das máquinas que relataram alguns dos problemas observados. Conhecer a real situação e os problemas que ocorrem no dia a dia *in loco*, ampliaram o entendimento e facilitaram o desenvolvimento de oportunidades de melhoria.

4.6 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Para Gasi e Ferreira (2013), no momento em que uma empresa opta por reduzir a geração de resíduos na fonte, ela aplica os investimentos no seu processo produtivo, em contrapartida, se a opção for reciclar ou tratar, o investimento acaba sendo aplicado no gerenciamento de resíduos. Desta forma, as melhorias sugeridas nesta pesquisa, vão ao encontro da ideia dos autores, por investir em melhorias no processo produtivo buscando a redução da geração de resíduos.

Avaliando o processo de embalagem da *Flow Pack 84*, foi constatado que não bastaria apenas um sensor de parada, mas também uma esteira pulmão, já que o ponto onde os operadores alimentam a máquina e a zona de embalagem são muito próximos. Sendo assim, foi projetado um investimento de R\$ 17.850,00 para uma esteira de 5 metros de comprimento e dois sensores, sendo um na esteira pulmão, para identificar a falta de material e outro a 60 centímetros antes da zona de embalagem para identificar os materiais desalinhados.

4.6.1 PayBack

Para análise de viabilidade econômica das melhorias na *Flow Pack 84* foram levantados alguns dados importantes que estão representados no Quadro 11.

Quadro 11 - Dados para análise de viabilidade econômica das melhorias na *Flow Pack 84*

Item	Dados para cálculo
Esteira pulmão + dois sensores de parada + Mão de obra	R\$ 17.850,00
Massa média/ embalagem	2,12g
Preço/ kg de bobina de filme de BOPP	R\$ 15, 47
Número de observações realizadas	43
Geração de resíduos de embalagem decorrente da <i>falta de material</i>	51 unidades
Geração de resíduos de embalagem decorrente de <i>material trancado</i>	170 unidades
Geração de resíduos de embalagem decorrente de <i>material desalinhado</i>	50 unidades
Retorno com a venda do resíduo	R\$ 0,30

Fonte: Elaborada pela autora.

Segundo o Quadro 11, a geração total de resíduos de embalagem ocasionada pelas duas falhas destacadas é de 271 unidades. Levando em consideração que cada embalagem pesa em média 2,12g tem-se ao total 574,52 g de resíduos de embalagens gerados em 43 observações de 10 minutos cada. Visto que o total de resíduos de embalagens na *Flow Pack 84* foi de 427, pode-se estimar que 63,4% da geração de resíduos se dá pelas três falhas apresentadas no Quadro 11.

As 43 observações de 10 minutos equivalem a 7,16 horas de operação da máquina. Levando em consideração que se mantivesse constante essa geração de resíduos de embalagem e que a máquina trabalha 24h por dia, ao final de 24h tem-se 1431 unidades de resíduos de embalagem gerados, o que equivale a 3,03 kg. Considerando 26 dias de trabalho, em um mês é gerado um total de 78,89 kg de resíduos.

As bobinas de BOPP possuem massas variadas e por isso são vendidas por quilograma; atualmente o preço é de R\$15,47/kg, chegando assim a uma perda de R\$ 1.220,43 mensais e R\$ 14.645,13 anuais pela geração de resíduos de embalagem. Atualmente, os resíduos de embalagem gerados são vendidos para empresas de reciclagem a um custo de R\$0,30/kg, desta forma, ao final de um ano a

empresa tem um lucro de R\$284,00. Descontando esse lucro do custo total com matéria prima que se torna resíduo, a empresa tem uma perda anual de R\$ 14.361,14.

A seguir tem-se o cálculo do retorno financeiro dos investimentos através do método *PayBack Simples*. Para projetos desenvolvidos na empresa, o retorno do valor investido deve ser recuperado no máximo, em 3 anos.

$$\text{PayBack} = \frac{17.850,00}{14.361,14}$$

$$\text{PayBack} = 1,2 \text{ anos}$$

$$\text{PayBack} = 1 \text{ ano } 2 \text{ meses } 12 \text{ dias}$$

O tempo de *PayBack* do investimento está dentro do limite estabelecido pela empresa estudada, ou seja, trata-se de uma proposta viável economicamente.

Levando em consideração que os resíduos gerados são matérias primas que não se transformaram em produto, a partir das melhorias propostas, a empresa deixa de gastar R\$ 14.645,13 com a compra de novas matérias primas. São valores que, juntamente com valor do *PayBack*, justificam economicamente o investimento nas melhorias aqui propostas. É importante ressaltar que não foi considerado, os ganhos energéticos decorrentes da redução de falhas, a redução de matéria-prima comprada, além das questões relacionadas a mão de obra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa avaliou três processos de três empresas diferentes para o levantamento de aspectos e impactos ambientais, atingindo assim desde a produção da matéria prima (filme de BOPP) até o processo de embalagem. Tanto o processo de produção do filme quando o processo de impressão flexográfica, apresentaram 100% de impactos ambientais críticos sendo a contaminação do solo e dos recursos hídricos, e o uso dos recursos naturais não renováveis ou escassos os impactos com maior incidência. O processo de embalagem apresenta 21,5% de impactos negativos, contudo, quando se chega nesse processo já foram gerados os impactos negativos dos processos anteriores que correspondem por 78,5%. Com isso, cada embalagem descartada carrega consigo uma carga de impactos ambientais e energéticos. (STALTER; MORAES, 2017). Esses resultados reforçam a importância da busca por alternativas que auxiliem na redução dos impactos ambientais negativos e do aproveitamento integral dos materiais, para isso, é importante o conhecimento e o estudo *in loco* dos processos e produtos.

Os dois tipos de máquinas aqui avaliadas apresentaram diferenças quando comparadas, isso foi constatado a partir da avaliação *in loco* das principais falhas observadas: *falta de material*, *material desalinhado*, *material trancado*, *rompimento do filme* e *selagem inadequada*. A partir da análise estatística foi concluído que as falhas relacionadas ao tipo de máquina são a *falta de material* e *material trancado*, já para os demais parâmetros não foram encontradas associações, ou seja, são problemas que não dependem do tipo de máquina.

Quanto a geração de resíduos, os dados levantados mostram que a *Flow Pack 84* gerou uma quantidade 3 vezes maior quando comparada a *Flow Pack 07*. Foi ainda observado que a falha *material trancado*, que apresentou associação significativa, foi responsável por 39,8% da geração de resíduos na *Flow Pack 84*. Este problema pode ser resolvido com a instalação de um sensor de parada, que identificaria materiais trancados, evitando assim a geração de embalagens vazias. Contudo, essa ação englobaria também outras duas falhas: *falta de material* e *material desalinhado*, eliminando assim a geração de resíduos também nestes dois casos. Por fim, a *Flow Pack 84* se assemelharia a *Flow Pack 07* não gerando resíduos decorrentes das três falhas citadas e reduzindo assim a geração de resíduos em 63,4%. Mesmo que os resíduos sejam comercializados para a

produção de novos produtos, é importante salientar que eles geraram impactos negativos nos três processos e não se transformaram em produto final.

A falha *falta de material* apresentou associação significativa para a *Flow Pack 07*, contudo este fator não depende do processo, mas sim da qualidade do material que está sendo alimentado e também não gera resíduos de embalagem. Buscando aumentar a produtividade e o melhor aproveitamento energético, deve ser trabalhado junto ao Laboratório P&D e a Engenharia de Processos, alternativas para melhorar a qualidade do material.

Por fim, buscando reduzir a geração de resíduos na fonte geradora, foi proposta a adequação da máquina antiga através da instalação de uma esteira pulmão e de dois sensores de parada, resultando em um investimento de cerca de dezoito mil reais. Levando em consideração apenas a geração de resíduos de embalagem e o custo do quilograma de bobina de BOPP, foi calculado o retorno financeiro do valor investido em 1 anos 2 meses e 12 dias, tempo menor do que a empresa exige atualmente para projetos, que é de 3 anos. Desta forma, pode-se concluir que se trata de uma ação viável e que proporcionará eliminação de 63,4% da geração de resíduos de embalagem na *Flow Pack 84*, caracterizando-se como uma ação de nível 1 da P+L.

Sendo assim, observa-se que o conceito de P+L mostra que com ações simples e sem grandes investimentos é possível alcançar a minimização da geração de resíduos ou mesmo a sua eliminação na fonte geradora.

A avaliação dos processos é de suma importância para seu conhecimento, ainda mais quando se fala em P+L, pois é preciso conhecer produtos e processos envolvidos para que se possam vislumbrar melhorias.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Seguem algumas sugestões para desenvolvimento de pesquisas e trabalhos futuros:

- a) avaliar o ciclo de vida das embalagens de BOPP;
- b) considerar o consumo de energia elétrica na avaliação ambiental e econômica deste estudo;
- c) aplicar as melhorias propostas e então quantificar de forma exata os ganhos ambientais e econômicos.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Jorge Artur Cavalcanti. **O plástico na pratica**. 2. ed. Porto Alegre: Sagra, 1999.
- ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. Fundamentos de circuitos elétricos. 5. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill: Bookman, 2013.
- ASHBY, M. F. **Materials and the environment**: eco-informed material choice. 1st. ed. Canadá: Elsevier: Butterworth-Heinemann, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO (ABIPLAST). **Perfil 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/links/2015/perfil_abiplast_2014_web.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- AUMILLER, A. et al. Análise do processo produtivo de filmes poliméricos utilizando a metodologia de produção mais limpa. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 887-907, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/13723/pdf>>. Acesso em: 15 maio 2017.
- BAIRD, Colin. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BALARINE, Oscar Fernando Osorio. O uso da análise de investimentos em incorporações imobiliárias. **Production**, São Paulo , v. 14, n. 2, p. 47-57, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132004000200005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 Jul 2017.
- BALLESTERO-ALVAREZ, María Esmeralda. **Gestão de qualidade, produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- BERMANN, Célio. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000300010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 9 jul. 2017.
- BHUPENDRA, Kumar Verma; SANGLE, Shirish. Pollution prevention strategy: a study of Indian firms. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 133, p. 795-802, 2016.
- BLASS, Arno. **Processamento de polímeros**. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 1988.
- BONIFAZI, Giuseppe et al. Gravity packaging final waste recovery based on gravity separation and chemical imaging control. **Waste Management**, [S.l.], v. 60, p. 50-55. 2017.
- BRASKEM. **Polipropileno H 504XP**, [S.l.], 2016. Disponível em: <<https://www.braskem.com.br/busca-de-produtos>>. Acesso em: 14 maio 2017.

CAETANO, Miraya Dutra Degli Esposti; DEPIZZOL, Daniela Bertolini; REIS, Adriana de Oliveira Pereira dos. Análise do gerenciamento de resíduos sólidos e proposição de melhorias: estudo de caso em uma marcenaria de Cariacica, ES. **Gestão & Produção**, São Carlos , v. 24, n. 2, p. 382-394, 2017 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2017000200382&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 Jul 2017.

CAMILO, Assunta Napolitano. Embalagem e meio ambiente. In: CAMILO, Assunta Napolitano (Coord.). **Embalagens**: design, materiais, processos e máquinas. Barueri: Instituto de Embalagens, 2009. p. 297-304.

CAMPOS FILHO, Mauricio Prates de. **A estrutura dos materiais**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 1991.

CANEVAROLO JÚNIOR, Sebastião V. **Ciência dos polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 3. ed. São Paulo: Artliber, 2010.

CANTO, Eduardo Leite do. **Plástico**: bem supérfluo ou mal necessário? 1. ed. São Paulo: Moderna, 1995.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. Energia e sociedade. **Estudos Avançados**, São Paulo , v. 28, n. 82, p. 25-39, 2014 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 29 Jul 2017.

CARVALHO, Lídia Barbosa. **Produção de polipropileno bi-orientado (BOPP)**: tecnologia e aplicações. 2008. 44 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Superior de Tecnologia e de Gestão de Bragança, Bragança, 2008.

CARVALHO, Maria Aparecida. **Engenharia de embalagens**: uma abordagem técnica do desenvolvimento de projetos de embalagem. São Paulo: Novatec, 2008.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS (CNTL). **Implementação de programas de produção mais limpa**. Porto Alegre: CNTL/SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003.

CETESB, SINDIPLAST. **Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos**. 1. ed. São Paulo: CETESB: SINDIPLAST, 2011. Disponível em: <http://file.sindiplast.org.br/download/guia_ambiental_internet.pdf>. Acesso em: 09 maio 2017.

CHAREONPANICH, Metta et al. Integrated transdisciplinary technologies for greener and more sustainable innovations and applications of Cleaner Production in the Asia-Pacific region. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 142, p. 1131-1137, 2017.

COMISSÃO PERMANENTE DE ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA (COPAM); EMPRESA DE ENERGIA ELÉTRICA (EPE). **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**, Rio de Janeiro, ano 10, n. 112, p. 1-4, jan. 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/Resenha%20Mensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20-%20Dezembro%202016.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

CORREIA, B. R. B.; JERÔNIMO, C. E. M. Oportunidades de produção mais limpa no consumo de recursos hídricos na exploração & produção de petróleo *on shore* no estado do RN. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 7, n. 7, p. 1335-1348, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/5715/3598>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

DOMINGUES, Rosely Mana; PAULINO, Sônia Regina. Potencial para implantação da produção mais limpa em sistemas locais de produção: o polo joalheiro de São José do Rio Preto. **Gestão & Produção.**, São Carlos, v. 16, n. 4, p. 691-704, dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000400016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 maio 2017.

FAUL, F. et al. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, [S.l.], n. 39, p. 175-191. 2007.

FELTRE, Ricardo. **Fundamentos da química**: volume único. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2005.

FEOLA, Camila. **Principais fatores a considerar para melhorar a integridade na termossoldagem das embalagens flexíveis de polipropileno biorientado**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2009.

FERNANDES, Amaury. **Fundamentos de produção gráfica para quem não é produtor gráfico**. Rio de Janeiro: Rubio, 2003.

GASI, T., M., T.; FERREIRA, E. Produção mais Limpa. In: VILELA JUNIOR, Alcir; DEMAJOROVIC, Jacques (Org.). **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: Ed. Senac, 2013. p. 45-82.

GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecília M.V.B. **Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIMARÃES, Julio Cesar Ferro de; SEVERO, Eliana Andrea; VIEIRA, Pedro Senna. Cleaner production, project management and Strategic Drivers: An empirical study. **Journal of Cleaner Production**. [S.l.], v. 141, p. 881–890. 2017.

HANLON, Joseph F.; KELSEY, Robert J.; FORCINIO, Hallie E. **Handbook of package engineering**. 3. ed. Lancaster: Basel, 1998

HINZ, R. T.; VALENTINA, L. V. D.; FRANCO, A.C. Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela avaliação do ciclo de vida. **Estudos Tecnológicos em Engenharia, São Leopoldo**, v. 2, n. 2, p. 91-98, 2006.

KARASKI, Tiago Urtado et al. **Embalagem e sustentabilidade: desafios e orientações no contexto da economia circular**. 1. ed. São Paulo: CETESB, 2016.

Disponível em: <http://www.abre.org.br/wp-content/uploads/2012/08/embalagem_sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2016.

LANDIM, Ana Paula Miguel et al. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, São Carlos, v. 26, p. 82-92, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/2016nahead/0104-1428-po-0104-14281897.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2017.

LECETA, I. et al. Environmental assessment of chitosan-based film. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 41, p 312-318, 2013.

LIMER-CART. **Como é produzido o BOPP?**. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.limer-cart.com.br/pt/noticia/como-e-produzido-o-bopp/90/2>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. **Introdução a polímeros**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

MANRICH, Silvio. **Processamento de termoplásticos**: rosca única, extrusão & matrizes para extrusão, injeção & moldes para injeção. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2013.

MAQUINARIA de embalaje flexible. Trujillo, [S.l.], 14 dic. 2010. Disponível em: <https://plaen.blogspot.com.br/2010_12_12_archive.html>. Acesso em: 18 jul. 2016. Blog: PLAEN - Plásticos, Envasado y Afines.

MEDEIROS, Denise Dumke de et al. Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. **Produção**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 109-128, jan./abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v17n1/07.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2017.

MIGUEL, Paulo A. Cauchick et al. Desdobramento da qualidade no desenvolvimento de filmes flexíveis para embalagens. **Polímeros: ciência e tecnologia**, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 87-94, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v13n2/16575.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2017.

MORTARA, Aldo. Filmes de BOPP. In: CAMILO, Assunta Napolitano (Coord.). **Embalagens**: design, materiais, processos e máquinas. São Paulo, 2009. p. 187-196.

NASCIMENTO, Luis Felipe Machado do; LEMOS, Ângela Denise da Cunha; MELLO, Maria Celina Abreu de. **Gestão socioambiental estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

NEGRÃO, Celso; CAMARGO, Eleida. **Design de embalagens**: do marketing à produção. São Paulo: Novatec, 2008.

NEVES, W. G. das. **Estudo da viabilidade econômico financeira para uma empresa de cosméticos**. 2010. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/29674/000769598.pdf?1>>. Acesso em: 03 maio 2017.

OLIVEIRA, F. R.; OLIVEIRA, K. A. F. A. Estudo da adequação da indústria de plásticos no estado de Goiás às ações de gestão integradas de resíduos pós-consumo. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 5., 2015, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: Ed. UNIP, 2015. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/6B/7/oliveira_fr_and_oliveira_kafa_academic.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2017.

OLIVEIRA, Jener de. **Estudo de aditivação em massa ou por recobrimento de filme de BOPP com compostos orgânicos e nanopartículas anti UV**. 2012. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/xmlui/bitstream/handle/REPOSIP/266668/Oliveira_Jenerde_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 maio 2017.

ORTH, Cíntia Madureira; BALDIN, Nelma; ZANOTELLI, Cladir Teresinha. A geração de resíduos sólidos em um processo produtivo de uma indústria automobilística: uma contribuição para a redução. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 21, n. 2, p. 447-460, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v21n2/v21n2a16.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

PAULA, Antônio Andrade de. **Embalagens Flexíveis: curso de embalagens de A a V**. São Paulo: Instituto de Embalagens: ensino e pesquisa, 2013.

PIMENTA, H. C. D., GOUVINHAS, R. P., A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte. **Produção**, Natal, v. 22, n. 3, p. 462-476, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132012000300008&lng=en&nrm=iso>. 29 abr. 2017.

PIRES, Ana et al. Extended producer responsibility: a differential fee model for promoting sustainable packaging. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 108, p. 343-253. 2015.

PIVA, Alex Cardoso. Caracterização de aditivos em filmes flexíveis de polietileno. 2014. 74p. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais) - UNESC - Criciúma, 2014.

POLO FILMS. **Aspectos e aplicações do BOPP**. Montenegro, [2016?]. Disponível em: <<http://www.polofilms.com.br/produtos/aspectos-e-aplicacoes-do-bopp/>> Acesso em: 10 jun. 2016.

POPI, M. G. C.B., JESUS, L. B., KULAY, L. A., 2016. Seleção de alternativas de processamento de álcool laurílico etoxilado sulfatado baseada na variável ambiental. V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida, Setembro de 2016 – Fortaleza – CE - Brasil.

RIEGEL, Izabel Cristina; STAUDT, Daiana; DAROIT, Dorian. Identificação de aspectos ambientais relacionados à produção de embalagens de perfumaria: contribuição para projetos sustentáveis. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, n. 3, p. 633-645, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_

arttext&pid=S0104-530X2012000300014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27 Ago. 2017.

ROSS, Stuart; EVANS, David. The environmental effect of reusing and recycling a plastic-based packaging system. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 11, p. 561–571. 2003.

ROSSI, M. T. B.; BARATA, M. M. L. **Barreiras à implementação de produção mais limpa Como Prática de Ecoeficiência em Pequenas e Médias Empresas no Estado do Rio de Janeiro**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo: Ed. UNIP, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/1/M.%20T.%20B.%20Rossi%20-%20Resumo%20Exp.pdf>> Acesso em 03 abr 2017.

SÁNCHEZ, Luís Enrique. Avaliação de impacto ambiental e seu papel na gestão de empreendimentos. In: VILELA JUNIOR, Alcir; DEMAJOROVIC, Jacques (Org.). **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: Senac, 2013. p. 83-114.

SCHUEROFF, Suzana. **Diagnóstico ambiental e propostas para a aplicação de Produção mais Limpa (P+L)**. Estudo de caso: abatedouro de frangos orgânicos. 2013. 71p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - UNESC, Criciúma, 2013.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **Sistemas de gestão ambiental (SGA-ISO 14001): melhoria contínua e produção mais limpa na prática e experiência de 24 empresas brasileiras**. São Paulo: Atlas, 2011.

SEVERO, Eliana Andrea; GUIMARÃES, Julio Cesar Ferro de; DORION, Eric Charles Henri. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. **Journal of Cleaner Production**. [S.l.], v. 142, p. 87–97. 2017.

SILVA FILHO, J. C. G.; SICSÚ, A. B. **Produção Mais Limpa: uma ferramenta da Gestão Ambiental aplicada às empresas nacionais**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Ouro Preto, MG. 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2003_TR1005_0001.pdf>. Acesso em 17 abr 2017.

SILVA, A. G. et al. Visitas técnicas no ensino da química – o tratamento das águas em destaque. **34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**. Florianópolis, 2011. Disponível em <<http://sec.s bq.org.br/cdrom/34ra/resumos/>>

SILVA, Adriana Hoenish da. **Avaliação ambiental do setor calçadista sob a ótica da gestão de resíduos sólidos**. 2016. 147p. Dissertação de mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil) - UNISINOS - São Leopoldo, 2016.

SILVA, Paulo Ricardo Santos da; AMARAL, Fernando Gonçalves. Modelo para Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais - MAASPI - aplicação em uma fábrica de esquadrias metálicas. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 18,n. 1,p. 41-54, 2011. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2011000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 20 Jul 2017.

SLOAN, Thomas. W. Green renewal: incorporating environmental factors in equipment replacement decisions under technological change. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 19, p. 173-186. 2011.

STALTER, C. F., MORAES, C. A. M. **Avaliação Ambiental e Econômica da Substituição da Graxa à Base de Óleo Mineral por Tecido de Fibra de Vidro com Teflon® como Desmoldante no Processo de Dublagem**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 5., 2015, São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo: Ed. UNIP, 2015. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/5A/3/stalter_and_moraes_academic.pdf> Acesso em: 09 maio 2017.

STALTER, C. F., MORAES, C. A. M. **Avaliação das oportunidades de produção mais limpa para o processo de embalagem horizontal**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 6., 2017, São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo: Ed. UNIP, 2017. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sessoes/5B/4/stalter_and_moraes_academic.pdf> Acesso em: 20 jul 2017. T0773-1.pdf> Acesso em 09 maio 2017.

TENCATI, Antonio et al. Prevention policies addressing packaging and packaging waste: Some emerging trends. **Waste Management**. [S.l.] v. 56, p. 35–45. 2016.

THE CONSUMER GOODS FORUM. **Protocolo global sobre sustentabilidade de embalagens 2.0**. France, 2011. Documento traduzido pelo Comitê de Meio Ambiente e Sustentabilidade da Associação Brasileira de Embalagem (ABRE).

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**: atualização da tecnologia. Rio de Janeiro: LTC, 2014,

ULMA. **Flowpack horizontal (HFFS) ATLANTA**. São Paulo, [2016?]. Disponível em: <<http://www.ulmapackaging.com.br/maquinas-de-empacotamento/flow-pack-hffs/atlanta>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

VIEIRA, Sonia. **Estatística básica**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

VIEIRA, Sônia. **Estatística para a qualidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

VIEIRA, Sonia. **Estatística para a qualidade**: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.

WICKBOLDT, Leandro; FORNECK, Romeu. **Análise de viabilidade econômico-financeira de projetos**. São Paulo: UNISINOS, 2013.

WIEBECK, Hélio; HARADA, Júlio. **Plásticos de engenharia**. São Paulo: Artliber, 2012.

WITMANN, Giselen Cristina Pascotto. Tratamento superficial de filmes plásticos. **Tecnologia Gráfica**. v 75. 2010. Disponível em:

<http://www.revistatecnologiagrafica.com.br/index.php?option=com_content&id=1481:tratamento-superficial-de-filmes-plasticos&Itemid=183> Acesso em: 18 jul 2017.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento de métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE DADOS DA FLOW PACK 84

Observação	Quantidade de embalagens refugadas	Tempo de parada (segundos)	Problema
1º Dia	7	19	Material trancado
	16	71	Rompimento do filme
	3	0	Selagem inadequada
	1	0	Falta de material
2º Dia	2	0	Selagem inadequada
	6	12	Material trancado
3º Dia	8	18	Material trancado
	1	0	Falta de material
	1	0	Falta de material
	2	0	Material desalinhado
	1	0	Material desalinhado
4º Dia	7	12	Material trancado
	14	123	Rompimento do filme
	8	23	Material trancado
	6	15	Material trancado
5º Dia	9	0	Material desalinhado
	2	0	Falta de material
6º Dia	1	0	Falta de material
	2	0	Falta de material
	8	21	Material trancado
7º Dia	2	0	Falta de material
	2	0	Material desalinhado
	3	0	Material desalinhado
8º Dia	2	0	Material desalinhado
	2	0	Falta de material
	3	0	Material desalinhado
	4	0	Material desalinhado
9º Dia	5	12	Material trancado
	13	96	Rompimento do filme
	2	0	Selagem inadequada
10º Dia	1	0	Falta de material
	2	0	Selagem inadequada
11º Dia	2	0	Selagem inadequada
	2	0	Material desalinhado
	7	23	Material trancado
12º Dia	1	0	Falta de material
	3	0	Falta de material
	3	0	Material desalinhado
	2	0	Selagem inadequada

13º Dia	5	17	Material trancado
14º Dia	2	0	Selagem inadequada
	1	0	Falta de material
	1	0	Falta de material
15º Dia	2	0	Material desalinhado
	1	0	Falta de material
16º Dia	2	0	Selagem inadequada
	12	14	Material trancado
	1	0	Falta de material
17º Dia	2	0	Falta de material
	4	19	Material trancado
	21	104	Rompimento do filme
	1	0	Falta de material
18º Dia	1	0	Falta de material
19º Dia	0	0	Nada observado
20º Dia	1	0	Material desalinhado
	1	0	Falta de material
	3	0	Falta de material
21º Dia	8	21	Material trancado
	7	12	Material trancado
	5	18	Material trancado
	1	0	Falta de material
22º Dia	9	13	Material trancado
	11	19	Material trancado
	20	98	Rompimento do filme
22º Dia	0	0	nada observado
23º Dia	1	0	Falta de material
24º Dia	1	0	Falta de material
	2	0	Selagem inadequada
25º Dia	1	0	Falta de material
	1	0	Material desalinhado
	1	0	Falta de material
	5	15	Material trancado
26º Dia	2	0	Falta de material
	2	0	Selagem inadequada
	3	0	Selagem inadequada
27º Dia	1	0	Falta de material
	2	0	Material desalinhado
28º Dia	1	0	Falta de material
	6	16	Material trancado
	14	65	Rompimento do filme
	5	0	Selagem inadequada
	1	0	Falta de material
29º Dia	2	0	Selagem inadequada
	1	0	Material desalinhado

30º Dia	1	0	Falta de material
	1	0	Falta de material
31º Dia	5	14	Material trancado
	2	0	Selagem inadequada
	1	0	Falta de material
32º Dia	2	0	Falta de material
33º Dia	1	0	Material desalinhado
	1	0	Falta de material
34º Dia	6	15	Material trancado
	2	0	Selagem inadequada
	8	21	Material trancado
35º Dia	0	0	Nada observado
36º Dia	1	0	Falta de material
	2	0	Material desalinhado
	9	13	Material trancado
37º Dia	8	15	Material trancado
38º Dia	18	51	Rompimento do filme
	6	0	Selagem inadequada
39º Dia	2	0	Falta de material
40º Dia	0	0	Nada observado
41º Dia	2	0	Material desalinhado
	2	0	Material desalinhado
	1	0	Falta de material
42º Dia	0	0	Nada observado
43º Dia	1	0	Falta de material
	2	0	Material desalinhado

APÊNDICE B – LEVANTAMENTO DE DADOS DA *FLOW PACK 07*

Observação	Quantidade de embalagens descartadas	Tempo de parada (segundos)	Problema
1º Dia	0	10	Falta de material
	0	12	Material desalinhado
	0	15	Falta de material
2º Dia	0	8	Material desalinhado
	16	74	Rompimento do filme
	4	0	Selagem inadequada
3º Dia	0	10	Falta de material
	4	0	Selagem inadequada
	0	15	Falta de material
4º Dia	0	13	Material desalinhado
	0	0	Falta de material
	3	0	Selagem inadequada
	0	12	Falta de material
5º Dia	0	20	Falta de material
	0	11	Material desalinhado
	11	80	Rompimento do filme
6º Dia	0	12	Material desalinhado
	0	15	Material desalinhado
	0	17	Falta de material
	0	15	Falta de material
	12	50	Rompimento do filme
7º Dia	0	11	Falta de material
	0	9	Falta de material
	0	13	Falta de material
8º Dia	6	0	Selagem inadequada
	0	17	Falta de material
	0	14	Falta de material
9º Dia	0	9	Material desalinhado
	0	12	Falta de material
	2	0	Selagem inadequada
	0	12	Falta de material
	0	13	Material trancado
10º Dia	0	13	Material desalinhado
	4	0	Selagem inadequada
11º Dia	0	21	Falta de material
	0	13	Falta de material
	0	10	Material desalinhado

	0	8	Material desalinhado
	0	13	Material desalinhado
12º Dia	0	15	Falta de material
	0	11	Material trancado
	0	8	Falta de material
13º Dia	0	7	Falta de material
	0	9	Falta de material
	3	0	Selagem inadequada
	0	10	Falta de material
	3	0	Selagem inadequada
14º Dia	0	21	Falta de material
	0	8	Falta de material
	0	11	Material desalinhado
	0	18	Material desalinhado
	4	0	Selagem inadequada
15º Dia	0	10	Material trancado
	0	9	Falta de material
	2	0	Selagem inadequada
16º Dia	0	9	Falta de material
17º Dia	0	8	Falta de material
	0	13	Falta de material
	0	10	Material desalinhado
	0	14	Falta de material
18º Dia	3	0	Selagem inadequada
	0	12	Falta de material
19º Dia	0	8	Falta de material
	0	13	Falta de material
	3	0	Selagem inadequada
20º Dia	0	14	Material desalinhado
	15	45	Rompimento do filme
	6	0	Selagem inadequada
	0	12	Falta de material
21º Dia	0	0	Nada observado
22º Dia	0	9	Material desalinhado
	0	14	Falta de material
23º Dia	0	15	Falta de material
	4	0	Selagem inadequada
	0	10	Falta de material
24º Dia	0	13	Material trancado
25º Dia	13	62	Rompimento do filme
	4	0	Selagem inadequada
26º Dia	0	9	Material desalinhado
	0	12	Falta de material
	0	15	Falta de material
	4	0	Selagem inadequada

	0	6	Falta de material
	0	7	Falta de material
27º Dia	0	7	Falta de material
	0	5	Material desalinhado
	0	12	Material desalinhado
28º Dia	0	8	Material trancado
29º Dia	0	15	Falta de material
	3	0	Selagem inadequada
30º Dia	0	9	Material desalinhado
	0	6	Material desalinhado
	2	0	Selagem inadequada
	0	16	Falta de material
31º Dia	0	0	Nada observado
32º Dia	0	7	Material trancado
	0	10	Material trancado
	0	5	Falta de material
33º Dia	0	8	Material desalinhado
	11	42	Rompimento do filme
	3	0	Selagem inadequada
34º dia	0	0	Nada observado
35º Dia	0	6	Falta de material
	0	10	Falta de material
	0	12	Material trancado
	8	0	Selagem inadequada
36º Dia	0	5	Material desalinhado
	0	14	Falta de material
37º Dia	0	8	Falta de material
	0	12	Falta de material
	0	9	Material desalinhado
	0	11	Material desalinhado
38º Dia	0	8	Falta de material
	0	10	Falta de material

**APÊNDICE C – ARTIGO PUBLICADO NO 6TH WORKSHOP ADVANCES IN
CLEANER PRODUCTION**

Avaliação das Oportunidades de Produção mais Limpa para o Processo de Embalagem Horizontal

STALTER, C. F. ^{a*}, MORAES, C. A. M. ^a

a. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo

**Corresponding author, carlinestalter@gmail.com*

Resumo

O polipropileno biorientado (BOPP) é um tipo de polímero flexível muito utilizado no formato de filme para a embalagem de diversos materiais, inclusive no mercado alimentício. A rota das embalagens começa com a produção do filme que segue para o processo de impressão flexográfica para então chegar ao processo de embalagem horizontal. Os três processos são realizados por empresas diferentes e cada um apresenta seus impactos ambientais, neste sentido, este trabalho visa realizar o diagnóstico destes processos e partir desse levantamento, apontar oportunidades de Produção mais Limpa (P+L) no processo de embalagem buscando a redução de resíduos na fonte geradora. Foram apontados os impactos ambientais potenciais de cada um dos processos e para o processo de embalagem foram ainda identificadas oportunidades de melhoria visando a redução da geração de resíduos na fonte. Para isso, foi levado em consideração que a empresa que realiza o processo de embalagem possui duas máquinas diferentes para o mesmo tipo de processo: uma antiga e outra de um modelo mais atual. A partir de um simples acompanhamento do processo, foi identificado que a máquina antiga gera uma quantidade de resíduos maior quando comparada à nova. Desta forma, foi destacado como oportunidade de melhoria o controle de qualidade adequado das bobinas, a substituição da alimentação manual das esteiras pela alimentação automática e a instalação de um sensor de parada para que a máquina interrompa o processo quando não houver material na esteira evitando assim a geração de embalagens vazias que são descartadas como resíduo.

Palavras-chave: BOPP, embalagem, Produção mais Limpa.

1. Introdução

A escassez de recursos naturais, a pressão da sociedade para que as empresas adotem medidas de prevenção de impactos ambientais negativos além das questões econômicas, aumentam a busca por alternativas sustentáveis. Neste contexto surge a oportunidade de se desenvolverem ações de Produção mais Limpa (P+L), buscando a redução ou até mesmo a eliminação da geração de resíduos na fonte geradora. Para Guimarães et al. (2017) essa ferramenta tem sido um importante meio para motivar sistematicamente a redução de resíduos e a reutilização de produtos. Severo et al. (2017) afirmam que métodos de P+L, bem como as práticas de Gestão Ambiental, visam a eficiência do processo produtivo, a utilização de insumos e a não geração de resíduos. Ainda segundo Severo et al. (2017), tais ferramentas podem contribuir para a inovação sustentável dos produtos, devido ao uso racional dos recursos naturais. Chareonpanich et al. (2017) mostram que ferramentas de avaliação ambiental vem sendo aprimoradas e ajustadas aos padrões, leis e regulamentos com o objetivo de melhorar a

sustentabilidade dos produtos, processos e serviços.

O diagnóstico do processo é de suma importância quando se fala em P+L, pois este auxilia no conhecimento do processo produtivo e suas estruturas além de identificar pontos da cadeia produtiva para os quais cabe propor ações de mitigação, redução ou minimização de impactos, possibilitando ainda quantificar a geração de resíduos (POPI et al., 2016; SCHUEROFF, 2013).

O polipropileno biorientado (BOPP) trata-se de um filme muito utilizado na indústria de embalagens flexíveis. É obtido através da biorientação do Polipropileno (PP) e apresenta diversas vantagens, porém, é um material pouco estudado em termos de reciclagem, tanto do produto final quanto dos resíduos gerados no processo produtivo. Os filmes de BOPP utilizados na indústria de embalagens são comercializados na forma de bobinas, como mostrado na Figura 1, e podem ou não apresentar impressão, ou seja, desenhos e textos produzidos através do processo de impressão flexográfica com tinta específica.



Fig. 1. Bobina de filme de BOPP sem nenhum tipo de impressão. Fonte: PoloFilms (2016).

O processo de embalagem genérico funciona da seguinte maneira: o BOPP é recebido em forma de bobinas que são inseridas manualmente em equipamentos específicos, as chamadas embaladoras do tipo FlowPack, que realizam o processo de embalagem dos produtos.

Existem diversos tipos de embaladoras FlowPack, desde as mais modernas até as mais comuns. Contudo, todas têm o mesmo princípio: fechar a embalagem por termoselagem, ou seja, pelo aquecimento do filme de BOPP. O processo de embalagem, representado na Figura 2, inicia-se com o produto a ser embalado que é colocado na esteira de alimentação (de forma automática ou manual) para ser transportado até a

área de embalagem. As bobinas de BOPP são colocadas no eixo girante da máquina que opera com três eixos independentes: um para o avanço do filme, um para a tração da corrente de alimentação e o último para o acionamento dos mordentes. O filme é continuamente retirado da bobina envolvendo o produto como um tubo. Após, roletes selam longitudinalmente e mordentes selam e cortam transversalmente esse todo, formando assim o pacote. A próxima etapa é o encaixotamento do produto embalado (MENDES, 2009).

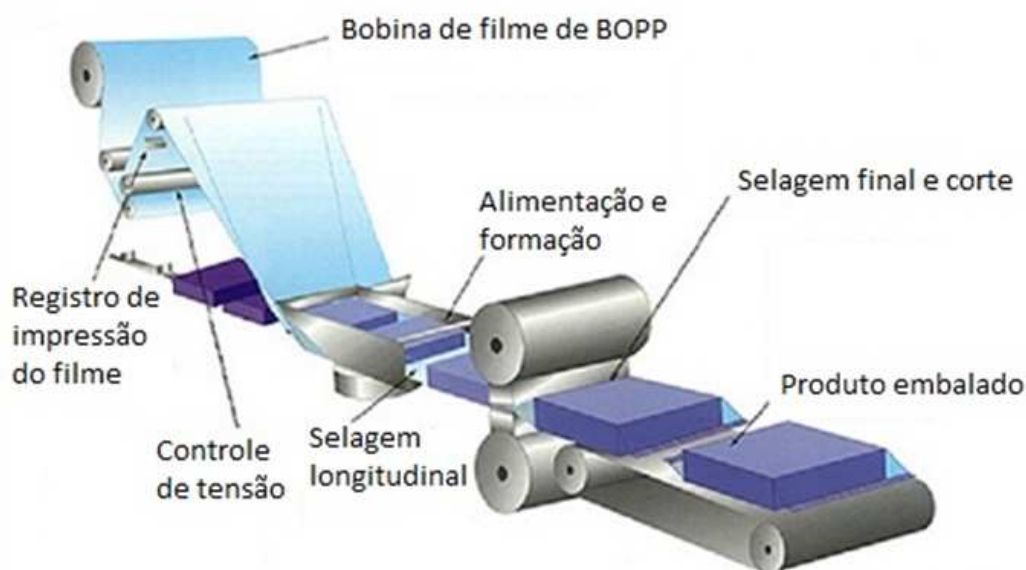


Fig. 2. Processo de embalagem horizontal utilizando filme de BOPP. Fonte: Adaptado de Maquinaria (2010).

Este processo, assim como tantos outros, gera resíduos que são sinônimo de perdas econômicas e impactos ambientais negativos, já que são necessários custos com tratamento e disposição. Sendo assim, diminuir ou eliminar a geração tem grande impacto econômico e ambiental (SEIFFERT, 2011).

Neste contexto, este trabalho visa realizar o diagnóstico dos processos de produção do filme de BOPP, impressão flexográfica e de embalagem. A partir desse levantamento, serão apontadas possíveis ações de P+L no processo de embalagem buscando a redução de resíduos na fonte geradora.

2. Metodologia

A rota das embalagens aqui avaliadas é composta por três etapas: produção do filme de BOPP, processo de impressão flexográfica e processo de embalagem, cada um deles realizado por uma empresa diferente. Contudo, é importante salientar que as oportunidades de melhoria serão apontadas apenas para o processo de embalagem, foco desta pesquisa. Este processo é realizado por uma empresa de grande porte com mais de 70 anos de experiência no mercado de limpeza doméstica e está localizada no estado do

Rio Grande do Sul. Essa empresa produz e embala diversos tipos de produtos, através do uso de filmes transparentes de BOPP.

Os filmes de BOPP utilizados são extremamente leves, porém, de acordo com o acompanhamento mensal de resíduos da empresa, é gerada cerca de uma tonelada por mês desse resíduo no processo de embalagem. Na Fotografia 1, tem-se a representação dos resíduos gerados, contudo, é importante destacar que o resíduo aqui fotografado não apresenta nenhum tipo de impressão flexográfica para não divulgar a marca da empresa.



Fig. 3. Resíduo de filme de BOPP sem impressão.

Na empresa existem dois tipos de máquinas FlowPack que realizam o processo de embalagem, uma delas é de um modelo mais novo e moderno e a outra de um modelo mais antigo. Previamente, a partir do simples acompanhamento do processo, foi constatado que a máquina nova gera uma quantidade de resíduo bem menor quando comparada a máquina antiga.

2.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ETAPAS GERADORAS E LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Para a identificação das etapas geradoras foi realizado o diagnóstico através do acompanhamento *in loco* dos três processos para a elaboração de um diagrama de blocos mostrando suas entradas e saídas.

Para a aplicação da metodologia de avaliação de aspectos e impactos ambientais, foram utilizados como base os critérios aplicados conforme UNISINOS (2013).

A partir do levantamento dos aspectos ambientais gerados no processo produtivo do BOPP, no processo de impressão flexográfica e no processo de embalagem, foram descritos os impactos potenciais associados a cada um desses aspectos. Após, foram atribuídos valores pré-definidos a cada um dos critérios de avaliação da planilha. Esses valores e critérios de avaliação serão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Abrangência (ABR): critério que indica a localização do impacto e atribui valores para cada impacto ocorrido dentro de um dos limites pré-estabelecidos, conforme Tabela 1.

Tab. 1. Abrangência. Fonte: Adaptado de UNISINOS, 2013.

Legenda	Situação	Nota	Descrição
ABR.	Local	1	Impacto apenas no local da ocorrência
	Limite da empresa	2	Impacto dentro dos limites da empresa
	Até 100km	3	Impacto com ocorrência dentro de um raio de 100km
	Acima de 100km	4	Impacto com ocorrências fora dos limites anteriores

Severidade (SEV): critério que apresenta a gravidade do impacto ocorrido e tem a sua nota conforme classificação da Tabela 2.

Tab. 2. Severidade. Fonte: Adaptado de UNISINOS, 2013.

Legenda	Situação	Nota	Descrição
SEV.	Isenta	1	Não há severidade na ocorrência deste aspecto
	Leve	2	Aspectos que geram impactos mínimos ou desprezíveis
	Severa	4	A ocorrência gera alteração na qualidade ambiental

Frequência (FREQ): critério que atribui nota conforme a frequência ocorrida, as notas são apresentadas na Tabela 3.

Tab. 3. Frequência. Fonte: Adaptado de UNISINOS, 2013.

Legenda	Situação	Nota	Descrição
FREQ.	Semestral/Maior	1	Aspectos que ocorrem no máximo uma vez por semestre
	Mensal	2	Aspectos que ocorrem no máximo 3 vezes por mês
	Semanal	3	Aspectos que ocorrem no máximo uma 5 vezes por semana
	Diária	4	Aspectos que ocorrem diariamente

A partir das tabelas 1,2 e 3, foi criada a tabela LAIA (Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais) onde a cada aspecto e impacto foi atribuída uma nota. Após, foram somadas as notas dos itens (ABR, SEV, FREQ) e a partir da pontuação gerada se classificou o impacto conforme Tabela 4.

Tab. 4. Impactos e Significância. Fonte: Adaptado de UNISINOS, 2013.

IMP (Impacto)	SIG (Significância)
≥ 10	SIM
< 10	NÃO

2.2 Oportunidades em P+L

Bhupendra e Sangle (2016) afirmam que as estratégias que buscam a não geração devem ser as primeiras a serem implementadas para alcançar vantagens financeiras e mitigar riscos. Neste contexto, a P+L adota uma abordagem preventiva buscando a otimização de matérias-primas, água e energia. A redução na fonte é integrada aos processos através da substituição de matérias-primas, mudanças tecnológicas, boas práticas operacionais e mudança nos produtos (GASI e FERREIRA, 2013).

Desta forma, no Quadro 1 são apresentadas duas ações principais: modificação nos produtos e modificação nos processos. Esta última ainda dividida em outras três etapas: substituição de matéria-prima, modificação tecnológica e housekeeping. Todas essas opções estão dentro do escopo das ações de nível 1 da P+L.

Quad. 1. Ações para redução de resíduos na fonte. Fonte: Adaptado de Benkel (2000 apud CORREA; JERÔNIMO, 2012) e Gasi e Ferreira (2013).

Ação		Exemplo
Modificações no produto		Modificações na composição, tipo de embalagem e tempo de vida útil dos produtos.
Modificação no processo	Substituição de matéria-prima	Utilização de matérias-primas e insumos menos poluentes e com maior vida útil.
	Modificação tecnológica	Melhoria na automação de processos, substituição de equipamentos e processos.
	<i>Housekeeping</i>	Mudanças nos procedimentos operacionais, na gestão e no treinamento de funcionários.

A partir das ações apresentadas no Quadro 1 foram avaliadas as possibilidades de redução da geração de resíduos do processo de embalagem.

3. Resultados

No quadro 2 está representado o diagrama de blocos qualitativo de cada uma dos processos envolvidos nesse estudo.

Quad. 2. Diagrama de blocos dos processos. Fonte: Elabora pela autora.

BALANÇO DE MASSA QUALITATIVO		
Entradas	Etapas	Saídas
Matéria prima: Polipropileno Insumo: Energia, graxa do maquinário	Produção do filme de BOPP	Produto: Bobina de BOPP Resíduo: graxa do maquinário Emissões: ozônio (emitido no tratamento da superfície do filme para receber a impressão).
Matéria prima: Filme de BOPP, tinta de impressão Insumo: Energia, graxa do maquinário	Processo de impressão flexográfica	Produto: Bobina com impressão Resíduo: embalagem de tinta borra de tinta, graxa do maquinário, filme de BOPP com defeito de impressão Emissões: evaporação de solventes orgânicos

Matéria prima: Bobina de BOPP, produto Insumo: Energia, graxa do maquinário	Processo de embalagem	Produto: Produto embalado Resíduo: BOPP, graxa do maquinário, embalagem da bobina, miolo da bobina
--	-----------------------	---

A partir da identificação dos aspectos e impactos ambientais do processo, foi elaborada a Tabela 5, onde estão representados a abrangência, a severidade, a frequência e, a partir da soma destes, a significância. Dessa forma é possível verificar quais aspectos causam os impactos mais significativos para a tomada de decisão e de medidas mitigadoras.

Tab. 5. Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA).

PROCESSO	Nº	ASPECTOS	IMPACTOS	ABR.	SEV.	FREQ.	IMP.	SIG.
Produção do filme de BOPP	1	Consumo de energia elétrica	Uso de recursos naturais não-renováveis ou escassos	2	4	4	10	SIM
	2	Emissão de Ozônio	Poluição atmosférica	3	4	4	11	SIM
	3	Óleo utilizado nas máquinas	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	3	2	3	8	NÃO
Processo de impressão flexográfica	4	Consumo de energia elétrica	Uso de recursos naturais não-renováveis ou escassos	2	4	4	10	SIM
	5	Óleo utilizado nas máquinas	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	3	2	3	8	NÃO
	6	Evaporação de solventes orgânicos	Poluição atmosférica	3	4	4	11	SIM
	7	Borra de tinta	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	3	2	4	9	NÃO
Processo de embalagem	8	Resíduo de BOPP	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	3	2	4	9	NÃO
	9	Consumo de Energia Elétrica	Uso de recursos naturais não-renováveis ou escassos	2	4	4	10	SIM
	10	Óleo utilizado nas máquinas	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	3	2	3	8	NÃO
	11	Geração de resíduo de papel do miolo da bobina de BOPP	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	3	2	4	9	NÃO
	12	Geração de resíduo de filme de BOPP	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	3	2	4	9	NÃO
	13	Geração de papel que embala a bobina	Contaminação do solo e dos recursos hídricos	3	2	4	9	NÃO

A partir do conhecimento do processo e do levantamento de aspectos e impactos ambientais foi possível identificar as etapas geradoras de resíduos de BOPP no processo de embalagem e apontar oportunidades de melhoria (Quadro 3).

Quad. 3. Oportunidades de melhoria. Fonte: Elaborado pela autora.

Problema	Oportunidade de melhoria	Benefícios
Controle de qualidade: Um dos ensaios de controle de qualidade mais importantes é o coeficiente de fricção, que se trata da resistência que se obtém ao deslizar uma superfície sobre a outra. Caso este parâmetro esteja fora da faixa o filme arrebenta com	Exigir do fornecedor o correto controle de qualidade para que o coeficiente de fricção não fique fora da faixa de especificação e que	Diminuição da geração de resíduos, já que, toda vez que o filme arrebenta é preciso recolocá-lo no sistema de eixos girantes e reajustá-lo.

<p>facilidade durante o processo. Foi também observado que algumas bobinas estavam com o miolo amassado, com isso ela não tem estabilidade no suporte fazendo que saia do padrão e haja a geração de resíduos.</p>	<p>as bobinas não sejam entregues com o miolo amassado.</p>	
<p>Alimentação manual: este fator ocorre somente na máquina antiga. Neste caso a avaliação quanto à qualidade do produto a ser embalado (tamanho, massa, defeitos) é totalmente pessoal, realizada pelo operador, diferente da máquina nova onde a alimentação é mecânica e os materiais passam pela avaliação de câmeras especiais que detectam defeitos no material e expulsam da alimentação os materiais fora de especificação. Caso um material com problema seja alimentado na máquina, resultará na geração de resíduos de filme, pois poderá não ser embalado adequadamente por estar com dimensões fora dos padrões, por exemplo.</p>	<p>Instalar um sistema de alimentação automatizada com avaliação de qualidade através de câmeras.</p>	<p>Evita a embalagem de materiais fora de especificação e também a geração de resíduos, já que o material pode não ser embalado adequadamente e assim tenha que ser removido da embalagem que será descartada como resíduo.</p>
<p>Sensor de parada: na máquina nova há um sensor de parada, onde toda vez que uma peça estiver desalinhada ou mesmo quando faltar material na esteira, ele faz com que a máquina pare. Por outro lado, na máquina antiga não há, então, por exemplo, se faltar material na esteira a bobina continuará rodando e gerando embalagens vazias que serão descartadas como resíduo.</p>	<p>Instalar um sensor de parada na máquina para que no momento em que não houver material a ser embalado ou caso algum dos materiais esteja desalinhado a máquina pare.</p>	<p>Evita que sejam geradas embalagens vazias diminuindo assim a geração de resíduos.</p>

4. Conclusão

A partir dos resultados obtidos, é possível observar que o diagnóstico é de suma importância para aplicação das ações de P+L, pois através dele é possível identificar as oportunidades de melhoria para assim agir sobre elas.

Através do levantamento dos aspectos e impactos ambientais dos processos, foi possível verificar os impactos ambientais de maior significância. O processo produtivo do filme de BOPP bem como o processo de impressão flexográfica e o processo de embalagem causam impactos ambientais significativos, isso mostra a importância de se evitar a geração de resíduos, já que, cada embalagem descartada como resíduo traz consigo uma carga de impactos ambientais e energéticos.

Grandes investimentos, por vezes, são difíceis de serem implantados, como é o caso do sistema de alimentação automatizado com avaliação da qualidade através de câmeras, por isso é preciso que se tenha um estudo detalhado de viabilidade econômica. Já nas questões de qualidade do filme e das bobinas, podem ser feitos acertos com o fornecedor para que ele garanta a qualidade dos produtos, não necessitando nenhum tipo de investimento nesse caso. Quanto ao sensor de parada, este necessita um baixo investimento e pode trazer bons ganhos ambientais e econômicos com a não geração de resíduos. Na continuidade do trabalho esta avaliação econômica será desenvolvida assim como a quantificação dos impactos significativos, com a utilização da ferramenta de avaliação de ciclo de vida.

5. Referências

GUIMARÃES, J. C. F. de, SEVERO, E. A., VIEIRA, P.S., 2017. Cleaner production, project management and Strategic Drivers: an empirical study. *J. Clean. Prod.* 141, 881-890.

SEVERO, E. A., GUIMARÃES, J. C. F. de, DORION, E. C. H., 2017. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. *J. Clean. Prod.* 142, 87 – 97.

CHAREONPANICH, M., KONGKACHUICHAY, P., DONPHAI, W., MUNGCHAROEN, T., HUISINGH, D., 2017. Integrated transdisciplinary technologies for greener and more sustainable innovations and applications of Cleaner Production in the AsiaePacific region. *J. Clean. Prod.* 142, 1131-1137.

POPI, M. G. C.B., JESUS, L. B., KULAY, L. A., 2016. Seleção de alternativas de processamento de álcool laurílico etoxilado sulfatado baseada na variável ambiental. V

Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida, Setembro de 2016 – Fortaleza – CE - Brasil.

SCHUEROFF, S. (2013). Diagnóstico Ambiental e Propostas para a Aplicação de Produção mais Limpa (P+L), Estudo de Caso: Abatedouro de Frangos Orgânicos. 2013. 71p. (Trabalho de Conclusão de Curso)- Curso de Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, Criciúma.

MAQUINARIA de embalaje flexible. Trujilo, [S.l.], 14 dic. 2010. Disponível em: <https://plaen.blogspot.com.br/2010_12_12_archive.html>. Acesso em: 18 jul. 2016. Blog: PLAEN - Plásticos, Envasado y Afines.

GASI, T., M., T.; FERREIRA, E. Produção mais Limpa. In: VILELA JUNIOR, Alcir; DEMAJOROVIC, Jacques (Org.). Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações. São Paulo: Senac, 2013. p. 45-82.

SEIFFERT, M. E. B., 2011. Sistemas de gestão ambiental (SGA-ISO 14001): melhoria contínua e produção mais limpa na prática e experiência de 24 empresas brasileiras. Atlas, São Paulo.

BHUPENDRA, K. V., SANGLE, S., 2016. Pollution prevention strategy: a study of Indian firms. J. Clean. Prod. 133, 795- 802.

CORREIA, B. R. B.; JERÔNIMO, C. E. M., 2012. Oportunidades de Produção mais Limpa no Consumo de Recursos Hídricos da Exploração & Produção de Petróleo *On Shore* no Estado do RN. Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v(7), nº 7, p. 1335-1348.

**APÊNDICE D – MENÇÃO ESPECIAL RECEBIDA NO 6TH WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**



10 Years
2007 - 2017

Advances in Cleaner Production Network
Boosting knowledge exchange among its participants

6th International Workshop Advances in Cleaner Production

'Ten Years Working Together for a Sustainable Future'

We Certify that

Evaluation of Cleaner Production Opportunities for the Horizontal Packaging Process

Authored by: STALTER, C. F.; MORAES, C. A. M.

merits special mention in the 6th International Workshop | *Advances in Cleaner Production*, held in São Paulo, Brazil, from 24th to 26th of May, 2017.

Dr. Bráglia P. Giannetti
Conference Chair



Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Mestrado e Doutorado