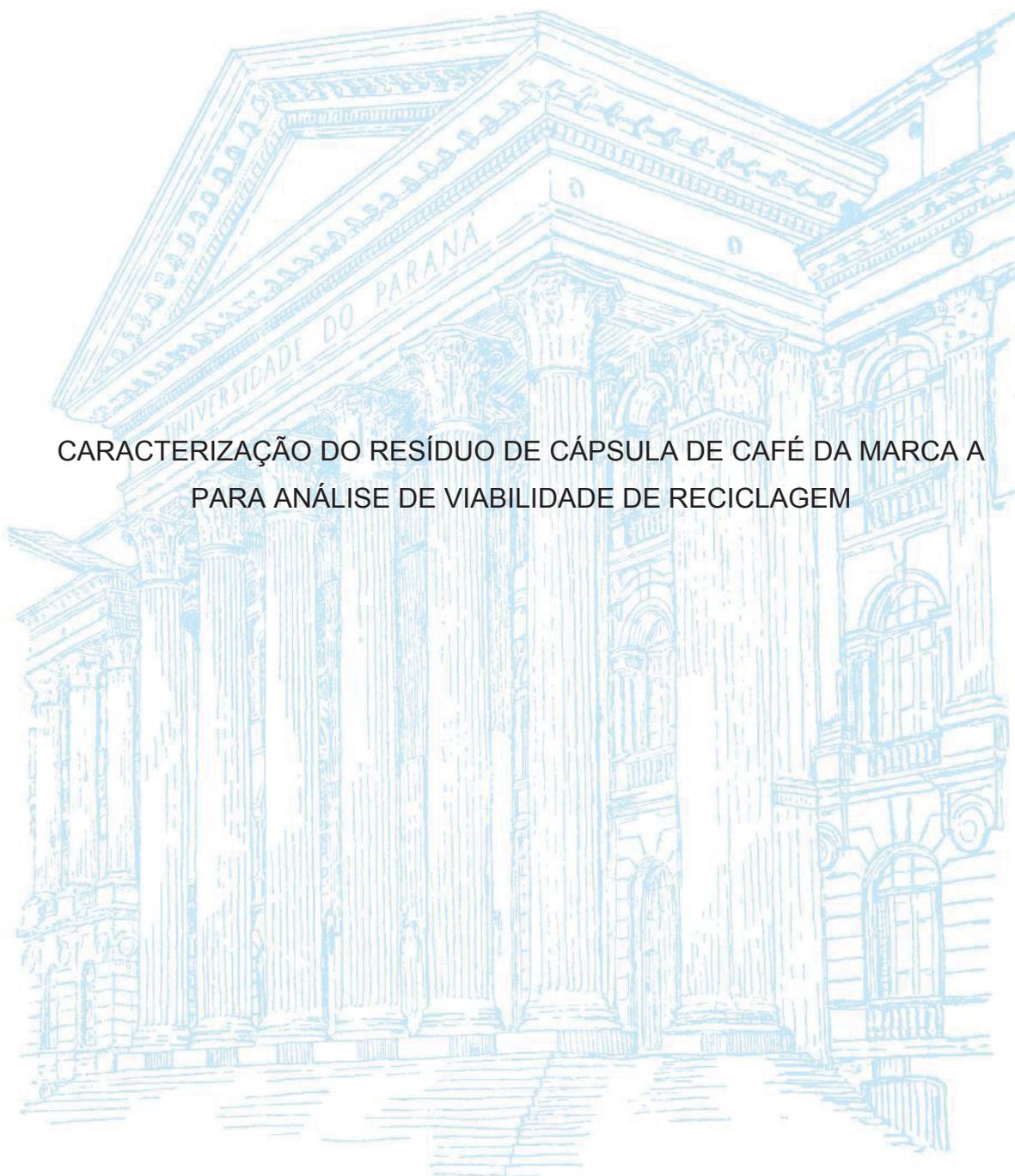


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANA PAULA PATIAS GUIMARÃES

CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CÁPSULA DE CAFÉ DA MARCA A  
PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE RECICLAGEM



CURITIBA

2018

ANA PAULA PATIAS GUIMARÃES

CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CÁPSULA DE CAFÉ DA MARCA A  
PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE RECICLAGEM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a Universität Stuttgart, Alemanha, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientadora: Prof. Dr. Regina Weinschutz

CURITIBA

2018



## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ANA PAULA PATIAS GUIMARÃES** intitulada: **CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CÁPSULA DE CAFÉ DA MARCA A PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE RECICLAGEM**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 20 de Julho de 2018.

  
REGINA WEINSCHUTZ

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

  
MARIANNE SUMIE KAWANO  
Avaliador Externo (UTFPR)

  
ALVARO LUIZ MATHIAS  
Avaliador Interno (UFPR)

***Dedicatória***

*Aos parentes, amigos e colegas, que me incentivaram todos os dias e ofereceram apoio nos momentos críticos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Devo meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que participaram, direta ou indiretamente, do processo e do período de realização desta dissertação. Sem vocês, a conclusão deste trabalho não seria possível.

À minha família, por me motivarem e acreditarem nos meus sonhos e objetivos. Vocês são minhas referências, de como agir e viver.

À minha orientadora, professora Regina Weinschutz, por todas as sugestões, conselhos e críticas durante as orientações desta dissertação.

Aos professores Álvaro Mathias, Margarete Lass Erbe e Marianne Kawano, por aceitarem fazer parte da minha banca de defesa, engrandecendo em muito este trabalho.

E ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial da Universidade Federal do Paraná, e a todos os outros colegas, amigos e professores que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Em decorrência de notícias abordando a alta do consumo de cápsulas de café de dose individual no Brasil e sua provável destinação para aterros, o presente estudo foi realizado a fim de compreender a problemática do resíduo gerado no pós consumo desta modalidade de café. Os objetivos englobaram o levantamento de informações sobre cápsulas de café disponíveis no Brasil, a caracterização da composição físico-química de cápsulas de composição mista, a avaliação de viabilidade de reciclagem do resíduo e de destinação para coprocessamento. A partir de visitas técnicas, entrevistas com catadores, cooperativas de reciclagem, aplicação de questionário com consumidores e pesquisa de mercado de cápsulas de café e suas embalagens, foram observados aspectos falhos na orientação por parte dos fabricantes do que fazer com o resíduo pós consumo e que em sua maior parte, o consumidor não sabe como destiná-lo corretamente e que o resíduo é realmente destinado para aterros. Foi realizada análise físico-química para determinar os materiais presentes no resíduo, sendo a cápsula da marca escolhida para o estudo composta em sua maior parte de polipropileno e uma pequena fração de alumínio. Foi realizada análise de viabilidade econômica e técnica para reciclagem do resíduo. Conclui-se que há viabilidade técnica e econômica para a realização da reciclagem do resíduo, mas que seria necessária uma quantidade significativa de cápsulas captadas para viabilizar o processamento, o que no atual cenário de coleta seletiva deste resíduo tende a ser pouco provável. Apurou-se também a possibilidade de destinar o resíduo para coprocessamento, com bons resultados de poder calorífico e composição química para uso como combustível. Algumas recomendações foram feitas, assim como propostas para trabalhos futuros.

Palavras chave: cápsulas de café, resíduos sólidos, reciclagem, viabilidade econômica, coprocessamento.

## **ABSTRACT**

According to recent news, there has been an increase in the consumption of coffee pods in Brazil, and currently their most probable destination is landfills. As a result, the present study was conducted to understand the problematic of the waste created by the consumption of this kind of coffee. The objectives encompassed the collection of information on coffee pods available in Brazil, the physical-chemical composition of the pods with mixed materials, the feasibility of recycling the pods and the feasibility of using the waste in co-processing. Technical visits, market research on coffee pod packaging, interviews with street waste collectors, interviews with recycling cooperatives and the application of a quiz with coffee pod consumers were some of the actions conducted in this study. The following facts were observed: little to no information given by the manufacturers on how to adequately throw away the coffee pod waste, most of the consumers do not know how to adequately throw the waste away and that the waste does indeed end up in landfills. A physical-chemical analysis was conducted to determine the materials present in the waste, most of which was polypropilene and aluminium for the chosen brand analysed. An economical and technical for recycling feasibility study was conducted, and although it was possible to conclude that there is feasibility on both ends, how to collect the number of pods necessary for it to be feasible is still an issue considering the current scenario where there are very little drop-off points available in the country for this kind of waste. It was also found that there is feasibility to use the waste in co-processing, as the results for calorific power and chemical composition were adequate for use as fuel. Some recommendations were made, as well as propositions for future works.

Key words: coffee pods, solid waste, recycling, economic feasibility study, co-processing.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MODELO LINEAR DE DESENVOLVIMENTO.....	15
FIGURA 2 - ESQUEMA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA.....	15
FIGURA 3 - PROJEÇÃO DO CONSUMO DE CÁPSULAS NO BRASIL.....	17
FIGURA 4 - SIMBOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL DE EMBALAGENS .....	18
FIGURA 5 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CÁPSULAS DE PAPEL .....	20
FIGURA 6 - PROCESSO DE CONFORMAÇÃO E PREENCHIMENTO DE CÁPSULAS DE PLÁSTICO. ....	22
FIGURA 7 - ESQUEMA DE CÁPSULA DE ALUMÍNIO. ....	23
FIGURA 8 - EXEMPLOS DE POLÍMEROS.....	37
FIGURA 9 - POLÍMEROS PRODUZIDOS A PARTIR DE CARVÃO MINERAL .....	38
FIGURA 10 – CONSUMO DE PLÁSTICO POR SETORES. ....	39
FIGURA 11 - PERFURADOR REDONDO E TAMPA COM AMOSTRA RETIRADA	49
FIGURA 12 - INSTRUMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO.....	49
FIGURA 13 - TGA 4000 PERKIN ELMER.....	50
FIGURA 14 - INFORMAÇÕES PRESENTES NO RÓTULO DE EMBALAGENS PARA DESTINAÇÃO DO RESÍDUO.....	54
FIGURA 15 - SÍMBOLO DE DESCARTE SELETIVO.....	55
FIGURA 16 - EXEMPLO DE IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA CÁPSULA NA EMBALAGEM .....	56
FIGURA 17 - EXEMPLO DE SIMBOLOS DE MATERIAL BIODEGRADAVEL IDENTIFICADOS .....	56
FIGURA 18 - ILUSTRAÇÃO DO FLUXO DAS CÁPSULAS NO MUNICÍPIO DE CURITIBA .....	60
FIGURA 19 - CÁPSULA DESMEMBRADA.....	61
FIGURA 20 - GRÁFICO DAS FRAÇÕES EM PESO CÁPSULA COLORIDA .....	63
FIGURA 21 - GRÁFICO DAS FRAÇÕES EM PESO CÁPSULA BRANCA.....	63
FIGURA 22 - TG E DTG DA CÁPSULA BRANCA .....	64
FIGURA 23 - TG E DTG DA CÁPSULA COLORIDA.....	64
FIGURA 24 - TG E DTG DO FILME .....	65
FIGURA 25 - TG E DTG DO FILTRO BRANCO.....	66
FIGURA 26 - TG E DTG DO FILTRO PRETO.....	66
FIGURA 27 - TG E DTG DA TAMPA .....	67
FIGURA 28 – DSC DOS FILTROS .....	68
FIGURA 29 – DSC DO FILME .....	69
FIGURA 30 – DSC DO COPO CÁPSULA.....	70
FIGURA 31 – DSC DA TAMPA.....	70
FIGURA 32 - FLUXOGRAMA DE COMPACTAÇÃO DO RESÍDUO.....	76

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1- BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DA RECICLAGEM.....	30
TABELA 2 - LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS QUE ABORDAM SOBRE COPROCESSAMENTO.....	33
TABELA 3 - LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO EM FORNOS DE COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS.....	35
TABELA 4 - PLÁSTICOS MAIS CONSUMIDOS NO BRASIL EM 2016 .....	40
TABELA 5 - METODOLOGIA DE ANÁLISE GRAVIMÉTRICA .....	47
TABELA 6 - PARÂMETROS OPERAÇÃO TGA 4000 .....	49
TABELA 7 - METODOLOGIAS DE ANÁLISE FÍSICO QUÍMICAS .....	51
TABELA 8 - DADOS SOBRE SABORES COM UMA CÁPSULA POR PREPARAÇÃO .....	52
TABELA 9 - RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO.....	58
TABELA 10 – ANÁLISE GRAVIMÉTRICA – FRAÇÕES CAPSULA COLORIDA.....	62
TABELA 11 – ANÁLISE GRAVIMÉTRICA – FRAÇÕES CAPSULA BRANCA .....	62
TABELA 12 – ANÁLISE GRAVIMÉTRICA - MATERIAIS .....	62
TABELA 13 - RESUMO TG/DTG .....	67
TABELA 14 - DSC .....	68
TABELA 15 – PROPRIEDADES POLÍMEROS .....	69
TABELA 16 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CÁPSULA .....	71
TABELA 17 - COMPARAÇÃO DA CÁPSULA COM OUTROS RESÍDUOS EM mg/kg .....	72
TABELA 18 - RELAÇÃO DE CORES POR FRAÇÃO DE CÁPSULA .....	74
TABELA 19 – VALOR DE COMPRA DO RESÍDUO E VENDA DO RECICLADO - PARÂMETRO V.....	79
TABELA 20 – CUSTO DE PROCESSAMENTO – PARÂMETRO C.....	79
TABELA 21 – CUSTO DE DISPOSIÇÃO - PARÂMETRO E .....	80
TABELA 22 - ECONOMIA DE ENERGIA E MATÉRIA PRIMA VIRGEM - PARÂMETROS W E M .....	80
TABELA 23 - VALORES DOS PARÂMETROS PARA UMA TONELADA DE RESÍDUO .....	80
TABELA 24 - GANHO POTENCIAL ECONÔMICO COM RECICLAGEM DAS CÁPSULAS DE CAFÉ .....	81
TABELA 25 - VALORES DE PC PARA RESÍDUOS.....	83
TABELA 26 - ATENDIMENTO DO ARTIGO 3º CEMA 76/2009 .....	83
TABELA 27 - CONCENTRAÇÃO CLORO NA AMOSTRA BRUTA DO RESÍDUO ...	84
TABELA 28 - ATENDIMENTO DO ARTIGO 4º CEMA 76/2009 .....	84

## LISTA DE SIGLAS

ABCP	–	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABIA	–	Associação Brasileira de Indústrias da Alimentação
ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	–	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV	–	Análise de Ciclo de Vida
BOPP	–	Película de Propileno Biorientada
CEMA	–	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CEMPRE	–	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CETESB	–	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	–	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	–	Conselho Estadual de Política Ambiental
DSC	–	Calorimetria Exploratória Diferencial
DTG	–	Termogravimetria Derivada
EPS	–	Poliestireno Expandido
EVA	–	Espuma Vinílica Acetinada
FEPAM	–	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
INMETRO	–	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPEA	–	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
PS	–	Poliestireno
PCS	–	Poder Calorífico Superior
PEAD	–	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	–	Polietileno de Baixa Densidade
PEBDL	–	Polietileno de Baixa Densidade Linear
PET	–	Politereftalato de Etileno

PEV	–	Ponto de entrega voluntária
PNRS	–	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP	–	Polipropileno
PVC	–	Policloreto de Vinila
RSU	–	Resíduo Sólido Urbano
SEMA	–	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
TG	–	Temperatura de Transição Vítrea
TGA	–	Termogravimetria
USEPA	–	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
UVR	–	Unidade de Valorização de Recicláveis

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	15
2.1	CÁPSULAS DE CAFÉ	16
2.1.1	Informações Disponibilizadas nas Embalagens Externas	18
2.1.2	Formas de Destinação Disponíveis no País	19
2.1.3	Tipos Disponíveis	19
2.1.3.1	Papel	20
2.1.3.2	Plástico	20
2.1.3.3	Alumínio	22
2.1.3.4	Misto (alumínio e plástico)	24
2.2	OUTRAS EMBALAGENS DE COMPOSIÇÃO MISTA	24
2.3	LEGISLAÇÃO	26
2.3.1	Política Nacional de Resíduos Sólidos	26
2.3.1.1	Impactos Ambientais Causados pela Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos	28
2.3.1.2	Aspectos Econômicos da Gestão de Resíduos Sólidos no Brasil	29
2.3.2	Acordo de Logística Reversa para Embalagens	30
2.3.3	Conscientização Ambiental	32
2.3.4	Coprocessamento no Brasil	33
2.4	MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE CÁPSULAS	37
2.4.1	Polímeros	37
2.4.2	Alumínio	40
2.5	VIABILIDADE DE RECICLAGEM	41
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	45
3.1	LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES DE DESTINAÇÃO E MERCADO	45
3.2	ANÁLISE GRAVIMÉTRICA	46
3.3	ANÁLISE DE CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS	48
3.3.1	Termogravimetria	48
3.3.2	DSC – Calorimetria Exploratório Diferencial	50
3.4	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA	51
3.5	METODOLOGIA DE ANÁLISE DE VIABILIDADE DE RECICLAGEM	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	52

4.1	INFORMAÇÕES DE MERCADO E DESTINAÇÃO .....	52
4.1.1	PEVS E LOGÍSTICA REVERSA .....	53
4.1.2	Rótulo das Embalagens .....	53
4.1.3	Coleta das Cápsulas .....	57
4.2	DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES E LEVANTAMENTO GRAVIMÉTRICO.....	61
4.3	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FRAÇÕES.....	64
4.3.1	Resultados dos Ensaios Termoanalíticos.....	64
4.3.2	Laudo dos Ensaios Analíticos .....	71
4.4	ANÁLISE DE VIABILIDADE DE RECICLAGEM .....	73
4.4.1.1	Cor.....	74
4.4.1.2	Composição e Forma.....	75
4.4.1.3	Outras dificuldades processuais identificadas .....	76
4.4.1.4	Análise de Viabilidade Econômica de Reciclagem .....	77
4.5	ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA COPROCESSAMENTO .....	82
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>86</b>
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	88
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>89</b>
	<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE B - ROTEIRO DE ENTREVISTA ASSOCIAÇÃO DE CATADORES ...</b>	<b>98</b>
	<b>APÊNDICE C - ROTEIRO DE ENTREVISTA UVR .....</b>	<b>99</b>
	<b>ANEXO I – LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS CÁPSULAS .....</b>	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde que foram introduzidas no Brasil em 2006, as cápsulas de café vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado consumidor brasileiro (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2015). Em 10 anos, o mercado cresceu de R\$ 19 milhões para R\$ 1,4 bilhão (FOLHA DE S. PAULO, 2016), sendo responsável por 1,7% do consumo total de café no país em 2014, com previsões de que o mercado de cápsulas triplique em valor até o ano de 2019 (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2015). No entanto, a geração do resíduo não é acompanhada pela reciclagem. A maior parte das 8.000 toneladas de cápsulas consumidas por ano no Brasil acaba sendo destinada para aterros sanitários (FOLHA DE S. PAULO, 2016).

No Brasil, existem atualmente mais de 70 marcas de café em cápsulas disponíveis (ABIC, 2015). As cápsulas podem ser constituídas apenas de alumínio, de plástico, de papel, ou mistura dos diferentes materiais, sendo as principais de alumínio puro, mistura de plástico e alumínio ou apenas de plástico. Para serem recicladas, as cápsulas devem ser separadas da borra do café utilizado. Apesar de serem constituídas por materiais 100% recicláveis, o processo de desmembramento da cápsula inteira não é simples. Tanto a Abal quanto a Plastivida, entidades representativas dos setores de alumínio e plástico, respectivamente, dizem que entre seus associados não há quem desmembre as cápsulas inteiras (FOLHA DE S. PAULO, 2016). A geração de resíduos desse setor não é, portanto, absorvida pela indústria da reciclagem. Cápsulas de alumínio levam de 150 a 200 anos para serem degradadas naturalmente no meio ambiente, enquanto as de plástico chegam a necessitar mais de 500 anos (ECOCAFEE, 2017).

A dificuldade de destinação adequada das cápsulas pode ser encontrada antes mesmo do processo de reciclagem. O consumidor possui pouca ou nenhuma orientação do que fazer com as cápsulas pós consumo, e os pontos de coleta disponíveis são poucos e de difícil acesso.

A destinação correta do enorme volume de resíduo gerado pelas cápsulas é importante do ponto de vista ambiental. Com a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010, se faz essencial a disposição correta dos resíduos para a preservação dos recursos naturais, manutenção da saúde pública e adequação à legislação (BRASIL, 2010). Muitas das empresas produtoras e comercializadoras de

cápsulas de café também estão associadas a ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação, que faz parte do acordo setorial de Logística Reversa assinado em 2015, e devem, portanto, apresentar a implantação de programas de logística reversa e seus resultados a partir da segunda etapa (2017-2018) do acordo setorial.

Frente a este cenário, o seguinte trabalho propõe o levantamento de informações sobre cápsulas de café para contextualizar a situação atual do gerenciamento do resíduo de cápsulas no Brasil, juntamente com um estudo de caracterização da composição do resíduo das cápsulas de composição mista, de modo a identificar os tipos de polímeros e materiais presentes nas mesmas, avaliando a viabilidade de reciclagem do resíduo e verificando a possibilidade de destinação para utilização energética (coprocessamento).

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar o resíduo gerado pelas cápsulas de café de composição mista afim de avaliar a viabilidade de reciclagem do resíduo.

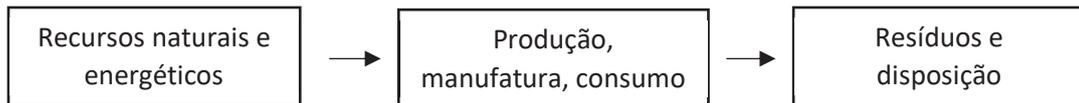
### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Mapear as informações disponíveis sobre as cápsulas de café no Brasil.
- b) Caracterizar a composição físico-química das cápsulas de café de composição mista.
- c) Avaliar a viabilidade de reciclagem do resíduo gerado pelas cápsulas da pós-consumo.
- d) Avaliar a viabilidade de destinação das cápsulas para coprocessamento.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos o modelo linear de desenvolvimento (figura 1) para o gerenciamento de resíduos vem sendo substituído por um modelo com base em ciclos de vida (figura 2) e integração da gestão de resíduos (MANCINI, ZANIN, 2009).

FIGURA 1 - MODELO LINEAR DE DESENVOLVIMENTO.



Fonte: Adaptado de MANCINI, ZANIN, 2009.

FIGURA 2 - ESQUEMA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA



Fonte: Adaptado de INMETRO, 2018.

Partir da premissa que a natureza é fonte inesgotável de recursos energéticos e materiais e que possui capacidade infinita de deposição é um posicionamento não só antiquado como perigoso – com o contínuo crescimento da população mundial, o consumo de recursos e geração de resíduos atual já é considerado insustentável para o planeta (MANCINI, ZANIN, 2009).

Frente a este contexto, torna-se essencial o estudo sobre materiais pós-consumo, o que fazer com esses resíduos e como integrá-los novamente ao ciclo de vida dos materiais, evitando que sejam apenas depostos e continuem seguindo o modelo linear de desenvolvimento.

Apesar do maior foco atualmente dado ao desenvolvimento de produtos mais sustentáveis que diminuam a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), produtos

ainda recentemente lançados vão diretamente contra a linha de sustentabilidade. Difundidas e popularizadas pela promessa de praticidade que a vida atual promove, as máquinas de café de dose individual fazem parte desta categoria.

## 2.1 CÁPSULAS DE CAFÉ

Por sua definição, cápsulas de café são recipientes que contêm café, seja ele de grãos moídos ou instantâneo, utilizados em máquinas que permitem a preparação rápida de uma xícara de café.

A primeira cápsula de café foi desenvolvida por Jean-Paul Gaillard em 1970, com o objetivo de atingir a fração do mercado consumidora da bebida que optava por uma preparação mais rápida e prática. Em 1986 surge então a Nespresso, uma das mais famosas marcas do setor, criada pela empresa suíça Nestlé, que vendeu cerca de 20 bilhões de cápsulas na última década (COSCARRELLI, 2010). Hoje a multinacional possui 1,7 mil patentes registradas ao sistema Nespresso. Com um mercado atual na Europa que movimenta 17 bilhões de dólares anualmente (COSCARRELLI, 2010) e uma margem de lucro três vezes superior ao de outros tipos de café (ISTOÉ, 2013), não é difícil imaginar que concorrentes tenham desenvolvido suas próprias versões da tecnologia para participar do nicho.

O tipo de cápsula e o método de preparação da bebida em geral são específicos para cada marca, ou seja, a cápsula de café da marca A não pode ser utilizada na máquina de café em cápsula da marca B, e vice-versa. Essa personalização levou ao desenvolvimento de diversos tipos de cápsulas e sabores da bebida para atender à exigência e preferência dos consumidores. Atualmente, marcas de menor alcance que não possuem equipamento próprio disponibilizam versões de cápsulas “adaptáveis” a equipamentos de marcas mais populares, para atingir parte da população consumidora.

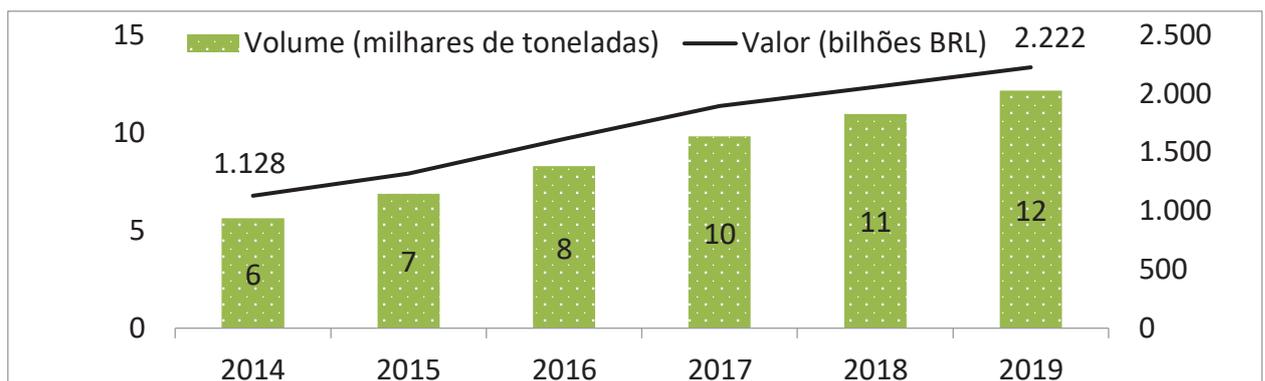
O consumo de café em cápsula é, de certa forma, um símbolo de status, sendo usualmente comercializado e divulgado como “premium”. No entanto, o consumo desta modalidade de café ficou restrito a classes de poder aquisitivo alto pelo custo individual por consumo durante muito tempo, principalmente no Brasil. Com a queda de patente da tecnologia pela Nestlé em 2012, novas empresas surgiram para participar do mercado. Só no Brasil, cerca de 100 empresas foram criadas em menos

de cinco anos, utilizando em sua maioria café produzido no país (DE ALMEIDA, 2016). A Nespresso vem perdendo mercado para as concorrentes por conta do barateamento das cápsulas e principalmente das máquinas, em 2013 sua fração no mercado brasileiro era cerca de 45,7%, enquanto que em 2015 o valor já havia caído para 38%. As concorrentes mais baratas já somavam 42,3% em 2015 (EUROMONITOR, 2016).

Com o aumento da acessibilidade, o consumo deste tipo de café começou a se popularizar no país. A figura 3 apresenta a projeção do consumo no país, onde espera-se que haja um crescimento de 120% até 2019.

A venda de máquinas de café cresceu 27% somente em 2015 no Brasil. A tendência é, portanto, mesmo durante o período de crise, que a venda e consumo desta modalidade de café só aumente.

FIGURA 3 - PROJEÇÃO DO CONSUMO DE CÁPSULAS NO BRASIL



Fonte: Adaptado de Euromonitor International, Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC), Abril 2016.

Todo esse crescimento do mercado também leva ao crescimento da geração de resíduo proveniente deste setor. Com um desenvolvimento tão acelerado, a indústria da reciclagem não conseguiu, até o momento, acompanhar o crescimento deste tipo de resíduo tão específico. Em 2015, 8 mil toneladas de cápsulas de café foram consumidas no país (FOLHA DE S. PAULO, 2016) - considerando que em média são 3g de embalagem para 6g de café por cápsula (BBC, 2016), são 2,7 mil toneladas de resíduo inorgânico e 5,3 mil toneladas de resíduo orgânico que vão, em sua grande maioria, para aterros.

Além do impacto causado nos aterros, as cápsulas de dose individual proporcionam um enorme desperdício de recursos. Os plásticos utilizados são

derivados de petróleo, enquanto que o alumínio é obtido da bauxita - matérias primas não renováveis que ao acabarem em aterros se tornam irrecuperáveis (PORTELA, RIBEIRO, 2014). Com disponibilidade finita destes recursos, questiona-se a decisão de alocá-los em produtos que serão utilizados somente uma vez, descartados logo em seguida e enviados para aterros. A consequência a longo prazo, no ritmo atual desta alta geração de resíduo por quantidade de produto, será negativa e significativa.

### 2.1.1 Informações Disponibilizadas nas Embalagens Externas

Um consumidor brasileiro gera em média por ano um volume de resíduo de 383 kg (ABRELPE, 2016), sendo, portanto, indispensável o descarte adequado e a separação dos diferentes materiais que compõem o RSU. Por vezes, a separação não é realizada pela dificuldade de identificação dos diferentes materiais.

A simbologia brasileira de identificação de materiais possui símbolos para os seguintes materiais recicláveis: papel, vidro, aço, alumínio e plásticos, que tem as diretrizes técnicas estabelecidas pela ABNT NBR 13230:2008 (ABNT, 2008). A simbologia para identificação dos plásticos é constituída por um elemento comum, formado por três setas interiores a um triângulo e apontadas em sentido horário, e um código numérico, que identifica o tipo de plástico. Os tipos de plástico abrangidos pela simbologia são: 1 Polietileno Tereftalato (PET); 2 Polietileno de Alta Densidade (PEAD); 3 Policloreto de Vinila (PVC); 4 Polietileno de Baixa Densidade (PEBD); 5 Polipropileno (PP); 6 Poliestireno (PS); e 7 outros.

Os símbolos para os plásticos e demais materiais são apresentados na figura 4 a seguir:

FIGURA 4 - SIMBOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL DE EMBALAGENS



Fonte: ABNT NBR 13230:2008

As embalagens, além de exercerem as funções de acondicionamento e proteção, são as principais fontes de informações do produto adquirido, tais como os cuidados com o seu manuseio e descarte. A ausência de simbologia ou o uso inadequado podem prejudicar o processo de reciclagem de outros materiais e o desperdício de materiais recicláveis.

Em pesquisa realizada pela associação brasileira de defesa ao consumidor (Proteste) em 2016 com as três principais marcas disponíveis no país (Nespresso, 3 Corações e Dolce Gusto), em avaliação dos canais de comunicação e rótulos dos produtos, todas as marcas deixaram de orientar adequadamente os consumidores da maneira correta de descarte do resíduo (ALVIM, M., 2016). Também avaliada pela pesquisa foi a disponibilidade de informações sobre os pontos de entrega voluntária (PEV), em que as três principais marcas foram reprovadas pela restrição da informação em seus sites.

#### 2.1.2 Formas de Destinação Disponíveis no País

O principal tipo de destinação adequado ofertado para as cápsulas atualmente é aquele que requer que o consumidor armazene o resíduo utilizado e o entregue em pontos de coleta ofertados pela marca da qual ele adquiriu o produto. Conhecido como PEV – ponto de entrega voluntária, as principais marcas fornecem pontos de entrega em lojas particulares, supermercados e pontos de venda do produto.

#### 2.1.3 Tipos Disponíveis

O material utilizado para a fabricação das cápsulas leva em consideração os seguintes itens de maneira otimizada: preço, resistência, data de validade, modalidade de fabricação e preparação do café.

Dentre os principais estão:

### 2.1.3.1 Papel

As cápsulas de papel são semelhantes a sachês, com formato achatado e redondo. O sachê é formado por filtros de papel, preenchido com o café e posteriormente selado por pressão e temperatura nas bordas via estampagem, como ilustra a figura 5 abaixo:

FIGURA 5 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CÁPSULAS DE PAPEL



Fonte: O autor (2017)

Geralmente são vendidas em pequenas embalagens de alumínio preenchidas com nitrogênio, criando uma atmosfera inerte e aumentando o prazo de validade do produto, já que o papel não isola completamente o alimento ao ambiente.

São de fácil fabricação, leves e recicláveis e tem baixo custo, (CAFÉJO, 2017), no entanto, encontram-se cada vez mais em desuso pelo número restrito de marcas de máquinas de café que são adaptáveis a este tipo de cápsula (DUARTE et al, 2012).

No Brasil, a variedade é comercializada principalmente pela Philips Senseo, mas não obtêm o mesmo alcance e popularidade que os outros tipos de cápsulas.

O método de preparo é similar ao realizado em máquinas de expresso comuns. O sachê é colocado no bocal, que possui profundidade variável de acordo com a quantidade de pó presente no sachê. A máquina é então fechada, e água quente é adicionada pela parte superior do equipamento, passando pelo sachê, que atua como um filtro de papel e permite que o líquido coado escorra enquanto retém o pó de café moído.

### 2.1.3.2 Plástico

Por conta da elevada temperatura e pressão de operação das máquinas de café, o material plástico utilizado na fabricação das cápsulas deve ser resistente à

altas temperaturas, possuir grau alimentício de pureza, não decompondo ou liberando compostos ao ser submetido às condições de operação da máquina.

Entre os diversos plásticos utilizados, os principais são: polipropileno, polietileno, polietileno tereftalato (PET). Os plásticos podem ser utilizados puros, em blend ou com aplicação de aditivos para que o recipiente possua as características desejadas. Dentre os plásticos, o mais comumente utilizado é o polipropileno.

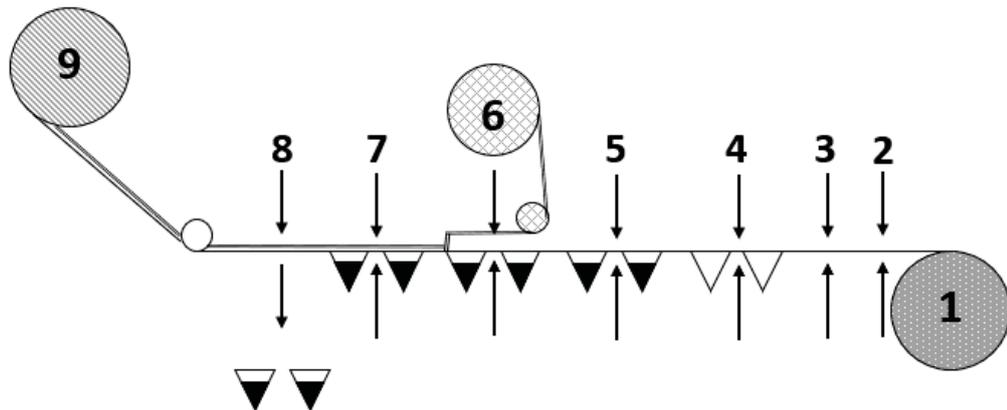
O polipropileno (PP) é um termoplástico, ou seja, quando submetido à uma temperatura específica pode ser moldado e conformado ao formato desejado. O processo de conformação pode ser feito via termoformagem (artigos descartáveis e embalagens rígidas), extrusão (filmes plásticos), injeção (utensílios domésticos e baldes de aplicação na indústria alimentícia) sopro convencional e injeção-estiramento-sopro (ARAÚJO, 2010).

A vantagem do PP se encontra nas suas características estruturais – possui baixa densidade ( $0,900 \text{ g/cm}^3$  a  $0,910 \text{ g/cm}^3$ ), o que permite a produção de peças leves, é pouco higroscópico, possui baixa permeabilidade ao vapor d'água e garante alta resistência química e à fadiga por flexão (RETO, 2008). Também é um plástico relativamente barato e de fácil coloração, sendo, portanto, comumente utilizado na fabricação de cápsulas por garantir a qualidade do alimento por pelo menos 12 meses. Em contrapartida, o plástico é sensível aos raios ultravioletas e a agentes de oxidação, degradando-se facilmente sob a ação destes reagentes (DUARTE et al, 2012). O polipropileno também é considerado como um plástico sustentável em comparação aos demais, por ser 100% reciclável e apresentar emissão de gases de efeito estufa durante produção em quantidade abaixo dos demais (CANEVAROLO, 2004). A figura 6 apresenta um dos processos de produção de cápsulas de polipropileno (processo KASI TEMPRA PACK).

O processo de conformação e preenchimento é descrito a seguir:

1. Rolo de polipropileno com espessura de aproximadamente 700 micra é alimentado à máquina;
2. Módulo de aquecimento 1 – aquecimento do filme até  $120^\circ\text{C}$ ;
3. Módulo de aquecimento 2 – aquecimento do filme até  $240^\circ\text{C}$ ;
4. Extrusão – conformação das cápsulas;

FIGURA 6 - PROCESSO DE CONFORMAÇÃO E PREENCHIMENTO DE CÁPSULAS DE PLÁSTICO.



Fonte: Adaptado de KOTSEV, 2017.

5. Preenchimento do produto – café é inserido nas cápsulas por um preenchedor *auger*.
6. Rolo duplo ou triplo de filme com camada de alumínio;
7. Módulo de selagem – selagem térmica e por pressão da camada superior;
8. Prensa cortadora – realiza o corte das cápsulas por prensa pneumo-mecânica;
9. Bobina – módulo para recuperação do material residual não utilizado;

O preparo da bebida é realizado pela perfuração da parte superior e inferior da cápsula pelo equipamento de preparo. A água quente é injetada pela parte superior, e a cápsula atua como um pequeno filtro de plástico, coando o pó de café moído (ou dissolvendo o pó, caso seja instantâneo), produzindo a bebida.

### 2.1.3.3 Alumínio

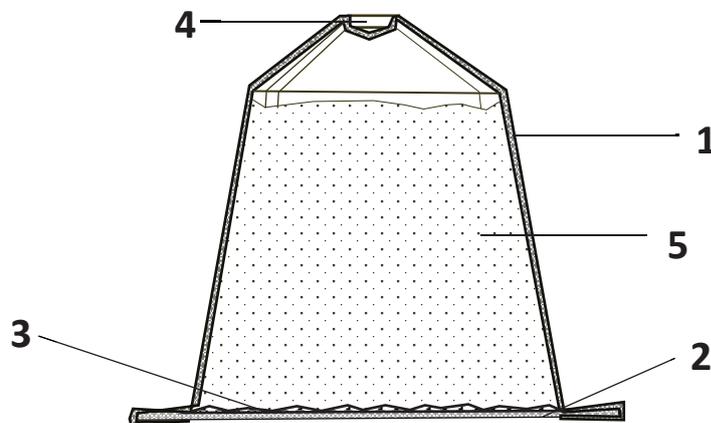
O alumínio é considerado como um dos melhores materiais para preservação da qualidade do café, por garantir um bom isolamento contra luz, umidade e oxigênio presente na atmosfera. Ele apresenta, no entanto, outras desvantagens como a complexidade de combinação entre o alumínio e o material filtrante e o custo de fabricação elevado em comparação aos demais materiais. Pela combinação destas características, as cápsulas de café de alumínio são associadas como produtos de alta qualidade, sendo mais caras que as outras variedades e tendo como público foco consumidores com alto poder aquisitivo.

As cápsulas de alumínio são produzidas através do processo de prensagem, sendo conformadas no formato desejado, preenchidas com o pó de café, seladas com tampa de alumínio e depois extraídas do molde. O esquema da primeira cápsula de alumínio patenteada e utilizada até hoje é apresentada na figura 7.

A cápsula é perfurada por uma agulha no menor lado por processo de alavanca, quando a mesma é colocada no local de inserção da máquina e fechada. O equipamento então injeta água quente próxima da temperatura de ebulição através da agulha, a uma pressão de 19 bar, até que o lado mais largo do alumínio sofra ruptura. A água é alimentada a uma taxa constante pela parte superior, quando o pó no interior da cápsula e preparando a bebida, que sai pela ruptura e é captada por xícara no exterior da máquina.

O alumínio é um metal extremamente reciclável, consumindo até 95% menos energia em sua reutilização via reciclagem em comparação com sua produção primária a partir de bauxita.

FIGURA 7 - ESQUEMA DE CÁPSULA DE ALUMÍNIO.



Fonte: Adaptado de FAVRE, 1979 (Patente US 4136202 A). 1- COPO, 2- TAMPA, 3- FILTRO, 4- PONTO DE PERFURAÇÃO, 5- PÓ DA BEBIDA.

A principal e mais popular marca que utiliza esta modalidade é a Nespresso, mas outras empresas vêm apresentando modelos próprios da tecnologia para tentar participar desta fatia do mercado.

#### 2.1.3.4 Misto (alumínio e plástico)

As cápsulas mistas são assim denominadas por possuírem em sua composição mais de um material em fração significativa. As mesmas foram desenvolvidas com o objetivo de baratear as cápsulas de alumínio e manter o atrativo de alta qualidade que essas oferecem, por um preço mais baixo, atingindo assim uma parcela maior da população que possui menor poder aquisitivo do que as classes A e B.

As cápsulas mistas ainda introduziram um novo método de preparo, em que uma xícara de bebida pode requerer duas cápsulas para ser preparada (por exemplo, uma cápsula de leite e outra de café). Por este fato, para algumas marcas e sabores, este tipo de cápsula gera o dobro de resíduo por xícara preparada.

O preparo de cápsulas de composição mista é similar às de alumínio. O recipiente é inserido no orifício da máquina, onde ao ser fechada a tampa superior é furada por uma agulha. No processo de alavanca do fechamento da máquina, a parte inferior da cápsula também é pressionada, fazendo com que o filtro de plástico inferior perfure o filme de alumínio presente no local. O filme de alumínio tem o objetivo de isolar o pó de café da atmosfera, aumentando seu prazo de validade. Ao ser perfurado, o filme permitirá a saída da bebida preparada pela parte inferior do copo. Água quente pressurizada é inserida na cápsula pela agulha, sendo então dispersada sobre o pó de café por um distribuidor de plástico filme, que possui pequenos furos em sua superfície. O café coado passa pelo filme de alumínio perfurado e sai pelo orifício inferior da cápsula, finalizando o preparo da bebida.

## 2.2 OUTRAS EMBALAGENS DE COMPOSIÇÃO MISTA

As embalagens de cápsula de café são apenas uma em muitos dos diversos tipos de resíduos de embalagens difíceis de serem destinados. Outros tipos de resíduos gerados que apresentam composição mista que dificultam o processo de reciclagem são: pacotes laminados, embalagens longa vida *blisters*, multilaminados em geral.

Os pacotes laminados, comumente encontrados como embalagens de salgadinhos, biscoitos, barras de cereais, chocolates, entre outros, são plásticos metalizados chamados de BOPP (película de propileno biorientada). Estudos realizados na Índia comprovam que o material é 100% reciclável, mas a falta de

conhecimento dos usuários de como realizar a limpeza e de recicladores e catadores acerca das possibilidades de reaproveitamento, conferem ao material baixo valor de mercado, e o resíduo continua indo para o lixo comum. (ECYCLE, 2013). De acordo com a prefeitura da cidade de São Paulo, o material é inclusive considerado não reciclável (ECYCLE, 2012). Existem apenas duas empresas recicladoras de PP que também reciclam BOPP na cidade, que reciclam BOPP apenas de origem industrial, pois o BOPP pós-consumo acrescenta dificuldades adicionais ao processo devido aos problemas de lavagem e separação do material. Para que a reciclagem pós-consumo do resíduo funcione, o processo requer iniciativas concretas dos produtores, educação e atitude do usuário, e um sistema de coleta disponível (CERRI, 2011).

Outro exemplo são as embalagens longa vida, mais conhecidas pela marca Tetra Pak. A embalagem é composta por camadas de papelão, plástico e alumínio, em espessuras muito finas, o que dificulta o processo de separação. O resíduo gerado pelo consumo de Tetra Pak é geralmente destinado para reciclagem como mistura, obtendo um material misto que é então utilizado para fabricação de telhas de construção civil ou pellets para fabricação de canetas, vassouras, etc. (TETRA PAK, 2018). O uso do material obtido por este tipo de reciclagem, no entanto, é mais limitado, do que se as frações de papel, plástico e alumínio fossem obtidas separadamente, processo esse que hoje ainda não está comercialmente viável/difundido.

As embalagens *blister* são comumente utilizadas no setor farmacêutico para o acondicionamento de comprimidos, por aumentarem a vida útil do medicamento, serem leves e terem maior versatilidade. Compostas usualmente por alumínio e pvc, as camadas são de difícil separação pelo processo de prensagem que ocorre em sua conformação para impedir a entrada de ar em seu interior. A dificuldade de separação física das frações torna o material de difícil reciclagem convencional, sendo usualmente optada a via química para que a segregação ocorra – o que torna o processo mais oneroso e que por isso muitas das vezes estas embalagens são destinadas para aterro. Uma outra opção de reciclagem dos blisteres é a incineração ou reciclagem energética em fornos de cimento via coprocessamento, que eliminaria eventuais resquícios de medicamentos presente no resíduo. No entanto, a presença de cloro na composição do plástico também complica o processo, pela produção de dioxinas durante o processo de queima (HERNANDEZ, 2017).

## 2.3 LEGISLAÇÃO

### 2.3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

As diretrizes de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos são estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305 de 02/08/2010 e regulamentada pelo Decreto 7.404 de 23/12/2010. Na política nacional são estabelecidos os princípios, os objetivos, instrumentos (inclusive econômicos) e diretrizes para gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos. São definidas também as responsabilidades do poder público, dos geradores e dos consumidores, e princípios orientadores como prevenção e precaução, poluidor pagador, ecoeficiência, responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, reconhecimento dos resíduos como bem econômico e de valor social, do direito à informação e ao controle social, entre outros (BRASIL, 2010a).

A PNRS integra a Política Nacional de Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei 9795 de 27/04/1999), com a Política Federal de Saneamento Básico.

Um dos principais objetivos da PNRS é a priorização da sequência de atividades da gestão de resíduos sólidos:

- 1) Não geração: Estudar a concepção dos processos produtivos para identificar etapas do processo em que seja eliminada a geração do resíduo;
- 2) Redução: Sendo identificada a impossibilidade de eliminação do resíduo sólido gerado, deve ser estudada possibilidade de redução do volume de resíduos que serão gerados. Como por exemplo, a utilização da frente e verso do papel durante a impressão, que reduzirá pela metade o resíduo gerado. Segundo Mansor et al (2010), a redução na fonte também é conhecida como “prevenção de resíduo, é definida pela USEPA como qualquer mudança no projeto, fabricação, compra ou uso de materiais/produtos, inclusive embalagens, de modo a reduzir a sua quantidade ou periculosidade, antes de se tornarem resíduos sólidos”.
- 3) Reutilização: É baseada no emprego direto de um resíduo sem a necessidade de processo que altere suas características físicas ou químicas. A reutilização das garrafas de vidro e PET para fabricação de luminárias e vasos, de pallets para

fabricação de camas, armários e artigos de artesanato, são exemplos da atividade de reutilização.

- 4) Reciclagem: Inclui uma etapa de processamento que transforma o resíduo sólido para virar novamente matéria prima, alterando suas características físico-químicas. Um exemplo é a reciclagem de garrafas PET para fabricação de tecido que é utilizado na confecção de camisas.
- 5) Tratamento e/ou beneficiamento: Esta etapa antecede à disposição final do resíduo ou à futura reciclagem. Como exemplo pode ser citado o tratamento do esgoto sanitário ou industrial anterior ao lançamento nos corpos d'água. Podem ser citados também o beneficiamento de resíduos industriais, isto é, a separação de todos os materiais que possuam potencial de reciclagem e no final, restando somente o resíduo, para o qual não exista ainda tecnologia para reciclagem. Este deverá ser disposto em aterro sanitário licenciado.

A reutilização, a reciclagem, o aproveitamento energético, o tratamento e/ou beneficiamento e a disposição final são considerados como destinação final ambientalmente adequadas de resíduos e rejeitos (BRASIL, 2010a).

A disposição final é o aterramento do rejeito, isto é, resíduo que não possui tecnologia para reutilização, reciclagem, tratamento e/ou beneficiamento.

Dos instrumentos citados pela PNRS destacam-se:

- Coleta seletiva: deve ser implantada mediante a separação prévia dos resíduos sólidos na geração, conforme sua constituição ou composição (úmidos, secos, industriais, da saúde, da construção civil, etc). A implantação do sistema de coleta seletiva é instrumento essencial para atingir a meta de disposição final ambientalmente adequada dos diversos tipos de rejeitos.
- Logística reversa: é apresentada como um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios para coletar e devolver os resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo de vida e outros ciclos produtivos.

Os primeiros setores estabelecidos para implementação e estruturação da logística reversa por meio de acordos setoriais foram os de: agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas e produtos eletroeletrônicos e seus

componentes. Recentemente, em 2015, também foi firmado acordo com empresas do setor de embalagens em geral. Os acordos setoriais são atos de natureza contratual, firmados entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando à implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. (BRASIL, 2010b)

Destacam-se também na PNRS, para o tema abordado, os seguintes itens:

- A análise do ciclo de vida (ACV): ferramenta concebida com o objetivo de viabilizar melhorias ambientais de produtos, processos ou atividades econômicas, considerando os impactos de todas as etapas de seu ciclo de vida, ou seja, da extração da matéria-prima da natureza até o seu retorno ao meio ambiente como resíduo. (BRASIL, 2010a)
- Incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas e outras formas de associação dos catadores de materiais recicláveis: A PNRS incentiva a inclusão formal dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, priorizando a participação de cooperativas ou de outras formas de associação nos sistemas de coleta seletiva e logística reversa. Estabelece também que os planos municipais devem definir programas e ações para sua inclusão nestes processos. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012; BRASIL, 2010a).
- Responsabilidade Compartilhada: torna os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, responsáveis pelo ciclo de vida de produtos. O poder público deve apresentar planos para manejo adequado dos materiais com adoção de processos participativos, as empresas devem implementar tecnologias de gestão para recolhimento dos produtos após o uso e, à sociedade compete participar dos programas de coleta seletiva e incorporar mudança de hábito para redução de consumo e consequente redução de geração (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012; BRASIL, 2010a).

#### 2.3.1.1 Impactos Ambientais Causados pela Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos

Em virtude da variação de características físicas e químicas dos resíduos sólidos, o RSU pode afetar o meio ambiente de diversas formas. Entre os impactos

derivados da disposição inadequada de resíduos sólidos estão: poluição visual, liberação de substâncias químicas voláteis pela decomposição de resíduos que contaminam o solo, o ar, a água e geram maus odores (BARRETOS et al, 2013).

Com a lixiviação destas substâncias, pode haver a infiltração no solo e nos aquíferos subterrâneos ou o carreamento durante o escoamento superficial de águas pluviais, atingindo os corpos d'água. A carga orgânica lançada no meio aquático pode reduzir a concentração de oxigênio dissolvido, gerando a mortalidade de seres vivos. Os nutrientes, como nitrogênio e fósforo podem causar a eutrofização, e outras substâncias químicas podem ser tóxicas ou bioacumulativas na cadeia alimentar, como os metais pesados (BARRETOS et al, 2013).

#### 2.3.1.2 Aspectos Econômicos da Gestão de Resíduos Sólidos no Brasil

Em estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em 2010, foi constatado que o Brasil deixa de captar R\$ 8 bilhões anualmente ao destinar resíduos recicláveis para aterros. O estudo pontua que além das vantagens ambientais da reciclagem (redução de uso de insumos extraídos da natureza, de emissões de gases de efeito estufa e de danos à biodiversidade), existe também vantagem competitiva para as empresas, como de redução de custo em processos que substituam a matéria-prima por materiais recicláveis. Na fabricação de alumínio, por exemplo, o custo de obtenção de alumínio cai de R\$6,1 mil para R\$3,4 mil por tonelada, por conta da redução de energia necessária ao evitar a etapa de extração de bauxita. Na fabricação de papel o custo do processo por tonelada é de R\$687,00 ao se utilizar celulose virgem, enquanto que o uso de fibras recicladas permite uma economia de R\$ 331,00 por tonelada (CEMPRE, 2013).

O CEMPRE também apresentou em seu relatório anual de 2013 uma projeção dos benefícios econômicos da reciclagem caso 90% das cidades-sede na Copa do Mundo de Futebol de 2014 fossem atendidas por coleta seletiva. Os resultados são exibidos na tabela 1.

TABELA 1- BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DA RECICLAGEM

MATERIAL	QUANTIDADE RECICLADA (TON/DIA)	INSUMOS (R\$)	AMBIENTAL (CO2, ENERGIA E BIODIVERSIDADE) (R\$)	CUSTO ADICIONAL DA RECICLAGEM (R\$/TON)	BENEFÍCIO TOTAL (R\$/DIA)
Aço	253	32.164	18.741	113	22.287
Alumínio	61	164.496	20.539	113	178.189
Celulose	1397	460.854	33.517	113	336.563
Plástico	554	644545	31.009	113	612.982
Vidro	246	29.572	2.711	113	4.436
Total	2511	1.331.632	106.517	-	1.154.457

Fonte: CEMPRE, 2013.

Na projeção, caso as cidades-sede tivessem seu resíduo adequadamente destinado para coleta seletiva e reciclagem, o mercado brasileiro poderia ter registrado um benefício econômico de R\$1,1 milhão/dia. Estes valores incluem os ganhos econômicos com a substituição de matéria-prima virgem por reciclada, redução de energia, impactos à biodiversidade e nas emissões de carbono.

### 2.3.2 Acordo de Logística Reversa para Embalagens

A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social previsto na PNRS que tem como objetivo auxiliar na restituição dos resíduos sólidos recicláveis ao setor empresarial para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos.

O acordo para embalagens em geral foi firmado em novembro de 2015, onde fabricantes, importadores, comerciantes e distribuidores se comprometeram a trabalhar de forma conjunta para garantir a destinação final ambientalmente adequada das embalagens que colocam no mercado. As embalagens objeto do acordo setorial podem ser compostas de papel e papelão, plástico, alumínio, aço, vidro ou combinação destes materiais, como as embalagens cartonadas longa vida. A coalizão contou com 20 associações brasileiras representantes do setor empresarial composto por produtores, usuários, importadores e comerciantes de embalagens em geral:

- i) Associação Brasileira de Atacadistas e Distribuidores de Produtos Industrializados – ABAD;

- ii) Associação Brasileira do Alumínio – ABAL;
- iii) Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação – ABIA;
- iv) Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos – ABIHPEC;
- v) Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos Industrializados – ABIMAPI;
- vi) Associação Brasileira de Indústria de Águas Minerais – ABINAM;
- vii) Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação – ABINPET;
- viii) Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE;
- ix) Associação Brasileira da Indústria do PET – ABIPET;
- x) Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins – ABIPLA;
- xi) Associação Brasileira da Indústria do Plástico – ABIPLAST;
- xii) Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas – ABI;
- xiii) Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA;
- xiv) Associação Brasileira de Bebidas – ABRABE;
- xv) Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas – ABRAFATI;
- xvi) Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio – ABRALATAS;
- xvii) Associação Brasileira de Supermercados – ABRAS;
- xviii) Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ;
- xix) Instituto Socioambiental dos Plásticos – PLASTIVIDA;
- xx) Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja - SINDICERV.

Ressalta-se que as empresas responsáveis por fabricação, importação, comercialização e distribuição de cápsulas de café no país são membros das associações que assinaram o acordo setorial e que, portanto, respondem às obrigações definidas no mesmo.

Nas ações definidas para a fase 1 do acordo de logística reversa de embalagens, destacam-se os itens IV, VII e VIII como de interesse para o presente estudo:

- Fortalecimento da parceria indústria/comércio para triplicar e consolidar os pontos de entrega voluntária (PEV), os quais são implementados de acordo com critérios técnicos e operacionais estabelecidos pelas empresas signatárias;
- Instalação de PEV em lojas do varejo, de acordo com os critérios técnicos e operacionais estabelecidos no Acordo Setorial;
- Investimento em campanhas de conscientização com o objetivo de sensibilizar os consumidores para a correta separação e destinação das embalagens, podendo ser realizadas através de mídia televisiva, rádio e cinema, entre outras mídias.

### 2.3.3 Conscientização Ambiental

O art 1º da Lei n. 9.795/99 define educação ambiental como “[...] os processos por meio dos quais o indivíduo desenvolve competências voltadas para conservação do ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e a sustentabilidade” (BRASIL, 1999). Atualmente, o conceito de educação ambiental assume um caráter que envolve o equilíbrio entre o homem e ambiente, com perspectiva de um futuro pensado e vivido numa lógica de desenvolvimento e progresso. Deve haver um equilíbrio em desenvolvimento e preservação, um sendo componente do outro. (ISENHART et al, 2009).

Os hábitos de consumo das sociedades são um dos principais causadores de agravos ao meio ambiente, sendo a poluição o seu impacto principal. Isto ocorre pelo fato de os consumidores não se conscientizarem de que essa consequência é causada por eles próprios, além de não entenderem que estão se prejudicando diretamente (GUIMARÃES, 2015). No Brasil há uma grande necessidade de conscientização ambiental não só nas escolas, desde os primórdios até o ensino superior, como para o adulto que é parte integrante da sociedade e que contribui significativamente com seus hábitos para a preservação ou não do ambiente em que vive. Inseridas neste contexto, para a busca de um equilíbrio ambiental, portanto, são cruciais as iniciativas de educação e conscientização ambiental que partam também das empresas e indústrias, que promovam o consumo sustentável se alicerçando nas premissas da gestão ecologicamente adequada dos resíduos de seus produtos, informando os consumidores da melhor maneira de gerenciar os resíduos gerados por

seus produtos e fornecendo alternativas sustentáveis para destinação adequada dos mesmos desde a concepção do produto (LARSEN, 2017).

A conscientização ambiental favorece avanços na qualidade de vida, capacita as pessoas a fazerem escolhas sustentáveis e cria uma consciência acerca das responsabilidades individuais na preservação do meio ambiente, que desta forma contribuem para uma redução da exploração dos recursos naturais e diminuição na geração de resíduos (LARSEN, 2017).

#### 2.3.4 Coprocessamento no Brasil

Resíduos sólidos que não conseguem ser reciclados, seja por inviabilidade econômica ou tecnológica, necessitam de uma destinação ambientalmente adequada e legalmente possível. Em 2011 o país campeão na recuperação e destinação de plásticos foi a Alemanha (34%), seguida pela Suécia (33,2%), Bélgica (29,2%) e Itália (23,5%), países que incineram a maior parte do plástico coletado seletivamente (CEMPRE, 2017). No Brasil, o material pode ser destinado para coprocessamento em fornos de cimento desde que atenda às leis vigentes à atividade. O coprocessamento é uma tecnologia que utiliza resíduos como fonte alternativa de energia, via substituição do combustível principal ou por substituição de fração da matéria-prima (ABCP, 2011). O destino do resíduo para a atividade, pode ser definido, portanto, como uma reciclagem energética – em vez de recuperar a matéria prima contida no resíduo, recupera-se a energia disponível no mesmo.

A tabela 2 apresenta as legislações existentes no Brasil que abordam o assunto:

TABELA 2 - LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS QUE ABORDAM SOBRE COPROCESSAMENTO

LEGISLAÇÃO	ESFERA
CONAMA 264/1999 – Regulamento o coprocessamento	Federal
PNRS – 12.305/2010	Federal
IN 1 IBAMA/2013	Federal
CEMA 76/2009 – Paraná	Estadual
COPAM 154/2010 – Minas Gerais	Estadual
FEPAM – 016/2010 – Rio Grande do Sul	Estadual
CETESB P4.203/2013 – São Paulo	Estadual

Fonte: ABCP, 2017.

O Art. 9º da PNRS enfatiza que, na gestão e gerenciamento dos RSU, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e, em seu § 1º, admite que possam ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos RSU, desde que tenham sido comprovadas suas viabilidades técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental. O Decreto Federal nº 7.404/2010 inclui o coprocessamento na lista dos processos de recuperação energética que podem utilizar os RSU, desde que obedeçam as normas estabelecidas pelos órgãos competentes, sendo a mesma (recuperação energética dos RSU) disciplinada de forma específica e em ato conjunto com os Ministérios de Meio Ambiente, de Minas e Energia e das Cidades e por meio de legislações específicas estaduais.

A condição de coprocessamento é atingida quando as características físico-químicas de resíduos permitem a sua utilização nos fornos das fábricas de cimento, seja para a substituição energética ou da matéria-prima. As propriedades do processo de fabricação de cimento aliadas à alta tecnologia envolvida no conjunto de equipamentos integrados à linha de produção, em que o forno rotativo desenvolve um papel fundamental quanto às características e controle da combustão, provocam a destruição térmica dos resíduos (MARINGOLO, 2001).

As condições teóricas envolvidas no processo de queima do clínquer permitem a recuperação térmica da energia associada ao resíduo transformando-o em material inerte que não causa danos ao meio ambiente.

Porém, nem todos os resíduos podem ser coprocessados na indústria de cimento. A composição química final do cimento e o impacto ambiental aliado ao processo de fabricação devem ser levados em consideração na decisão da viabilidade da sua utilização. Entre os resíduos não viáveis ao coprocessamento destacam-se: rejeito nuclear, resíduo contaminado proveniente do serviço de saúde, baterias e RSU sem nenhum processamento prévio (BRASIL, 1999).

Os requisitos para composição química dos resíduos para licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer e atividade de coprocessamento de resíduos foram estabelecidos pela resolução Conama nº 264 de 26 de agosto de 1999. O artigo

28 desta resolução estabelece os limites máximos de emissão atmosférica, apresentados pela tabela 3.

TABELA 3 - LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO EM FORNOS DE COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS

POLUENTE	LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO
HCl	1,8kg/h ou 99% de redução
HF	5 mg/Nm <sup>3</sup> , corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
CO	100 ppmv, corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
MP	70 mg/Nm <sup>3</sup> farinha seca, corrigido a 11% de O <sub>2</sub> (base seca)
THC (expresso como propano)	20 ppmv, corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
Mercúrio (Hg)	0,05 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
Chumbo (Pb)	0,35 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
Cádmio (Cd)	0,10 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
Tálio (Tl)	0,10 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	1,4 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+Se+Sn+Te+Zn)	7,0 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)

Fonte: CONAMA, 1999.

No Artigo 29, é estabelecido que os limites de emissão dos poluentes poderão ser mais restritivos, a critério do Órgão Ambiental local. No estado do Paraná, a atividade foi regulamentada em dezembro de 2009, quando o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA), ente pertencente à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA), publicou a resolução n° 76, que:

Estabelece a exigência e os critérios na solicitação e emissão de Autorizações Ambientais para coprocessamento de resíduos em fornos de cimento, com fins de substituição de matéria prima ou aproveitamento energético. (PARANÁ, 2009, p. 1).

A resolução impõe as seguintes obrigações quanto à concentração de elementos químicos presentes no resíduo destinados para coprocessamento:

Artigo 3°, item XI, proíbe a destinação de resíduos que contenham concentrações superiores de:

a) Cádmio (Cd) + Mercúrio (Hg) + Tálio (Tl) até 200 mg/kg, sendo Hg menor ou igual a 10 mg/kg.

b) Arsênio (As) + Cobalto (Co) + Níquel (Ni) + Selênio (Se) + Telúrio (Te) até 5.000 mg/kg, sendo Selênio (Se) até 100 mg/kg.

c) Cromo (Cr) até 5.000 mg/kg e Chumbo (Pb) até 5.000 mg/kg.

O artigo 4º apresenta condições mínimas para a avaliação dos resíduos, devendo atender a pelo menos um dos seguintes itens:

I - Resíduos energéticos ou mistura de resíduos, substitutos de combustível, com poder calorífico superior (PCS) acima de 1.500 kcal/kg;

II - Resíduos com poder calorífico superior (PCS) acima de 1.000 kcal/kg, quando destinados à mistura, dentro ou fora do estado, com resíduos de maior poder calorífico ou para pontos de alimentação específicos que necessitem entradas com menor poder calorífico, desde que não ultrapassem as concentrações estabelecidas no inciso XI do art. 3º;

III - Resíduos substitutos da matéria prima de fabricação de cimento, com teor acima de 50%, em base seca, da soma dos óxidos  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$  e  $Na_2O$ , desde que não ultrapassem as concentrações estabelecidas no inciso XI do art. 3º;

IV - Resíduos que não se encaixem nas categorias acima, mas contenham teor mínimo de 0,5% e máximo de 30% da soma de mineralizadores/fundentes (fluoretos,  $P_2O_5$ ,  $CuO$ ,  $ZnO$ ,  $Li_2O$ ,  $TiO_2$ ) e teor mínimo de 15% da soma dos óxidos relacionados no inciso III, em base seca, desde que não ultrapassem as concentrações estabelecidas no inciso XI do art. 3º.

Um outro item importante para a análise de destinação de coprocessamento de plásticos é a concentração de cloro no resíduo, principalmente de organoclorados, pois geram dioxinas e furanos durante o processo de combustão além de danificarem os equipamentos nas cimenteiras. No Brasil, a concentração máxima de cloro permitida varia de empresa para empresa, sendo um parâmetro de controle de processo particular para cada unidade fabril. No estado do Paraná, as cimenteiras utilizam como concentração máxima permitida o valor de 0,5% de cloro em amostra bruta de resíduo (PARANÁ, 2009).

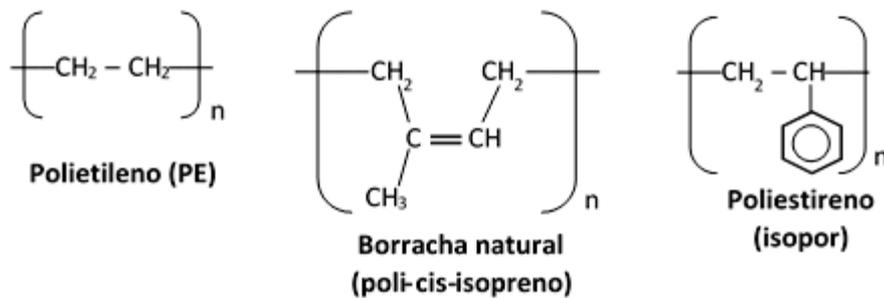
## 2.4 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE CÁPSULAS

### 2.4.1 Polímeros

Mero é uma unidade de medida de repetição. Um polímero é, portanto, um conjunto de monômeros, que ligados um a um por ligação covalente em reação de polimerização formam uma macromolécula. A figura 8 ilustra cadeias com repetições de monômeros que geram diferentes tipos de polímeros.

Por ser um conjunto de monômeros, o comprimento dos polímeros varia de acordo com o número de ligações/repetições, alterando, portanto, a massa molar da macromolécula e por consequência suas propriedades físicas, como dureza, oxidação, densidade, resistência à solventes, etc (CANEVAROLO, 2006).

FIGURA 8 - EXEMPLOS DE POLÍMEROS.



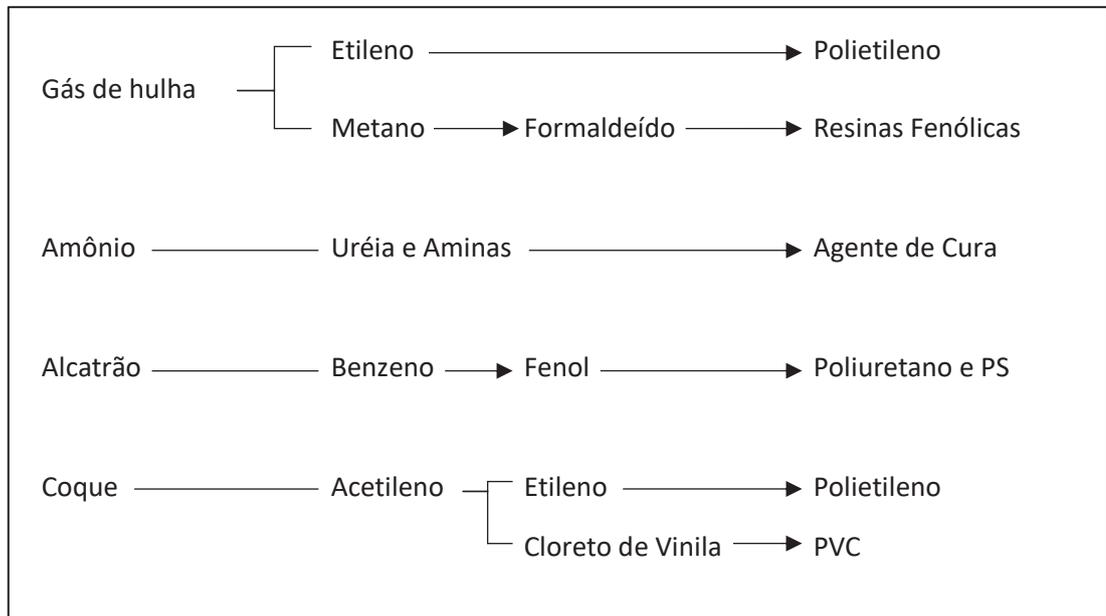
Fonte: Adaptado de CANEVAROLO, 2006.

As fontes de matérias-primas principais para produção de monômeros e polímeros são o carvão mineral, petróleo e produtos naturais.

O grupo dos produtos naturais inclui compostos como celulose, borracha natural (poli-cis-isopreno), óleo de mamona e óleo de soja. A celulose pode receber tratamento com ácido nítrico para produzir o polímero nitrato de celulose, enquanto que o óleo de mamona é fonte de matéria prima para produção de náilon 11 e o de soja para produção de náilon 9.

O carvão mineral através do processo de destilação seca produz amônio, coque, gases de hulha e alcatrão, compostos fonte para produção de diversos polímeros comercialmente conhecidos (figura 9) (CANEVAROLO 2006).

FIGURA 9 - POLÍMEROS PRODUZIDOS A PARTIR DE CARVÃO MINERAL



Fonte: adaptado de CANEVAROLO, 2006.

O petróleo é a fonte principal e mais importante para produção de polímeros. Através do craqueamento térmico da fração de nafta, é possível obter compostos como etano, etileno, propano, propileno, butadieno e isobutileno. Dentre estes, o trio etileno-propileno-butadieno é responsável por produzir diversos compostos de extrema importância para a indústria, como: polietileno e copolímeros, PVC, poliestireno, poliésteres, polipropileno, neopreno, resinas acrílicas, polibuteno, dentre muitos outros. Apesar de ser a fonte mais atraente para produção de polímeros, apenas 4% de todo petróleo extraído são utilizados para produção de plásticos (CANEVAROLO, 2006).

Os polímeros podem ser divididos em três grandes classes de acordo com sua estrutura química: plásticos, borrachas e fibras (CANEVAROLO, 2006). Os polímeros de interesse deste estudo são os plásticos.

O plástico é uma cadeia polimérica de alta massa molar que possui estado sólido como produto acabado (CANEVAROLO, 2006). Os plásticos podem ser subdivididos nas seguintes categorias:

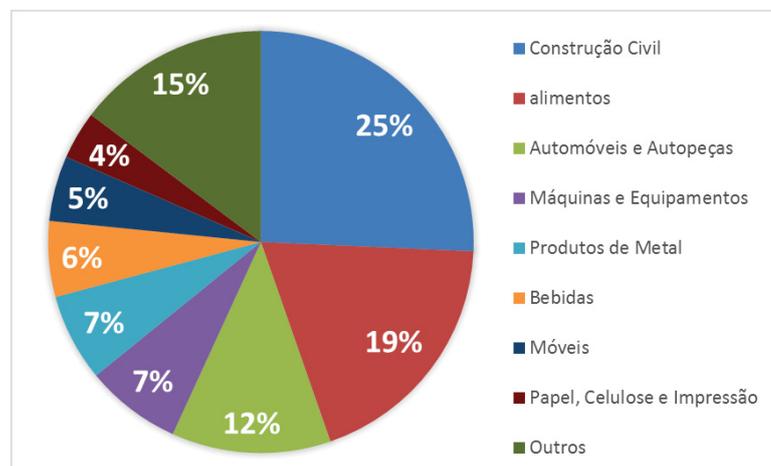
- Termoplásticos: são plásticos que quando submetidos a determinado aquecimento e pressão se tornam mais fluidos (aumento de viscosidade), podendo ser moldados e conformados. Com a retirada

das fontes de calor e pressão, o material resfria e solidifica novamente, retendo o formato à que foi conformado. Este processo pode ser realizado repetidas vezes (reversível), o que confere reciclabilidade ao material. São também fusíveis e solúveis (CANEVAROLO, 2006). São termoplásticos: polietileno, polimetil-metacrilato, poliestireno, poliuretano, policarbonato, dentre outros.

- Termofixos: Segundo a IUPAC, termofixos são plásticos em estado sólido ou viscoso que através de cura formam ligações cruzadas irreversíveis, os tornando infusíveis e insolúveis. Ao serem aquecidos a determinada temperatura, os plásticos termofixos se decompõem, tornando o material não reciclável. São termofixos: poliacetato de etileno vinil, resinas epóxi, resinas de silicone, entre outros.

De acordo com a Associação Brasileira de Indústria do Plástico (ABIPLAST), em 2016 a produção de transportados plásticos foi de 5,8 milhões de toneladas. Com um faturamento de R\$ 64,5 bilhões, os três setores que mais consumiram plástico no país foram o de construção civil, alimentos e automóveis e autopeças (figura 10).

FIGURA 10 – CONSUMO DE PLÁSTICO POR SETORES.



Fonte: Adaptado de ABIPLAST, 2016

De toda a produção do material, cerca de 10,8% (625 mil toneladas) provêm de reciclagem de plástico pós consumo.

TABELA 4 - PLÁSTICOS MAIS CONSUMIDOS NO BRASIL EM 2016

Plástico	%
PP	21,9
PVC	15,7
PEAD	17,5
PEBD	10,6
PEBDL	12,5
PET	7,2
PS	4,6
EPS	2,3
EVA	1,4
Plásticos de Engenharia	6,2

Fonte: Adaptado de ABIPLAST, 2016

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2010), o potencial econômico atualmente desperdiçado pela não reciclagem dos resíduos plásticos é da ordem de 5,8 bilhões de reais. Se todos os resíduos plásticos com o potencial de reciclagem recebessem esta destinação, haveria redução de 78% de emissões de consumo de energia frente ao material virgem. Nota-se, portanto, não só o enorme potencial econômico da inclusão deste tipo de material no ciclo de reciclagem, como a importância e as vantagens ambientais que seriam obtidas ao diminuir a quantidade de matéria prima extraída na fonte.

#### 2.4.2 Alumínio

O alumínio é um metal comum no meio ambiente e um dos mais abundantes da crosta terrestre. O material é obtido a partir do minério bauxita, necessitando ser refinado e reduzido, processo que consome enorme quantidade de energia. As principais tecnologias para refino e redução eletrolítica são os processos Bayer e Hall-Héroult, que envolvem a obtenção da alumina do minério e sua transformação de alumina calcinada em alumínio metálico (PIRES, 2007).

O alumínio é muito utilizado devido as suas características físico-químicas – metal atóxico, resistente e maleável, é utilizado como matéria-prima nas indústrias de automobilismo, construção civil, no acondicionamento de alimentos, produtos de higiene e beleza e medicamentos. A lata de alumínio é 100% e infinitamente reciclável, o que diminui os danos ao meio ambiente e, portanto, amplamente utilizada pelas indústrias de bebidas.

A produção de alumínio a partir da reciclagem é extremamente vantajosa em relação a sua fabricação a partir do minério da bauxita - o consumo de energia é reduzido em até 95% (PIRES, 2007). De acordo com Pires, no Brasil, “a reciclagem de latas de alumínio proporcionou em 2003 uma economia de energia de 1576 GWh/ano, o que equivale a 0,5% de toda energia gerada no país, o suficiente para abastecer uma cidade como Campinas com 1 milhão de habitantes”.

É de grande interesse sócio-econômico-ambiental, portanto, que a porcentagem de alumínio reciclado no país cresça, não somente no setor de latas, mas em todas as esferas que utilizam o material na fabricação de seus produtos.

## 2.5 VIABILIDADE DE RECICLAGEM

A escolha da melhor solução a ser dada a um material pós-consumo depende de uma série de considerações, dentre elas diretamente o produto em questão e, no caso do plástico, da resina com que ele foi feito. Entre os aspectos a serem considerados estão: viabilidade técnica e econômica, logística e legislação ambiental e sanitária. As embalagens em particular apresentam alta dificuldade, devido ao baixo valor agregado, o alto volume e a qualidade geralmente inaceitável do material reciclado a partir delas (GORNÍ, 2006).

Qualquer material para ser reciclável deve apresentar, inicialmente, viabilidade econômica e técnica.

Entende-se como viabilidade econômica a obtenção de custo de captação e processamento na forma que o mercado exige, com margem de lucro suficiente para incentivar a cadeia produtiva da reciclagem deste material.

Para aferir a viabilidade econômica do processo de reciclagem existem diversas metodologias. De acordo com Duston (1993), de maneira sucinta, a viabilidade econômica pode ser determinada pela equação 1:

$$G = V - C \quad (1)$$

Onde (V) é o custo obtido da venda dos materiais recicláveis, (C) é o custo do processo de reciclagem e (G) representa a viabilidade econômica do processo obtida pela diferença entre os dois parâmetros anteriores.

Outro modelo utilizado é o proposto por Sabetai Calderoni (2003), em que são inclusos outros fatores:

$$G = (Vc - Vp) - C + E + W + M + H + A + D \quad (2)$$

Onde:

G = viabilidade ou ganho com o processo de reciclagem;

Vc = Ganho com a venda dos materiais recicláveis;

Vp = Gasto com aquisição dos materiais;

C = Custo do processo de reciclagem;

E = Custo evitado de disposição final;

W = Ganhos decorrentes da economia no consumo de energia

M = Ganhos decorrentes da economia de matérias primas;

H = Ganhos decorrentes da economia de recursos hídricos;

A = Ganhos com a economia de controle ambiental;

D = Demais ganhos econômicos (subsídios, vida útil do equipamento, entre outros);

Esta metodologia considera que o processo de reciclagem confere ganho não só para a indústria, mas como para o meio ambiente, sociedade e para o poder público. A metodologia vem sendo aplicada para avaliar a valoração de resíduos sólidos comuns.

A viabilidade técnica deve ser obtida via tecnologias e etapas de processamento que não degradem as características do material ao mesmo tempo confirmam forma e pureza desejadas. A qualidade técnica é baseada nas propriedades de pós processamento, se há perda de fluidez, degradação física ou molecular, cor, resistência mecânica e térmica, etc. A qualidade técnica define o preço e os possíveis usos do material reciclado.

São apresentados a seguir alguns critérios classificatórios de qualidade técnica para plásticos:

- Cor – o material a ser reciclado pode ser classificado em três categorias, de acordo com a coloração predominante: materiais de cor preta, branca e coloridos. O material que apresenta cor ou aparência mais escura

indica, em geral, contaminação por impurezas (limpeza incompleta) ou pigmentos de cores usadas nas embalagens para estampar o plástico.

- Qualidade/Pureza – inclui as características físico-químicas do material (rigidez, resistência térmica, resistência mecânica, viscosidade) e pureza da matéria prima frente a contaminantes.
- Forma – estado e formato em que se encontra o material pós reciclagem (filme, granulado, pellets, dentre outros).

O polipropileno normalmente é comercializado em forma de granulado. Esta forma facilita o processamento de aquecimento necessário para o uso em máquinas injetoras ou extrusoras.

O alumínio é caracterizado pela alta reciclabilidade. Se bem separado da embalagem, limpo e armazenado, geralmente se obtém a conservação das propriedades técnicas do material.

Os melhores preços do material pós consumo são obtidos se fundidos e em forma de tarugos, que possibilita processamento direto pelo comprador. Porém o processo de fusão deste material envolve alto consumo de energia, girando em torno de 95 kcal para quilograma de alumínio pós consumo, a uma temperatura de 659°C (MASSA, 2017). O alto custo de processamento para obtenção do alumínio fundido impede que pequenos recicladores comercializem o material neste formato.

Apesar de certas dificuldades operacionais, a reciclagem do alumínio é vantajosa. A redução do consumo de energia para obtenção do alumínio matéria prima a partir do reciclado reduz em até 95% o gasto de energia elétrica em relação ao processo primário de extração. Atualmente o Brasil recicla alumínio de retalhos de chapas, perfis, laminados e principalmente de latas de alumínio (RE9 RECICLE, 2017).

Ao reciclar qualquer material, sob o ponto de vista da viabilidade econômica, além da logística de coleta, deve ser levada em consideração a quantidade de etapas/operações unitárias até a segregação dos materiais individualmente ou até mesmo em misturas recicláveis. Esta separação está relacionada aos mercados de reprocessamento. Não é usual o reciclo de plástico e alumínio em mistura, pois o número de aplicações comerciais para este tipo de resíduo mistura é bastante reduzido, estando limitado no Brasil basicamente à produção de telhas ecológicas

(feitas de embalagens longa vida). Não se deve misturar por exemplo, polietileno e polipropileno, pois são mercados de processamento diferentes. Quando a quantidade de diferentes tipos de materiais para a reciclagem em um único processo juntos é grande, o preço de processamento é geralmente inviável. Por isto dificilmente a reciclagem de materiais coletados de forma bruta é realizada apenas via simples etapa de segregação pós consumo. Um caso clássico de simples segregação é o reciclo de latas de alumínio. As cápsulas, portanto, entram na categoria de que não são resíduos que possam ser reciclados via simples segregação – necessitam de etapas de processamento para obter valor no mercado de recicláveis.

Quanto maior a quantidade de operações necessárias para coleta, transporte, separação e processamento para obtenção do produto final, mais oneroso será o processo e menor a margem de lucro que apresente atrativo para a realização da reciclagem.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para restringir o escopo da pesquisa, optou-se por realizar a avaliação com uma marca de cápsulas de café, de composição mista, que será doravante denominada marca A. A marca A é a principal marca consumida de cápsulas de café de composição mista no Brasil. O principal motivo da escolha foi a abrangência do consumo da marca, e, portanto, a quantidade de resíduo gerado desta cápsula, e a dificuldade associada por um resíduo de composição mista (mais de um material).

Em fevereiro de 2017 foi realizado o mapeamento dos produtos disponíveis da marca A, através de pesquisa de mercado dos sabores ofertados, visando obter informações sobre o estado e características das cápsulas após utilização na máquina de café.

A obtenção de todos os produtos pós consumo foi realizada através de doações de consumidores frequentes da marca A, de modo a abranger todas as cápsulas ofertadas no mercado por esta marca.

Primeiramente, realizou-se uma análise gravimétrica para determinar as frações dos materiais presentes no resíduo. Em seguida, a análise foi complementada por dois ensaios termoanalíticos, termogravimetria (TGA) e calorimetria exploratória diferencial (DSC), com o objetivo de identificar os tipos de polímeros presentes na fração de plástico. O resíduo foi então submetido a análises físico-químicas para identificação dos metais, inorgânicos, cloro, enxofre, flúor, sólidos, cinzas e determinação do poder calorífico para avaliação de atendimento à resolução CEMA 76:2009.

#### 3.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES DE DESTINAÇÃO E MERCADO

A pesquisa teve caráter qualitativo, modalidade que defende que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, de forma a gerar conhecimentos sobre o tema abordado. As entrevistas e questionário tiveram caráter exploratório, que possui como objetivo investigar uma situação para propiciar aproximação e familiaridade com o assunto, gerando maior compreensão (ZAMBERLAN et al, 2014). Procurou-se entender o cenário atual do consumo das cápsulas de café de composição mista da marca A e identificar o destino atual do resíduo no município de Curitiba.

Foram realizadas as seguintes ações:

- Entrevista com o responsável técnico pela Unidade de Valorização de Resíduos (UVR) de Campo Magro, que recebe parte dos resíduos recicláveis de Curitiba, a fim de verificar se o resíduo chega via coleta seletiva realizada pelos consumidores em casa. O roteiro da entrevista pode ser encontrado no apêndice C.
- Entrevista com as associações de catadores do município de Curitiba, a fim de verificar se os mesmos entram em contato com o resíduo, se o recolhem e para quem vendem; O roteiro da entrevista pode ser encontrado no apêndice B. As entrevistas foram aplicadas nos meses de janeiro e fevereiro de 2017.
- Aplicação de questionário sobre o consumo de cápsulas de café, objetivando se ter uma noção da parcela da população de Curitiba que consome a marca A, e se a mesma possui conhecimento de como destinar o resíduo corretamente; O questionário foi aplicado na Pontifícia Universidade Católica do Paraná, unidade Prado Velho. O questionário desenvolvido foi composto por perguntas objetivas e pode ser encontrado no apêndice A. No total 72 voluntários responderam ao questionário.
- Levantamento dos PEVs disponíveis em Curitiba.

Também foi realizado o levantamento sobre os rótulos das embalagens externas de cápsulas de café nos supermercados de Curitiba. O levantamento foi realizado em uma unidade de cada uma das seguintes redes de supermercados do município: Condor, Angeloni, Muffato, Festival, BIG, Mercadorama e Pão de Açúcar. Conferiu-se nas embalagens externas de todas as marcas disponíveis de café de dose individual ofertadas pelo empreendimento se foi utilizada a simbologia definida na NBR 13230:2008 para identificação do material presente, tanto na embalagem externa quanto na interna. Foi também verificado se outras informações sobre destinação ou identificação do material da embalagem do produto estavam presentes.

### 3.2 ANÁLISE GRAVIMÉTRICA

Para determinação da composição gravimétrica das cápsulas, a metodologia utilizada é descrita resumidamente na tabela 5 e em detalhes logo em seguida. O

procedimento foi realizado no TQO - Laboratório de Tecnologia Orgânica, localizado na Universidade Federal do Paraná.

TABELA 5 - METODOLOGIA DE ANÁLISE GRAVIMÉTRICA

ETAPA	METODOLOGIA
1	Abertura da cápsula, descarte de líquido e pó de café presente em seu interior.
2	Separação visual das frações do resíduo.
3	Limpeza de cada fração com água, para retirar eventual resquício de café.
4	Secagem parcial por papel absorvente.
5	Secagem à temperatura ambiente por 48h.
6	Pesagem de cada fração em balança analítica.
7	Aferição das dimensões de cada fração

Fonte: O autor.

A tampa da cápsula é perfurada com um objeto cortante afiado (faca) e raspada no bocal até que a mesma solte do corpo da cápsula; se houvesse presença de líquido dentro do copo, o mesmo era descartado. Nos copos com café moído, o filme transparente distribuidor foi perfurado e cortado ao longo das laterais até ser solto;

A borra do café foi retirada e armazenada e o copo lavado. A folha de metal foi cuidadosamente retirada com a ajuda de uma faca e pinça. O filtro preto ou branco foi então solto do copo da cápsula obtendo todas as frações separadas.

Após a separação, o material foi lavado em água corrente e limpo com escova e bucha, sem detergentes, delicadamente, até que não houvesse material orgânico (borra de café, resto de pós solúveis ou líquidos). Cada parte foi disposta sobre papel toalha e deixado para secar em local arejado em sombra por 48 horas em temperatura ambiente de 25°C. As características visuais do interior da cápsula foram registradas após a abertura das mesmas.

Para aferição do peso de cada uma das cápsulas e suas partes, foi utilizado o seguinte procedimento:

O prato da balança analítica foi limpo antes de ligar o equipamento; a balança foi então ligada e zerada; o recipiente utilizado para a pesagem foi tarado e o material

a ser pesado foi colocado dentro do recipiente; a janela da balança foi fechada; o material foi pesado e seu resultado foi anotado.

As dimensões das cápsulas foram aferidas com paquímetro. A altura da borra de café e o filme transparente foram medidos em relação à tampa do copo.

Uma vez separadas as frações, as mesmas foram destinadas ao processo de determinação da composição química.

### 3.3 ANÁLISE DE CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS

Para a caracterização dos polímeros, os métodos escolhidos fazem parte da categoria de análise térmica: termogravimetria e calorimetria exploratória diferencial. Ambas técnicas envolvem a aplicação de variações de temperatura sobre as amostras, de modo a se obter propriedades térmicas das mesmas (temperatura de fusão cristalina, entalpia de fusão, etc) e auxiliar na identificação do material.

#### 3.3.1 Termogravimetria

A análise termogravimétrica foi realizada no Laboratório de Analítica da Universidade Federal do Paraná e operado pela técnica responsável pelo equipamento, Patricia Kanczewski Iwankiw. O equipamento utilizado foi o analisador termogravimétrico modelo TGA 4000 da Perkin Elmer do Brasil Ltda.

Partindo das frações previamente segregadas e limpas, a amostra para cada corrida foi preparada através de corte por furador redondo (figura 11), que possui o diâmetro adequado para a panela do equipamento. A massa mínima utilizada nos ensaios foi de 2,0 mg, sendo necessária na fração do filme a utilização de dois círculos para atingir este valor.

FIGURA 11 - PERFURADOR REDONDO E TAMPA COM AMOSTRA RETIRADA



Fonte: O autor.

A amostra foi então colocada dentro da panela de cerâmica e inserida no equipamento, onde tem sua massa pesada.

FIGURA 12 - INSTRUMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO



Fonte: O autor.

A amostra é então submetida à corrida especificada, cujos parâmetros são apresentados na tabela 6.

TABELA 6 - PARÂMETROS OPERAÇÃO TGA 4000

GÁS	VAZÃO DO GÁS	PASSO	VARIAÇÃO DE TEMPERATURA
Nitrogênio	20 ml/min	10°C/min	30°C a 995°C

Fonte: O autor.

Todas as análises foram realizadas com a especificação acima. A limpeza das panelas foi realizada com ar sintético à 900°C. A calibração do equipamento foi realizada com amostras de ferro, perkalloy e alumel.

Os dados para construção das curvas termogravimétrica e termogravimétrica derivada foram fornecidos pelo programa Pyris 6™ acoplado ao equipamento e tratados através do *software* Origin™.

FIGURA 13 - TGA 4000 PERKIN ELMER



Fonte: O autor.

### 3.3.2 DSC – Calorimetria Exploratório Diferencial

A análise termogravimétrica foi realizada no Laboratório de Polímeros do Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná, sob responsabilidade da professora doutora Sonia Faria Zawadzki. A calorimetria exploratória diferencial foi realizada em panela de alumínio no equipamento modelo DSC 200F3 da NETZSCH, com amostras de 1,5 mg a 9 mg, em 3 corridas. As panelas tiveram a tampa prensada para reduzir o gradiente térmico na amostra. Cada amostra foi aquecida de 20°C a 200°C com taxa de aquecimento de 10K/min sob atmosfera de nitrogênio, resfriada de 300°C para -40°C e aquecida novamente até 300°C. Os parâmetros térmicos e de cristalização foram obtidos das varreduras de aquecimento e resfriamento. O valor de  $T_m$  foi considerado como o pico de fusão endotérmico máximo da varredura de aquecimento, e  $T_c$  o pico exotérmico de cristalização da varredura de resfriamento. O calor de fusão ( $\Delta H_f$ ) e o calor de cristalização foram determinados das áreas dos picos de fusão e cristalização, quando aplicáveis. Os valores da temperatura de início de

fusão ( $T_{onset}$ ), temperatura de fusão cristalina ( $T_m$ ), temperatura de cristalização ( $T_c$ ), entalpia de fusão ( $H_f$ ), largura do pico de fusão ( $\Delta T_m$ ), entalpia de cristalização ( $H_c$ ), largura do pico de cristalização ( $\Delta T_c$ ) e curvas da varredura foram obtidas pelo software Netzsch Proteus Software™ acoplado ao equipamento.

### 3.4 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Para a realização das análises físico-químicas do resíduo, as cápsulas pós consumo foram enviadas para o laboratório Mérieux NutriSciences, laboratório contratado, cadastrado no Instituto Ambiental do Paraná segundo número de documento IAPCCL-52 e acreditação na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 pelo INMETRO com número CRL 0655. O laboratório está localizado no município de Curitiba, Paraná.

As análises seguiram as seguintes referências metodológicas:

TABELA 7 - METODOLOGIAS DE ANÁLISE FÍSICO QUÍMICAS

ANÁLISE	METODOLOGIA
Análise Química de Metais	ICP-OES - espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente. Determinação: EPA 6010 C: 2007 Preparo: EPA 3051 A: 2007, 3052: 1996.
Aníons Inorgânicos	Cromatografia Iônica Determinação: EPA 300.0: 1993
Análise de Cloro, Enxofre e Flúor	Cromatografia Iônica Determinação: EPA 300.0: 1993 Preparo: EPA 5050: 1994.
Poder Calorífico	POP PA 143 – Ver. 06.
Sólidos e Cinzas	POP PA 058 - Rev. 06.

Fonte: O autor.

### 3.5 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE VIABILIDADE DE RECICLAGEM

Foram utilizados os dados obtidos das análises de composição química da cápsula e dos valores de mercado como preço de venda de polímero e alumínio para realizar a análise de viabilidade de reciclagem.

A metodologia para análise de viabilidade utilizada foi a equação (2) proposta por Calderoni em 2003, apresentada no item 2.4.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados dos levantamentos e análises realizadas para caracterização e classificação dos materiais da cápsula de café da marca A, bem como a viabilidade de reciclagem do resíduo e destinação para coprocessamento.

### 4.1 INFORMAÇÕES DE MERCADO E DESTINAÇÃO

São apresentados a seguir na tabela 8 os resultados dos sabores e tipos diferentes de cápsulas ofertadas pela marca A no período de levantamento dos dados.

TABELA 8 - DADOS SOBRE SABORES COM UMA CÁPSULA POR PREPARAÇÃO

NOME DO PRODUTO	TIPO	NÚMERO DE CÁPSULAS POR PREPARAÇÃO	PRESENÇA DE BORRA DE CAFÉ PÓS CONSUMO
SABORES 1 A 9	Café	1	sim
SABORES 10 E 11	Café	1	não
SABOR 12	Chocolate – pó instantâneo	1	não
SABORES 13 A 15	Chá – pó instantâneo	1	não
SABORES 16 A 19	Café e leite em pó instantâneo	2	sim
SABORES 20 E 21	Chocolate e leite em pó instantâneo	2	não

Fonte: O autor.

Apresentando um total de 21 sabores/tipos diferentes de cápsulas, a marca A comercializa não só cápsulas contendo pó de café moído para serem coados na máquina, como também produtos que contêm em seu interior bebidas instantâneas em pó, como chocolate, chá e leite. Cada sabor apresenta uma cor diferente na embalagem da cápsula, ou seja, um polímero que recebeu corante, o que é um agravante no processo de reciclagem pela dificuldade de segregar resíduos de plástico por cores diferentes, por conta do preço de venda individual de cada cor.

A maioria das cápsulas contendo pós instantâneos possuíam o corpo da cápsula em cor branca, enquanto que o restante apresentou colorações variadas para o corpo. As tampas apresentaram cores individuais para cada sabor.

Pode-se identificar que 71,4% das cápsulas são de preparo com apenas uma cápsula, enquanto que 28,6% necessitam de duas cápsulas para o preparo de uma dose, gerando o dobro da quantidade de resíduo.

Trinta e oito por cento das cápsulas não apresentam resíduo interno pós consumo, enquanto que 61,9% possuem borra de café em seu interior após o preparo da bebida.

#### 4.1.1 PEVS E LOGÍSTICA REVERSA

Em relação aos pontos de entrega voluntária da marca A, os pontos identificados disponíveis foram:

- 15 pontos de coleta, disponibilizados na rede de supermercados Pão de Açúcar, em 3 estados - Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro.

Levando em consideração que o principal meio de destinação ofertado pelos fabricantes das cápsulas é através de PEVs, até o final da fase 1 em 2017, a marca A abrangia somente 3 estados (Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro), com pontos de entrega restritos em sua maioria nas capitais. Percebe-se que a oferta não abrange parte significativa do país, o que provavelmente leva que o resíduo seja descartado no lixo comum das residências e empreendimentos comerciais que ofertam a bebida.

A informação sobre a disponibilidade de descarte nos PEVs está disponível somente no site da marca, não estando presente nas embalagens, o que contribui para a falta de instrução dos consumidores sobre o descarte adequado do resíduo, não atendendo o item VIII da fase 1 do acordo de logística reversa. As informações encontradas corroboram, portanto, aquelas encontradas na pesquisa realizada pela Proteste em 2016 em que todas as marcas deixaram de orientar adequadamente os consumidores da maneira correta de descarte do resíduo de seus produtos.

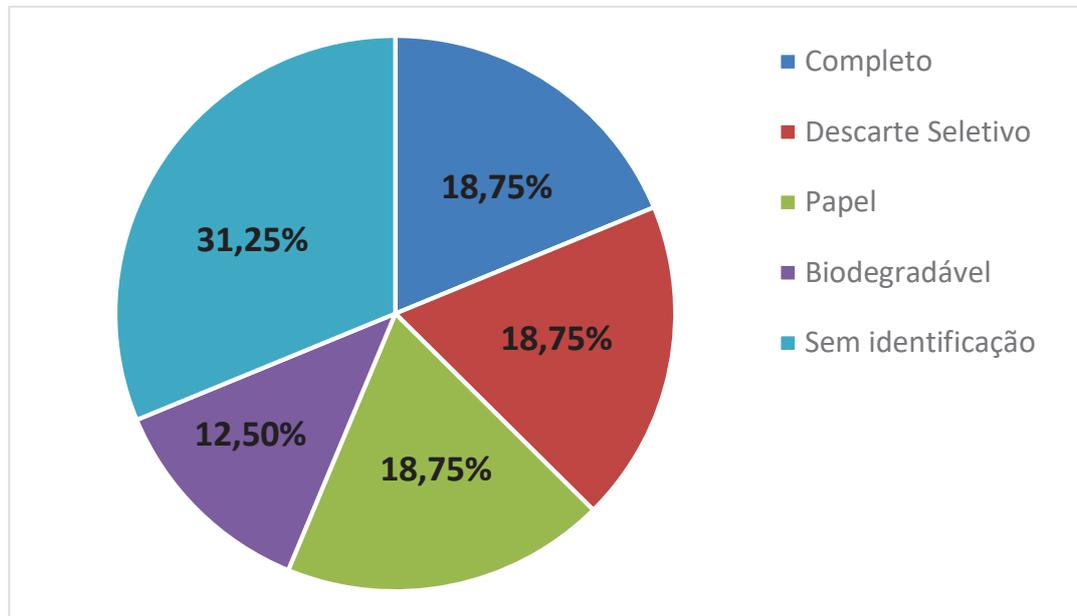
Percebe-se que apesar do estabelecimento do acordo, os resultados e ações referentes às cápsulas de café são pouco significativos até o presente momento.

#### 4.1.2 Rótulo das Embalagens

O resultado do levantamento das informações presentes sobre destinação adequada do resíduo nos rótulos de embalagens de cafés de dose individual nas

redes de supermercado no município de Curitiba é apresentado na tabela 9. Foram avaliadas 16 marcas.

FIGURA 14 - INFORMAÇÕES PRESENTES NO RÓTULO DE EMBALAGENS PARA DESTINAÇÃO DO RESÍDUO



Fonte: O autor.

Cerca de 31,25% das marcas não apresentaram qualquer tipo de simbologia descritiva do material das embalagens para destinação do resíduo, não fornecendo, portanto, qualquer tipo de informação ao consumidor sobre as embalagens contidas no produto e como o resíduo gerado por elas deve ser adequadamente descartado.

Apesar de 18,75% das marcas possuírem simbologia de descarte seletivo (figura 15), que indica a possibilidade de destinação do resíduo para coleta seletiva, a embalagem e/ou rótulo não informa ao consumidor do produto do que é feito o resíduo e como o mesmo deve ser descartado.

FIGURA 15 - SÍMBOLO DE DESCARTE SELETIVO



Fonte: O autor.

As identificações sobre composição da embalagem de papel referem-se apenas à embalagem externa do produto (caixa que contem as cápsulas), não informando sobre o resíduo das cápsulas em si.

A junção destas três categorias resulta num total de 68,9% das marcas que fornecem nenhuma informação ou informação incompleta de como destinar o resíduo gerado por consumo de cápsulas de café.

O objetivo dos códigos de identificação é facilitar a recuperação adequada do resíduo descartado e orientar consumidores. A utilização dos códigos não só orienta os consumidores, mas auxilia no controle de qualidade na separação de materiais nos centros recicladores, garantindo que o resíduo destinado para processamento seja o mais homogêneo possível, aumentando o valor de venda e reduzindo custo com processamento. Com aproximadamente 70% das cápsulas com simbologia faltante ou inadequada, foi constatada, portanto, deficiência no quesito identificação e fornecimento de informações pelos fabricantes. O fato resulta em falta de orientação ao consumidor e colaboradores que entram em contato com o resíduo de como gerenciá-lo de forma adequada.

Somente 18,75% das embalagens apresentaram informações completas dos materiais componentes do produto, incluindo do que é composto cada parte das cápsulas. O melhor exemplo identificado é apresentado na figura 16:

FIGURA 16 - EXEMPLO DE IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA CÁPSULA NA EMBALAGEM



Fonte: O autor.

A embalagem, de origem italiana, apresenta simbologia com as seguintes informações:

- Caixa – papelão – composto de papel (PAP 21);
- Embalagem transparente plástica – Outros plásticos (ALTRO 7)
- Cápsula – plástica – polipropileno (PP 5)
- Tampa da cápsula – alumínio – (ALU 41).

Também foram identificadas (figura 17) duas marcas que comercializam cápsulas biodegradáveis, uma com simbologia do padrão europeu para materiais compostáveis por processos industriais de compostagem (EN 13432: 2000) e outra com certificado biodegradável dw2™ certificado pela ABNT com a norma PE-308.01.

FIGURA 17 - EXEMPLO DE SIMBOLOS DE MATERIAL BIODEGRADAVEL IDENTIFICADOS



Fonte: O autor.

Observou-se em geral falta de padrão nas simbologias e informações fornecidas ao consumidor. Apesar da existência da norma ABNT NBR 13230:2008 a 10 anos, seu uso efetivo não foi evidenciado nas embalagens deste tipo de produto. Ressalta-se também a sugestão de ser adotada a simbologia apresentada na figura 16 associada à norma NBR 13230 para embalagens de cápsulas de café, o que garantiria um fornecimento completo e adequado de informações ao consumidor deste produto, orientando-o para o descarte adequado do resíduo gerado.

Além da ausência de informações disponíveis nas embalagens dos produtos, há pouca ou nenhuma divulgação de valores relacionados à porcentagem das cápsulas produzidas que é realmente coletada e reciclada. Ao entrar em contato com as três principais marcas de cápsulas no Brasil, os mesmos responderam que este tipo de informação é confidencial e que a divulgação, mesmo para meios acadêmicos, não era possível.

#### 4.1.3 Coleta das Cápsulas

Em entrevistas realizadas com as associações de catadores de materiais recicláveis no município de Curitiba durante os meses de janeiro e fevereiro de 2017, foram identificados os seguintes fatos:

- Os catadores, em sua maior parte, não possuem conhecimento do resíduo;

Aqueles que possuem conhecimento não recolhem pelos seguintes motivos:

- O volume do resíduo encontrado não é economicamente atrativo;
- Não há compradores para o resíduo;

Uma vez identificado que as cápsulas não estavam sendo encontradas ou recolhidas por catadores, foi direcionada a procura para a Unidade de Valorização de Recicláveis (UVR) de Campo Magro, que recebe diariamente toneladas de resíduos recicláveis coletados no município de Curitiba. Na unidade, o material passa por triagem e classificação manual, seguindo para prensagem e venda para empresas que realizam a reciclagem dos resíduos segregados.

Em entrevista realizada em maio de 2017 com o engenheiro João Vitor Rosset Ciesielski, engenheiro e responsável técnico pela UVR, o profissional afirmou que

poucas cápsulas chegam à unidade, e aquelas que aparecem no meio do RSU não possuem compradores ou tecnologia que viabilizem a reciclagem, e são, portanto, enviadas para o aterro sanitário.

Para obter uma noção das ações realizadas por consumidores de cápsulas de café foi realizado uma pesquisa através de questionário escrito com alunos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC), escolhida pelo poder aquisitivo da população que frequenta esta universidade, e que possuem maior probabilidade de fazer uso de máquinas de café em ambientes de trabalho ou em residências. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 9.

TABELA 9 - RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

<b>Pergunta</b>	<b>Resultado</b>
<b>1 - Você possui máquina de café em cápsula em Casa? Se sim, qual marca?</b>	
Marca A	15%
Marca B	10%
Marca C	4%
Outra	0%
Não Possui	71%
<b>2 – Com que frequência você consome café em cápsula por dia?</b>	
0	47%
1	44%
2	7%
3	2%
4	0%
Mais de 4	0%
<b>3 – Em qual lixo você coloca as cápsulas de café?</b>	
Reciclável	38%
Não-reciclável	21%
Ponto de entrega voluntária	6%
Não sei	35%
<b>4 – Qual é a renda familiar mensal em sua residência? Por favor, considere a soma dos rendimentos de todos os moradores.</b>	
Até R\$ 1.874,00 (2 SM)	9%
R\$ 1.874,01 a R\$ 3.748,00 (2 a 4 SM)	8%
R\$ 3.748,01 a R\$ 9.370,00 (4 a 10 SM)	50%
R\$ 9.370,01 a R\$ 18.740,00 (10 a 20 SM)	20%
R\$ 18.740,01 ou mais (acima de 20 SM)	13%

Fonte: O autor.

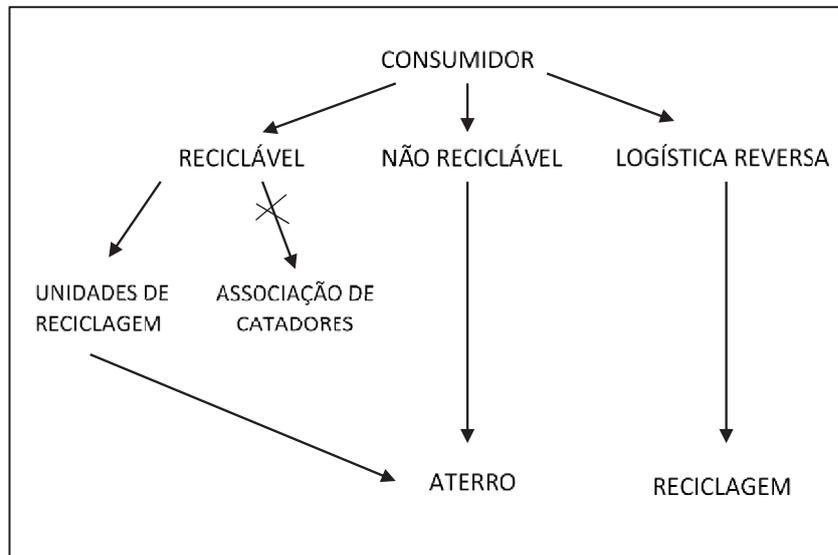
Dos 72 indivíduos entrevistados, 15% consomem cápsulas de café da marca A, notando-se que 71% dos entrevistados não consomem café nesta modalidade e que a maior parte dos entrevistados possui alta renda familiar.

Dos que consomem café em cápsulas, o resultado de onde o consumidor coloca o resíduo é distribuído: 38% segregam o resíduo em lixo reciclável, 21% no não reciclável, 35% não souberam dizer e apenas 6% utilizam os pontos de entrega voluntária para destinar o resíduo. Nota-se, portanto, que uma parcela muito pequena destina o material da forma mais correta e indicada pelos produtores de cápsulas. O resultado pode ter advindo principalmente da falta de informação do consumidor em relação à existência de PEVs para este tipo de resíduo, como apresentado anteriormente neste trabalho.

Verifica-se, portanto, que a coleta do resíduo não é efetiva por falta de informação do consumidor, por falta de divulgação das informações corretas de destinação do fabricante e pela baixa disponibilidade de pontos de entrega voluntária ofertados pela marca.

Apesar do foco da primeira fase do acordo de logística reversa em fornecer subsídios e suporte para o desenvolvimento das associações de catadores e do aumento da quantidade de PEVs disponibilizados, ambas ações não tiveram resultado significativo quanto a captação deste tipo de resíduo.

FIGURA 18 - ILUSTRAÇÃO DO FLUXO DAS CÁPSULAS NO MUNICÍPIO DE CURITIBA



Fonte: O autor.

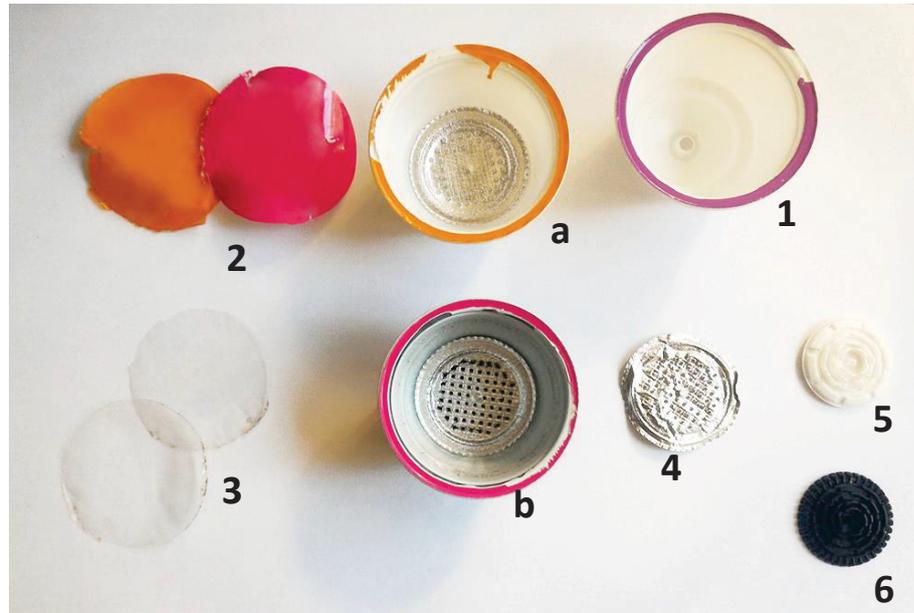
A figura 18 apresenta o resumo qualitativo do fluxo das cápsulas de café no município de Curitiba. Apesar de ser constituída de materiais recicláveis, a falta de informação faz com que parte do resíduo seja segregado para o lixo não reciclável e que o material tenha sua destinação final para aterro. Quando segregado no lixo reciclável, o resíduo encontra uma série de dificuldades para que passe pelo processo e não possuindo compradores acaba também sendo destinado para aterro. O resíduo não atinge a parcela da associação de catadores, não sendo encontrado ou recolhido.

Nota-se, portanto, que apesar das cápsulas não serem novas no mercado brasileiro, não há conscientização ambiental efetiva sobre o descarte do resíduo do produto. Da mesma maneira que outros tipos de resíduos de embalagem mista como BOPP e *blisters*, apesar de serem compostas por resíduos 100% recicláveis, a falta de conhecimento dos usuários do que fazer com o material pós-consumo contribui para que o material pare em aterros. Para que a reciclagem pós-consumo do resíduo funcione, o processo requer iniciativas concretas dos produtores, educação e atitude do usuário, e um sistema de coleta disponível ampla que atinja a população consumidora do produto.

## 4.2 DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES E LEVANTAMENTO GRAVIMÉTRICO

A determinação das frações foi realizada por análise visual durante o processo de abertura das cápsulas, de modo a facilitar o estudo realizado. Foram determinadas como frações figura 19:

FIGURA 19 - CÁPSULA DESMEMBRADA.



Fonte: O autor. 1 - COPO DA CÁPSULA. 2 - TAMPA. 3 - FILME TRANSPARENTE. 4 - FILME DE METAL. 5 - FILTRO BRANCO. 6 - FILTRO PRETO. a - COPO DE CÁPSULAS CONTÊM LEITE E OUTROS PRODUTOS EM PÓ INSTANTÂNEO. b - COPO DE CÁPSULAS QUE CONTÊM GRÃOS DE CAFÉ MOÍDOS.

Durante este processo foram observados os seguintes fatos:

1. Cápsulas com pó de café moído são as únicas cápsulas que possuem borra de café pós-consumo; também são as únicas cápsulas que possuem o filme transparente em sua estrutura;
2. A ausência, presença e quantidade de pó de café moído e borra de café nas cápsulas varia de acordo com o sabor, o que faz com que o peso das cápsulas pós-consumo varie consideravelmente;
3. Cápsulas com leite em pó solúvel possuem filtro branco enquanto que todos os outros produtos possuem filtro preto. Cápsulas de leite são as únicas que possuem o copo em cor branca, enquanto que a cor do copo dos outros sabores varia;

Para a determinação do peso das frações das cápsulas, foi realizada

uma análise gravimétrica. O resumo dos resultados é apresentado nas tabelas 10, 11 e 12 a seguir:

TABELA 10 – ANÁLISE GRAVIMÉTRICA – FRAÇÕES CAPSULA COLORIDA.

FRAÇÃO	%	MÉDIA PESO (G)	DESVIO PADRÃO	VARIAÇÃO (G)
Copo	66,13	2,2560	0,0227	2,2043 -- 2,2929
Tampa	7,13	0,2407	0,0048	0,2328 – 0,2495
Filme	1,66	0,0567	0,0026	0,0535 – 0,0605
Filtro Preto	22,16	0,7561	0,0062	0,7475 – 0,7758
Filme Metal	2,91	0,0994	0,0042	0,0935 – 0,1092
Total	100,00	3,4113	0,0256	3,3583 – 3,4599

NÚMERO DE AMOSTRAS AVALIADAS: 12

Fonte: O autor.

TABELA 11 – ANÁLISE GRAVIMÉTRICA – FRAÇÕES CAPSULA BRANCA

FRAÇÃO	%	MÉDIA PESO (G)	DESVIO PADRÃO	VARIAÇÃO (G)
Copo	66,85	2,2560	0,0227	2,2043 -- 2,2929
Tampa	7,21	0,2407	0,0040	0,2328 – 0,2499
Filtro Branco	23,00	0,7762	0,0102	0,7600 – 0,7926
Filme Metal	2,95	0,0994	0,0042	0,0935 – 0,1092
Total	100,00	3,3810	0,0256	3,3314 – 3,4124

NÚMERO DE AMOSTRAS AVALIADAS: 12

Fonte: O autor.

TABELA 12 – ANÁLISE GRAVIMÉTRICA - MATERIAIS

CÁPSULA	MATERIAIS	%	MÉDIA PESO (G)
Colorida	Metal	2,91	0,0994
	Plásticos	97,09	3,312
Branca	Metal	2,94	0,0994
	Plásticos	97,06	3,2816

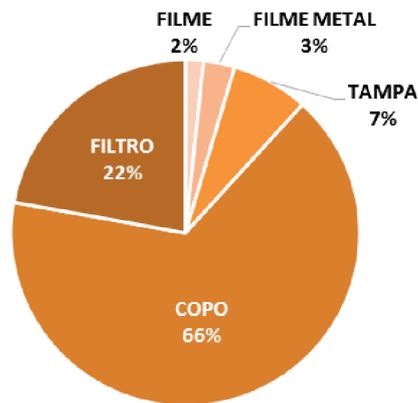
Fonte: O autor.

Conforme a tabela 12, as cápsulas são compostas em média por 97% plástico e 3% metal. A fração do plástico é composta pelo conjunto do copo, filtro, filme e tampa, enquanto que a fração do metal se resume ao filme de metal. Os gráficos

(figura 20 e figura 21) a seguir ilustram o quanto cada fração contribui para o peso total do resíduo por cápsula.

FIGURA 20 - GRÁFICO DAS FRAÇÕES EM PESO CÁPSULA COLORIDA

#### Fração das Cápsulas Coloridas em Peso

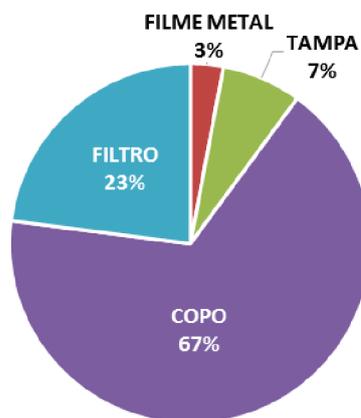


Fonte: O autor.

O peso médio da cápsula colorida é de 3,4113 g, com um desvio padrão médio de 0,0256 g.

FIGURA 21 - GRÁFICO DAS FRAÇÕES EM PESO CÁPSULA BRANCA

#### Fração das Cápsulas Brancas em Peso



Fonte: O autor.

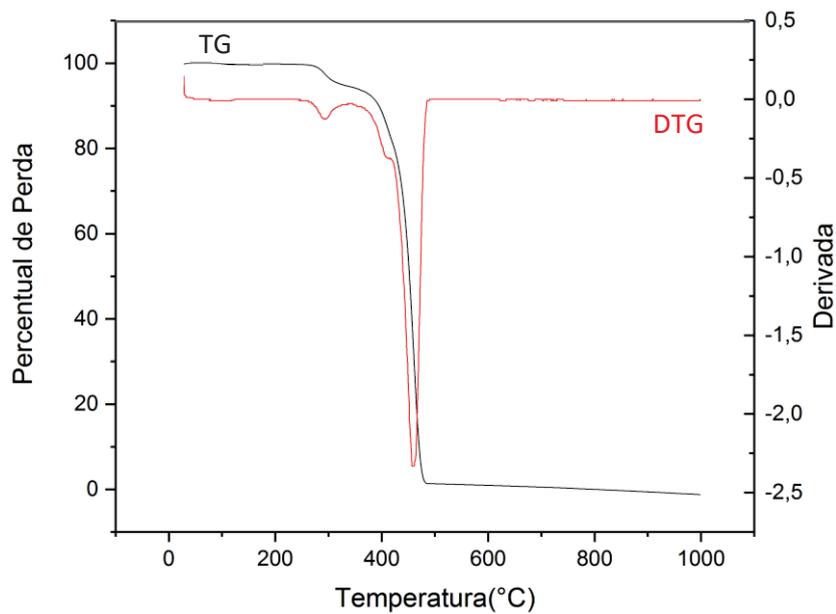
O peso médio da cápsula branca é de 3,3810 g, com um desvio padrão médio de 0,0194 g.

### 4.3 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FRAÇÕES

#### 4.3.1 Ensaios Termoanalíticos

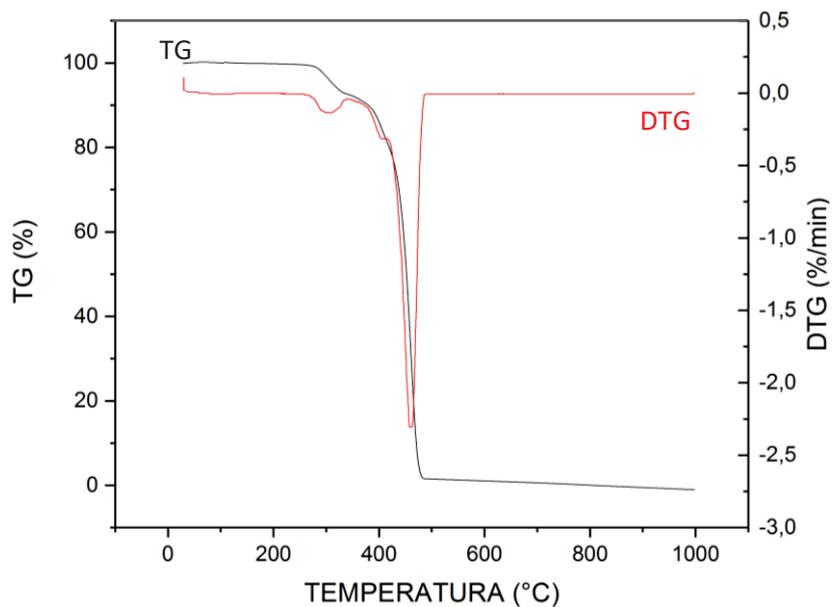
O tratamento dos dados dos ensaios de termogravimetria dinâmica foi realizado no *software* Origin™. O resultado desta análise térmica é apresentado a seguir sob a forma de gráficos relacionando a massa residual com a temperatura.

FIGURA 22 - TG E DTG DA CÁPSULA BRANCA



Fonte: O autor.

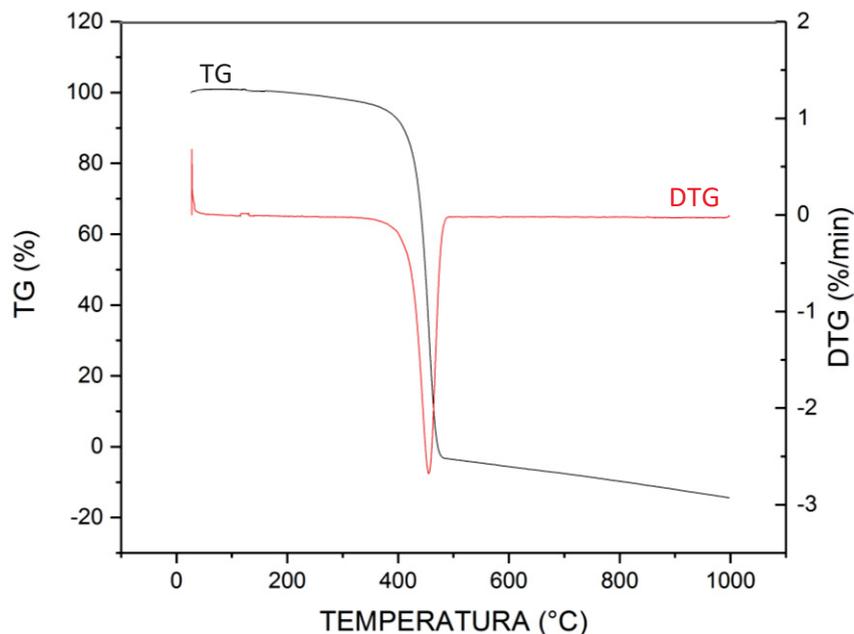
FIGURA 23 - TG E DTG DA CÁPSULA COLORIDA



Fonte: O autor.

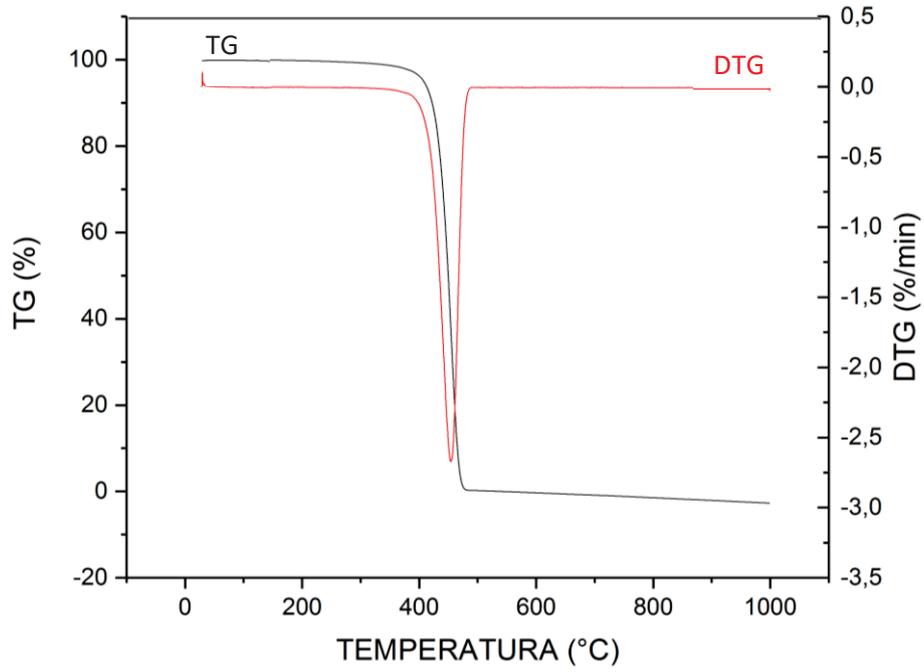
Analisando as curvas das figuras 22 e 23, referentes aos dois tipos de copo (branco e colorido) das cápsulas, observa-se que os eventos são similares, com pequeno deslocamento nas temperaturas. O material é termicamente estável até as temperaturas de 235,4 °C e 255 °C para a cápsula branca e preta, respectivamente, ocorrendo uma pequena perda de massa de 5,3% e 7%, que pode corresponder à pigmentação inorgânica ou a um aditivo lubrificante, ou plastificante, por exemplo, com objetivo de alterar propriedades mecânicas e facilitar o processamento do plástico. O evento é identificado na curva DTG à temperatura de pico de 293°C e 304°C. A partir da temperatura de 341,6°C, em ambos os casos, observa-se perda acentuada de massa (93,2% e 91,0%), referente à degradação/decomposição do polímero. A temperatura de decomposição do material, mensurado no pico das curvas DTG foram de 459,5°C e 460°C (cápsula branca e colorida, respectivamente). O valor é correspondente à temperatura de decomposição do polipropileno (GORNI, 2006). Os teores de resíduos termicamente estáveis às temperaturas de 495 a 489,9°C são de 1,3 e 1,56%.

FIGURA 24 - TG E DTG DO FILME



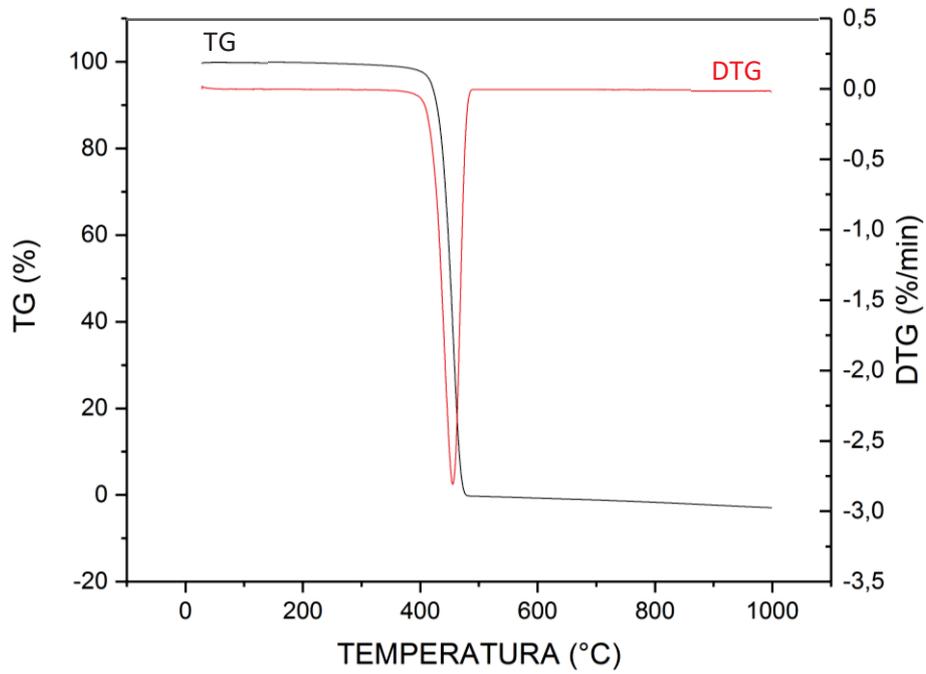
Fonte: O autor.

FIGURA 25 - TG E DTG DO FILTRO BRANCO



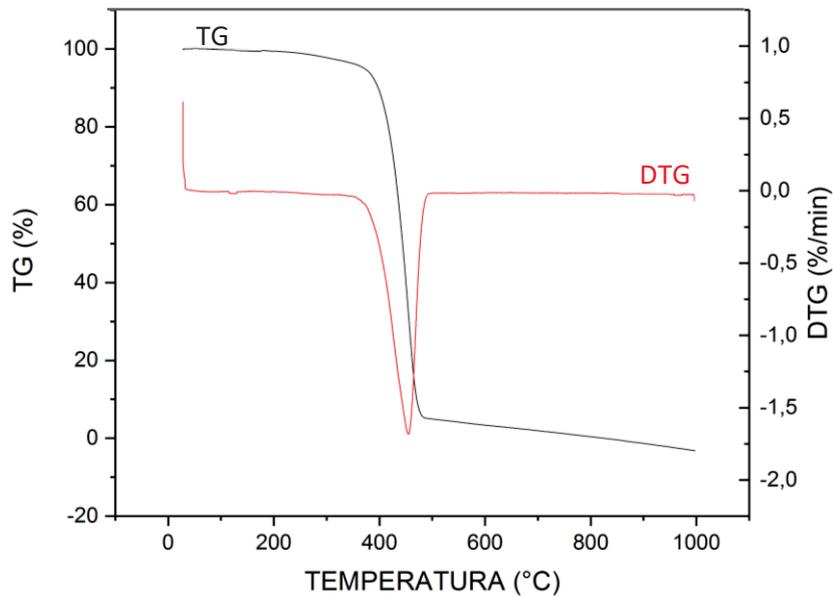
Fonte: O autor.

FIGURA 26 - TG E DTG DO FILTRO PRETO



Fonte: O autor.

FIGURA 27 - TG E DTG DA TAMPA



Fonte: O autor.

As curvas de TG das frações do filme, filtros e tampa apresentaram resultados similares e com pouco ou nenhum ruído. As curvas de DTG destas frações comprovam que elas são formadas por material único, pela presença de apenas um evento térmico e por não ter sido identificada sobreposição de reações. O resumo dos resultados é apresentado na tabela 13.

TABELA 13 - RESUMO TG/DTG

AMOSTRA	T <sub>ONSET</sub> (°C)	T <sub>PICO</sub> (°C)	T <sub>ENDSET</sub> (°C)	% PERDA MASSA NO EVENTO
TAMPA	305,2	454,9	500,8	92,8
FILTRO BRANCO	297,3	454,3	495,1	94,51
FILTRO PRETO	296,7	453,8	497,0	96,53
FILME PLASTICO	295,1	455,1	497,3	97,6

Fonte: O autor.

Como pode ser observado na tabela, a temperatura de decomposição do polímero (Tpico) nas frações apresentou valores muito próximos entre si e correspondentes com a temperatura de decomposição do polipropileno (GORNÍ, 2006).

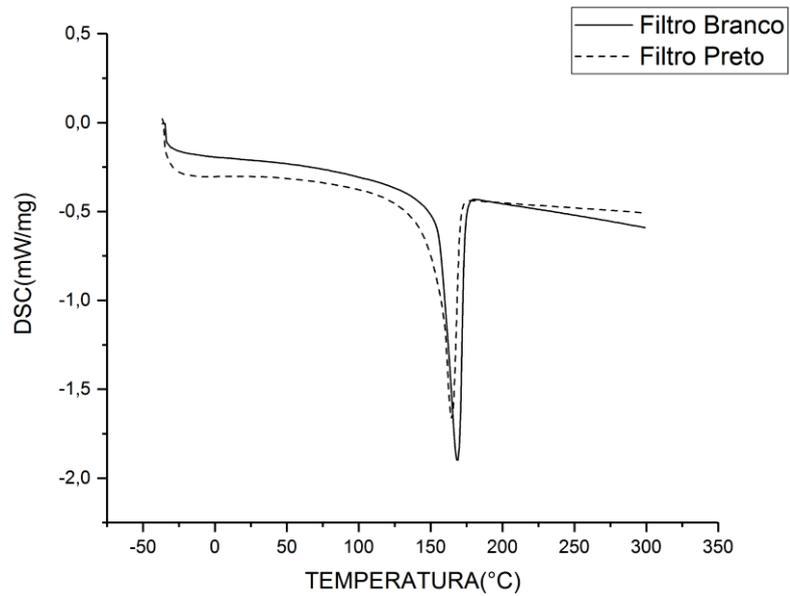
A análise dos resultados do DSC foi realizada parte no *software* Netzsch Proteus Software™ e parte no *software* Origin™. A tabela 14 apresenta um resumo dos resultados da termoanálise.

TABELA 14 - DSC

Amostra	Fusão (varredura de aquecimento)				Cristalização (varredura de resfriamento)			
	Onset (°C)	T <sub>m</sub> (°C)	ΔT <sub>m</sub> (°C)	ΔH <sub>f</sub> (J/g)	Onset (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔT <sub>c</sub> (°C)	ΔH <sub>c</sub> (J/g)
COPO	158,5	166,5	15,3	58,39	154,5	159,9	7,3	7,515
	180,7	184,9	6,5	3,393	109	116,7	10,3	76,44
TAMPA	152,5	165,5	14	40,32				
	233,1	247,1	19,2	9,758				
FILTRO BRANCO	156,6	168,7	12,9	105,4				
FILTRO PRETO	158,6	165,9	13,7	94,7				
FILME PLASTICO	155,2	163	12,9	96,62				

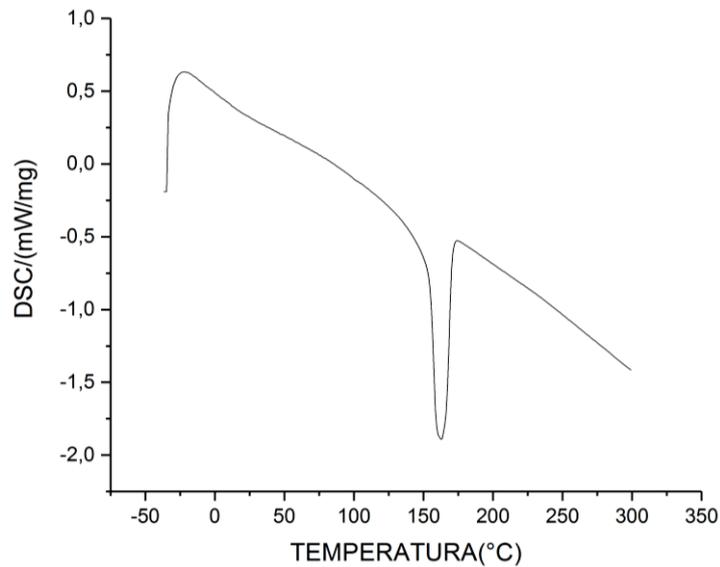
Fonte: O autor.

FIGURA 28 – DSC DOS FILTROS



Fonte: O autor.

FIGURA 29 – DSC DO FILME



Fonte: O autor.

As curvas de DSC obtidas para as amostras dos filtros e do filme plástico (figuras 28 e 29) apresentaram apenas um pico de fusão, indicando ausência de contaminantes. Comparando os valores de  $T_m$  encontrados (163°C a 168,7°C) para os picos de fusão com valores da literatura (tabela 15), é possível classificar o polímero como polipropileno. O formato bem definido das curvas também indica uniformidade do material.

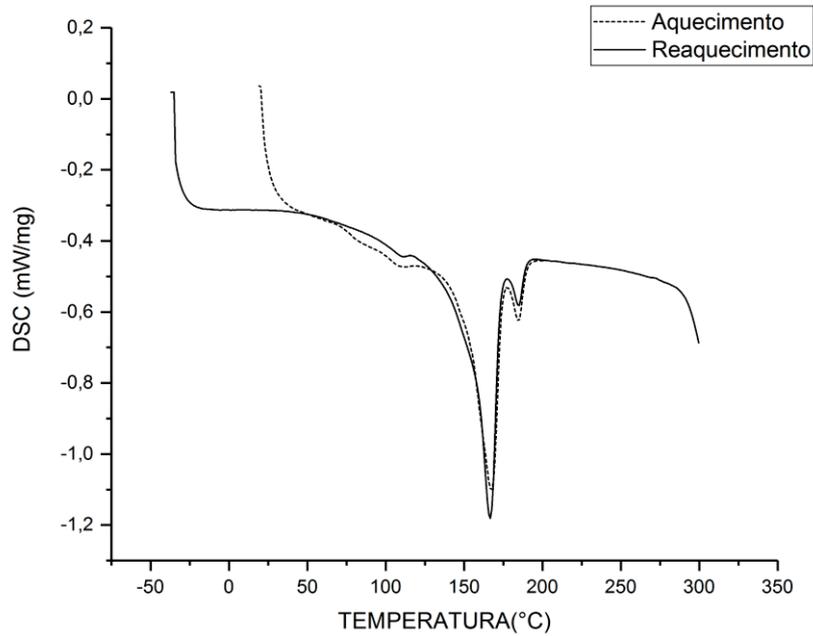
TABELA 15 – PROPRIEDADES POLÍMEROS

Polímero	$T_m$ (°C)	$\Delta H_f$ (J/g)
PP	112...208	207...209*
	160...165*	
PE-AD	130...141*	(218...310)293*
PE-BD	83...105	140
	105...120	140
	120...130	140
Poliamida 66	(250...280)	(165...230)
	255*	195*
Poliamida 11	180...200	224
Poliestireno	(225...250)	(80...96) 86*
	243*	

Fonte: CANEVAROLO, 2004. (\*) Valor mais freqüentemente mencionado na literatura para o polímero 100% hipoteticamente cristalino.

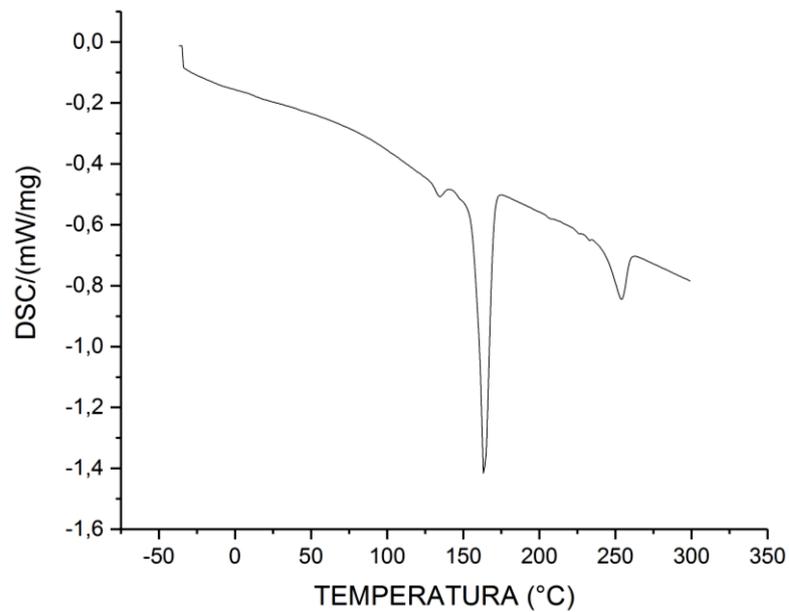
As curvas de DSC do copo e da tampa apresentaram um pico principal e um pico secundário, como pode ser observado nas figuras 30 e 31 a seguir:

FIGURA 30 – DSC DO COPO CÁPSULA



Fonte: O autor.

FIGURA 31 – DSC DA TAMPA



Fonte: O autor.

As temperaturas de fusão do pico principal foram de 166,5 °C e 165,5°C para copo e tampa, respectivamente, indicando que o material de maior composição destas frações também é o polipropileno. A presença de material secundário na fração do copo das cápsulas era esperada pelo resultado da curva do TG, que apontou

decomposição e perda de massa em mais de um pico. A presença de um segundo pico na tampa pode indicar presença de aditivo no polímero.

#### 4.3.2 Laudo dos Ensaio Analíticos

A composição química do resíduo gerado pelas cápsulas da marca A pós consumo é apresentado em parte na tabela 16 e em sua íntegra no anexo 1.

TABELA 16 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CÁPSULA

(CONTINUA)

PARÂMETROS	mg/kg		EM % p/p	
	LQ / FAIXA	RESULTADOS ANALÍTICOS	LQ / FAIXA	RESULTADOS ANALÍTICOS
Alumínio	1	591	0,0001	0,0591
Antimônio	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Arsênio	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Bário	1	2,49	0,0001	0,0002
Cádmio	0,25	< 0,25	0,0001	< 0,0001
Cálcio	50	502	0,005	0,0502
Chumbo	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Cloro	500	2180	0,05	0,218
Cobalto	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Cobre	1	7,36	0,0001	0,0007
Cromo	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Enxofre	710	< 710	0,071	< 0,071
Estanho	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Ferro	1	98,1	0,0001	0,0098
Flúor	100	< 100	0,01	< 0,01
Fluoreto	1	< 1	N.D.	N.D.
Fósforo	1	165	0,0001	0,0165
Lítio	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Magnésio	50	472	0,005	0,0472
Merúrio	0,005	< 0,005	0,0001	< 0,0001
Níquel	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Óxido de Alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	N.D.	N.D.	0,001	0,256
Óxido de Cálcio (CaO)	N.D.	N.D.	0,016	0,161
Óxido de Cobre (CuO)	N.D.	N.D.	0,001	0,002
Óxido de Ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	N.D.	N.D.	0,001	0,032
Óxido de Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	N.D.	N.D.	0,001	0,087
Óxido de Lítio (Li <sub>2</sub> O)	N.D.	N.D.	0,001	< 0,001
Óxido de Magnésio (MgO)	N.D.	N.D.	0,02	0,179

Fonte: O autor.

TABELA 17 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CÁPSULA

(CONCLUSÃO)

PARÂMETROS	mg/kg		EM % p/p	
	LQ / FAIXA	RESULTADOS ANALÍTICOS	LQ / FAIXA	RESULTADOS ANALÍTICOS
Óxido de Potássio (K <sub>2</sub> O)	N.D.	N.D.	0,014	0,168
Óxido de Silício (SiO <sub>2</sub> )	N.D.	N.D.	0,024	< 0,024
Óxido de Sódio (Na <sub>2</sub> O)	N.D.	N.D.	0,015	0,025
Óxido de Titânio (TiO <sub>2</sub> )	N.D.	N.D.	0,001	0,01
Óxido de Zinco (ZnO)	N.D.	N.D.	0,001	0,003
Potássio	50	611	0,005	0,0611
Selênio	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Silício	50	< 50	0,005	< 0,005
Sódio	50	79,5	0,005	0,008
Tálio	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Telúrio	5	< 5	0,0005	< 0,0005
Titânio	1	25,1	0,0001	0,0025
Vanádio	1	< 1	0,0001	< 0,0001
Zinco	1	9,69	0,0001	0,001

Fonte: O autor. N.D.: Não determinado.

Dos metais mais prováveis de fazerem parte da composição da lâmina de metal do resíduo, o alumínio é aquele que se encontra em maior concentração classificando a fração da lâmina de metal como tal. Os metais pesados não apresentaram concentrações significativas, estando em sua maioria no limiar do limite de detecção. Dos óxidos analisados, o óxido de alumínio e de magnésio apresentaram as maiores concentrações, 0,256 e 0,179 em % p/p, respectivamente.

A tabela 17 apresenta alguns dos compostos analisados em comparação com a composição de outros resíduos.

TABELA 17 - COMPARAÇÃO DA CÁPSULA COM OUTROS RESÍDUOS EM mg/kg

PARÂMETRO	RESÍDUO DO ESTUDO	BORRA DE CAFÉ 1 <sup>1</sup>	BORRA DE CAFÉ 2 <sup>1</sup>	BIOMASSA <sup>2</sup>	REJEITO PLÁSTICO <sup>2</sup>
Fósforo	165	N.D.	N.D.	26	349
Alumínio	591	N.D.	N.D.	17	8997
Cobre	7,36	46	39	3	1890
Cromo	< 1,0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Zinco	9,69	12	10	8,73	1900
Sódio	79,5	329	627	303	3463
Ferro	98,1	326	147	6,6	13300
Cálcio	502	771	498	587	36664
Magnésio	472	127,8	73	106	1966
Potássio	611	253	215	303	971
Titânio	25,1	N.D.	N.D.	0,6	1817
Silício	< 50	N.D.	N.D.	67	20661

FONTE: <sup>1</sup>Fiol et al (2013), <sup>2</sup>Jilvero et al (2018). N.D.: Não determinado.

O resíduo da cápsula de café apresentou valores similares para concentração de cálcio com os resíduos de borra de café e biomassa, maiores de alumínio, fósforo, zinco, magnésio e potássio e inferior aos demais. Em comparação, o rejeito plástico avaliado por Jilvero et al (2018), composto majoritariamente por mistura de plásticos, apresentou concentrações dos parâmetros muito acima dos encontrados para o resíduo em estudo.

A análise para coprocessamento será realizada no item 4.5 deste capítulo.

#### 4.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE DE RECICLAGEM

Conforme dados obtidos da análise gravimétrica e físico química, a cápsula é composta de 97% de polipropileno e 3% de alumínio. A presença de apenas dois materiais no resíduo pode indicar a princípio facilidade de segregação das frações, considerando que o alumínio está presente apenas na forma de lâmina e em um único local da cápsula. O custo de processamento estaria associado, portanto, a 2 etapas – separação das frações e adequação do polipropileno, indicando um baixo custo de processamento.

As cápsulas da marca A utilizam a lâmina de alumínio para função específica de isolamento do pó de café com o filtro inferior e a atmosfera. A lâmina é de fácil perfuração em seu centro, mas as laterais são fortemente afixadas na estrutura do copo da cápsula, e dificultam a extração completa da fração do resto da cápsula. A retirada manual do filme exige esforço e tempo que tornaria a operação mais lenta e onerosa, e menos economicamente viável.

Considerando que não seria possível obter a parte plástica sem contaminação de alumínio, o processamento é prejudicado e a resina obtida teria sua qualidade diminuída. Se a mesma fosse direcionada para aquecimento no uso em extrusoras ou injetoras, a presença do metal poderia ocasionar problemas no equipamento, como entupimento ou erosão dos bicos da extrusora.

Também se observa dificuldades na segregação do material em relação aos diversos tipos de cores das cápsulas, tópico que será abordado adiante no item 4.4.1.1.

De acordo com as características do material das cápsulas da marca A anteriormente obtidas, avaliou-se a reciclabilidade em três tópicos: cor, formato e composição (pureza).

#### 4.4.1.1 Cor

A cor do plástico reciclado é um fator importante no processo de reciclagem pois a mesma dita o valor de venda do material. Polipropileno reciclado completamente branco consegue, por exemplo, preço de venda de R\$4,00/kg (MFRURAL, 2018), enquanto que PP reciclado com mistura de cores (conhecido como canela) apresentam o menor preço de venda, girando em torno de R\$ 2,90/kg (MFRURAL, 2018). Plásticos brancos possuem maior valor de mercado pois podem ser coloridos para qualquer cor, enquanto que plásticos canela possuem limitações, ficando geralmente restritos a cores como cinza e preto.

Devido à forma como as cápsulas são comercializadas, com variação de cores por tipo de sabor, pode-se resumir os tipos de cápsula em função das cores externas do corpo, da tampa e dos filtros conforme tabela 18.

TABELA 18 - RELAÇÃO DE CORES POR FRAÇÃO DE CÁPSULA

AMOSTRA	COR	TIPO DE BEBIDA
Copo – Interno	Branco	Leite em pó
Copo – Externo	Branco	Leite em pó
Copo – Interno	Branco	Pó de café moído
Copo – Externo	Preto	Pó de café moído
Copo – Interno	Branco	Pós instantâneos (exceto leite)
Copo – Externo	Colorido	Pós instantâneos (exceto leite)
Tampa – Face superior	Colorida	Todos
Tampa – Face inferior	Branca	Todos
Filme	Transparente - Cristal	Pó de café
Filtro	Preto	Todos exceto leite em pó
Filtro	Branco	Leite em pó

Fonte: O autor.

Percebe-se que o interno das cápsulas é sempre branco independentemente do tipo de bebida, já a parte externa varia em função dos sabores. A tampa também é formada de 2 camadas de material: a externa, de acordo com o tipo de bebida (verde, marrom, preto, etc) e a parte interna sempre branca. O filme por ser transparente, entra na categoria cristal ou branco, pois pode receber corante para

adquirir qualquer tipo de cor, diferente, por exemplo, de outras frações que já possuem coloração e que quando destinados para reciclagem teriam que ser segregados pela cor inicial ou considerados como preto para processamento.

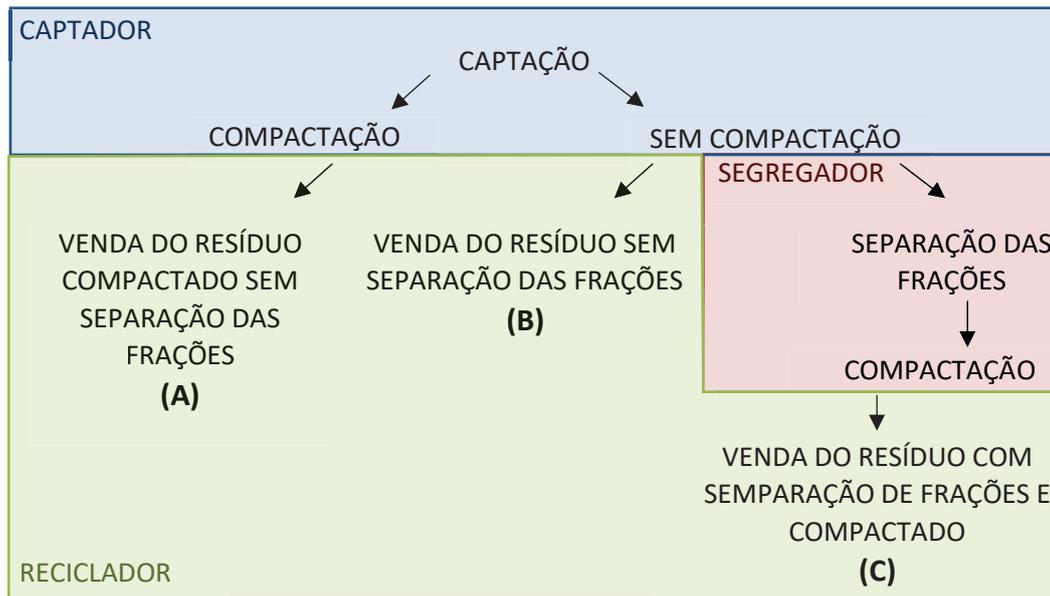
Observa-se que há uma grande variação nos tipos de cores disponíveis, não só por sabor, mas também entre as frações de uma única cápsula. O fato dificulta a segregação e por consequência as cápsulas precisariam passar por um processo de separação manual por cor, provavelmente focando nas cores principais (branco, preto e demais cores juntas como canela) para tentar obter um melhor valor de venda do reciclado. Esta segregação aumentaria o tempo e o custo do processamento do material. A outra opção seria destinar a mistura dos diferentes tipos de cápsulas, que teria classificação provável como canela, o que implicaria em um menor valor de venda, mas eliminaria uma etapa de processamento.

#### 4.4.1.2 Composição e Forma

A forma se refere ao estado físico do resíduo, podendo estar em forma de filme, latas, lâmina, garrafas ou outros, o que influencia o processo de enfardamento, transporte e processamento para venda. A composição se refere à pureza do material – se o mesmo está contaminado com outro tipo de matéria prima ou impurezas.

O formato da cápsula confere um alto volume específico ao resíduo sendo necessário algum tipo redução do volume do resíduo para facilitar e otimizar o transporte, como compressão ou amassamento do material. Além disso as cápsulas dificultariam o enfardamento por cinta, pois são unitariamente pequenas, sendo mais conveniente e adequado o ensacamento para transporte. A presença de borra de café e sujidades não recicláveis na parte interna das cápsulas também dificulta a etapa de compressão. A atividade de compressão do resíduo também dificultaria a segregação da fração de alumínio da fração plástica do resíduo.

FIGURA 32 - FLUXOGRAMA DE COMPACTAÇÃO DO RESÍDUO



Fonte: O autor.

O fluxograma apresentado na figura 32 ilustra as opções de compactação em diferentes etapas. O material “A” possui o valor de compra do resíduo mais baixo (economia no transporte pela compactação), mas também de pior qualidade, por chegar ao reciclador completamente compactado com sujidades internas e com as duas frações em difícil estado de separação, provavelmente sendo impossível de separar o polipropileno do alumínio. O material “B” possui valor de compra mais alto (sem economia no transporte mantendo o volume original) do resíduo e de qualidade melhor que “A”, por permitir a separação das frações no processo de reciclagem. O material “C” é o de melhor qualidade para o reciclador, por já possui suas frações separadas e compactadas, mas também possui o preço mais caro de obtenção do resíduo.

Cerca de 61,9% do resíduo gerado contem borra de café interna, enquanto que 38% não tem resíduo interno pós consumo, mas possui eventual resquício de chocolate/leite em pó, sendo necessário, portanto, uma etapa que envolva limpeza do interno do resíduo durante o processamento do material caso seja destinado para reciclagem.

#### 4.4.1.3 Outras dificuldades processuais identificadas

Para recuperar a fração do alumínio, precisa-se retirar uma pequena lâmina

delgada de filtro de alumínio, que dificilmente não pode ser retirada totalmente por um processo que não seja manual. Parte desta lâmina ficará impregnada no corpo e contaminará a qualidade da fração plástica. Todos os tipos de cápsula possuem este filme. Apesar do valor econômico do metal, seu peso é baixo e ele apresenta dificuldades de separação. São necessárias 1000 cápsulas para se recuperar 99,4 gramas, com um ganho econômico de R\$ 0,38. Considerando que para cada cápsula de café o peso de alumínio é em média de 0,0994 g, para se obter um 1kg de alumínio reciclado seriam necessárias 10.060 cápsulas. Supõe-se, portanto, que o custo para segregação das frações para garantir um bom grau de pureza do polietileno e do alumínio seria elevado, e talvez não factível para a viabilidade do processo de reciclagem.

Uma alternativa a ser considerada seria manter a lâmina de alumínio junto ao material plástico e incluir uma etapa de filtração no processo de reciclagem do material, após a fusão dos plásticos e antes da extrusão do pellet reciclado. Este material filtrado poderia ser vendido sem possuir pureza de 100%, mas ainda sim como alumínio reciclado.

#### 4.4.1.4 Análise de Viabilidade Econômica de Reciclagem

Para a análise de viabilidade econômica, foram utilizadas as equações (1) e (2) previamente apresentadas. A metodologia de Calderoni tem como objetivo identificar o ganho potencial econômico da reciclagem de um resíduo.

Através das equações propostas, foram realizados 3 cenários de equacionamento para avaliar a viabilidade econômica da reciclagem do resíduo e dos potenciais ganhos econômicos com essas variações. São eles:

##### I. Cenário 1:

Equacionamento inicial, que leva em consideração a diferença entre o custo da matéria prima resíduo e a venda do resíduo processado, menos o seu custo de processamento:

$$G = (Vc - Vp) - C \quad (3)$$

##### II. Cenário 2:

Equacionamento com inclusão dos custos evitados por coleta, transporte e destinação do resíduo ao item anterior:

$$G = (V_c - V_p) - C + E \quad (4)$$

### III. Cenário 3:

Equacionamento com inclusão dos custos evitados do uso de matéria prima virgem e redução de energia elétrica referente ao seu processamento:

$$G = (V_c - V_p) - C + E + W + M \quad (5)$$

Os parâmetros de ganhos decorrentes com economia de recursos hídricos (H), com economia de controle ambiental (A), demais ganhos econômicos (D) presentes na equação (2), que incluem dados de prolongamento de vida útil dos equipamentos como decorrência do processo de reciclagem e redução dos custos do governo estadual e federal na produção de energia elétrica não serão avaliados pela difícil obtenção de valores que sejam condizentes e representativos com a situação do resíduo em estudo.

Foram utilizadas as seguintes considerações para realização do cálculo:

- Foi considerado que o resíduo recebido é não compactado, e que as frações seriam possíveis de serem separadas com eficiência durante a reciclagem (situação “B” do fluxograma apresentado na figura 32).
- Não haveria separação de cores do polipropileno, sendo a classificação final da fração plástica como canela.
- Foi considerada a eficiência do processo de reciclagem para obtenção das frações de plástico e alumínio de 90%.

Para o valor de **venda (V) do reciclado** são considerados o **valor de compra do resíduo (Vp)** e **valor de venda bruto do material reciclado (Vc)**. Para o preço do resíduo, foi considerado o valor atual de mercado para um resíduo similar, de composição mista, como caixas longa vida. Para os preços de venda

das frações de plástico e alumínio, foi considerado o preço de pellets canela de polipropileno, pelas considerações apresentadas no item anterior, e de alumínio em massa.

TABELA 19 – VALOR DE COMPRA DO RESÍDUO E VENDA DO RECICLADO - PARÂMETRO V

FRAÇÃO	PREÇO DE COMPRA DO RESÍDUO BRUTO (R\$/TON)	PREÇO DE VENDA DO RECICLADO (R\$/TON)
Alumínio	350,00	3800,00
Plástico		2900,00

Fonte: Obtido em entrevista com entidades do setor de reciclagem de embalagens longa vida (2018).

Os **custos incorridos (C)** referem-se aos custos relacionados com o processo de reciclagem: segregação, transporte e processamento dos resíduos. foram feitas as seguintes considerações: o valor de custo de transporte associado foi obtido do Plano de Saneamento Municipal de Curitiba enquanto que o custo de segregação considerado foi baseado no estudo de Maccarini (2007), com triagem secundária para limpeza de resíduos como folhas de alumínio, adesivos e outros. O processamento engloba as operações de lavagem, aquecimento, fusão do plástico, filtração para retirada de alumínio, extrusão para retirada do plástico em formato de pellets. O valor foi obtido em entrevista com entidades do setor de reciclagem de embalagens longa vida.

TABELA 20 – CUSTO DE PROCESSAMENTO – PARÂMETRO C

ATIVIDADE	CUSTO POR TONELADA (R\$/TON)
Transporte	194,39 <sup>a</sup>
Segregação	27,55 <sup>b</sup>
Processamento	600,00
TOTAL	821,94

Fonte: <sup>a</sup>Prefeitura Municipal de Curitiba (2003), <sup>b</sup>MACCARINI (2007),

Para análise de **custos evitados pela coleta, transporte e disposição do resíduo em aterro (E)**, foram utilizados os dados disponíveis no Plano Municipal de Saneamento de Curitiba, para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (Volume V):

TABELA 21 – CUSTO DE DISPOSIÇÃO - PARÂMETRO E

PARÂMETRO E	TOTAL (R\$/TON)
Coleta, transporte e disposição final para aterro	255,57

Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba (2013).

Os valores de economia de energia e de matéria prima para as frações de alumínio e plásticos utilizadas foram as fornecidas pela metodologia de Calderoni, apresentadas na tabela 22:

TABELA 22 - ECONOMIA DE ENERGIA E MATÉRIA PRIMA VIRGEM - PARÂMETROS W E M

FRAÇÃO	ECONOMIA ENERGIA (R\$/ton)	ECONOMIA DE MATÉRIA PRIMA (R\$/ton)
Alumínio	612,29	12,00
Plástico	192,02	1310,00

Fonte: Calderoni (2003).

Com base nestas informações, foram obtidos os seguintes valores para os parâmetros para uma tonelada de resíduo, com 3% de alumínio e 97% de polipropileno, e considerando eficiência de recuperação e reciclagem de 90% do resíduo:

TABELA 23 - VALORES DOS PARÂMETROS PARA UMA TONELADA DE RESÍDUO

PARÂMETRO	VALOR (R\$)
Vc	2634,30
Vp	350,00
C	821,94
E	255,57
W	204,63
M	1322,00

Fonte: O autor.

Sendo, assim, o potencial ganho econômico para cada um dos cenários é apresentado na tabela 24.

TABELA 24 - GANHO POTENCIAL ECONÔMICO COM RECICLAGEM DAS CÁPSULAS DE CAFÉ

	<b>G</b>	Vc	Vp	C	E	W	M
Cenário I	<b>R\$1.462,36</b>	2634,30	-350,00	-821,94			
Cenário II	<b>R\$1.717,93</b>	2634,30	-350,00	-821,94	255,57		
Cenário III	<b>R\$3.244,56</b>	2634,30	-350,00	-821,94	255,57	204,63	1322,00

Fonte: O autor.

O cenário I avalia a viabilidade econômica da perspectiva do reciclador, de quanto seria possível captar com a reciclagem do resíduo. Para uma tonelada de resíduo, o ganho seria de R\$ 1.462,36, enquanto para cem toneladas, o valor seria de R\$ 146.236,00. Do valor projetado para 2018 de 11 mil toneladas de cápsulas de café vendidas, supondo que todas fossem da marca estudada, o ganho potencial seria de aproximadamente R\$ 16 milhões.

É importante ressaltar que a metodologia de Calderoni leva em consideração não só o ganho específico econômico do processo para o reciclador, mas o quanto a sociedade ganharia como um todo com o processo de reciclagem do resíduo sendo avaliado. Neste caso, com custos evitados por disposição, energia e matéria prima economizada por obter polipropileno e alumínio a partir de material reciclado, o ganho potencial para uma tonelada de cápsulas de café recicladas seria de R\$ 3.244,56. Para a consideração de 11 mil toneladas anterior, o ganho potencial para a sociedade seria de 24 bilhões de reais.

Pelos valores obtidos, se conclui que há viabilidade econômica no processo de reciclagem do resíduo de cápsulas de café sem o item de captação do resíduo. Para que uma unidade de processamento tenha atratividade, o resíduo deve ter um volume mínimo de captação para que a atividade de reciclagem seja rentável, o que atualmente parece ainda pouco provável com a escassa oferta de pontos de entrega voluntária do resíduo e baixa presença do material em centros de triagem de materiais recicláveis. Para obter 1 tonelada de cápsulas de café, por exemplo, seriam necessárias aproximadamente 285 mil cápsulas, um altíssimo número de unidades para obter um rendimento na faixa de 1 a 3 mil reais.

A atratividade da implantação de uma unidade de processamento destas cápsulas depende da captação estruturada de forma a garantir o fornecimento de

matéria prima em quantidade suficiente para justificar o investimento, recaindo em um dos pontos principais de dificuldade ao se implantar um processo de reciclagem de um resíduo: obter um volume suficiente de resíduo para que o processo seja factível.

#### 4.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA COPROCESSAMENTO

Uma alternativa para destinação do resíduo gerado pelas cápsulas que não a reciclagem, seria a destinação para coprocessamento.

A condição de viabilidade de destinação de um resíduo para coprocessamento é atingida quando as características físico-químicas permitem a sua utilização em substituição energética ou da matéria-prima na produção de cimento, juntamente com o atendimento da legislação mais restritiva aplicável.

A legislação utilizada na avaliação deste item é a resolução CEMA nº 76 de 30 de novembro de 2009, que regulamenta a autorização da atividade de coprocessamento no estado do Paraná e estabelece limites da composição de elementos no resíduo.

O valor obtido do laudo de laboratório para PCS para o resíduo da cápsula, composto majoritariamente de polipropileno foi de  $8850 \text{ kcal.kg}^{-1}$ , estando este abaixo do valor de PCS usual para PP puro de  $11034 \text{ kcal.kg}^{-1}$  (AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL, 2002) e mais próximo do valor de poliestireno de  $9895 \text{ kcal.kg}^{-1}$  e de misturas de plásticos de  $7838 \text{ kcal.kg}^{-1}$ . Levando em consideração de que o resíduo não é puro e possui presença de alumínio e de borra de café, que possui PCS usual de  $4799 \text{ kcal.kg}^{-1}$  (MORIS et al, 2015), o valor de PCS encontrado para o resíduo é coerente.

Na tabela 25 são apresentados os valores do poder calorífico médio de resíduos usualmente destinados para coprocessamento e do resíduo estudado. Em comparação, o resíduo da cápsula de café é equivalente a combustíveis de coque de petróleo, combustível usual para fornos de cimento, e borra oleosa, resíduo comumente destinado para coprocessamento, possuindo, portanto, alta viabilidade para destinação em coprocessamento como combustível.

TABELA 25 - VALORES DE PC PARA RESÍDUOS

RESÍDUO	PODER CALORÍFICO (kcal/kg)
<b>Resíduo de cápsula de café</b>	<b>8.850</b>
Coque de petróleo	8.373*
Borra Oleosa	8.218*
Pneus	6.179*
Solventes	5.861*
CDR	5.474*
Plástico	5.306*
Papel	4.785*
Lodos de ETE (23% de umidade)	2.632*

\*FONTE: JANZEN, 2013

A partir do laudo de análise físico química obtido, foram comparados os valores das concentrações dos componentes presentes no resíduo da cápsula para verificar a possibilidade de destinação do resíduo para coprocessamento no estado do Paraná.

TABELA 26 - ATENDIMENTO DO ARTIGO 3º CEMA 76/2009

PARÂMETRO	LQ/FAIXA (mg/kg)	RESULTADO ANALÍTICO (mg/kg)	CEMA 76 – VMP (mg/kg)	ATENDIMENTO
Mercúrio	0,005	<0,005	10	Sim
Selênio	1	<1	100	Sim
Cromo	1	<1	5000	Sim
Chumbo	1	<1	5000	Sim
Cd + Hg+ Tl	1,505	<1,505	200	Sim
As + Co + Ni + Se + Te	9	<9	5000	Sim

Fonte: O autor.

Como pode ser observado na tabela 26, todos os valores de concentração de metais pesados e demais compostos limites estabelecidos pelo artigo 3º estão em atendimento, apresentando resultados muito abaixo do limite. Ressalta-se que o mesmo era esperado por se tratar de um resíduo proveniente de embalagem para alimentos, que por valores máximos permitidos estabelecidos pela própria ANVISA não poderiam conter altas concentrações destes elementos por perigo de migração e contaminação.

A tabela 27 a seguir apresenta a concentração de cloro na amostra bruta:

TABELA 27 - CONCENTRAÇÃO CLORO NA AMOSTRA BRUTA DO RESÍDUO

PARÂMETRO	LQ/FAIXA	RESULTADO ANALÍTICO	VMP USUAL OPERAÇÃO CIMENTEIRAS	ATENDIMENTO
Cloro em % p/p	0,05	0,218	0,500	Sim

Fonte: O autor.

A concentração de cloro está de acordo com o usual estabelecido pelas cimenteiras no estado para processamento e o resíduo estaria de acordo para ser destinado para coprocessamento.

O último item a ser analisado é referente ao artigo 4º, que determina características para o tipo de destinação possível para coprocessamento – utilização como combustível ou como parte de matéria prima do cimento.

TABELA 28 - ATENDIMENTO DO ARTIGO 4º CEMA 76/2009

PARÂMETRO	LQ/FAIXA	RESULTADO ANALÍTICO	CEMA 76 – VMP	ATENDIMENTO
PCS	150	8850	1500 kcal/kg	Sim
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , CaO, MgO, K <sub>2</sub> O e Na <sub>2</sub> O	0,024 %p/p	0,828 %p/p	acima 50 %p/p	Não
F + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + CuO + ZnO + Li <sub>2</sub> O + TiO <sub>2</sub>	0,001 %p/p	0,101 %p/p	0,5 a 30 %p/p	Não

Fonte: O autor.

Pelos resultados obtidos, o poder calorífico do resíduo atende ao valor mínimo necessário para utilização como combustível. Pelo alto PCS, o resíduo de cápsula seria classificado no item II do artigo 4º, sendo utilizado em blendagem com resíduos de menor poder calorífico para viabilizar a utilização destes também para coprocessamento.

As concentrações de mineralizadores e óxidos não atingem os valores mínimos para que o resíduo possa ser utilizado como parte de matéria prima, ficando seu uso restrito, portanto, como combustível.

O coprocessamento seria, portanto, uma alternativa viável para destinação das cápsulas de café, não necessitando de pré-tratamento prévio para a destinação, ou no máximo da diminuição da granulometria do produto, atividade já usual executada em blendeiras que elaboram mix de resíduos para destinação em fornos de cimento. A

opção seria menos onerosa em termos de pré-tratamento para destinação, portanto, não necessitando de etapas de separação de frações ou lavagem, e a presença de borra de café contribuiria para a utilização como combustível (pelo PCS), não necessitando retirá-la.

## 5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A tendência para os próximos anos é que o mercado de cápsulas de café de dose individual continue a crescer, e por consequência, o resíduo gerado pelo consumo deste tipo de produto.

No estudo realizado, foi possível identificar a carência de informações disponíveis sobre o material de composição deste tipo de resíduo e do correto descarte do material. Das 16 marcas avaliadas, 31,25% não fornecerem nenhuma informação e 37,5% oferecem informação incompleta em suas embalagens de como destinar corretamente o resíduo gerado.

Identificou-se também a deficiência de pontos de entrega seletiva, a única modalidade adequada atualmente disponibilizada por fabricantes para destinação do resíduo, sendo ofertada para o Brasil inteiro apenas 15 pontos de coleta em 3 estados para a marca avaliada. A informação da existência dos PEVs só está disponível no site do fabricante, não estando presente nas embalagens. Em entrevista realizada com consumidores da marca avaliada, apenas 6% utilizavam a logística reversa indicada pelo fabricante para destinação do resíduo, corroborando pesquisas realizadas pela Proteste em que os fabricantes não orientam adequadamente seus consumidores do que fazer com o resíduo gerado por seus produtos.

Em entrevista com associações de catadores do município de Curitiba e do engenheiro responsável pela Unidade de Valorização de Recicláveis de Campo Magro, constatou-se que o resíduo pouco chega nestes locais de segregação, e como não há compradores ou viabilidade econômico de tratamento e destinação do mesmo, o resíduo é destinado para aterro.

As cápsulas não são um produto novo no mercado brasileiro, mas nota-se que não há conscientização ambiental efetiva sobre a gestão do resíduo do produto. Da mesma maneira que outros tipos de resíduos de embalagem mista como BOPP e blisters, apesar de serem compostas por resíduos 100% recicláveis, a falta de conhecimento dos usuários do que fazer com o material pós-consumo contribui para que o material pare em aterros. Para que a reciclagem pós-consumo do resíduo funcione, o processo requer iniciativas concretas dos produtores, educação e atitude

do usuário, e um sistema de coleta disponível ampla que atinja a população consumidora do produto.

O resíduo da marca avaliada é composto majoritariamente por polipropileno (97%) e alumínio (3%), estando sujo e/ou com presença de borra de café em seu interior. Apesar da alta reciclabilidade teórica destes materiais, a presença de orgânico em seu interior, a estrutura do resíduo de baixo peso por volume, a dificuldade de separação de lâmina de alumínio das diversas partes e a variação de coloração do plástico dificultam obter um ganho econômico significativo devido a diminuição da qualidade do material reciclado por diminuição de pureza e de cores únicas.

Além das dificuldades técnicas, para tornar o processo rentável, seria necessário reunir uma grande quantidade de resíduo, condição que atualmente é difícil de ser atingida pelo cenário de baixa captação do resíduo indenticado.

Também se avaliou a possibilidade de destinação do resíduo para coprocessamento. O resíduo gerado pelas cápsulas pós consumo apresentou excelentes resultados para substituto de combustível em fornos de cimento, atingindo valor de PCS de  $8850 \text{ kcal.kg}^{-1}$ , valor este equivalente a combustíveis como coque de petróleo e resíduos já destinados para coprocessamento como borra oleosa. O resíduo também apresentou valores de metais pesados e cloro abaixo do limite estabelecido pela resolução CEMA 76 de 2009, estando, portanto, apto a ser destinado para substituto de combustível em fornos de cimento que realizam coprocessamento no estado do Paraná. A destinação seria uma alternativa adequada, com menos dificuldades imbutidas que a reciclagem convencional do resíduo.

Apesar da viabilidade técnica e legislativa da destinação do resíduo para coprocessamento, a problemática da baixa captação também é aplicável para este cenário.

Percebe-se, portanto, a importância da conscientização ambiental em todas as esferas, partindo dos fabricantes, aos usuários e profissionais do setor de gerenciamento de resíduos. Torna-se clara a necessidade de investir no início da cadeia, fornecendo informações aos consumidores do descarte correto do resíduo e providenciando uma maior quantidade de PEVs pelo país, para aumentar a eficiência de coleta do resíduo. Enquanto fabricantes e consumidores não se conscientizarem

da importância de destinar corretamente o resíduo gerado pelo consumo de cápsulas de dose individual, a tendência é que este tipo de resíduo continue a ter um modelo de desenvolvimento linear, terminando em aterros pelo país.

### **5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

1. Realizar avaliação de viabilidade de reciclagem para os outros tipos de cápsulas de café, não mistas, de alumínio, papel e plástico.
2. Realizar análise de ciclo de vida para cápsulas de café em comparação com outros tipos de modalidade de café, como café em pó solúvel e café moído para identificar qual possui maior impacto.
3. Realizar avaliação da biodegradabilidade das cápsulas de café que são comercializadas como tal.

## REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **A Transformação e a Reciclagem do Material Plástico – Estrutura e Desafios, 2010**. Disponível em: <[http://file.abiplast.org.br/download/links/marcos\\_nascimento\\_apresentacao\\_perspectivas\\_de\\_mercado\\_de\\_reciclagem.pdf](http://file.abiplast.org.br/download/links/marcos_nascimento_apresentacao_perspectivas_de_mercado_de_reciclagem.pdf)>. Acesso em Janeiro 2018.

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Perfil 2016 – Indústria Brasileira de transformação e reciclagem de material plástico, 2017**. Disponível em: <[http://file.abiplast.org.br/file/noticia/2017/folder\\_preview\\_perfil2016\\_separado.pdf](http://file.abiplast.org.br/file/noticia/2017/folder_preview_perfil2016_separado.pdf)>. Acesso em Janeiro 2018.

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **O Setor de Reciclagem de Material Plástico, 2018**. Disponível em: <[http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1395062729.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1395062729.pdf)>. Acesso em Janeiro 2018.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13230 de 2008 - Simbologia Indicativa de Reciclabilidade e Identificação de Materiais Plásticos, 2008**.

ABRE - Associação Brasileira de Embalagens. **Simbologia Brasileira de Identificação de Materiais**. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/comitesdetrabalho/meio-ambiente-e-sustentabilidade/reciclagem/simbologia-de-identificacao/>>. Acesso em outubro de 2017.

ABRE - Associação Brasileira de Embalagens. **Simbologia de Descarte Seletivo de Embalagens é prevista em Pacto Setorial em Norma Técnica da ABNT – NBR 16182/2013**. Disponível em <<http://www.abre.org.br/descarteseletivo/>>. Acesso em outubro de 2017.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, 2016**. Disponível em <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Acesso em julho de 2017.

ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland. **Estatísticas**. São Paulo, 2013 Disponível em: <<http://coprocessamento.org.br/estatisticas>> Acesso em Janeiro 2018.

ACUNHA, LUIZIANE. **Polipropileno Reciclagem, 2010**. Disponível em <<http://meioambiente.culturamix.com/reciclagem/polipropileno-reciclagem>>. Acesso em março 2017.

ALVIM, MARIANA. **Pesquisas inéditas mostram que reciclagem de cápsulas de café é problemática no Brasil, 2016**. Disponível em <<https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/meio-ambiente/pesquisas-ineditas-mostram-que-reciclagem-de-capsulas-de-cafe-problematica-no-brasil-20660567>>. Acesso em março 2017.

ASAMANY, E. A. GIBSON, M. D.; PEGG, M. J. **Evaluating the potential of waste plastics as fuel in cement kilns using bench-scale emissions analysis**. Fuel, Nova Escócia, Canada, v. 193, p. 178-186, 2017.

AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL. **Waste to energy: Plastic in Perspective, 2002.** Disponível em: <<https://plastics.americanchemistry.com/Jobs/EconomicStatistics/Plastics-Statistics/>>. Acesso em março de 2018.

BADORE, M. **Even "recyclable" coffee pods aren't,** 2013. Disponível em <<https://www.treehugger.com/sustainable-product-design/even-recyclable-coffee-pods-arent.html>>. Acesso em março 2016.

BARRETOS, F. R. M.; SILVA, M. C. C.; PELÁ, A. **Impactos ambientais na destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos na cidade de Ipameri-GO: um estudo de caso,** Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, Ipameri, Goiânia, v. 17, n. 17, p. 3230 – 3239. 2013.

BBC – British Broadcasting Corporation. **“Is there a serious problem with coffee capsules?”**, 2016. Disponível em <<http://www.bbc.com/news/magazine-35605927>>. Acesso em: julho 2016.

BRASIL. **Resolução CONAMA 264 de 26 de agosto de 1999.** Define procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para o co-processamento de resíduos em fornos rotativos de clíquer para fabricação de cimento. Brasília, DF. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/> >. Acesso em março 2017

BRASIL. **Instrução Normativa nº 13 de 18 de dezembro de 2012.** Publica a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.planalto.gov.br/> >. Acesso em: março 2017

BRASIL. **Decreto nº 7.404 de 12 de dezembro de 2010.** Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm)> Acesso em: março 2017

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 12 de agosto de 2010.** Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em

BRASIL. **Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm). Acesso em março 2017

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997.** Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em março 2017

BRASIL. **Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm)>. Acesso em: março 2017

BRASIL. **Lei nº 9.795 de 27 de abril 1999.** Dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, DF. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm)>. Acesso em: março 2017.

BOURTSALAS, A. C.; CASTALDI, M. J.; THEMELIS, N. J.; ZHANG, J.; **Use of non-recycled plastics and paper as alternative fuel in cement production.** Journal of Cleaner Production, Nova Iorque, Estados Unidos, v. 181, p. 8-16, 2018.

CAFÉJO. **Podding the coffee,** 2017. Disponível em: <[http://www.coffeepods2u.com/podding\\_coffee](http://www.coffeepods2u.com/podding_coffee)>. Acesso em: agosto 2017.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo.** Ed. 4. São Paulo: Humanitas FFLCH/USP, 2003.

CANEVAROLO JÚNIOR, Sebastião V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros.** 2.ed.rev. e ampl. [São Paulo]: Artliber, [2006]. 277p., il.; gráfs., tabs. ISBN 8588098105 (broch.).

CANEVAROLO JÚNIOR, Sebastião V. **Técnicas de caracterização de polímeros.** São Paulo: Artliber, 2004. 448 p., il. Inclui bibliografia e índice. ISBN 8588098199 (broch.).

CARTER, S.; PANESAR, S. S. (2004). U.S. Patent No. US7673558 **Insert, a machine and a system for the preparation of beverages.** Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Disponível em < <https://www.google.com/patents/US7673558>>. Acesso em Novembro 2017.

CASTILHO JR., A.B. et al. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: Prevenção, Geração e Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários.** Prosab - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Florianópolis, Santa Catarina, 2006, 1º edição, editora Sermograf Artes Gráficas e Editora Ltda.475p.

CASTRO, A. T. P; ROSSINI, E. L.; SILVA, L. G. A. **Reaproveitamento de embalagens tipo “blister” compostas por pvc e alumínio.** Instituto de Pesquisa Energética e Nuclear – IPEN. São Paulo, SP. Disponível em < <https://www.ipen.br/biblioteca/2004/cbcimat2004/10008.pdf>>. Acesso em setembro 2018.

CEMA - Conselho Estadual Do Meio Ambiente. **Resolução nº 76 de 30 de novembro de 2009.** Estabelece a exigência e os critérios na solicitação e emissão de Autorizações Ambientais para coprocessamento de resíduos em fornos de cimento, com fins de substituição de matéria prima ou aproveitamento energético.

CEMBUREAU - The European Cement Association. **Sustainable cement production: Co-processing of alternative fuels and raw materials in the european cement industry.** CEMBUREAU, Brussels, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.cembureau.be/sustainable-cement-production-co-processing-alternative-fuels-and-raw-materials-cement-industry>>. Acesso em:fevereiro 2018.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Mercado – Preço de Material Reciclável,** 2018. Disponível em <<http://cempre.org.br/servico/mercado>>. Acesso em: fevereiro 2018.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Ficha Técnica - Plástico,** 2017. Disponível em < <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/4/plasticos>>. Acesso em: fevereiro 2018.

CERRI, A. S. **BOPP: plástico que embala doces e salgadinhos tem reciclagem?**. Ecycle, 2012. Disponível em <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/645-bopp-plastico-que-embala-doces-e-salgadinhos-tem-reciclagem-.html>>. Acesso em agosto 2018.

CERRI, A. S. **Falta de compradores faz coleta de BOPP fraca em cooperativas e recicladoras.** Ecycle, 2011. Disponível em <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/653-falta-de-compradores-faz-coleta-de-bopp-fraca-em-cooperativas-e-recicladores.html>>. Acesso em agosto 2018.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - **Procedimento para utilização de resíduos em fornos de produção de clínquer– P4**. 263/03 São Paulo dezembro de 2003.

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **Resolução nº 264 de 26 de outubro de 1999**. Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de coprocessamento de resíduos, Resolução 264, 1999.

CONSEMA - Conselho Estadual Do Meio Ambiente. Licenciamento ambiental para coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. Resolução 002. Porto Alegre 2000.

COSCARELLI, C. **“Quem inventou o Nespresso fui eu”**, 2010. IstoÉ Dinheiro, São Paulo. Disponível em: <<https://www.istoedinheiro.com.br/noticias/negocios/20100827/quem-inventou-nespresso-fui/39967>>. Acesso em: julho 2016.

DAINTON, F.S.; EVANS, D.M.; HOARE, F.E.; MELIA, T.P., PASSAGLIA, E.; KEVORKIAN, H.K., WILKINSON, R.W.; **DOLE, M. 1-Propene, homopolymer Thermodata. NIST, National Institute of Standards and Technology**. Disponível em <<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C9003070&Mask=2>> Acesso em: fevereiro 2018.

DE ALMEIDA, M. **Nestlé perde patente da Nespresso e enfrenta queda no mercado de cápsulas de café**, 2016. LinkedIn. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/nestl%C3%A9-perde-patente-da-nespresso-e-enfrenta-queda-de-de-almeida>>. Acesso em: fevereiro 2017.

DE CARVALHO, S. P. **Café Espresso, Patentes, Desenho Industrial e o mercado das máquinas e cápsulas de café: há perspectiva para o Brasil se inserir**, 2017. GEOPI. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/geopi/2017/02/09/cafe-espresso-patentes-desenho-industrial-e-o-mercado-das-maquinas-e-capsulas-de-cafe-ha-perspectiva-para-o-brasil-se-inserir-1/>>. Acesso em: janeiro 2018.

DI PIERO, ADRIANO. **How do Nespresso pods work?**, 2017. Disponível em <<https://www.quora.com/How-do-Nespresso-pods-work>>. Acesso em: fevereiro 2018.

DUARTE, et al; **Como se fazem cápsulas de café?**, 2012. FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Porto, Portugal. Disponível em: <[https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd\\_2012\\_13/files/REL\\_1M6\\_04.PDF](https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_1M6_04.PDF)>. Acesso em: fevereiro 2017.

ECOCAFFE. **The Revolutionary Capsule**, 2017. Disponível em: <<https://www.ecocaffe.com.au/pages/so-green-we-could-plant-it>>. Acesso em: agosto 2017.

ECYCLE. **Pacotes laminados são reciclados?**, 2013. Disponível em <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/57-plastico/217-pacotes-laminados-sao-reciclaveis.html>. Acesso em agosto 2018.

ECYCLE. **Pacotes laminados são reciclados?**, 2013. Disponível em <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/57-plastico/217-pacotes-laminados-sao-reciclaveis.html>. Acesso em agosto 2018.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Tendências do Mercado de Café**, 2015. Disponível em [http://consorcioquesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/consumo/Tendencia\\_do\\_Mercado\\_de\\_Cafe\\_-\\_2015\\_1.pdf](http://consorcioquesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/consumo/Tendencia_do_Mercado_de_Cafe_-_2015_1.pdf)>. Acesso em maio 2016.

FAVRE, E. (1976). **U.S. Patent No. US4136202 - Capsule for beverage preparation**. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Disponível em <<https://www.google.co.uk/patents/US4136202>>. Acesso em Novembro 2017.

FIOL, N.; GOMINHO, J.; LIU, C.; PEREIRA, H.; OLIVELLA, M. A.; PUJOL, D.; VILLAESCUSA, I. **The chemical composition of exhausted coffee waste**. *Industrial Crops and Products*, Espanha, v. 50, p. 423–429, 2013.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Com perda de patentes, Nespresso perde espaço para concorrentes**, 2014. Folha de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/01/1392147-com-perda-de-patentes-nespresso-perde-espaco-para-concorrentes.shtml>> Acesso em: julho 2016.

GUERECA, L. P.; JUAREZ-LOPEZ, C. R.; TORRES, N. **The co-processing of municipal waste in a cement kiln in Mexico. A life-cycle assessment approach**. *Journal of Cleaner Production*, Cidade do México, México, v. xxx, p 1-8, 2015.

GUIMARÃES, C.; VIANA, L. S.; COSTA, P. H. de S. **Os desafios da consciência ambiental: o marketing verde em questão**. In: C@LEA – Cadernos de Aulas do LEA. n. 4, p. 94-104, Ilhéus – BA, nov. 2015.

GORNI, A.A. (2006). **Siderúrgicas são o novo espaço para reciclagem energética de plásticos pós-consumo**. *Plástico Industrial*; Aranda editor; ano VIII n.89, p.84-100, jan 2006. [http://www.gorni.eng.br/Gorni\\_PI\\_Jan2006.pdf](http://www.gorni.eng.br/Gorni_PI_Jan2006.pdf)

GORNI, A.A. **Revista Plástico Industrial**. Disponível em: <[www.gorni.eng.br/intropol.html](http://www.gorni.eng.br/intropol.html)>. Acesso em: janeiro 2018

HERNANDEZ, M. I. **Quais os tipos e opções do descarte de embalagens de medicamentos**. Ecycle, 2017. Disponível em <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/67-dia-a-dia/4984-embalagens-de-medicamentos-quais-sao-os-tipos-existentis-e-descartes-possiveis.html>>. Acesso em agosto 2018.

HUNT, B. J.(Barry J.); JAMES, M. I. **Polymer characterisation**. London: Blackie Academic & Professional, 1993. 362p., il.,retrs.,grafs. Inclui bibliografia. ISBN 0751400823 (enc.).

ISENHART, P. M.; PEREIRA, L. P.; MACHADO, L.; BONELLA, D. S. **Consciência ambiental: a melhor forma de sobrevivência**. X Salão de Iniciação Científica – PUCRS, p.2493-2495, 2009. Disponível em <[http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaolC/Ciencias\\_Sociais\\_Aplicadas/Direito/71040-PATRICIA\\_MACHADO\\_ISERHARDT.pdf](http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaolC/Ciencias_Sociais_Aplicadas/Direito/71040-PATRICIA_MACHADO_ISERHARDT.pdf)>. Acesso em setembro 2018.

ISTOÉ DINHEIRO. **Chegou o genérico da Nespresso**, 2013. Revista Digital Istoé Dinheiro, n°798. Disponível em: <<https://www.istoedinheiro.com.br/noticias/negocios/20130130/chegou-generico-nespresso/386.shtml>>. Acesso em: agosto 2017.

JILVERO H.; JOHANSSON A. C.; OHRMAN G.W.; SANDSTROM L. **Co-pyrolysis of woody biomass and plastic waste in both analytical and pilot scale**, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis (2018).

KARIAN, Haruntun. **Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites, Revised and Expanded (Plastics Engineering)**. Nova Iorque: Marcel Dekker, 2003; Segunda edição. 741p.

KOTSEV, A. **ATF-23 LBC KASI TEMPRA PACK - Thermoforming machine for coffee capsules**, 2017. Disponível em: <[http://www.kt-pack.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=60&Itemid=216](http://www.kt-pack.com/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=216)> Acesso em: fevereiro 2017.

LARSEN, ISABEL. **A logística reversa dos óleos residuais em Curitiba> estudo de caso do bairro de Santa Felicidade**. Dissertação – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, 2017. 142p. Il. Color. Curitiba, 2017.

MACCARINI, A.C.; HERNÁNDEZ, R.H. **Melhoria no processo de triagem de materiais recicláveis a partir da implementação de tecnologias simples**. In: Seminário Anual de Ensino, Pesquisa e Extensão, 11. Jornada de Iniciação Científica, 11, 2007, Pato Branco, PR. Anais.. Pato Branco: UTFPR, 2007.

MANCINI, S. D.; ZANIN, M. **Resíduos Plásticos e Reciclagem: Aspectos gerais e tecnologia**, 2009. São Carlos: EdUFSCar – Editora da Universidade Federal de São Carlos, 2009.

MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luis Claudio. **Identificação de plásticos, borrachas e fibras**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000; reimpressão 2014. 224p., il

MANSOR, M.T.C. et al. **Cadernos de Educação Ambiental – Resíduos Sólidos**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Meio Ambiente. São Paulo, 2010.

MARINGOLO, V. **Clínquer co-processado: produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade da indústria de cimento**. 2001. 174 p. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, 2001.

MASSA, LUCIANO. **Dados termodinâmicos de algumas substâncias**, 2018. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/cref/amees/tabela.html>>. Acesso em: fevereiro 2018.

MFRURAL. **Preço de PP reciclado**, 2018. Disponível em <<http://www.mfrural.com.br/produtos.aspx>>. Acesso em: fevereiro 2018.

MILLER, K. B.; BLUMENSCHNEIN, R. N. **Análise de Ciclo de Vida: Conceitos e Função**. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade\\_social/apresentacoes/3.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/apresentacoes/3.pdf). Acesso em: Janeiro 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Gestão de Resíduos Sólidos – Manual de Orientação**. 2013, Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/manual\\_de\\_residuos\\_solidos3003\\_182.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf). Acesso em: Março 2017.

MORIS, V. A. S., PAIVA, J. M. F., SOARES, L. S., YAMAJI, F. M. **Utilização de Resíduos de Borra de Café e Serragem na Moldagem de Briquetes e Avaliação das Propriedades**. Revista Matéria, volume 20. Pp. 550-560. 2015.

PARANÁ, 2009. Resolução CEMA nº 076 - 30 de Novembro de 2009. Estabelece a exigência e os critérios na solicitação e emissão de **Autorizações Ambientais para coprocessamento de resíduos em fornos de cimento**, com fins de substituição de matéria prima ou aproveitamento energético.

PLÁSTICO BRASIL. **Polipropileno, Motivos para aplicar na produção de embalagem**, 2017. Disponível em: <http://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/polipropileno-motivos-para-aplicar-na-producao-de-embalagem/>. Acesso em: outubro 2017.

PIRES, H. **A contribuição da reciclagem do alumínio para o alcance do desenvolvimento sustentável**, 2007. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Disponível em: [https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos07/1262\\_artigo%20alumínio\\_Seget\\_2007\\_Prof.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos07/1262_artigo%20alumínio_Seget_2007_Prof.pdf) Acesso em: fevereiro 2018.

PERKIN ELMER. **Thermogravimetric Analysis (TGA) - A Beginner's Guide**, 2010. Disponível em: [http://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/GDE\\_TGABeginnersGuide.pdf](http://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/GDE_TGABeginnersGuide.pdf). Acessado em: março 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Plano Municipal de Saneamento de Curitiba. Volume V – Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos**. Curitiba, 2013.

POLIVERSAL. **PP – POLIPROPILENO**, 2017. Disponível em <http://www.poliversal.pt/pt/landing-pages/tipos-de-plasticos/pp---polipropileno-36.html>. Acesso em março 2017.

PORTELA, M. O.; RIBEIRO, J. C. J. **Aterros sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos**. Revista Direito Ambiental e sociedade, v. 4, n. 1, 2014 (p. 115-134).

RANCAÑO, V. **Waste: The Dark Side of the New Coffee Craze**, 2013. EAST BAY EXPRESS. Disponível em: <https://www.eastbayexpress.com/oakland/waste-the-dark-side-of-the-new-coffee-craze/Content?oid=3687220&storyPage=1>. Acesso em: julho 2016.

RE9 RECICLE. **Máquinas de Coleta Seletiva**, 2017. Disponível em <http://www.re9recycle.com.br> Acesso em outubro 2017.

RETO; M. A. S. **PP X PET – Polipropileno persegue maior transparencia e brilho, atinge novos segmentos e penetra mais no mercado do pet**, 2008. Disponível em: <<https://www.plastico.com.br/pp-x-pet-polipropileno-persegue-maior-transparencia-e-brilho-atinge-novos-segmentos-e-penetra-mais-no-mercado-do-pet/3/>>. Acesso em: julho 2016.

SOARES, VILHENA. **Plástico: mundo produziu 8,3 bi de toneladas em 65 anos e reciclou só 9%**, 2017. Disponível em <[http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/07/22/interna\\_ciencia\\_saude,611649/plastico-mundo-produziu-8-3-bi-de-toneladas-em-65-anos-e-reciclou-so.shtml](http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/07/22/interna_ciencia_saude,611649/plastico-mundo-produziu-8-3-bi-de-toneladas-em-65-anos-e-reciclou-so.shtml)> Acesso em: fevereiro 2018.

SUSTAINABLE LIVING BETA. **If coffee pods are made of aluminium, what are the negative environmental effects?**, 2016. Disponível em <<https://sustainability.stackexchange.com/questions/5493/if-coffee-pods-are-made-of-aluminium-what-are-the-negative-environmental-effect>>. Acesso em: fevereiro 2017.

OU, CHENG-FANG. **The crystallization characteristics of polypropylene and low ethylene content polypropylene copolymer with copolyesters**, 2001. Department of Chemical Engineering, National Chin-Yi Institute of Technology, Taichung 411, Taiwan, ROC.

TETRA PAK. **Ciclo de Vida da Embalagem**. 2018. Disponível em <<https://www.tetrapak.com/br/sustainability/reciclagem-no-brasil>> Acesso em Agosto 2018.

VAN DER LINDEN, Júlio Carlos de Souza. **Compreensibilidade de símbolos de reciclagem**, 2006. Disponível em <http://www.ceap.br/material/MAT03112011192949.pdf>. Acesso em: fevereiro 2018.

ZAMBERLAN, Luciano et al. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas**. Ijuí, Ed. Unijuí, 2014.

## APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO

Observação: O nome das marcas foi retirado para manter o sigilo dos resultados referente ao nome das mesmas.

**1. Você possui máquina de café em cápsula em casa? Se sim, qual marca?**

- Marca B                       Marca C                       Não possui
- Marca A                       Outra:

**2. Com qual frequência você consome café em cápsula por dia?**

- 1                                   3                                   Mais de 4
- 2                                   4

**3. Em qual lixo você coloca as cápsulas de café?**

- Não-reciclável                   Outro:
- Reciclável                       Ponto de entrega voluntária

**4. Qual é a renda familiar mensal em sua residência? Por favor, considere a soma dos rendimentos de todos os moradores.**

- Até R\$ 1.874,00 (2 SM)                                   R\$ 9.370,01 a R\$ 18.740,00 (10 a 20 SM)
- R\$ 1.874,01 a R\$ 3.748,00 (2 a 4 SM)                                   R\$ 18.740,01 ou mais (acima de 20 SM)
- R\$ 3.748,01 a R\$ 9.370,00 (4 a 10 SM)

**5. Qual a sua faixa de idade?**

- Menor de 18 anos                   De 30 a 39 anos                   De 50 a 59 anos
- De 19 a 29 anos                   De 40 a 49 anos                   Acima de 60 anos

## **APÊNDICE B - ROTEIRO DE ENTREVISTA ASSOCIAÇÃO DE CATADORES**

1. Você sabe o que é uma cápsula de café?
2. Que tipo de cápsula geralmente é recolhida?
3. O resíduo é recolhido por algum membro da associação?
4. Qual a quantidade em média recolhida por mês?
5. O resíduo é armazenado no local?
6. Quais são os principais compradores do resíduo?
7. Qual o preço médio de venda do resíduo?

## **APÊNDICE C - ROTEIRO DE ENTREVISTA UVR**

1. Você sabe o que é uma cápsula de café?
2. O resíduo chega até ao empreendimento?
3. Qual a quantidade em média recolhida por mês?
4. O resíduo é segregado? Em qual categoria?
5. Quais são os principais compradores do resíduo?
6. Qual o preço médio de venda do resíduo?
7. Qual é a destinação dada ao resíduo caso não seja comprado?
8. Quais às dificuldades associadas ao gerenciamento deste resíduo na unidade?

## **ANEXO I – LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS CÁPSULAS**

**RESUMO DOS RESULTADOS DA AMOSTRA Nº 384842/2017-0**  
**Processo Comercial Nº 30113/2017-3**

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa solicitante:</b>	Revalore Coproces. e Eng. do M Amb. LTDA
<b>Endereço:</b>	Rua Fernando Simas, 1177 - - Mercedes - Curitiba - PR - CEP: 80.430-190 .
<b>Nome do Solicitante:</b>	Mauricio de Freitas

**DADOS REFERENTES A AMOSTRA**

<b>Identificação do Cliente:</b>	Cápsulas - Monitore		
<b>Amostra Rotulada como:</b>	Resíduo		
<b>Coletor:</b>	Interessado	<b>Data da coleta:</b>	14/12/2017 09:00:00
<b>Data da entrada no laboratório:</b>	27/12/2017 10:07	<b>Data de Elaboração do RRA:</b>	12/01/2018

**RESULTADOS PARA A AMOSTRA**

Parâmetros	Unidade	LQ/ Faixa	Resultados analíticos	CEMA 76 - VMP
Porcentagem de Sólidos	% p/p	0,05	43,7	---
Alumínio	mg/kg	1	591	---
Alumínio em %	% p/p	0,0001	0,0591	---
Ferro	mg/kg	1	98,1	---
Ferro em %	% p/p	0,0001	0,0098	---
Silício	mg/kg	50	< 50	---
Silício em %	% p/p	0,005	< 0,005	---
Cálcio	mg/kg	50	502	---
Cálcio em %	% p/p	0,005	0,0502	---
Potássio	mg/kg	50	611	---
Potássio em %	% p/p	0,005	0,0611	---
Zinco	mg/kg	1	9,69	---
Zinco em %	% p/p	0,0001	0,0010	---
Bário	mg/kg	1	2,49	---
Bário em %	% p/p	0,0001	0,0002	---
Fósforo	mg/kg	1	165	---
Fósforo em %	% p/p	0,0001	0,0165	---
Cádmio	mg/kg	0,25	< 0,25	---
Cádmio em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Mercurio	mg/kg	0,005	< 0,005	10
Mercurio em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Tálio	mg/kg	1	< 1	---
Tálio em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Arsênio	mg/kg	1	< 1	---
Arsênio em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Cobalto	mg/kg	1	< 1	---
Cobalto em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Níquel	mg/kg	1	< 1	---
Níquel em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Selênio	mg/kg	1	< 1	100
Selênio em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Telúrio	mg/kg	5	< 5	---
Telúrio em %	% p/p	0,0005	< 0,0005	---
Antimônio	mg/kg	1	< 1	---
Antimônio em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Cromo	mg/kg	1	< 1	5000
Cromo em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Estanho	mg/kg	1	< 1	---
Estanho em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Chumbo	mg/kg	1	< 1	5000
Chumbo em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Vanádio	mg/kg	1	< 1	---
Vanádio em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Óxido de Alumínio (Al2O3)	% p/p	0,001	0,256	---
Óxido de Ferro (Fe2O3)	% p/p	0,001	0,032	---

Parâmetros	Unidade	LQ/ Faixa	Resultados analíticos	CEMA 76 - VMP
Óxido de Silício (SiO <sub>2</sub> )	% p/p	0,024	< 0,024	---
Óxido de Cálcio (CaO)	% p/p	0,016	0,161	---
Óxido de Magnésio (MgO)	% p/p	0,02	0,179	---
Óxido de Potássio (K <sub>2</sub> O)	% p/p	0,014	0,168	---
Óxido de Sódio (Na <sub>2</sub> O)	% p/p	0,015	0,025	---
Óxido de Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	% p/p	0,001	0,087	---
Óxido de Cobre (CuO)	% p/p	0,001	0,002	---
Óxido de Zinco (ZnO)	% p/p	0,001	0,003	---
Óxido de Lítio (Li <sub>2</sub> O)	% p/p	0,001	< 0,001	---
Óxido de Titânio (TiO <sub>2</sub> )	% p/p	0,001	0,010	---
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SiO <sub>2</sub> +CaO+MgO+K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	% p/p	0,024	0,828	---
F+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +CuO+ZnO+Li <sub>2</sub> O+TiO <sub>2</sub>	% p/p	0,001	0,101	---
Cd + Hg + Tl	mg/kg	1,505	< 1,505	200
As + Co + Ni + Se + Te	mg/kg	9	< 9	5000
Magnésio	mg/kg	50	472	---
Magnésio em %	% p/p	0,005	0,0472	---
Sódio	mg/kg	50	79,5	---
Sódio em %	% p/p	0,005	0,0080	---
Cobre	mg/kg	1	7,36	---
Cobre em %	% p/p	0,0001	0,0007	---
Lítio	mg/kg	1	< 1	---
Lítio em %	% p/p	0,0001	< 0,0001	---
Titânio	mg/kg	1	25,1	---
Titânio em %	% p/p	0,0001	0,0025	---
Cloro	mg/kg	500	2180	---
Cloro em %	% p/p	0,05	0,218	---
Flúor	mg/kg	100	< 100	---
Flúor em %	% p/p	0,01	< 0,01	---
Poder Calorífico Superior	kcal/kg	150	8850	---
Umidade	% p/p	0,05	56,3	---
Enxofre	mg/kg	710	< 710	---
Enxofre em %	% p/p	0,071	< 0,071	---
Fluoreto	mg/kg	1	< 1	---

CEMA 76 - VMP Valores Máximos Permitidos pela Resolução CEMA 76 / 2009 - Resolução Coprocessamento

#### Notas

“Mérieux NutriSciences” é nome fantasia, a razão social permanece Bioagri Ambiental Ltda.  
LQ/ Faixa = Limite de Quantificação ou Faixa de Trabalho, quando aplicável.

#### Abrangência

O(s) resultado(s) referem-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).  
Este Resumo de Resultados só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

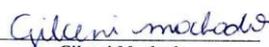
#### Dados de Origem

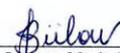
Resumo dos resultados da amostra n° 384842/2017-0 preparado com os dados dos relatórios de ensaio: 384842/2017-0 - Piracicaba anexados a este documento.

#### Declaração de Conformidade

Comparando-se os resultados obtidos para a amostra com os Valores Máximos Permitidos pela Resolução CEMA 76 / 2009 - Resolução Coprocessamento podemos observar que: Os parâmetros satisfazem os limites permitidos. Obs: A interpretação foi baseada nos parâmetros com VMP contemplados na tabela desse Relatório de Ensaio.

Chave de Validação: 50295c77e2ec3ce0f60fd6d02083f42d

  
Gilceni Machado  
Controle de Qualidade  
CRQ 004481956 – 4ª Região

  
Joseane Maria Bülow  
Gerente Técnica  
CRQ 09200516 – 9ª Região

**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 384842/2017-0 - Piracicaba**  
Processo Comercial Nº 30113/2017-3

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa solicitante:</b>	Revalore Coproces. e Eng. do M Amb. LTDA
<b>Endereço:</b>	Rua Fernando Simas, 1177 - - Mercês - Curitiba - PR - CEP: 80.430-190 .
<b>Nome do Solicitante:</b>	Mauricio de Freitas

**DADOS REFERENTES A AMOSTRA**

<b>Identificação do Cliente:</b>	Cápsulas - Monitore		
<b>Amostra Rotulada como:</b>	Resíduo		
<b>Coletor:</b>	Interessado	<b>Data da coleta:</b>	14/12/2017 09:00:00
<b>Data da entrada no laboratório:</b>	27/12/2017 10:07	<b>Data de Elaboração do RE:</b>	12/01/2018

**RESULTADOS PARA A AMOSTRA**

Parâmetros	CAS	Unidade	LQ/ Faixa	Resultados analíticos	Incerteza	CEMA 76 - VMP	Data do Ensaio
Porcentagem de Sólidos	---	% p/p	0,05	43,7	4,4	---	06/01/2018 11:45
Alumínio	7429-90-5	mg/kg	1	591	89	---	08/01/2018 15:42
Alumínio em %	7429-90-5	% p/p	0,0001	0,0591	0,0089	---	08/01/2018 15:42
Ferro	7439-89-6	mg/kg	1	98,1	15	---	08/01/2018 15:42
Ferro em %	7439-89-6	% p/p	0,0001	0,0098	0,0015	---	08/01/2018 15:42
Silício	7440-21-3	mg/kg	50	< 50	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Silício em %	---	% p/p	0,005	< 0,005	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Cálcio	7440-70-2	mg/kg	50	502	75	---	08/01/2018 15:42
Cálcio em %	7440-70-2	% p/p	0,005	0,0502	0,0075	---	08/01/2018 15:42
Potássio	7440-09-7	mg/kg	50	611	92	---	08/01/2018 15:42
Potássio em %	7440-09-7	% p/p	0,005	0,0611	0,0092	---	08/01/2018 15:42
Zinco	7440-66-6	mg/kg	1	9,69	1,5	---	08/01/2018 15:42
Zinco em %	7440-66-6	% p/p	0,0001	0,0010	0,00015	---	08/01/2018 15:42
Bário	7440-39-3	mg/kg	1	2,49	0,37	---	08/01/2018 15:42
Bário em %	7440-39-3	% p/p	0,0001	0,0002	0,00003	---	08/01/2018 15:42
Fósforo	7723-14-0	mg/kg	1	165	25	---	08/01/2018 15:42
Cádmio	7440-43-9	mg/kg	0,25	< 0,25	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Cádmio em %	7440-43-9	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Mercurio	7439-97-6	mg/kg	0,005	< 0,005	n.a.	10	08/01/2018 15:42
Mercurio em %	7439-97-6	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Tálio	7440-28-0	mg/kg	1	< 1	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Tálio em %	7440-28-0	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Arsênio	7440-38-2	mg/kg	1	< 1	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Arsênio em %	7440-38-2	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Cobalto	7440-48-4	mg/kg	1	< 1	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Cobalto em %	7440-48-4	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Níquel	7440-02-0	mg/kg	1	< 1	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Níquel em %	7440-02-0	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Selênio	7782-49-2	mg/kg	1	< 1	n.a.	100	08/01/2018 15:42
Selênio em %	7782-49-2	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Telúrio	13494-80-9	mg/kg	5	< 5	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Telúrio em %	---	% p/p	0,0005	< 0,0005	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Antimônio	7440-36-0	mg/kg	1	< 1	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Antimônio em %	7440-36-0	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Cromo	7440-47-3	mg/kg	1	< 1	n.a.	5000	08/01/2018 15:42
Cromo em %	7440-47-3	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Estanho	7440-31-5	mg/kg	1	< 1	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Estanho em %	7440-31-5	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Chumbo	7439-92-1	mg/kg	1	< 1	n.a.	5000	08/01/2018 15:42
Chumbo em %	7439-92-1	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Vanádio	7440-62-2	mg/kg	1	< 1	n.a.	---	08/01/2018 15:42

Parâmetros	CAS	Unidade	LQ/ Faixa	Resultados analíticos	Incerteza	CEMA 76 - VMP	Data do Ensaio
Vanádio em %	7440-62-2	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Silício (SiO <sub>2</sub> )	---	% p/p	0,024	< 0,024	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Magnésio	7439-95-4	mg/kg	50	472	71	---	08/01/2018 15:42
Magnésio em %	7439-95-4	% p/p	0,005	0,0472	0,0071	---	08/01/2018 15:42
Sódio	7440-23-5	mg/kg	50	79,5	12	---	08/01/2018 15:42
Sódio em %	7440-23-5	% p/p	0,005	0,0080	0,0012	---	08/01/2018 15:42
Cobre	7440-50-8	mg/kg	1	7,36	1,1	---	08/01/2018 15:42
Cobre em %	7440-50-8	% p/p	0,0001	0,0007	0,00011	---	08/01/2018 15:42
Lítio	7439-93-2	mg/kg	1	< 1	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Lítio em %	7439-93-2	% p/p	0,0001	< 0,0001	n.a.	---	08/01/2018 15:42
Titânio	7440-32-6	mg/kg	1	25,1	3,8	---	08/01/2018 15:42
Titânio em %	7440-32-6	% p/p	0,0001	0,0025	0,00038	---	08/01/2018 15:42
Cloro	7782-50-5	mg/kg	500	2180	330	---	08/01/2018 13:54
Cloro em %	---	% p/p	0,05	0,218	0,033	---	08/01/2018 13:54
Flúor	14762-94-8	mg/kg	100	< 100	n.a.	---	08/01/2018 13:54
Flúor em %	---	% p/p	0,01	< 0,01	n.a.	---	08/01/2018 13:54
Poder Calorífico Superior	---	kcal/kg	150	8850	89	---	08/01/2018 17:05
Umidade	---	% p/p	0,05	56,3	5,6	---	06/01/2018 11:45
Enxofre	7704-34-9	mg/kg	710	< 710	n.a.	---	08/01/2018 13:54
Enxofre em %	---	% p/p	0,071	< 0,071	n.a.	---	08/01/2018 13:54
Fluoreto	16984-48-8	mg/kg	1	< 1	n.a.	---	06/01/2018 11:46

CEMA 76 - VMP Valores Máximos Permitidos pela Resolução CEMA 76 / 2009 - Resolução Coprocessamento

#### Notas

“Mérieux NutriSciences” é nome fantasia, a razão social permanece Bioagri Ambiental Ltda.

LQ/ Faixa = Limite de Quantificação ou Faixa de Trabalho, quando aplicável.

n.a. = Não Aplicável.

Incerteza = Incerteza expandida (U), que é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (k=2).

Laboratório cadastrado no IAP segundo número de documento IAPCCCL 052

#### Abrangência

O(s) resultado(s) referem-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

#### Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

#### Responsabilidade Técnica

Os ensaios foram realizados na unidade da Bioagri Ambiental Ltda. - Matriz, situada na Rua Aljovil Martini, 177/201, Bairro Dois Córregos, Cep. 14420-833, Piracicaba/SP, registrada no CRQ 4ª Região sob nº 16082-F e responsabilidade técnica do profissional Marcos Donizete Ceccatto, CRQ nº 04364387, 4ª Região.

#### Referências Metodológicas

Poder Calorífico: POP PA 143 - Rev. 06

Porcentagem de Sólidos e Cinzas: POP PA 058 - Rev. 06

Cloro: Determinação: EPA 300.0: 1993 / Preparo: EPA 5050: 1994

Enxofre: Determinação: EPA 300.0: 1993 / Preparo: EPA 5050: 1994

Fluor: Determinação: EPA 300.0: 1993 / Preparo: EPA 5050: 1994

Ânions: EPA 300.0: 1993

Metais (ICP-OES): Determinação: EPA 6010 C: 2007 / Preparo: EPA 3051 A: 2007, 3052: 1996

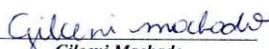
#### Revisores

Marcos Donizete Ceccatto

Débora Fernandes da Silva

Rogério Caldorin

Chave de Validação: 50295c77e2ec3ce0f60fd6d02083f42d

  
**Gilceni Machado**  
 Controle de Qualidade  
 CRQ 004481956 – 4ª Região

  
**Joseane Maria Bülow**  
 Gerente Técnica  
 CRQ 09200516 – 9ª Região

**RELATÓRIO DE ENSAIO N° 384842/2017-0 - Complemento**  
**Processo Comercial N° 30113/2017-3**

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa solicitante:</b>	Revalore Coproces. e Eng. do M Amb. LTDA
<b>Endereço:</b>	Rua Fernando Simas, 1177 - - Mercedes - Curitiba - PR - CEP: 80.430-190 .
<b>Nome do Solicitante:</b>	Mauricio de Freitas

**DADOS REFERENTES A AMOSTRA**

<b>Identificação do Cliente:</b>	Cápsulas - Monitore		
<b>Amostra Rotulada como:</b>	Resíduo		
<b>Coletor:</b>	Interessado	<b>Data da coleta:</b>	14/12/2017 09:00:00
<b>Data da entrada no laboratório:</b>	27/12/2017 10:07	<b>Data de Elaboração do RE:</b>	12/01/2018

**RESULTADOS PARA A AMOSTRA**

Parâmetros	CAS	Unidade	LQ/ Faixa	Resultados analíticos	CEMA 76 - VMP	Data do Ensaio
Fósforo em %	7723-14-0	% p/p	0,0001	0,0165	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Alumínio (Al2O3)	---	% p/p	0,001	0,256	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Ferro (Fe2O3)	---	% p/p	0,001	0,032	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Cálcio (CaO)	---	% p/p	0,016	0,161	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Magnésio (MgO)	---	% p/p	0,02	0,179	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Potássio (K2O)	---	% p/p	0,014	0,168	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Sódio (Na2O)	---	% p/p	0,015	0,025	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Fósforo (P2O5)	---	% p/p	0,001	0,087	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Cobre (CuO)	---	% p/p	0,001	0,002	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Zinco (ZnO)	---	% p/p	0,001	0,003	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Lítio (Li2O)	---	% p/p	0,001	< 0,001	---	08/01/2018 15:42
Óxido de Titânio (TiO2)	---	% p/p	0,001	0,010	---	08/01/2018 15:42
Al2O3+Fe2O3+SiO2+CaO+MgO+K2O+Na2O	---	% p/p	0,024	0,828	---	08/01/2018 15:42
F+P2O5+CuO+ZnO+LiO2+TiO2	---	% p/p	0,001	0,101	---	08/01/2018 15:42
Cd + Hg + Tl	---	mg/kg	1,505	< 1,505	200	08/01/2018 15:42
As + Co + Ni + Se + Te	---	mg/kg	9	< 9	5000	08/01/2018 15:42

CEMA 76 - VMP Valores Máximos Permitidos pela Resolução CEMA 76 / 2009 - Resolução Coprocessamento

**Notas**

"Mérieux NutriSciences" é nome fantasia, a razão social permanece Bioagri Ambiental Ltda.  
 LQ/ Faixa = Limite de Quantificação ou Faixa de Trabalho, quando aplicável.

**Abrangência**

O(s) resultado(s) referem-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).  
 Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

**Plano de Amostragem**

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

**Referências Metodológicas**

Metais (ICP-OES): Determinação: EPA 6010 C: 2007 / Preparo: EPA 3051 A: 2007, 3052: 1996

**Revisores**

Rogério Caldorin

Chave de Validação: 50295c77e2ec3ce0f60fd6d02083f42d

  
 Gilceni Machado  
 Controle de Qualidade  
 CRQ 004481956 – 4ª Região

  
 Joseane Maria Bülow  
 Gerente Técnica  
 CRQ 09200516 – 9ª Região