



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Lúcia Torres Vidales

**CONTRIBUIÇÃO AO ECODESIGN (DfE)
A PARTIR DE PROPRIEDADES DE BLENDA PC/PMMA
EM SUCESSIVOS CICLOS DE PROCESSAMENTO:
ESTUDO DE CASO DE ÓCULOS ORIUNDOS DE APREENSÃO DA RECEITA
FEDERAL DO BRASIL**

Porto Alegre

2013



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Lúcia Torres Vidales

**CONTRIBUIÇÃO AO ECODESIGN (DfE)
A PARTIR DE PROPRIEDADES DE BLENDA PC/PMMA
EM SUCESSIVOS CICLOS DE PROCESSAMENTO:
ESTUDO DE CASO DE ÓCULOS ORIUNDOS DE APREENSÃO DA RECEITA
FEDERAL DO BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior

Porto Alegre

2013

CIP - Catalogação na Publicação

Vidales, Lúcia Torres

Contribuição ao ecodesign (DfE) a partir de propriedades de blendas PC/PMMA em sucessivos ciclos de processamento: estudo de caso de óculos oriundos de apreensão da Receita Federal do Brasil / Lúcia Torres Vidales. -- 2013.

135 p.

Orientador: Wilson Kindlein Júnior.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Ecodesign. 2. seleção de materiais. 3. blendas PC/PMMA. 4. reciclagem de polímeros. I. Kindlein Júnior, Wilson, orient. II. Título.

Lúcia Torres Vidales

**CONTRIBUIÇÃO AO ECODESIGN (DfE) A PARTIR DE PROPRIEDADES DE
BLENDAS PC/PMMA EM SUCESSIVOS CICLOS DE PROCESSAMENTO:
ESTUDO DE CASO DE ÓCULOS ORIUNDOS DE APREENSÃO DA RECEITA
FEDERAL DO BRASIL**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Design e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 15 de julho de 2013.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior

Orientador

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Nilo Sérgio Medeiros Cardozo

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Hugo Marcelo Veit

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho
aos meus pais, Arlete e Gustavo,
ao meu namorado, Alexis,
e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior, pela orientação e por acreditar, antes mesmo do meu ingresso no PGDesign, na proposta do trabalho.

Ao Prof. Dr. Assis Francisco de Castilhos, co-orientador do Trabalho de Conclusão de Curso da graduação em Engenharia Química, na época, pela proposta inicial e pela apresentação do material de estudo: os óculos apreendidos pela Receita Federal do Brasil. Ademais, ao Prof. Dr. Nilo Sérgio Medeiros Cardozo, pela orientação no TCC e pelo vínculo ao Prof. Assis.

À Receita Federal do Brasil, neste caso, representados por José Henrique Salatti Schitz, Peter Rochol e Angela Segala, pelo acompanhamento, pela confiança e pela disponibilidade na cessão, para estudos, de óculos apreendidos.

À Prof^a Dr^a Raquel Santos Mauler, pela disponibilização da injetora, do moinho de facas, da estufa e do analisador termogravimétrico. Ao Me. Renan Demori, do Laboratório de Polímeros Avançados (LPA/IQ/UFRGS), pela paciência, pela disponibilidade e pelo imenso auxílio no processamento e reprocessamento dos materiais e pelas instruções para a execução das análises termogravimétricas.

À Prof^a Dr^a Ligia Damasceno Ferreira Marczak, pelo empréstimo do calorímetro diferencial exploratório e pela cessão dos cadinhos, essenciais à primeira fase experimental. À M^a Renata Moschini Daudt, do Laboratório de Tecnologia e Processamento de Alimentos (LaTePA/DEQUI/UFRGS), pelas instruções para essas análises.

À M^a Camila Ferreira Escobar e ao Lic. Wilbur Trajano Guerin Coelho, do Laboratório de Biomateriais & Cerâmicas Avançadas (LaBiomat/UFRGS), pelas instruções e pelo auxílio nos ensaios de tração. Ademais, ao Prof. Dr. Luís Alberto dos Santos, pela disponibilização do respectivo equipamento.

Ao Prof. Dr. Carlos Arthur Ferreira e ao Prof. Ph.D. Sandro Campos Amico, pela disponibilização da máquina de entalhe e de ensaios de impacto. Do Laboratório de Materiais Poliméricos (LaPol/DeMat/UFRGS), ao Me. José Humberto Santos Almeida Júnior, pelas instruções para o entalhe, e à Eng^a Andrea Bercini Martins, pelas instruções para esses ensaios.

Ao meu pai, Gustavo Vidales Méndez, pela paciência, pela compreensão, pelo apoio logístico em toda a vida estudantil e pelo auxílio nos ensaios de tração. À minha mãe, Arlete Torres Vidales, pela compreensão e cooperação.

Ao meu namorado, Eng. Alexis Anton Lazzarotto, pelo apoio emocional, pelo incentivo e pela revisão do trabalho.

Aos professores e colegas de mestrado, especialmente os integrantes do Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM/UFRGS), pela partilha de conselhos, de ideias e de ideais.

Ao LdSM, pelo uso de toda a infraestrutura laboratorial.

À CAPES, pela bolsa de auxílio financeiro.

Ao CNPq, pelos subsídios financeiros aos equipamentos utilizados durante o trabalho.

“La primera condición para cambiar la realidad consiste en conocerla.”

Eduardo Galeano

RESUMO

Devido às crescentes exigências da sociedade, das legislações ambientais e do próprio meio ambiente pela sua preservação, é imprescindível a tomada de providências, especialmente no que tange ao projeto de produto (Design de Produto). Nesta fase, deve ser possível prever o desempenho do produto e de seus materiais em todo o ciclo de vida, desde a produção até os processos de reaproveitamento, reciclagem e descarte final. Para que essa previsão seja possível, são necessários dados de propriedades dos materiais, viabilizando a seleção destes conforme a finalidade a que se destinam. O presente trabalho se deteve, assim, aos estudos relacionados ao Ecodesign, especificamente ao Design para Reciclagem, de óculos oriundos de apreensão pela Receita Federal do Brasil. O objetivo foi propiciar subsídios técnicos para gerar soluções viáveis para um encaminhamento adequado desses resíduos provenientes de apreensão. Como possibilidade para reciclagem, foi sugerida a produção de blendas com os polímeros constituintes dos óculos, policarbonato (PC) e polimetilmetacrilato (PMMA). As blendas e os polímeros puros, tanto de material virgem quanto provenientes dos óculos, foram caracterizados via espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), análise termogravimétrica (TGA), ensaios de tração e de impacto, inspeção visual e testes de chama e de solubilidade. Os dados obtidos foram, então, comparados para o decorrer de quatro ciclos de processamento, entre as diferentes composições e para o material virgem e dos óculos, proporcionando noções a respeito das tendências no comportamento das propriedades dos materiais reciclados. As blendas consideradas total ou parcialmente miscíveis via calorimetria diferencial exploratória (DSC) foram 90PC10PMMA, 80PC20PMMA e 70PC30PMMA (composições mássicas).

Palavras-chave: seleção de materiais, blendas PC/PMMA, ciclo de reciclagem, Ecodesign

ABSTRACT

Increasing demands from society, environmental legislation, and environment itself make it imperative that we take actions concerning product design. In this phase, one should be able to predict product and materials performance in all of the product's life cycle, from its production up to reuse, recycling and final disposal. In order to make this prediction possible, one needs data about materials properties. These data enable material selection in accordance to their usage. This work consists in a study related to Ecodesign and, more specifically, Design for Recycling, of counterfeit glasses apprehended by Brazilian internal revenue service (*Receita Federal*). Its goal is providing a technical basis and presenting viable solutions for an adequate disposal of these residues after apprehension. This dissertation suggests the production of blends with the polymers that constitute the glasses, namely PC and PMMA, as a possibility to carry out recycling. The blends, as well as the polymers in their pure state, either from virgin material or from the counterfeit glasses, were characterized with Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), thermogravimetric analysis (TGA), tension and impact tests, and visual inspection, as well as with flame and solubility tests. The data thus obtained was compared along four processing cycles regarding the different compositions, yielding valuable information about trends in the behavior of the recycled materials' properties. The blends considered miscible or partially miscible by means of differential scanning calorimetry (DSC) were 90PC10PMMA, 80PC20PMMA e 70PC30PMMA (mass fractions).

Keywords: material selection, PC/PMMA blends, recycling cycle, Ecodesign

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida dos materiais e produtos em sucessivos processamentos. As estrelas representam a fabricação (berço) de um produto, sendo a branca, a partir de matéria-prima virgem e as amarelas, de matéria-prima reciclada. A cruz representa o descarte final (túmulo).	18
Figura 2 – DfX's e as diretrizes do Ecodesign	22
Figura 3 – Óculos e seus componentes	24
Figura 4 – Vistas (A), peças (B) e detalhes metálicos (C) do modelo de óculos analisado	26
Figura 5 – Unidades estruturais do policarbonato e do polimetilmetacrilato.....	28
Figura 6 – Miscibilidade entre alguns polímeros; as intersecções entre os retângulos azuis (PC) e entre os retângulos roxos (PMMA) marcam os pares de blenda PC/PMMA. A, B, C e D indicam o desenvolvedor das análises de miscibilidade, sendo, respectivamente, a empresa <i>Bayer</i> , a Associação Alemã de Engenheiros (norma VDI 2243 de 1991) e as empresas <i>Recycling</i> e <i>Scania</i>	30
Figura 7 – FTIR do LdSM/UFRGS.....	37
Figura 8 – Primeira etapa de experimentos: preparação de blendas-padrão de polímeros virgens (c é o número de misturas distintas que foram preparadas, englobando blendas PC/PMMA e PC e PMMA puros e configurando, segundo a fórmula, um intervalo de 10% mássico).....	38
Figura 9 – Primeira etapa de experimentos: preparação de blendas-padrão de polímeros dos óculos (c é o número de misturas distintas que foram preparadas, englobando blendas PC/PMMA e PC e PMMA puros e configurando, segundo a fórmula, um intervalo de 10% mássico).....	38
Figura 10 – Segunda etapa de experimentos: sucessivos ciclos de processamento por injeção e caracterização das blendas miscíveis de polímeros virgens; as linhas roxas, laranjas, azuis e verdes representam, respectivamente, o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto ciclo de processamento	39
Figura 11 – Segunda etapa de experimentos: sucessivos ciclos de processamento por injeção e caracterização das blendas miscíveis de polímeros dos óculos; as linhas roxas, laranjas, azuis e verdes representam, respectivamente, o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto ciclo de processamento.....	39
Figura 12 – Moinho de facas rotativas do LPA/IQ/UFRGS	40
Figura 13 – Injetora do LPA/UFRGS.....	41
Figura 14 – DSC do LaTePA/DEQUI/UFRGS.....	42
Figura 15 – Analisador termogravimétrico do LPA/IQ/UFRGS	44
Figura 16 – Máquina Universal de Ensaios do LaBiomat/UFRGS.....	45
Figura 17 – Corpo de prova injetado para ensaios de tração.....	46
Figura 18 – Corpo de prova para ensaios de impacto (entalhe: 2,5mm).....	46
Figura 19 – Entalhadeira e equipamento para ensaios de impacto pelo método Izod (b) do LaPol/IQ/UFRGS	47
Figura 20 – Espectros de FTIR para o material das armações dos óculos e para o PC padrão da biblioteca do equipamento	49
Figura 21 – Espectros de FTIR para o material das lentes dos óculos e para o PMMA padrão da biblioteca do equipamento	50

Figura 22 – Alguns exemplares do modelo de óculos analisado.....	50
Figura 23 – Processo de desmontagem dos óculos: remoção das embalagens (A e B), retirada das lentes (C), desparafusamento das hastes (D), remoção das molas das hastes (E) e retirada dos adornos metálicos (F).....	51
Figura 24 – Materiais dos óculos após cominuição	52
Figura 25 – Termogramas de DSC para as blendas PC/PMMA para os polímeros virgens (a) e provenientes dos óculos (b). As T_g 's estão assinaladas por 	54
Figura 26 – Espectros de absorbância obtidos para a primeira fase de experimentos e de subtração do espectro de 100PC dos demais; os números de onda destacados são correspondentes aos estiramentos característicos do grupo carbonila do PC (1769cm^{-1}) e do PMMA (1722cm^{-1}).....	55
Figura 27 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 100PC virgem e os respectivos espectros de subtração (b)	57
Figura 28 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 100PC de óculos e os respectivos espectros de subtração (b)	58
Figura 29 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 90PC10PMMA virgem e os respectivos espectros de subtração (b).....	59
Figura 30 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 90PC10PMMA de óculos e os respectivos espectros de subtração (b)	60
Figura 31 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 80PC20PMMA virgem e os respectivos espectros de subtração (b).....	61
Figura 32 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 80PC20PMMA de óculos e os respectivos espectros de subtração (b)	62
Figura 33 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 70PC30PMMA virgem e os respectivos espectros de subtração (b).....	63
Figura 34 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 70PC30PMMA de óculos e os respectivos espectros de subtração (b)	64
Figura 35 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 100PMMA virgem e os respectivos espectros de subtração (b).....	65
Figura 36 – Espectros de absorbância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 100PMMA de óculos e os respectivos espectros de subtração (b).....	66
Figura 37 – Curvas termogravimétricas das composições das blendas e dos polímeros puros virgens. O número, ao final de cada linha da legenda, designa o ciclo de processamento, e a linha tracejada verde, a temperatura máxima a que foram submetidos os materiais durante o processamento (290°C)	69
Figura 38 – Curvas termogravimétricas das composições das blendas e dos polímeros puros dos óculos. O número, ao final de cada linha da legenda, designa o ciclo de processamento, e a linha tracejada verde, a temperatura máxima a que foram submetidos os materiais durante o processamento (290°C)	70
Figura 39 – Curvas tensão x deformação para o PC virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento	73
Figura 40 – Curvas tensão x deformação para a blenda 90PC10PMMA virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento.....	74
Figura 41 – Curvas tensão x deformação para a blenda 80PC20PMMA virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento.....	75

Figura 42 – Curvas tensão x deformação para a blenda 70PC30PMMA virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento.....	76
Figura 43 – Curvas tensão x deformação para o PMMA virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento	77
Figura 44 – Resistência ao impacto no decorrer dos ciclos de processamentos do PC, do PMMA e de suas blendas virgens e dos óculos comparada a outros materiais.....	80
Figura 45 – Resistência ao impacto no decorrer dos ciclos de processamentos do PC, do PMMA e de suas blendas virgens e dos óculos comparada a outros materiais (detalhe da Figura44, com resultados concentrados abaixo de 2,5kJ/m ²).....	81
Figura 46 – Fotografias de aspecto das superfícies de fragmentos dos corpos de prova injetados.....	82

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Separação de PC e PMMA por diferença de densidade em solução salina.....	52
Tabela 2 – Temperaturas associadas às perdas mássicas (5, 10 e 50%) induzidas, via TGA, para as blendas produzidas na segunda fase de experimentos, bem como a diferença percentual, entre os ciclos, dos resultados obtidos	68
Tabela 3 – Análise estatística (teste-t) para os dados obtidos nos ensaios de tração.....	71
Tabela 4 – Análise estatística (teste-t) para os dados obtidos nos ensaios de impacto	78
Quadro A 1 – Correlações médias do FTIR.....	91
Tabela B 1 – Dados do teste de chama, da inspeção visual e do teste de solubilidade	93

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

3R's	reduzir, reciclar e reutilizar
ASTM	Sociedade Americana para Materiais e Testes
CAc	acetato de celulose
CD	disco compacto
CP	propionato de celulose
CR-39[®]	alildiglicolcarbonato
CRM	ciclo de reciclagem dos materiais
DEQUI	Departamento de Engenharia Química
DfE	design para o meio ambiente
DfX	design para X
DMA	análise dinâmico-mecânica
DSC	calorimetria de varredura diferencial
DTG	termogravimetria derivada
DVD	disco digital versátil
ER	resina epoxídica
FTIR	espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier
GRP	poliéster reforçado com fibra de vidro
HDPE	polietileno de alta densidade
IQ	Instituto de Química
LaBiomat	Laboratório de Biomateriais & Cerâmicas Avançadas
LaPol	Laboratório de Polímeros
LaTePa	Laboratório de Tecnologia e Processamento de Alimentos
LCD	painel de cristal líquido
LdSM	Laboratório de Design e Seleção de Materiais
LED	diodo emissor de luz
LPA	Laboratório de Polímeros Avançados
MR	resina de melamina-formaldeído
PA	poliamida
PC	policarbonato
PET	politereftalato de etileno
PGDesign	Programa de Pós-Graduação em Design
PMMA	polimetilmetacrilato
PP	polipropileno
PR	resina de fenol-formaldeído
PS	poliestireno
PTFE	politetrafluoretileno
PVC	policloreto de vinila
RFB	Receita Federal do Brasil
T_g	temperatura de transição vítrea
TG	termogravimetria
TGA	análise termogravimétrica
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UR	resina de ureia-formaldeído

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 Ecodesign	21
3.2 Os 3R's – Reduzir, Reutilizar e Reciclar	22
3.3 Polímeros no mercado de óculos e a consequente geração de resíduos	23
3.4 Óculos	24
3.5 Reciclagem de polímeros	26
3.5.1 PC e PMMA	27
3.5.2 Blendas	28
3.6 Processamento de polímeros: injeção	32
3.7 Caracterização de polímeros	33
3.7.1 Verificação da miscibilidade das blendas PC/PMMA	33
3.7.2 Identificação dos materiais, análise das degradações oxidativas e termo-oxidativas e geração de biblioteca de espectros de FTIR para blendas PC/PMMA	34
3.7.3 Estabilidade e degradação térmicas	34
3.7.4 Resistências à tração e ao impacto	35
3.7.5 Aparência visual e solubilidade dos materiais e comportamento da chama	35
4. MATERIAIS E MÉTODOS	37
4.1 Identificação dos materiais dos óculos	37
4.2 Preparação e caracterização das blendas PC/PMMA	38
4.2.1 Pré-injeção: desmontagem, cominuição e secagem	39
4.2.2 Pesagem: composição de blendas PC/PMMA padrão	41
4.2.3 Processamento: injeção	41
4.2.4 Verificação de miscibilidade via DSC	42
4.2.5 Espectros de FTIR para biblioteca do equipamento	43
4.2.6 Processamento das blendas PC/PMMA miscíveis	43
4.2.7 Caracterização das blendas PC/PMMA miscíveis	44
4.2.7.1 FTIR	44
4.2.7.2 TGA	44
4.2.7.3 Ensaio de tração e impacto	45
4.2.7.4 Teste de solubilidade	47

4.2.7.5 <i>Teste de chama</i>	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.1 FTIR – Identificação dos materiais dos óculos	49
5.2 Desmontagem e cominuição	50
5.3 Teste de separação de PC e PMMA por diferença de densidade	52
5.4 Fase 1 – verificação da miscibilidade das blendas PC/PMMA padrão e obtenção de espectros de referência	53
5.4.1 <i>DSC</i>	53
5.4.2 <i>FTIR</i>	54
5.5 Fase 2 – caracterização das blendas miscíveis	56
5.5.1 <i>FTIR</i>	56
5.5.2 <i>TGA</i>	67
5.5.3 <i>Ensaio de tração</i>	70
5.5.4 <i>Ensaio de impacto</i>	78
5.5.5 <i>Análise visual</i>	82
6. CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS	86
APÊNDICE A – CORRELAÇÕES MÉDIAS DO FTIR	91
APÊNDICE B – INSPEÇÃO VISUAL E TESTES DE SOLUBILIDADE E DE CHAMA	93
ANEXO A – LEI N° 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010	94
ANEXO B – PORTARIA RFB N° 3010, DE 29 DE JUNHO DE 2011; EXTRAÍDOS O ARTIGO 1° E §1°, §4 E §5 DO ARTIGO 40	124
ANEXO C – FICHA TÉCNICA DO POLICARBONATO DA MARCA INFINO® SC-1220UR	127
ANEXO D – FICHA TÉCNICA DO POLIMETILMETACRILATO DA MARCA ACRIGEL® ECL100	129
ANEXO E – DOCUMENTOS DA CESSÃO DE ÓCULOS APREENDIDOS	130

1. INTRODUÇÃO

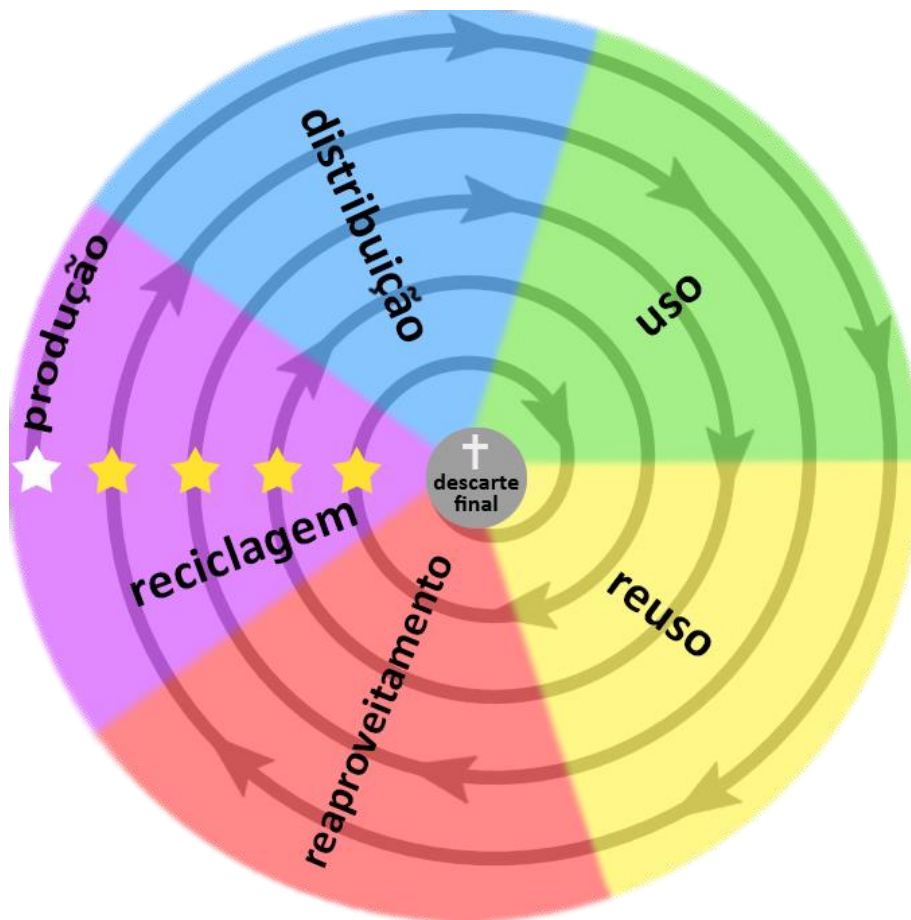
A preocupação com questões ambientais têm crescido devido às evidentes consequências das ações humanas sobre o meio ambiente. Essas preocupações se refletem na urgência de que efetivas atitudes sejam tomadas para a minimização dos impactos ambientais. Elas são representadas, especialmente, pela atenção dedicada por parte do meio acadêmico, com numerosos estudos relacionados ao meio ambiente, e dos governos, com a intensificação das legislações ambientais (JUNGES, 2004; ZANIN & MANCINI, 2009; ROSA, FRACETO, MOSCHINI-CARLOS, 2012).

Um dos fatores mais impactantes para o meio ambiente é o consumo desenfreado e, muitas vezes, desnecessário. Esse consumo foi promovido primeiramente pela popularização do acesso aos produtos, com o crescimento da produtividade, em virtude, inicialmente, da Revolução Industrial (séculos XVIII e XIX), e consolidado após a Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945) (CARDOSO, 2011). Em 1931, Aldous Huxley (1894–1963), na obra “Admirável Mundo Novo” já retratava, ironicamente, o apelo do sistema pelo consumo – ainda muito presente na mídia. Uma sociedade imaginária era constituída por indivíduos gerados em laboratório – remetendo à massificação dos meios de produção – e desde então divididos em castas – análogo à sedução do poder relacionado ao possuir. Dizeres eram paulatinamente sussurrados às crianças, induzindo-as a consumir: “como eu adoro andar de avião, como eu adoro ter roupas novas (...) mas roupas velhas são horríveis. Nós sempre jogamos fora as roupas velhas. Mais vale dar fim que conservar. Quanto mais se remenda, menos se aproveita”.

Com o excessivo consumo, de forma cíclica, é motivada também a demanda por matérias-primas e, conseqüentemente, por recursos naturais (ROSA, FRACETO, MOSCHINI-CARLOS, 2012). Torna-se importante, portanto, a ampliação do ciclo de vida dos materiais/produtos, aliada à minimização dos impactos ambientais desde a extração de recursos, passando pela fabricação, distribuição, uso, reuso, reciclagem e descarte final. A reciclagem é uma etapa-chave para esse prolongamento.

No entanto, para alguns materiais, como os poliméricos, foco do trabalho, o reprocessamento tende a implicar na piora das suas propriedades físico-químicas (BRANDRUP et al., 1996). Pode ocorrer, deste modo, um deslocamento, um decréscimo no ciclo de vida de novos produtos com o decorrer de sucessivos processamentos, resultando em um ciclo espiralado, como é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Ciclo de vida dos materiais e produtos em sucessivos processamentos. As estrelas representam a fabricação (berço) de um produto, sendo a branca, a partir de matéria-prima virgem e as amarelas, de matéria-prima reciclada. A cruz representa o descarte final (túmulo).



Para promover o emprego de materiais reciclados, é importante que haja suporte de dados referentes ao desempenho desses materiais, a fim de que se possa compará-los aos virgens e de que seja avaliada, então, a viabilidade da sua aplicação.

O ciclo de vida baseado no ideal “do berço ao berço”, em contraposição ao “do berço ao túmulo” (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2009), se insere, assim, no conceito de desenvolvimento sustentável, que prevê que as necessidades econômicas, sociais e ambientais sejam satisfeitas à geração atual e às futuras (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

2. OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa realizada é facilitar a seleção de materiais na fase de projeto de produto de modo a promover a opção por materiais reciclados, constituindo base de dados acerca das suas propriedades ao longo de sucessivos ciclos de reciclagem.

Os objetivos específicos são:

- a obtenção de dados sobre as propriedades de amostras de policarbonato (PC), de polimetilmetacrilato (PMMA) e de blendas miscíveis PC/PMMA virgens;
- a obtenção de dados sobre as propriedades de amostras de PC, de PMMA e de blendas miscíveis PC/PMMA reciclados, provenientes da destruição de óculos falsificados apreendidos pela Receita Federal;
 - comparar os resultados obtidos para os polímeros virgens e para os reciclados;
 - viabilizar possibilidades de emprego dos materiais contidos nos óculos em novos produtos (reciclagem), proporcionando um encaminhamento adequado desses resíduos e
 - constituir biblioteca de espectros para a identificação, via espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), das blendas PC/PMMA com diferentes proporções mássicas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

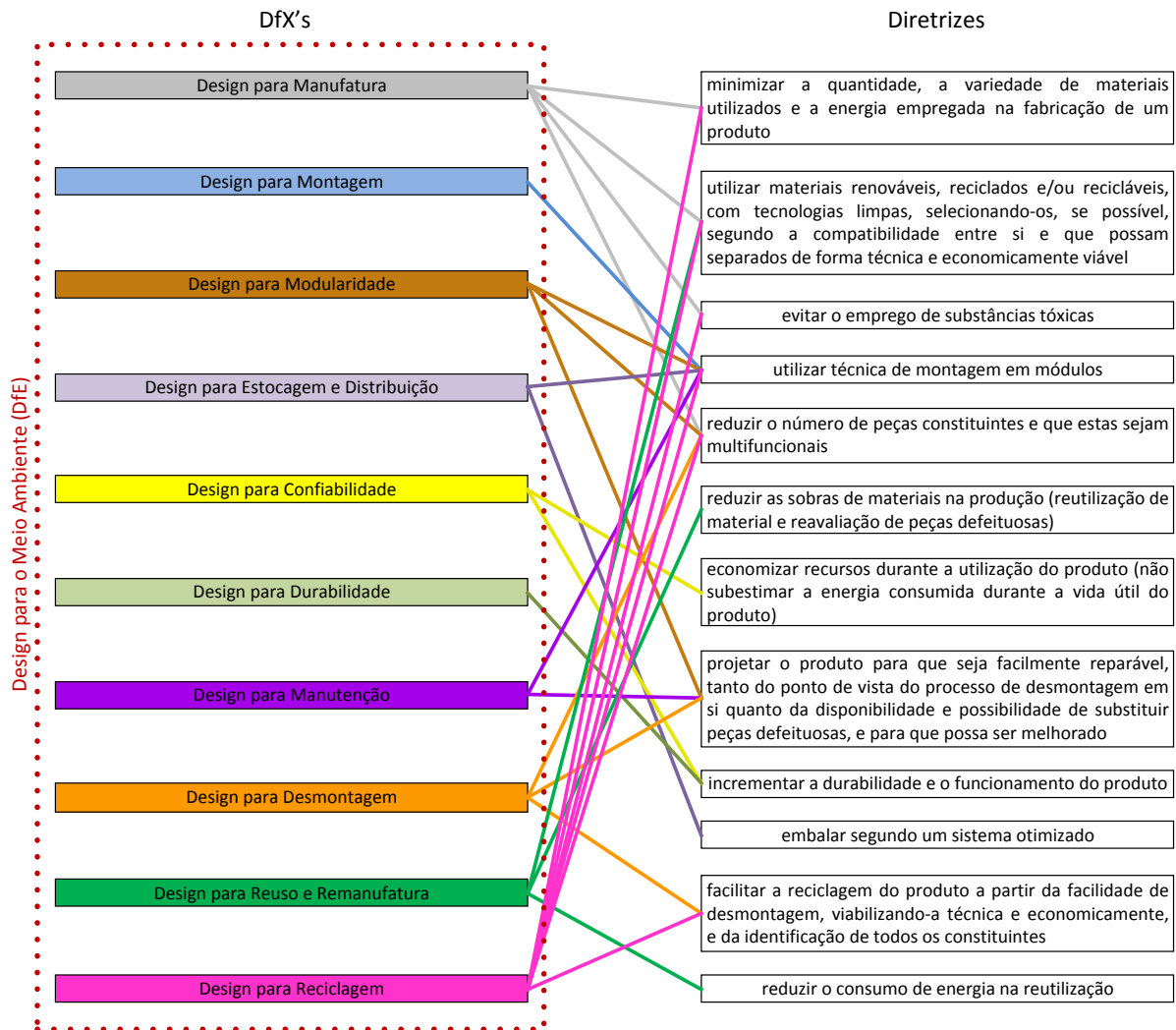
As seções que seguem são dedicadas a temas pertinentes à reciclagem de materiais, como o Ecodesign, os 3R's, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os óculos, a reciclagem de polímeros, o seu processamento e a sua caracterização.

3.1 Ecodesign

O Ecodesign é a consideração dos aspectos ambientais no projeto de um produto. Para uma real eficácia de sua implementação, o Ecodesign deve levar em conta todas as fases do ciclo de vida do produto, que compreende sua fabricação, distribuição, utilização, reutilização, reciclagem e descarte final (MANZINI & VEZZOLI, 2002).

O design pode ser dividido em Design for X's (DfX's), onde X é a propriedade na qual se pretende focar o projeto do produto. A representação gráfica (Figura 2) de Vidales (2011) para as diretrizes do Ecodesign (MANZINI & VEZZOLI, 2002) evidencia a interdependência entre as fases do ciclo de vida do produto, especialmente no que se refere à reciclagem.

Figura 2 – DfX's e as diretrizes do Ecodesign



Fonte: adaptado de Vidales (2011)

É nesta abordagem holística que o conceito dos 3R's – ou seja, reduzir, reutilizar e reciclar – se insere.

3.2 Os 3R's – Reduzir, Reutilizar e Reciclar

A preocupação com a redução do consumo é primordial, seja ela com a utilização de matérias-primas na etapa de produção ou acerca da reflexão ao adquirir produtos, que muitas vezes são de necessidade questionável. A produção mundial de polímeros, em 2011, por exemplo, foi de aproximadamente 280 milhões de toneladas, e a tendência é de que haja um crescimento médio de 4% anual até 2016 (PLASTICS EUROPE, 2012). Desta produção, cerca de 10% acabam nos oceanos, dos quais 80% são gerados em áreas terrestres (GREENPEACE, 2009). Parte do que acaba nos oceanos constitui uma massa flutuante

gigantesca de resíduos sólidos, denominada como Vórtice de Lixo do Pacífico Norte. Para esse vórtice são estimadas a sua área, como aproximadamente cinco vezes o estado do Rio Grande do Sul (1.392.400 km² no total), a sua profundidade, que chega a 30m, e a sua massa, como 3,5 milhões de toneladas. 90% desse lixo são constituídos por polímero (BOTSMAN & ROGERS, 2011).

Em seguida, há a reutilização que envolve tanto o reuso dos produtos quanto o reaproveitamento dos materiais. O reuso ocorre quando produtos que seriam em geral considerados inúteis, obsoletos ou estragados são reutilizados, sendo-lhes ou não atribuídas novas funções. A reciclagem e o reaproveitamento, além de reduzir a quantidade de materiais disposta em aterros, tendem a reduzir também a quantidade de matéria-prima virgem empregada nos processos produtivos. O reaproveitamento consiste na utilização de materiais já beneficiados como matérias-primas para a fabricação, sem alteração de suas propriedades físico-químicas, seja no próprio processo produtivo ou em um retorno de produtos após sua utilização.

A reciclagem é o processo que emprega esses materiais de produtos descartados, mas alterando suas características físico-químicas. Em geral, as alterações nas propriedades acarretam também mudanças no desempenho dos materiais, de acordo com a aplicação a que se destinam. Essas mudanças podem, inclusive, acentuar-se em sucessivos ciclos de reciclagem, principalmente quando se trata de polímeros (BRANDRUP et al., 1996). São necessárias, deste modo, a elaboração e a utilização de ferramentas que norteiem os projetos de produto para a reciclagem em relação às propriedades dos materiais. Nesse sentido, a ferramenta elaborada por Cândido (2011), denominada Ciclo de Reciclagem dos Materiais (CRM) pode auxiliar o projeto, fornecendo dados sobre as propriedades dos materiais em consecutivos ciclos de reciclagem.

3.3 Polímeros no mercado de óculos e a consequente geração de resíduos

Polímeros são materiais que apresentam inúmeras aplicações e que, em sua maioria, foram desenvolvidos a partir da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) (BILLMEYER JR., 1984). Os óculos são produtos nos quais os polímeros têm sido amplamente empregados nos últimos anos (SANT'ANNA, 2008). No Brasil, por exemplo, só em 2010, foram apreendidos cerca de 12,5 milhões de óculos falsificados (ABIÓPTICA, 2011). Se considerarmos a média mássica por óculos, dentre aqueles analisados por Vidales (2011), que foi de 28g, essa quantidade apreendida acarreta em aproximadamente 350 toneladas de resíduos, já que a sua

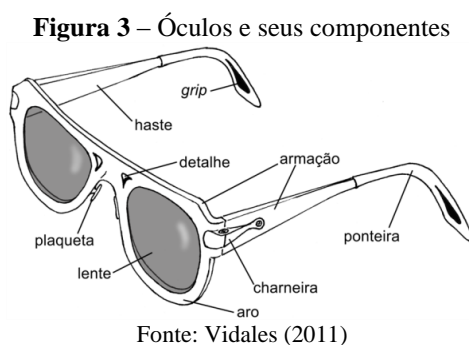
destruição é determinada legalmente. Para o mesmo estudo, somente no lote analisado, havia 300 mil óculos apreendidos pela Receita Federal do estado do Rio Grande do Sul – Brasil. Além disso, há aqueles óculos adquiridos no mercado legal que, em 2006, no país, somaram 80 milhões de unidades, por exemplo. É notável, assim, que os óculos destruídos, bem como aqueles que são descartados pelos usuários em função do desgaste e da obsolescência promovida pela moda, constituem um resíduo de volume considerável para o qual ainda não há um aproveitamento adequado por conta, principalmente, da escassez ou da relevância de estudos a respeito.

Os óculos apreendidos, em sua maioria, são de origem chinesa e chegam ao mercado, geralmente, por meio de contrabando (SANT'ANNA, 2008). A preocupação com a comercialização destes produtos reside nos aspectos tributários, legais e de saúde. No entanto, ainda é incipiente a destinação adequada dos resíduos provenientes da destruição dos óculos, que é determinada pelos órgãos de fiscalização. Essa importância, além de estar relacionada com a degradação do meio ambiente propriamente dita, tem se tornado relevante diante das crescentes exigências de legislação ambiental – no caso do Brasil, com a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (ANEXO A – Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010), que determina as responsabilidades pelo gerenciamento de resíduos em diferentes níveis, como o governamental e o empresarial.

3.4 Óculos

Óculos são constituídos basicamente por lentes e armação, que é compreendida por aros e hastes; outras peças também podem ser incluídas, como, por exemplo, as que estão representadas na Figura 3.

Figura 3



As lentes podem ser produzidas em vidro ou polímeros. O vidro se encontra praticamente em desuso, principalmente devido a sua fragilidade e a sua elevada massa, quando comparado ao polímero, que evoluiu muito em relação as suas propriedades óticas. Os polímeros mais empregados para lentes são o policarbonato (PC), o polimetilmetacrilato (PMMA) e o alildiglicolcarbonato (CR-39[®]) (SANT'ANNA, 2008; VIDALES, 2011).

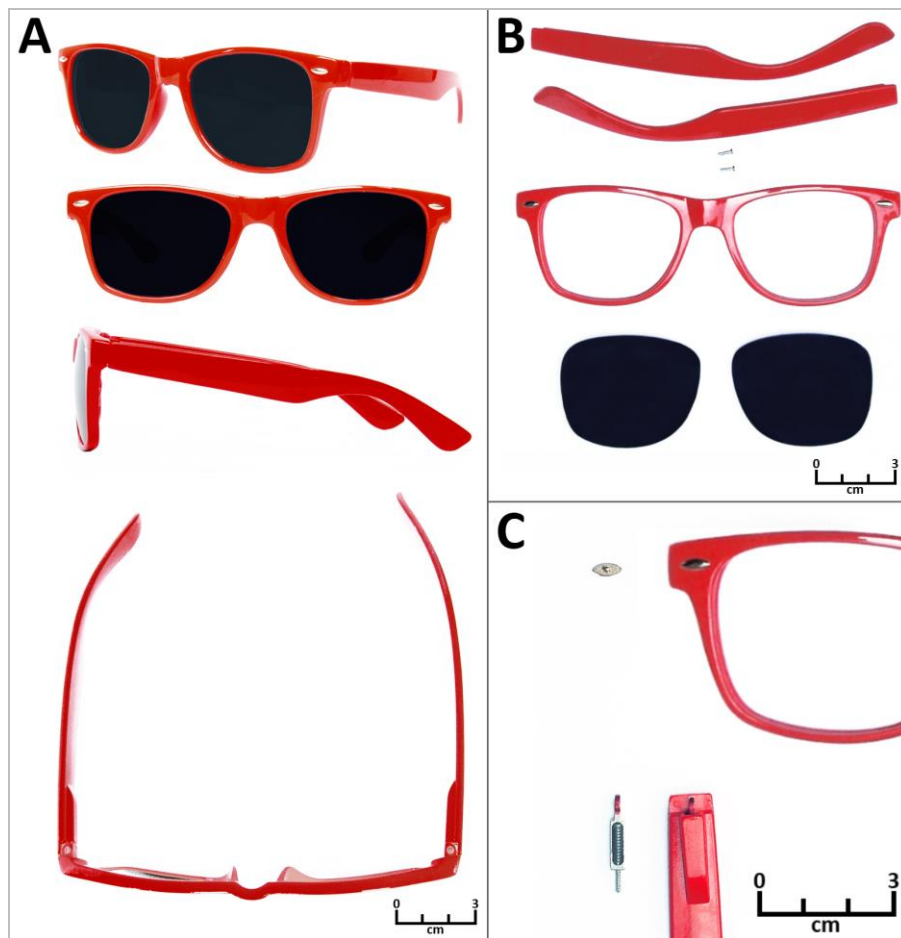
As armações são, de modo geral, feitas em metal ou polímero. Neste caso, o crescimento do emprego de polímeros se deve, além da melhoria na resistência mecânica, à leveza, à facilidade de moldagem e às possibilidades oferecidas em termos de cores, formas e estampas (SANT'ANNA, 2008). Os polímeros mais utilizados na sua fabricação são: o acetato de celulose (CAc), o propionato de celulose (CP), as poliamidas ou náilons (PA), o policarbonato (PC) e o polimetilmetacrilato (PMMA) (GONÇALVES, 2007).

A maioria das armações e blocos de lentes de polímero – lentes brutas, que não passaram por processos de superfície¹ e usinagem para adaptação à graduação e às armações, respectivamente – é fabricada pelo processo de injeção (SANT'ANNA, 2008), possibilitando a produção de elevada quantidade de peças a baixo custo.

No lote analisado por Vidales (2011), constituído por dez modelos de óculos, todos tinham lentes de PMMA, e, dentre os que a armação era polimérica também (sete modelos), todas eram de PC. Um desses óculos era inspirado no modelo *Wayfarer*, desenvolvido pelo designer Raymond F. E. Stegeman, em 1952, para a marca *Ray-Ban*[®], então propriedade da empresa *Bausch & Lomb Co.*, e que é citado como os óculos mais vendidos no mundo e um dos ícones mais persistentes do século XX (STEGEMAN, 1952; DERRICK, 1993; HIRSHLAG, 2006). Esse modelo teve seus altos e baixos de popularidade, foi redesenhado e atualmente está muito em voga. Portanto, além de movimentar um intenso mercado de réplicas em torno deste modelo, há a tendência de que seja um dos óculos mais descartados também. Por esse motivo um lote de 2mil réplicas (Figura 4) desse modelo, idêntico ao analisado por Vidales (2011), foi a base desta pesquisa.

¹ Superfície é o processo de usinagem da lente bruta, denominada bloco oftálmico, com o objetivo de proporcionar as curvas que resultam, então, na graduação da lente (MEGGYESY, 1985).

Figura 4 – Vistas (A), peças (B) e detalhes metálicos (C) do modelo de óculos analisado



Fonte: adaptado de Vidales (2011)

3.5 Reciclagem de polímeros

A média mundial anual de reciclagem de polímeros corresponde a cerca de 5% da produção, ou seja, somente 14 milhões daquelas 280 milhões de toneladas produzidas em 2011, por exemplo (GREEN STUDENT U, [200-]). É perceptível, assim, que há muito ainda para se evoluir neste campo. Uma possibilidade para a reciclagem de materiais poliméricos é a produção de blendas.

Blendas são materiais resultantes de misturas de dois ou mais polímeros. Elas têm como objetivo reunir as qualidades de cada polímero em um único material.

Os materiais dos óculos que constituíram o foco da pesquisa foram identificados por Vidales (2011) a partir de testes de chama, de solubilidade e de densidade, além de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC). Essa identificação foi atestada, para este trabalho, por Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), técnica

descrita na Seção 3.7.2. Como resultado, foi confirmado que a armação é constituída por PC e as lentes, por PMMA. Além disso, segundo Vidales (2011), para este modelo o percentual mássico, em relação ao total de material polimérico, é de 28% de PMMA e de 72% de PC.

Para a pesquisa realizada foram analisadas misturas na forma de blenda de PC/PMMA virgens e provenientes dos óculos, bem como os polímeros puros com as mesmas procedências. Os resultados da caracterização foram, então, comparados entre si. A prioridade para a produção de blendas está relacionada a alguns fatores, como:

- a viabilidade técnica da blenda, que está relacionada à facilidade de separação dos materiais dos óculos. Nesse caso, a separação pode ser feita de forma totalmente mecanizada. Isso poderá, então, evitar empecilhos econômicos e de ergonomia que ocorreriam devido à dificuldade de desmontagem dos óculos, como foi evidenciada no estudo realizado por Vidales (2011) e
- os aspectos legais nos quais se enquadram os termos de utilização e destinação após destruição desse lote de óculos (ANEXO B – Portaria da Receita Federal do Brasil [RFB] n° 3010/2011, Artigo 40, §1°, §4 e §5), cujos documentos encontram-se no ANEXO C. A legislação prevê a completa descaracterização dos produtos apreendidos, de forma que impeça a sua reintrodução no mercado de forma ilícita.

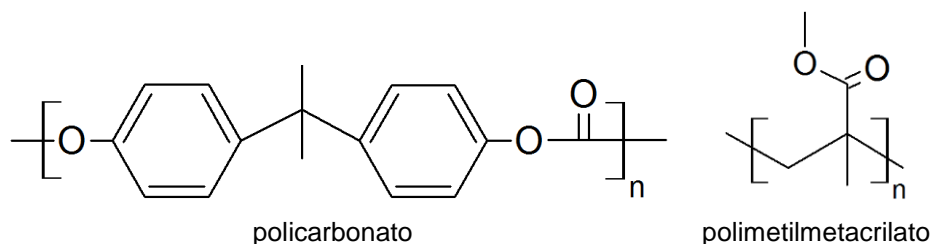
3.5.1 PC e PMMA

Os polímeros de engenharia, como as poliamidas, os poliésteres, o PC e o PMMA constituem uma pequena porção do mercado de polímeros, inferior a 4%. Essa classe de polímeros é muito importante para a reciclagem, pois os produtos resultantes são de qualidade relativamente elevada e também são encontrados, geralmente, em fluxos de materiais específicos, facilitando a logística reversa (BRANDRUP et al., 1996).

O PC é um termoplástico amorfo que, dentre outras qualidades, apresenta semelhança com vidro, mas com alta resistência ao impacto, resistências térmica e à chama, baixa absorção de água e boas estabilidades térmica e dimensional. Entretanto, o PC tem baixas resistências ultravioleta e a arranhões, além de birrefringência por estresse, a qual deve ser tratada para viabilizar aplicações óticas. O PMMA também é um termoplástico amorfo. Além disso, esse polímero é superficialmente rígido, transparente e resistente ao ultravioleta, às intempéries e quimicamente. No entanto, tem baixas estabilidades dimensional e térmica e baixa resistência ao impacto (MANO, 1991; DRZEWINSKI, 1993; BONZANINI et al.,

2006). Na Figura 5 estão representadas as unidades de repetição da cadeia polimérica do PC e do PMMA. O PC é formado pelos grupos funcionais éster e éter, além de dois anéis aromáticos para-substituídos e dois radicais metila. O PMMA é constituído pelo grupo funcional éster e um radical metila.

Figura 5 – Unidades estruturais do policarbonato e do polimetilmetacrilato



3.5.2 *Blendas*

A principal motivação para o desenvolvimento de novas blendas é a melhoria das propriedades mecânicas, proporcionando vantagens na razão custo/benefício, em relação à síntese de novos polímeros (QUENTAL et al., 2003; ITO et al., 2004). Além disso, é possível melhorar o processamento dos polímeros e atender às emergentes exigências de mercado, como a obtenção de materiais reciclados com propriedades desejáveis (FOLKES & HOPE, 1993).

Blendas poliméricas podem ser classificadas como miscíveis, parcialmente miscíveis ou imiscíveis termodinamicamente. Há miscibilidade quando ocorre a mistura dos polímeros em nível molecular. As propriedades dessa mistura são, geralmente, uma média das propriedades individuais dos polímeros. Blendas imiscíveis são caracterizadas pela heterogeneidade de suas propriedades. Assim, se a blenda é miscível, apresenta uma única temperatura de transição vítrea (T_g); do contrário, sendo parcial ou totalmente imiscível, pode apresentar tantas T_g 's quantos forem os polímeros presentes na mistura (MANSON & SPERLING, 1976). Ainda que haja uma quantidade expressiva de blendas que podem ser caracterizadas como miscíveis, a maioria é imiscível. Em alguns casos, determinadas propriedades das blendas podem ser superiores às dos polímeros puros. No entanto, diante da dificuldade de ocorrência, é necessária, muitas vezes, a adição de um compatibilizante, especialmente nas blendas imiscíveis, que atua na interface polímero-polímero, incrementando essas propriedades (KRAUSE, 1978).

As blendas também podem ser classificadas conforme a compatibilidade dos polímeros entre si. Nesse sentido, há dois pontos de vista a respeito: o da literatura científica e o da literatura tecnológica. Aquela define que os polímeros são compatíveis se a mistura não apresenta separação de fases, enquanto esta, se as qualidades que se desejam obter com a mistura são alcançadas, que dependem, por sua vez, da finalidade de aplicação do material em determinado produto (BRANDRUP et al., 1996; QUENTAL et al., 2010).

O grau de homogeneidade atingido depende da natureza dos polímeros a serem misturados e do método empregado.

Os processos podem ser os seguintes:

- mistura mecânica: normalmente é gerada uma dispersão consistente, cuja homogeneização é alcançada após o processamento em estado fundido; as propriedades finais da blenda são determinadas pelas condições de velocidade e de temperatura do processo (FOLKES & HOPE, 1993). Este é o processo mais empregado na indústria, em função dos custos e da possibilidade de produção em grande escala (CÂNDIDO, 2011). Por esse motivo este foi o método adotado na pesquisa;

- mistura em solução: os polímeros devem ser dissolvidos em um solvente comum; apesar da qualidade da mistura em nível molecular, pode ser dispendioso, dependendo do solvente e do processo necessário para a sua recuperação;

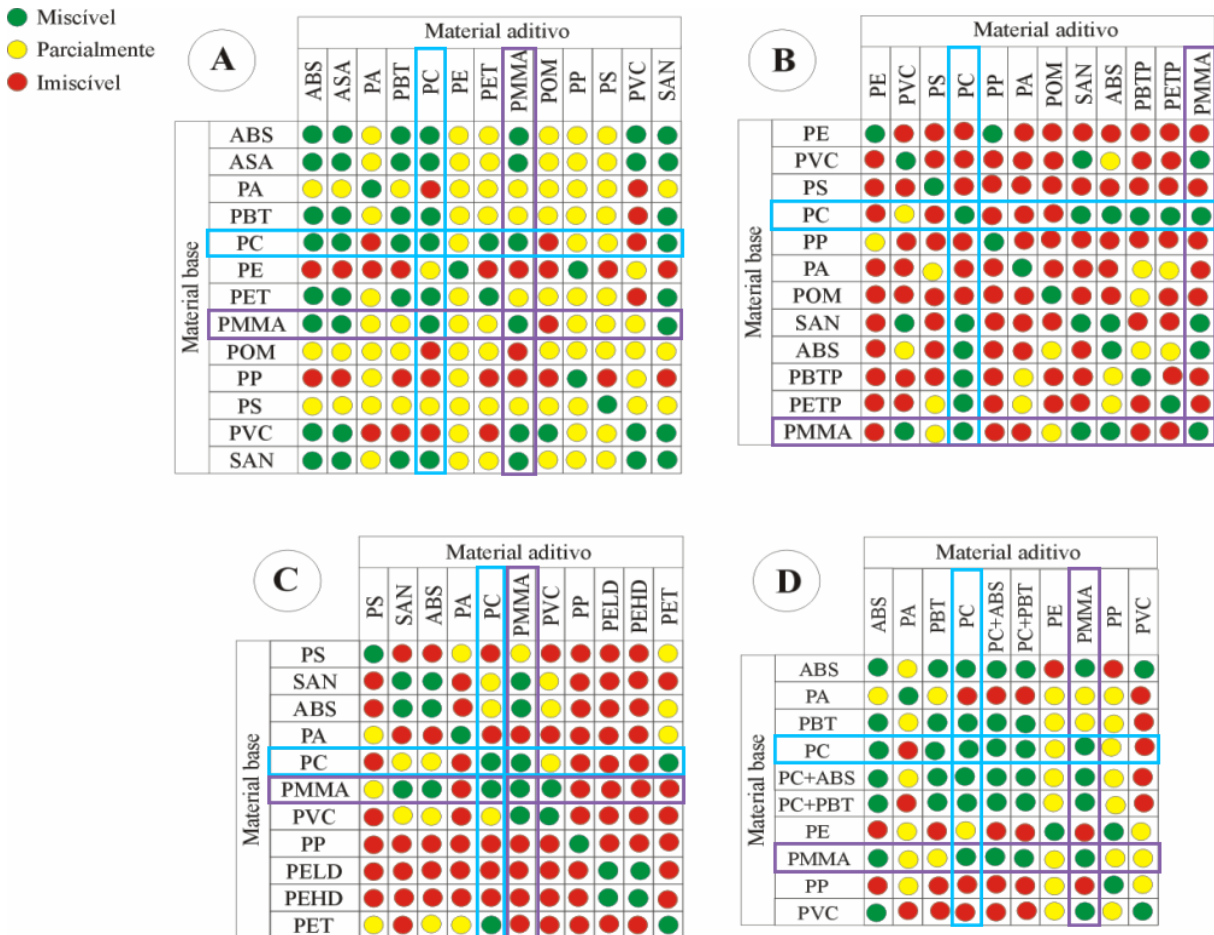
- polimerização: é necessário que os polímeros estejam na forma de látex ou de emulsão; como resultados tem-se excelente dispersão e distribuição de fase discreta e

- mistura reativa: é adequado para polímeros altamente imiscíveis, a cuja mistura é adicionado um componente reativo, melhorando a miscibilidade com alta produtividade pelos efeitos emulsificantes. No entanto, esta mistura exige um controle mais rigoroso de parâmetros do processo (FOLKES & HOPE, 1993).

As blendas PC/PMMA têm recebido considerável interesse acadêmico e industrial, pois boas propriedades mecânicas são observadas e, em geral, não há necessidade de agregar um agente compatibilizante (WEI & TONELLI, 2001; ROBESON, 2007; DRZEWINSKI, 1993).

A Figura 6 apresenta quadros – A, B, C e D – de miscibilidade para alguns pares de polímeros. Ainda que, para alguns dos polímeros apresentados, as tabelas divirjam entre si, há um consenso para a miscibilidade entre PC e PMMA.

Figura 6 – Miscibilidade entre alguns polímeros; as intersecções entre os retângulos azuis (PC) e entre os retângulos roxos (PMMA) marcam os pares de blenda PC/PMMA. A, B, C e D indicam o desenvolvedor das análises de miscibilidade, sendo, respectivamente, a empresa *Bayer*, a Associação Alemã de Engenheiros (norma VDI 2243 de 1991) e as empresas *Recycling* e *Scania*



Os trabalhos no âmbito da reciclagem de blendas poliméricas são desenvolvidos individualmente, ou seja, cada um é direcionado a poucas ou a somente uma blenda. Como exemplos, podem ser citadas polietileno/polipropileno (MADI, 2012), politereftalato de etileno/policarbonato (FRAÏSSE et al., 2005) e terpolímero de acrilonitrila-butadieno-estireno/policarbonato (BALART et al., 2005; CÂNDIDO, 2011). Apesar das blendas PC/PMMA receberem considerável interesse há cerca de 25 anos, até o momento da presente pesquisa, foi encontrado apenas um registro de trabalho relacionado a sua reciclagem. Lee et al. (2012) dedicaram-se ao estudo das propriedades mecânicas dessas blendas. O material empregado foi oriundo da desmontagem de painéis de cristal líquido (LCD). No entanto, diferentemente da presente pesquisa, as blendas estudadas eram ricas em PMMA, baseando-se

nas composições ofertadas comercialmente pela empresa RTP Co. e se restringiram a um único ciclo de processamento.

Além disso, os mais recentes estudos a respeito das blendas PC/PMMA concentram-se na possibilidade de dopá-las com elementos como as terras-raras (európio e térbio, por exemplo) (BONZANINI, 2006; DWIVEDI, 2011). O objetivo é a aplicação desses materiais na fabricação de lentes para diodos emissores de luz (LED's), promovendo a eletroluminescência.

De acordo com a empresa RTP Co. (2011), as blendas PC/PMMA apresentam como vantagens: alta resistência ao impacto, excelente fluidez e temperatura de processamento inferior ao PC e à blenda policarbonato/terpolímero de acrilonitrila-butadieno-estireno. Como desvantagens, apresentam: opacidade e higroscopia.

Abaixo estão listadas algumas aplicações para as quais as blendas já encontram utilidade, seguidas dos requisitos necessários para o produto final:

- membrana para separação de gás: porosidade compatível com as dimensões da molécula gasosa que se deseja permear;
- materiais de aparência perolada;
- substrato para discos compactos óticos de armazenamento (como CD's e DVD's): resistência a arranhões, transparência, baixa absorção de água e estabilidade térmica dimensional;
- caixas: boa resistência ao impacto;
- gabinetes para alarme, paredes finas para a construção civil: resistências ao impacto e à chama;
- lentes para LED: resistência ao impacto e transparência e
- obturador ativador para cartucho de toner: boa fluidez para preenchimento de molde com quatro cavidades, resistência ao impacto e estabilidade dimensional. (LIU & ITOI, 1996; SINGH et al., 2010; RTP Co., 2011; HOANG, 2012)

Esses requisitos foram norteadores para a determinação dos testes que foram realizados na presente pesquisa. Além disso, a opção por determinadas técnicas foi feita tendo em vista a viabilidade de execução no próprio ambiente da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

3.6 Processamento de polímeros: injeção

O processo de produção de blendas poliméricas envolve essencialmente a sua preparação (mistura) e a moldagem ou conformação; ambas as etapas têm influência nas propriedades finais do material (ITO et al., 2004). As blendas poliméricas são comumente preparadas por misturas mecânicas extrudadas ou injetadas. Na presente pesquisa, realizaram-se as duas etapas concomitantemente por injeção. As peças injetadas consistiram de corpos de prova que passaram pelos testes de caracterização propostos e fundamentados no Capítulo 4.

A injeção é um dos processos mais versáteis e empregados na produção de artigos poliméricos, principalmente se for realizada em grande escala, pois assim é possível obter uma alta produtividade a um baixo custo. A injetora é composta basicamente por:

- rosca recíproca, canhão e mantas elétricas de aquecimento: sistema que homogeneiza, funde e injeta o polímero, submetido a altas temperaturas e taxas de cisalhamento, em função da alta pressão e velocidade controlada e

- molde: proporciona determinados formatos ao polímero fundido e injetado em seu interior, resfria a peça pela circulação de fluidos refrigerantes e a ejeta (MANRICH, 2005).

Devido às possíveis degradações que podem ocorrer no material, a determinação das condições de processo é essencial e é fundamentada, sobretudo, na temperatura de operação. Orienta-se que, para blendas, a temperatura de processamento seja compatível com a de ambos os polímeros, mas principalmente com aquele que constitui a base ou matriz (polímero de maior proporção mássica na mistura) (CÂNDIDO, 2011).

A preparação do material para o processamento envolve, no caso da reciclagem, a lavagem, a moagem e a secagem. A lavagem tem como função eliminar contaminantes, como detritos orgânicos; nesta pesquisa, esta etapa foi excluída, pois todo o material, inclusive os óculos, pode ser considerado isento desses detritos e apto ao processamento. A cominuição facilita a dosagem mássica de cada polímero na mistura e aumenta a superfície de contato entre estes. É importante que a granulometria do material, após a essa etapa, seja uniforme a fim de que a fusão, durante o processamento, também ocorra uniformemente (BROGNOLI, 2006). A secagem tem como objetivo eliminar a umidade, que, nos materiais poliméricos, pode ocasionar sua degradação e, por sua vez, problemas de processamento, defeitos visuais ou piora das propriedades mecânicas (SPINACÉ & PAOLI, 2005).

3.7 Caracterização de polímeros

As técnicas que foram empregadas na caracterização do PC e do PMMA puros, tanto virgens quanto os resultantes da reciclagem dos materiais dos óculos, bem como de suas blendas, estão fundamentadas nas seções seguintes.

3.7.1 Verificação da miscibilidade das blendas PC/PMMA

A análise da temperatura de transição vítrea (T_g) é de fundamental importância para verificar a miscibilidade entre polímeros. É acima desta temperatura que se inicia o deslocamento de frações das cadeias moleculares, tornando o material menos rígido pela passagem do estado vítreo (mais ordenado) para o elastomérico (menos ordenado). Por ser uma transição de segunda ordem, ela ocasiona variação no calor específico da amostra (BILLMEYER JR., 1984; MANO, 1991; CANEVAROLO JR., 2003).

Essa transição pode ser detectada, entre outras técnicas, por calorimetria diferencial exploratória (DSC), pela qual foi feita a opção para o estudo. A escolha desta técnica se deve a sua versatilidade, rapidez e baixo custo, se comparada com as técnicas afins.

A amostra e a referência são colocadas em cadinhos, geralmente de alumínio, e então postas no equipamento para serem aquecidas por uma única fonte de calor, sob uma programação de temperatura com ciclos de aquecimento e resfriamento. Para que as temperaturas da amostra e da referência se mantenham iguais, é necessário controlar o fluxo de calor fornecido, sendo este diferente para a amostra e para a referência. A diferença de calor fornecido corresponde, então, ao calor específico da amostra (CANEVAROLO JR., 2003).

O DSC gera, assim, curvas de energia química ou física da amostra versus temperatura. Esta tende a variar linearmente em relação ao tempo, sendo a T_g detectada pela variação na linha de base dessas curvas. Como as tensões acumuladas pelo histórico térmico da amostra tendem a interferir na análise, com o seu aquecimento essas tensões são amenizadas. Deste modo, com dois ciclos de aquecimento elimina-se esse histórico térmico, sendo utilizados, então, apenas os termogramas correspondentes ao segundo ciclo.

No caso da presente pesquisa, a análise via DSC é viável, pois a diferença entre as T_g 's do PC (150°C) e do PMMA (105°C) é superior a 20°C e, além disso, estes polímeros são amorfos. Assim, se a blenda for miscível, apresentará uma única T_g (KRAUSE & ROMAN, 1965; BANK, LEFFINGWELL & THIES, 1971).

3.7.2 Identificação dos materiais, análise das degradações oxidativas e termo-oxidativas e geração de biblioteca de espectros de FTIR para blendas PC/PMMA

O espectrômetro FTIR é constituído basicamente por uma fonte de radiação, um interferômetro, um compartimento de amostra e um detector de radiação infravermelha (CANEVAROLO JR., 2003). Esta técnica de caracterização é, principalmente, qualitativa e é essencial para os materiais poliméricos, sendo empregada quando estes estão puros ou em misturas. Além da identificação de materiais pela comparação de espectros gerados com aqueles contidos na biblioteca do equipamento, é possível verificar a degradação oxidativa e termo-oxidativa ocasionada nos materiais em função do processamento (CÂNDIDO, 2011). A técnica foi utilizada para identificar os materiais dos óculos (que não tinham identificação gráfica) e teve também aplicação para gerar uma biblioteca de espectros com as composições de blenda que se mostraram consistentes na avaliação de miscibilidade, realizada, via DSC, a cada ciclo de reciclagem. Ademais, a análise de espectros ofereceu explicações para algumas possíveis degradações ocorrentes nos processos de injeção sucessivos.

3.7.3 Estabilidade e degradação térmicas

Na análise termogravimétrica (TGA), uma programação de temperatura é utilizada para acompanhar a alteração de massa da amostra em função da temperatura e/ou tempo. As análises são executadas em um equipamento com funções de forno e balança, no qual são colocados dois cadinhos: um que contém a amostra e outro, a referência. Os dados obtidos na forma de curvas termogravimétricas podem se relacionar com a estabilidade e a degradação térmicas, a temperatura de decomposição, a extensão da cura em polímeros de condensação e a composição da amostra (BILLMEYER, 1984; CANEVAROLO JR., 2003).

Existem três tipos de programação que são mais empregados nas análises de termogravimetria (TG):

- TG isotérmica: a massa é medida sob uma temperatura constante, gerando uma função dependente apenas do tempo;
- TG quasi-isotérmica: a razão de aquecimento a qual é submetida a amostra é linear até que ocorra alguma alteração de sua massa. A partir de então, a temperatura é mantida constante até que seja alcançada uma nova constância na medição da massa da amostra e
- TG dinâmica ou convencional, que foi adotado: a amostra pode ser aquecida ou resfriada sob uma taxa linear configurada previamente.

3.7.4 Resistências à tração e ao impacto

O ensaio de tração é de fundamental importância no que tange a mecânica dos materiais, tendo influência direta no processo de seleção destes na fase projetual de um produto. Este ensaio, assim como os de flexão e de compressão, é realizado em equipamento denominado Máquina Universal de Ensaio. Nos ensaios de tração, os corpos de prova, que são injetados no formato apropriado e padronizado para este ensaio, devem ser afixados em garras. Estas garras são conectadas a travessas horizontais, uma fixa e outra móvel, da Máquina. Na travessa fixa, encontram-se o sistema para direcionamento da tensão de tração aplicada, que controla a taxa de deformação, e a célula de carga, que converte a tensão em pulsos elétricos para posterior registro. A partir das curvas tensão versus deformação, é possível extrair informações sobre as seções de deformação elástica e plástica, módulo de elasticidade e tensão de ruptura (CANEVAROLO JR., 2003).

Já a resistência ao impacto está relacionada à habilidade de um material polimérico em suportar choques ocasionais, o que pode ser determinante para o êxito de um certo produto. Para a realização dos ensaios de impacto, da presente pesquisa, foi utilizada a técnica denominada de Izod, normalmente aplicada aos polímeros. O método Izod consiste em um pêndulo de impacto que oscila e atinge o corpo de prova que se encontra fixado na vertical. A oscilação após o choque permanece, mas com redução do momentum, em função da energia absorvida pelo corpo de prova. A partir da verificação do percurso do pêndulo, após a ruptura, o equipamento, tendo interface computadorizada, calcula a energia necessária para provocá-la. A amostra normalmente é entalhada a fim de aumentar a reprodutibilidade do modo de falha (BILLMEYER JR., 1984, CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA, [200-]).

3.7.5 Aparência visual e solubilidade dos materiais e comportamento da chama

O PC e o PMMA, se isentos de corantes, são visualmente transparentes. No entanto, conforme previsto na literatura, esses polímeros misturados perdem a transparência, tornando-se brancos e perolados, também se isentos de corantes e impurezas. Além disso, a aparência dos materiais poliméricos pode prover indícios de degradação dos materiais como, por exemplo, pela cor. O amarelamento pode estar associado às degradações termo e foto-oxidativas (DEVINE LIGHTING, 2013).

A solubilidade dos polímeros e o comportamento de uma chama tênue e do material quando exposto a esta podem oferecer suporte à sua identificação, já que muitas vezes não consta a informação gráfica ou mesmo quando é errônea (BRAUN, 1999). Estes recursos, associados à inspeção visual, são importantes especialmente quando não se dispõe de equipamentos específicos. Essa é a situação dos centros de triagem em relação à separação de materiais destinados à reciclagem, considerando que não há condições financeiras para tais investimentos. Deste modo, torna-se essencial prover informações, a partir de técnicas simplificadas, com o objetivo de facilitar a identificação.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais empregados neste estudo foram:

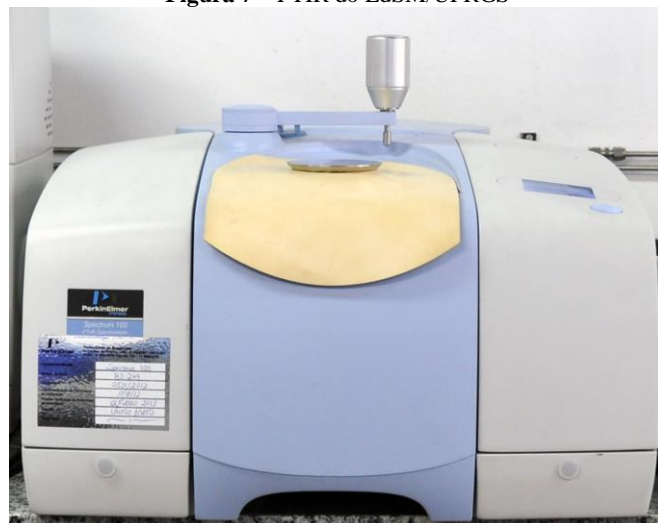
- PC virgem da marca Infino[®] SC-1220UR (ficha técnica no ANEXO C), utilizado como referência;
- PMMA virgem da marca Acrigel[®] ECL100 (ficha técnica no ANEXO D), também utilizado como referência e
- materiais oriundos de óculos falsificados provenientes de apreensão (documentação no ANEXO E).

Nas seções seguintes, é descrita a técnica que foi utilizada para a identificação dos materiais dos óculos, bem como aquelas que foram utilizadas para a produção de blendas PC/PMMA (de polímeros virgens e de polímeros provenientes da destruição de óculos). Ademais, são descritos os métodos para a caracterização dessas blendas ao longo de ciclos sucessivos de processamento/reciclagem.

4.1 Identificação dos materiais dos óculos

Os materiais dos óculos foram identificados por FTIR (Figura 7), da marca Perkin Elmer[®], modelo Spectrum 100, disponível no LdSM/UFRGS) com resolução de 4cm^{-1} , realizando 16 varreduras por amostra, entre 4000 e 650cm^{-1} . A biblioteca de espectros do equipamento é da marca Sadtler[®], com número de série 41285.

Figura 7 – FTIR do LdSM/UFRGS



4.2 Preparação e caracterização das blendas PC/PMMA

Os procedimentos experimentais foram divididos em duas etapas:

- preparação de blendas-padrão, tanto com material virgem quanto com os materiais dos óculos, com subsequente verificação da miscibilidade, representadas pelas Figuras 8 e 9, e

Figura 8 – Primeira etapa de experimentos: preparação de blendas-padrão de polímeros virgens (c é o número de misturas distintas que foram preparadas, englobando blendas PC/PMMA e PC e PMMA puros e configurando, segundo a fórmula, um intervalo de 10% mássico)

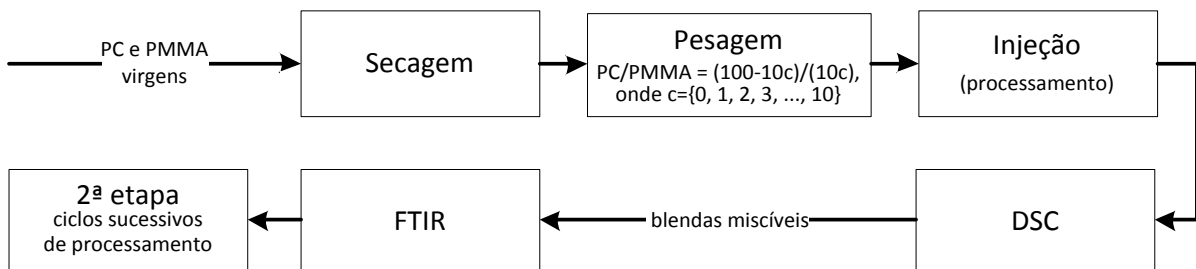
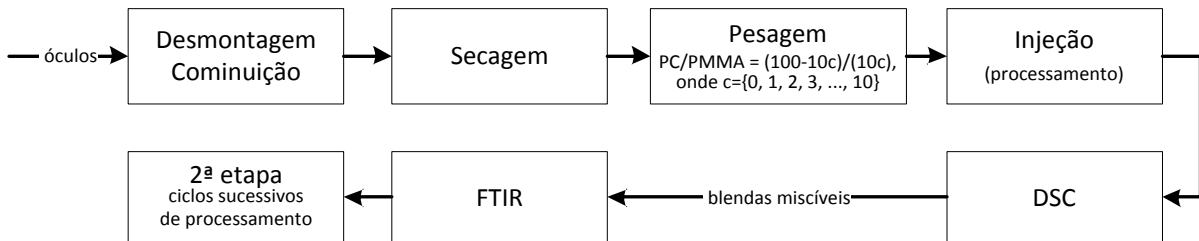


Figura 9 – Primeira etapa de experimentos: preparação de blendas-padrão de polímeros dos óculos (c é o número de misturas distintas que foram preparadas, englobando blendas PC/PMMA e PC e PMMA puros e configurando, segundo a fórmula, um intervalo de 10% mássico)



- sucessivos ciclos de processamento por injeção (quatro no total) e testes de caracterização para as blendas miscíveis obtidas na etapa anterior, representados pelas Figuras 10 e 11.

Figura 10 – Segunda etapa de experimentos: sucessivos ciclos de processamento por injeção e caracterização das blendas miscíveis de polímeros virgens; as linhas roxas, laranjas, azuis e verdes representam, respectivamente, o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto ciclo de processamento

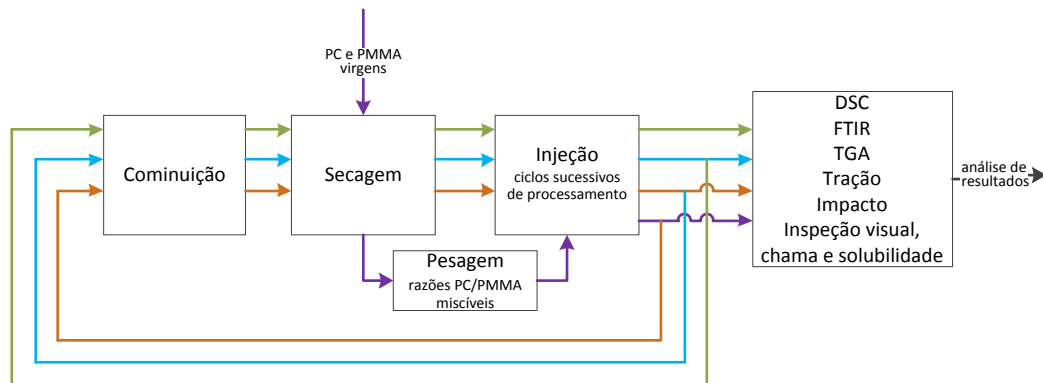
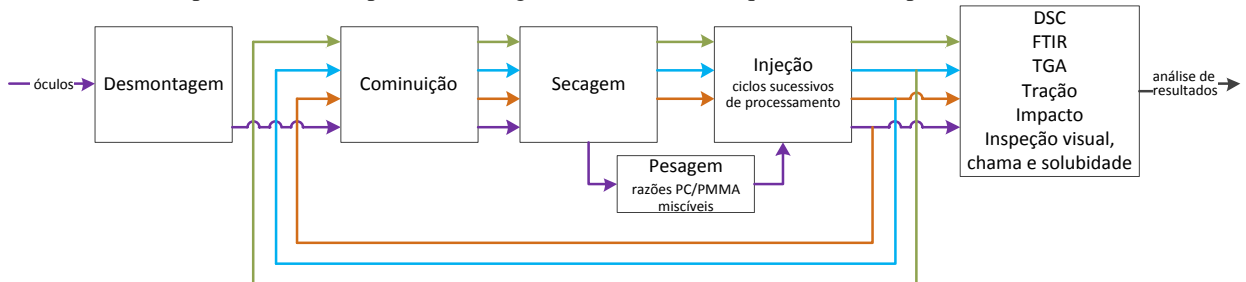


Figura 11 – Segunda etapa de experimentos: sucessivos ciclos de processamento por injeção e caracterização das blendas miscíveis de polímeros dos óculos; as linhas roxas, laranjas, azuis e verdes representam, respectivamente, o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto ciclo de processamento



4.2.1 Pré-injeção: desmontagem, cominuição e secagem

Antes de proceder à mistura dos polímeros, os óculos foram desmontados manualmente. As ferramentas utilizadas foram as seguintes: mini-chave de fenda nº7 (para o desparafusamento das hastes), formão (para a remoção dos adornos metálicos dos aros) e soprador térmico da marca Black & Decker®, modelo HG2000-B2 (para a retirada das molas das hastes).

As armações (PC), as lentes (PMMA) e os corpos de prova resultantes dos sucessivos processamentos foram triturados em um moinho de facas rotativas (Figura 12), da marca SEIBT®, modelo MGAS 27180, disponível no Laboratório de Polímeros Avançados (LPA)/Instituto de Química (IQ)/UFRGS.

Figura 12 – Moinho de facas rotativas do LPA/IQ/UFRGS

Imediatamente antes do processo de injeção, esses materiais, bem como pellets de PC e de PMMA virgens (na produção de blendas-padrão e no primeiro ciclo de processamento das blendas miscíveis), passaram por secagem em estufa (marca Fanem[®], modelo 315SE, divisão: 0,1g), disponível no mesmo laboratório. As condições para esse procedimento foram: 120°C por 4h, para o PC, e 100°C por 8h, para o PMMA, conforme é descrito nas fichas técnicas dos fabricantes (ACTIVAS, 2011; MATERIALS GROUP, 2012).

A partir disso, foram executados os seguintes procedimentos como constituintes da primeira etapa da fase experimental: a composição de blendas-padrão por dosagem mássica, o processamento por injeção, a verificação da miscibilidade via DSC e a obtenção de espectros de FTIR para a biblioteca do equipamento. Depois, corpos de prova nas composições das blendas miscíveis foram injetados e, então, caracterizados.

Vidales (2011) verificou, para o modelo de óculos em questão, que a massa específica do PC é 1,15g/cm³ e a do PMMA, 1,19g/cm³. No presente trabalho, foi analisada a possibilidade de separar os polímeros PC e PMMA, cominuídos, por diferença de densidade. Foi preparada uma solução aquosa de com 34,5g de NaCl em 100g de água a 27°C. A massa de sal adicionada foi determinada empiricamente, observando-se o limite entre a separação dos materiais (PC flutua e PMMA precipita) e a massa a partir da qual ambos os materiais flutuam (35g).

4.2.2 Pesagem: composição de blendas PC/PMMA padrão

Foi realizada a dosagem mássica, em balança analítica, dos polímeros virgens em pellets (massa total de 1050g, entre PC e PMMA) e dos provenientes de óculos após cominuição (massa total de 1050g, entre PC e PMMA). As proporções mássicas testadas por DSC, quanto a sua miscibilidade, e que constituíram um padrão de espectros da primeira fase experimentos foram: 100PC, 90PC/10PMMA, 80PC/20PMMA, 70PC/30PMMA, 60PC/40PMMA, 50PC/50PMMA, 40PC/60PMMA, 30PC/70PMMA, 20PC/80PMMA, 10PC/90PMMA e 100PMMA.

4.2.3 Processamento: injeção

Após o condicionamento dos materiais, em termos de granulometria e umidade, a mistura dos materiais para a geração de blendas foi realizada por injeção. Na injeção foram produzidos os corpos de prova que, assim, foram submetidos aos testes de caracterização.

A injeção dos corpos de prova foi executada de acordo com a norma ASTM D638 (a fim de obter corpos de prova compatíveis com as exigências para os ensaios de tração e, além disso, para os ensaios de impacto) em equipamento da marca Battenfeld®, modelo PLUS 350, disponível no LPA/IQ/UFRGS (Figura 13).

Figura 13 – Injetora do LPA/UFRGS



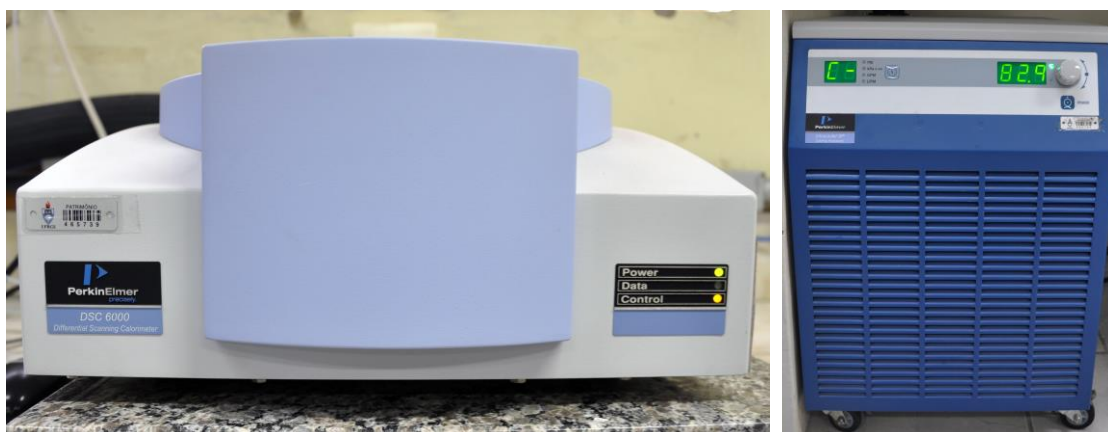
Considerando os intervalos de temperatura ideais de processamento para o PC (250 – 300°C) e para o PMMA (163 – 260°C) (ACTIVAS, 2011; THE MATERIALS GROUP, 2012), a injeção foi executada a 225°C, para 100PMMA; a 250°C, para 70PC30PMMA; 260°C, para 80PC20PMMA; 270°C, para 90PC10PMMA e 295°C, para 100PC. As temperaturas mais altas foram adotadas conforme as blendas contivessem mais PC. A pressão de operação foi de 50bar.

Nos ciclos de processamento seguintes, aqueles corpos de prova, cada qual com determinada composição de PC e PMMA, foram, como mencionado, preparados novamente para injeção. Com a posterior caracterização das blendas, foi possível elucidar a tendência das suas propriedades nos sucessivos ciclos de reciclagem.

4.2.4 Verificação de miscibilidade via DSC

A obtenção das T_g 's, via DSC, a fim de selecionar as composições que geram blendas miscíveis foram realizadas em equipamento da marca Perkin Elmer[®], modelo DSC 6000, com resfriador da mesma marca, modelo Intracooler SP, disponíveis no Laboratório de Tecnologia e Processamento de Alimentos do Departamento de Engenharia Química (LaTePA/DEQUI/UFRGS) (Figura 14).

Figura 14 – DSC do LaTePA/DEQUI/UFRGS



O programa de temperatura adotado foi o seguinte:

- isoterma de 50°C por 1min;
- aquecimento de 50°C até 200°C a uma taxa de 15°C/min;
- isoterma de 200°C por 1min;
- resfriamento de 200°C até 50°C a uma taxa de 15°C/min e
- repetição do programa por uma vez.

Foram utilizados apenas os termogramas resultantes do segundo ciclo de aquecimento.

4.2.5 Espectros de FTIR para biblioteca do equipamento

As blendas obtidas que foram consideradas miscíveis foram analisadas via FTIR com o mesmo equipamento e a mesma configuração aplicada nas análises prévias. Os espectros gerados foram registrados na biblioteca do equipamento com o objetivo de servir como padrão para análises posteriores. Para verificar a repetibilidade e, portanto, a viabilidade de que estes espectros constituam um padrão, foi necessária a realização destas análises em triplicata, considerando distintas porções dos corpos de prova. Isso foi feito em função das diferenças que podem ocorrer nas interações entre as fases da mistura polimérica que podem variar ao longo da extensão do corpo injetado. Assim, o aplicativo do equipamento executou a análise de similaridade entre os espectros, retornando um percentual a ser avaliado como satisfatório ou não para que sirva como padrão para uma biblioteca.

4.2.6 Processamento das blendas PC/PMMA miscíveis

O processamento e a caracterização das blendas PC/PMMA virgens e reciclados foram executados com aquelas proporções cuja análise de DSC apresentou T_g única, atestando a sua miscibilidade. A preparação dos materiais para processamento e a elaboração das blendas nas composições miscíveis seguiram os mesmos procedimentos, a maioria sob os mesmos parâmetros, para a obtenção das blendas-padrão.

No entanto, como foram realizados ciclos sucessivos de processamento sobre as blendas, houve alteração de alguns aspectos:

- os corpos de prova que foram triturados, a partir do segundo ciclo, foram submetidos à secagem a 110°C por 8h e
- as quantidades de material reciclado e virgem (ambos entre PC e PMMA) empregadas foram de 6500g, tendo em vista os quatro ciclos de processamento a que foram submetidos, bem como as possíveis perdas durante o processo.

4.2.7 Caracterização das blendas PC/PMMA miscíveis

A caracterização das blendas foi realizada por FTIR, por TGA, por ensaios de tração e de impacto, inspeção visual e testes de solubilidade e de chama.

4.2.7.1 FTIR

Assim como após o preparo das blendas-padrão, foram realizados, sob os mesmos parâmetros e programação, análises de FTIR. No entanto, além de ter avaliadas as possibilidades de identificar e certificar a composição das blendas (conforme complementação da biblioteca do equipamento), os espectros foram utilizados para analisar possíveis degradações dos materiais. Também foi verificada a presença de propriedade anti-chama, característica de composições comerciais de PC.

4.2.7.2 TGA

As análises de TGA foram realizadas em equipamento da marca TA Instruments[®], modelo Q50, disponível no LPA/IQ/UFRGS (Figura 15).

Figura 15 – Analisador termogravimétrico do LPA/IQ/UFRGS



Nestas análises foram empregados estes parâmetros:

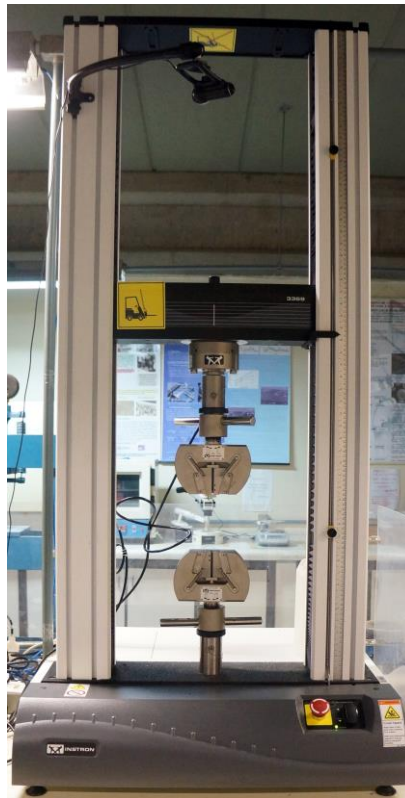
- aquecimento: 40 – 700°C;

- taxa de aquecimento: 20°C/min e
- atmosfera de ensaio: N₂

4.2.7.3 *Ensaio de tração e impacto*

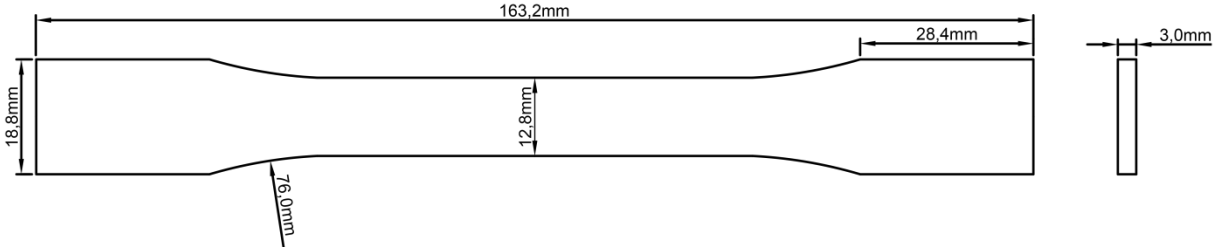
Os ensaios de tração foram executados em equipamento marca Instron[®], modelo 3369, disponível no Laboratório de Biomateriais & Cerâmicas Avançadas (LaBiomat/UFRGS) (Figura 16). Foi utilizada uma célula de carga de 50kN e velocidade de ensaio de 10mm/min.

Figura 16 – Máquina Universal de Ensaio do LaBiomat/UFRGS



Os corpos de prova foram originalmente injetados para estes ensaios, conforme a Figura 17. Este teste foi realizado em quintuplicata.

Figura 17 – Corpo de prova injetado para ensaios de tração



Os ensaios de impacto foram realizados pelo método Izod, conforme norma ASTM D256. As amostras, retiradas das amostras injetadas para o ensaio de tração, foram entalhadas conforme a Figura 18, em equipamento da marca CEAST[®], modelo NotchVIS, disponível no Laboratório de Materiais Poliméricos (LaPol/UFRGS) (Figura 19[a]). As medições foram realizadas em quintuplicata em equipamento (Figura 19[b]) da marca CEAST[®], modelo Impactor II, disponível no mesmo local. Para os corpos de material virgem foi utilizado um martelo de 2,75J e para os de corpos oriundos dos óculos, um martelo de 0,5J.

Figura 18 – Corpo de prova para ensaios de impacto (entalhe: 2,5mm)

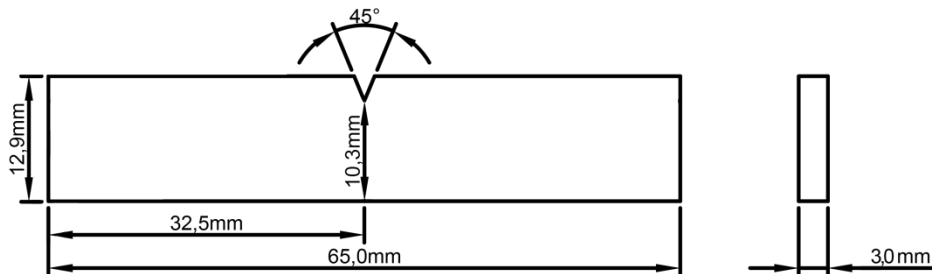


Figura 19 – Entalhadeira e equipamento para ensaios de impacto pelo método Izod (b) do LaPol/IQ/UFRGS



4.2.7.4 *Teste de solubilidade*

Fragmentos dos corpos de prova foram submersos em solvente no interior de tubos de ensaio a temperatura ambiente por 10 min (MANO & MENDES, 2000). O material foi, então, classificado como solúvel, insolúvel ou intumescível.

Os solventes utilizados foram benzeno (marca Merck[®], lote 36208), éter etílico (marca Cromato[®], lote 1010059), acetona (marca Proton[®], lote 0511300031A12) e acetato de etila (marca Labsynth[®], lote 130850), todos grau P.A..

4.2.7.5 *Teste de chama*

Para a realização deste teste foi utilizado um isqueiro, apropriado como fonte de chama tênue (BRAUN, 1999). Os parâmetros analisados foram: flamabilidade do material fora da chama, aspecto da chama, fumaça e odor após a extinção da chama.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nes seções seguintes são apresentados os resultados e as discussões relacionados aos procedimentos executados durante a pesquisa.

5.1 FTIR – Identificação dos materiais dos óculos

Os materiais dos óculos foram analisados por FTIR. Os espectros gerados foram comparados com padrões contidos na biblioteca do equipamento, atestando que as armações (hastes e aros) são de PC (Figura 20) e as lentes, de PMMA (Figura 21).

Figura 20 – Espectros de FTIR para o material das armações dos óculos e para o PC padrão da biblioteca do equipamento

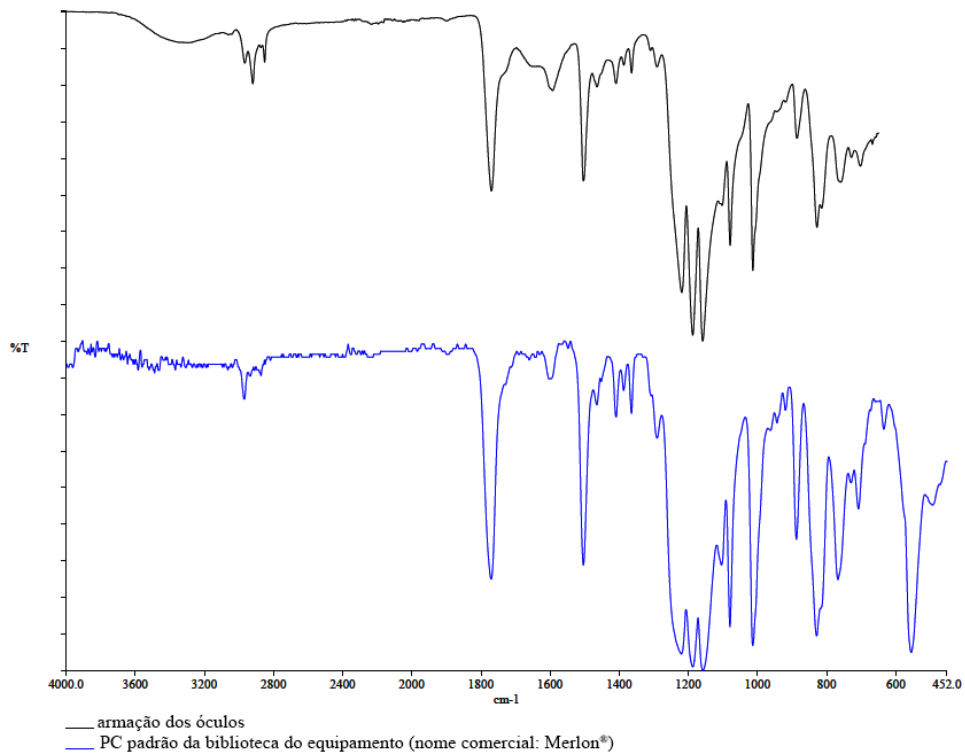
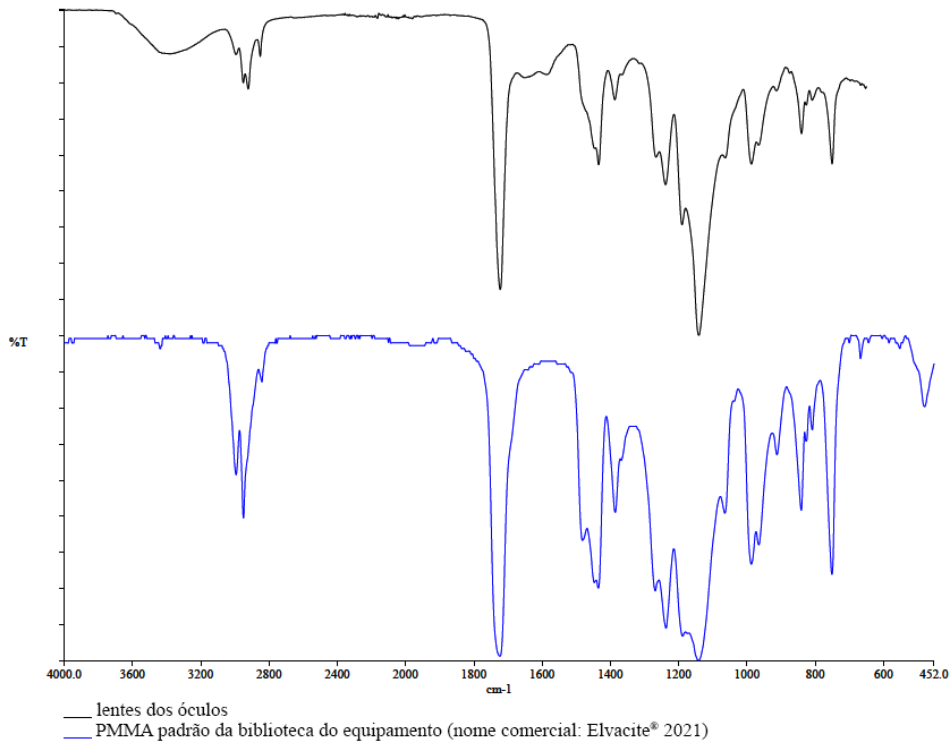


Figura 21 – Espectros de FTIR para o material das lentes dos óculos e para o PMMA padrão da biblioteca do equipamento



5.2 Desmontagem e cominuição

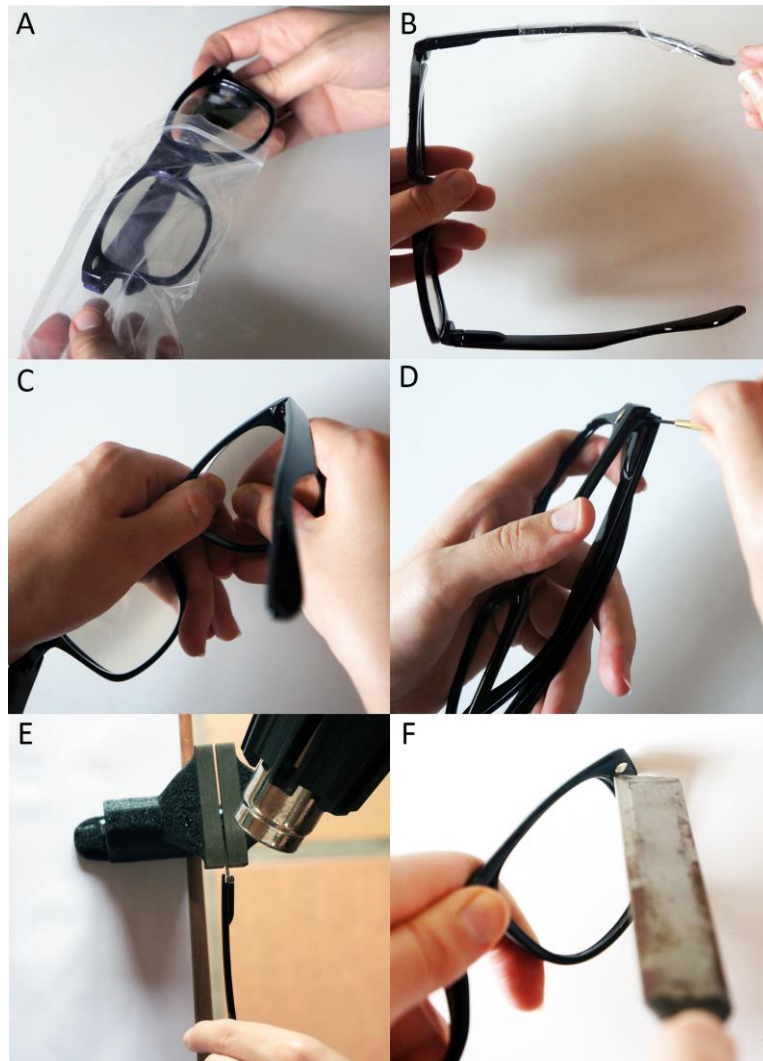
Os óculos analisados estavam acondicionados em 8 caixas como a da Figura 22. Cada caixa continha 120 óculos.

Figura 22 – Alguns exemplares do modelo de óculos analisado

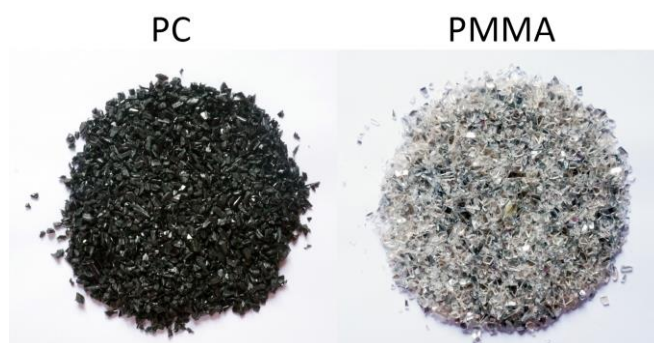


Para proceder à cominuição dos materiais, foi necessária a remoção manual de todas as peças metálicas dos óculos. A sequência de passos para a realização da desmontagem de cada exemplar é apresentada na Figura 21. Foram desmontados cerca de 500 óculos. Durante esse processo, tornaram-se evidentes as dificuldades ocasionadas pela presença dos materiais metálicos, muitas vezes firmemente encaixados ou, até mesmo, insertados nas peças. O esforço empregado, principalmente, para o desparafusamento das hastes e para a retirada dos adornos metálicos dos aros ocasionou lesões calosas e dolorosas nas mãos. Esse é um fato que deve ser levado em conta no caso de encaminhar similares a centros de triagem no que diz respeito à saúde do trabalhador.

Figura 23 – Processo de desmontagem dos óculos: remoção das embalagens (A e B), retirada das lentes (C), desparafusamento das hastes (D), remoção das molas das hastes (E) e retirada dos adornos metálicos (F)



Após a desmontagem, os óculos foram cominuídos (Figura 24).

Figura 24 – Materiais dos óculos após cominuição

5.3 Teste de separação de PC e PMMA por diferença de densidade

Tendo em vista as necessidades reais da indústria e a possibilidade de se processar o material separadamente, como a desmontagem e a cominuição mecânicas e concomitantes, foram realizadas simulações de separação de PC e de PMMA por diferença de densidade com porções dos materiais cominuídos. Os testes foram executados com soluções salinas, compostas por 34,5g de NaCl em 100g de água a 27°C, obtendo-se uma eficiência média de 94,4% na separação de PC e PMMA (Tabela 1). Esse valor é resultado da razão entre a massa de PC sobrenadante e a precipitada.

Tabela 1 – Separação de PC e PMMA por diferença de densidade em solução salina

	Massa PC (g)	Massa PMMA (g)	Massa PC sobrenadante (g)	Eficiência (%)
1	3,00	3,00	2,89	96,3
2	3,00	3,00	2,80	93,3
3	3,00	3,00	2,81	93,7
MÉDIA	3,00	3,00	2,83	94,4

Observou-se também que a adição de 0,5g de NaCl à solução fez com que toda a mistura de PC e PMMA flutuasse. Assim, como as massas específicas do PC e PMMA dos óculos são muito próximas, o controle da solução salina para a separação por diferença de densidade deve ser rigoroso, a fim de se garantir a qualidade do material reciclado adequada a uma determinada finalidade. Além disso, diante da grande quantidade de material a ser reciclado, a separação por diferença de densidade com solução salina pode ser inviável economicamente e por outro aspecto técnico: a contaminação do material dos óculos, que já se encontra limpo.

Deste modo, é possível inferir que a possibilidade de trabalhar com os polímeros puros ou com as suas blendas depende dos recursos técnicos disponíveis para a separação dos materiais e da aplicação a que se destinam. Isso reforça a importância da obtenção de dados abrangentes a fim de que possam ser comparados e norteiem o processo de seleção de materiais na fase do projeto de produto.

Ainda como resultado da etapa de desmontagem, foram removidos 700g de metal, entre parafusos, adornos dos aros e molas das hastes. Para a desmontagem mecânica e posterior separação entre material polimérico e metálico por diferença de densidade, a alta massa específica dos metais, se comparados aos polímeros, facilita a segregação. Nas usinas de triagem, os metais já possuem encaminhamento adequado para a reciclagem.

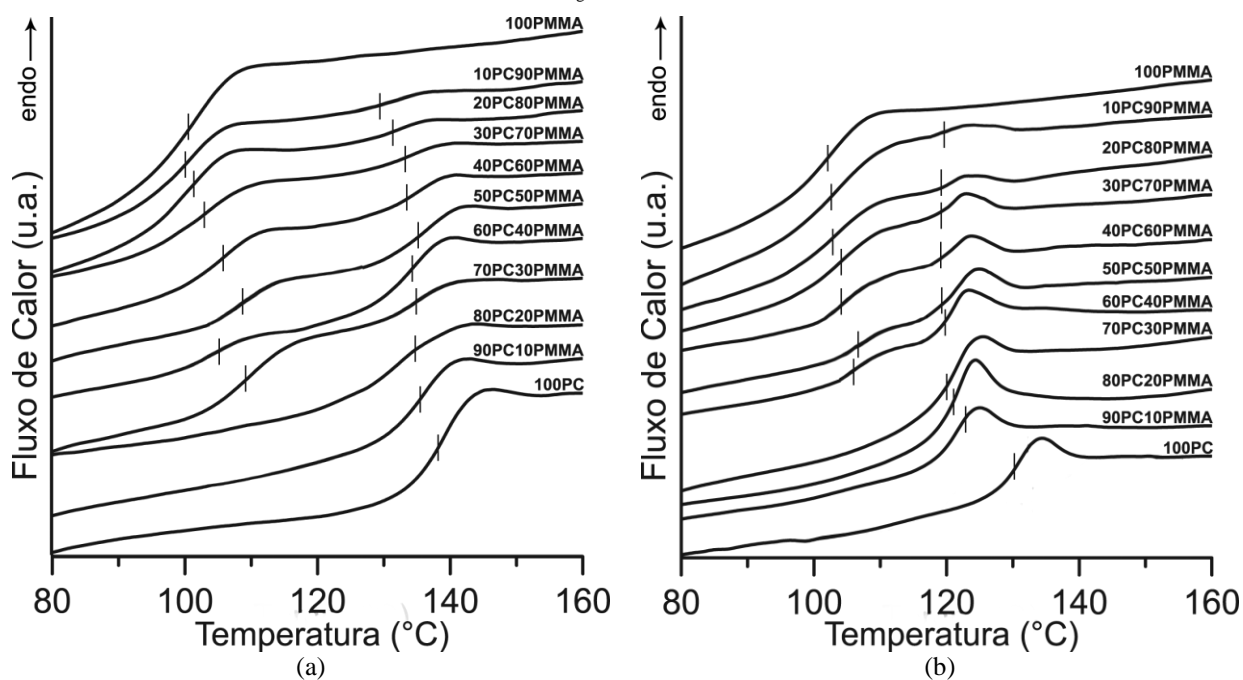
5.4 Fase 1 – verificação da miscibilidade das blendas PC/PMMA padrão e obtenção de espectros de referência

Nas seções seguintes são descritos os resultados da primeira fase de experimentos, após a preparação das blendas-padrão.

5.4.1 DSC

Os corpos de prova injetados com o material virgem e os com o material moído dos óculos foram analisados em duplicata por DSC, gerando, respectivamente, os termogramas (curvas médias) apresentados na Figura 25(a e b).

Figura 25 – Termogramas de DSC para as blends PC/PMMA para os polímeros virgens (a) e provenientes dos óculos (b). As T_g 's estão assinaladas por |.



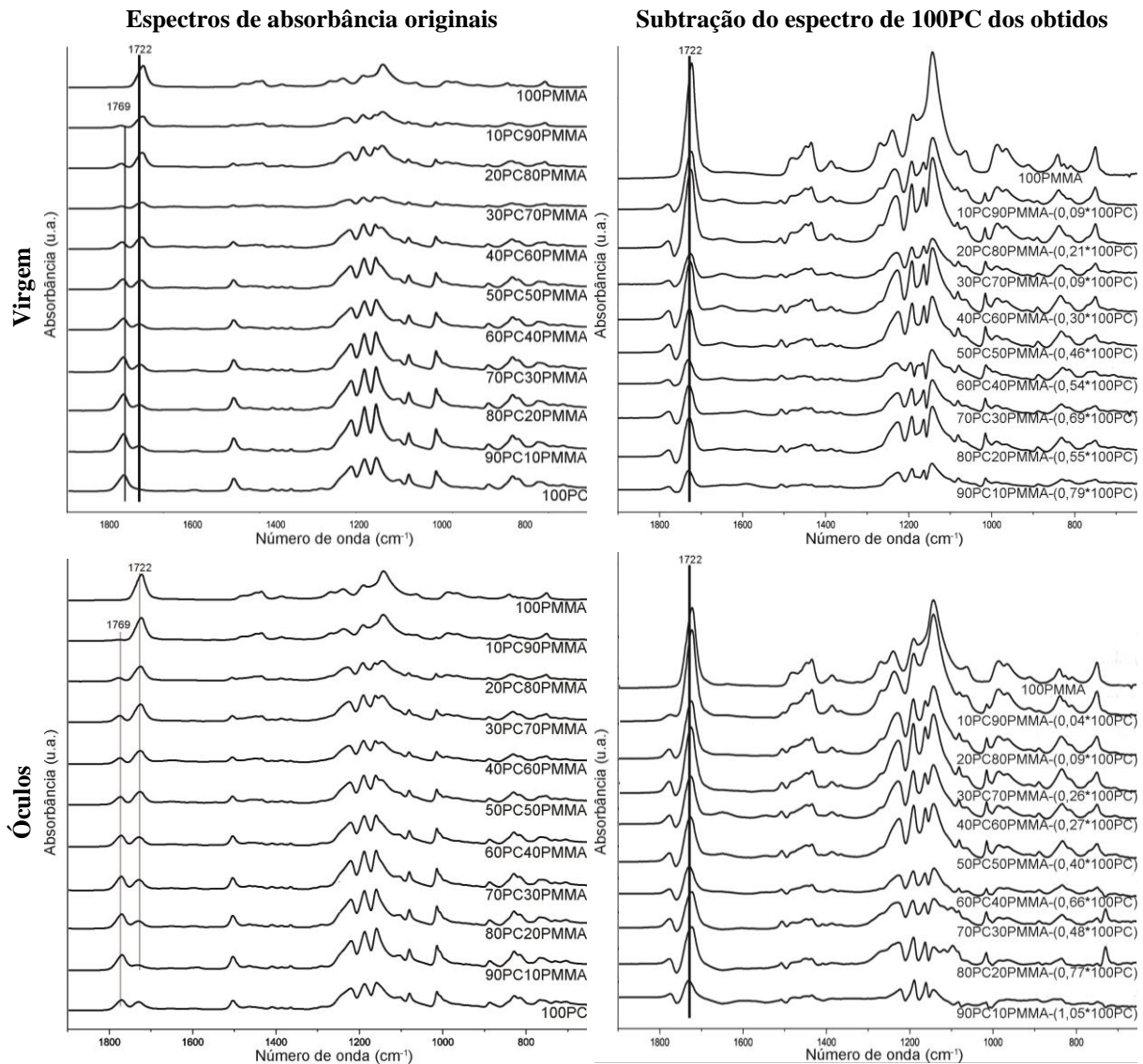
Os termogramas indicam, tanto para o material virgem quanto para o material dos óculos, que as composições mássicas que geram blends miscíveis são 90PC/10PMMA e 80PC/20PMMA, pois apresentaram uma única T_g (material virgem: 135°C e 134°C; material dos óculos: 123°C e 120°C, em ambos os casos, respectivamente). A blend 70PC/30PMMA de material virgem é imiscível (apresentou duas T_g 's: 109°C e 134°C); no entanto, a dos óculos pode ser considerada miscível ($T_g=120^\circ\text{C}$). As demais misturas podem ser consideradas imiscíveis para os dois tipos de materiais, pois apresentaram duas T_g 's. A miscibilidade entre 80PC/20PMMA e 70PC/30PMMA pode representar uma vantagem para a reciclagem dos óculos, facilitando a segregação mecanizada dos materiais, já que a proporção mássica de PC e de PMMA, em relação ao total de material polimérico nos óculos, é de 72% e de 28%, respectivamente.

5.4.2 FTIR

Os dados obtidos com o equipamento de FTIR referiam-se à transmitância. No entanto, para executar a subtração do espectro de 100PC dos demais espectros, foi necessária a conversão dos dados de transmitância para absorbância. No presente estudo, o fator de multiplicação foi ajustado visualmente, via aplicativo gerenciador do equipamento de FTIR, de forma que a contribuição do espectro subtraído (pico 1769cm^{-1}) fosse anulada. Deste

modo, na Figura 26, foram arranjados os espectros de absorvância e de subtração das blendas-padrão produzidas na primeira fase dos experimentos.

Figura 26 – Espectros de absorvância obtidos para a primeira fase de experimentos e de subtração do espectro de 100PC dos demais; os números de onda destacados são correspondentes aos estiramentos característicos do grupo carbonila do PC (1769cm^{-1}) e do PMMA (1722cm^{-1})



A subtração de espectros de FTIR é uma ferramenta útil no caso de blendas poliméricas, pois fornece indício a respeito da distribuição de fases. Assim, é possível observar na Figura 26 que, tanto para o material virgem quanto para o dos óculos, os espectros de blendas que mais se assemelham ao de referência (100PMMA) são algumas daquelas que se mostraram como imiscíveis na análise de DSC (10PC/90PMMA–40PC/60PMMA), indicando uma distribuição não homogênea de fases nessas misturas. Esse fato é evidente pela observação do pico associado ao estiramento do grupo carbonila do PMMA, situado em 1722cm^{-1} , mais pronunciado nas amostras de blendas imiscíveis. Em

contrapartida, aquelas composições que resultaram em blendas miscíveis (70PC/30PMMA dos óculos e 80PC/20PMMA e 90PC/10PMMA virgem e dos óculos) são as mais distintas em relação ao espectro de referência.

5.5 Fase 2 – caracterização das blendas miscíveis

Nas seções seguintes são descritos os resultados da segunda fase de experimentos, após processamento e reprocessamento das blendas miscíveis (90PC10PMMA, 80PC20PMMA e 70PC30PMMA) e dos polímeros puros, totalizando quatro ciclos.

5.5.1 FTIR

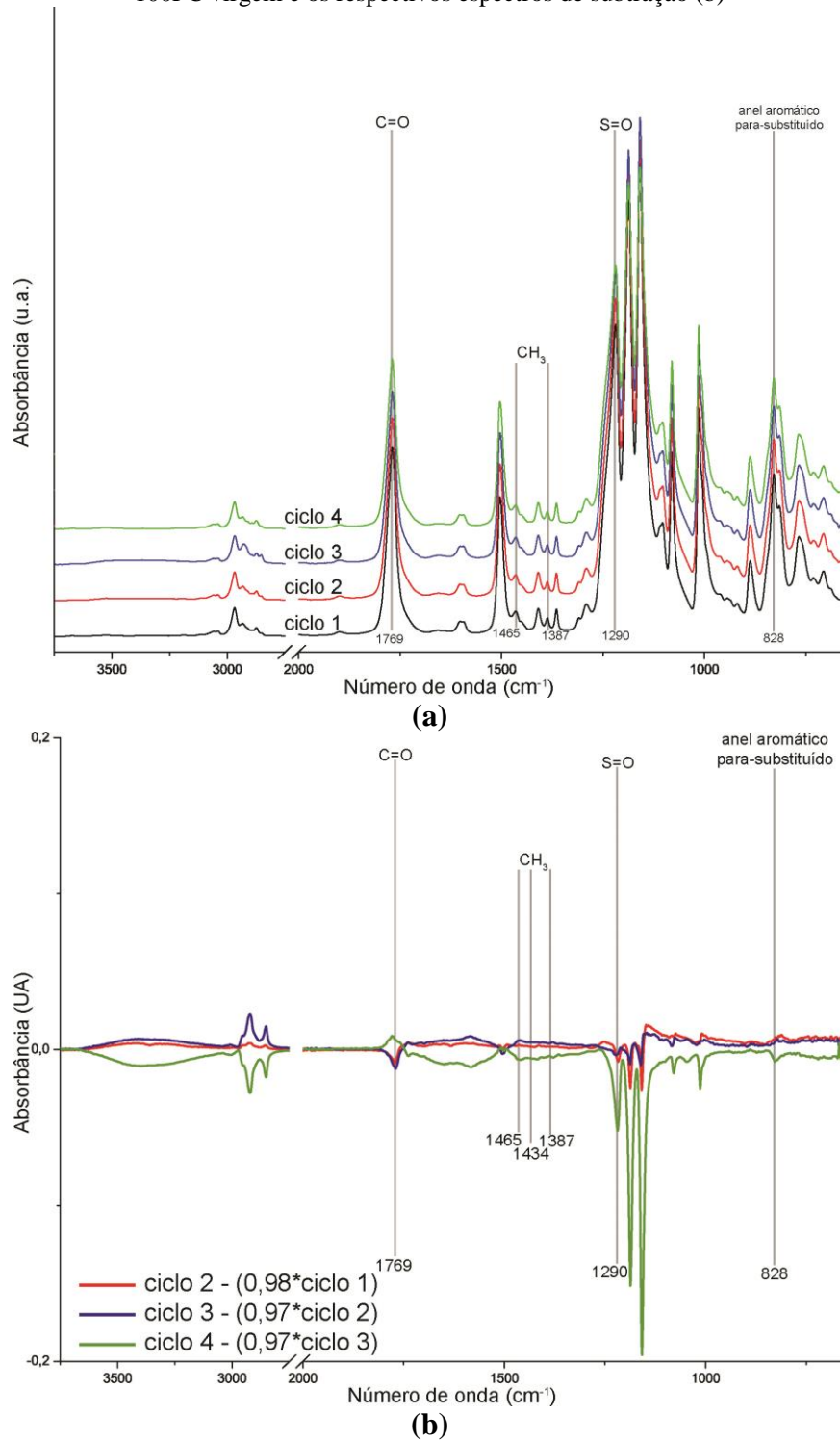
Nas análises de FTIR da segunda fase de experimentos, foi verificada a ocorrência de degradação termo-oxidativa dos materiais processados em cada um dos quatro ciclos, além da permanência da propriedade anti-chama associada ao PC. Nesse caso, a utilização da subtração de espectros de absorvância se refere à possibilidade de analisar a formação ou a perda de estruturas moleculares características das amostras e relacioná-las à degradação dos materiais.

A degradação pode ser observada, nos espectros de subtração do PC e do PMMA, pelo aumento da absorvância nos picos associados aos respectivos grupos carbonila (indicando reação de oxidação) e alquila (cisão de cadeias) (KOENIG, 1992). A redução da propriedade anti-chama pode ser relacionada à diminuição dos picos do estiramento de S=O, já que compostos sulfurados são empregados como retardantes de chama e sua presença foi apontada pelo espectrômetro (LIU et al., 2006).

Os espectros foram obtidos da seguinte forma: pela subtração do espectro do primeiro ciclo de processamento do segundo ciclo; deste ciclo do terceiro ciclo; e do terceiro ciclo do quarto ciclo. A operação foi realizada a partir do aplicativo gerenciador do equipamento de FTIR, sendo o fator de multiplicação calculado automaticamente. Os espectros gerados foram, então, comparados entre si. Nas figuras a seguir, foram organizados os espectros de absorvância originalmente obtidos (a) e, na sequência, os de subtração (b). Os picos observados na análise de degradação foram destacados juntamente às estruturas a que se referem.

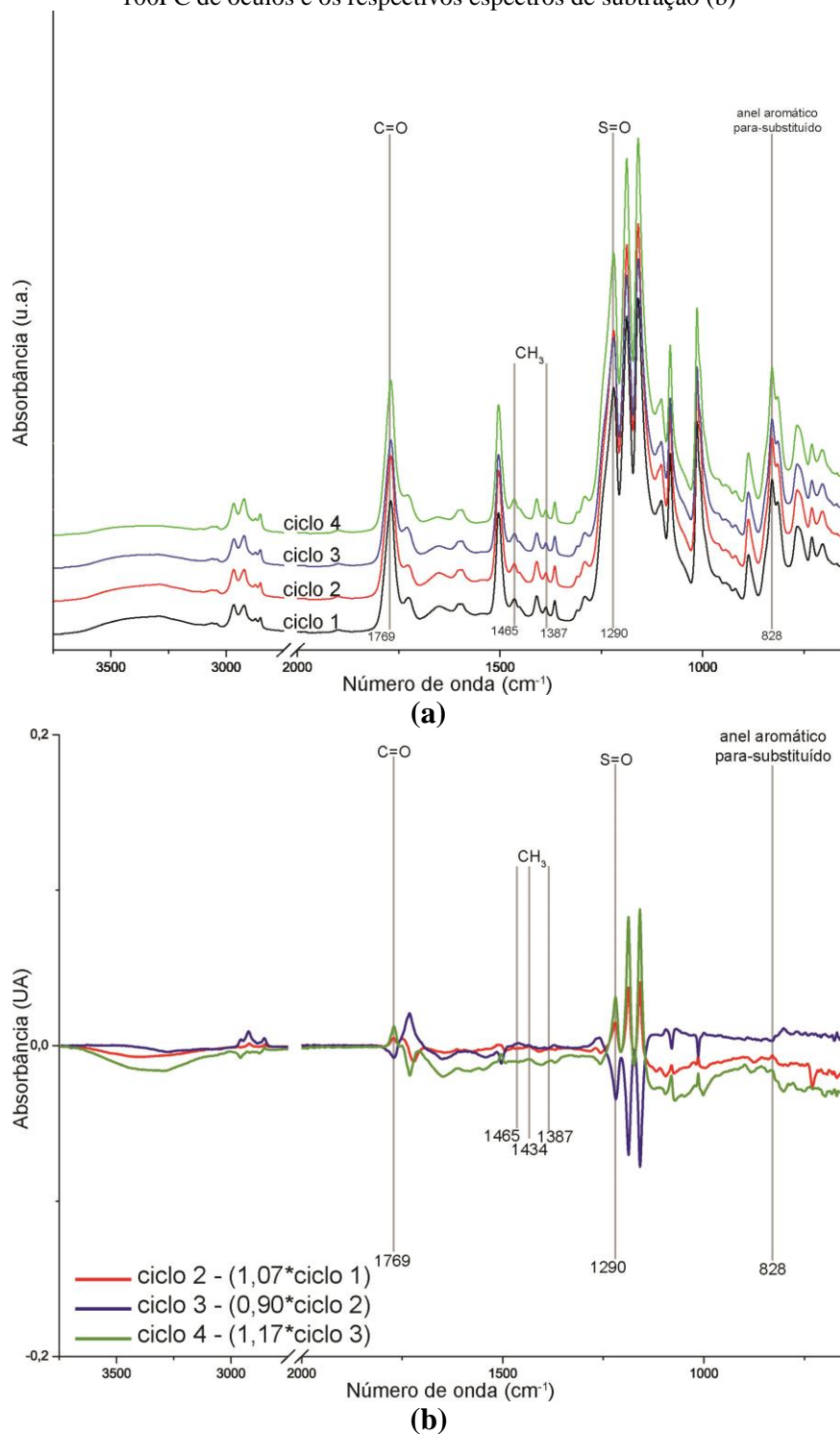
Na Figura 27, do PC virgem, é possível observar absorvâncias progressivamente negativas (ao longo dos ciclos) para o pico 1290cm^{-1} , indicando a redução da propriedade anti-chama. Além disso, não há indício de degradação oxidativa significativa.

Figura 27 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 100PC virgem e os respectivos espectros de subtração (b)



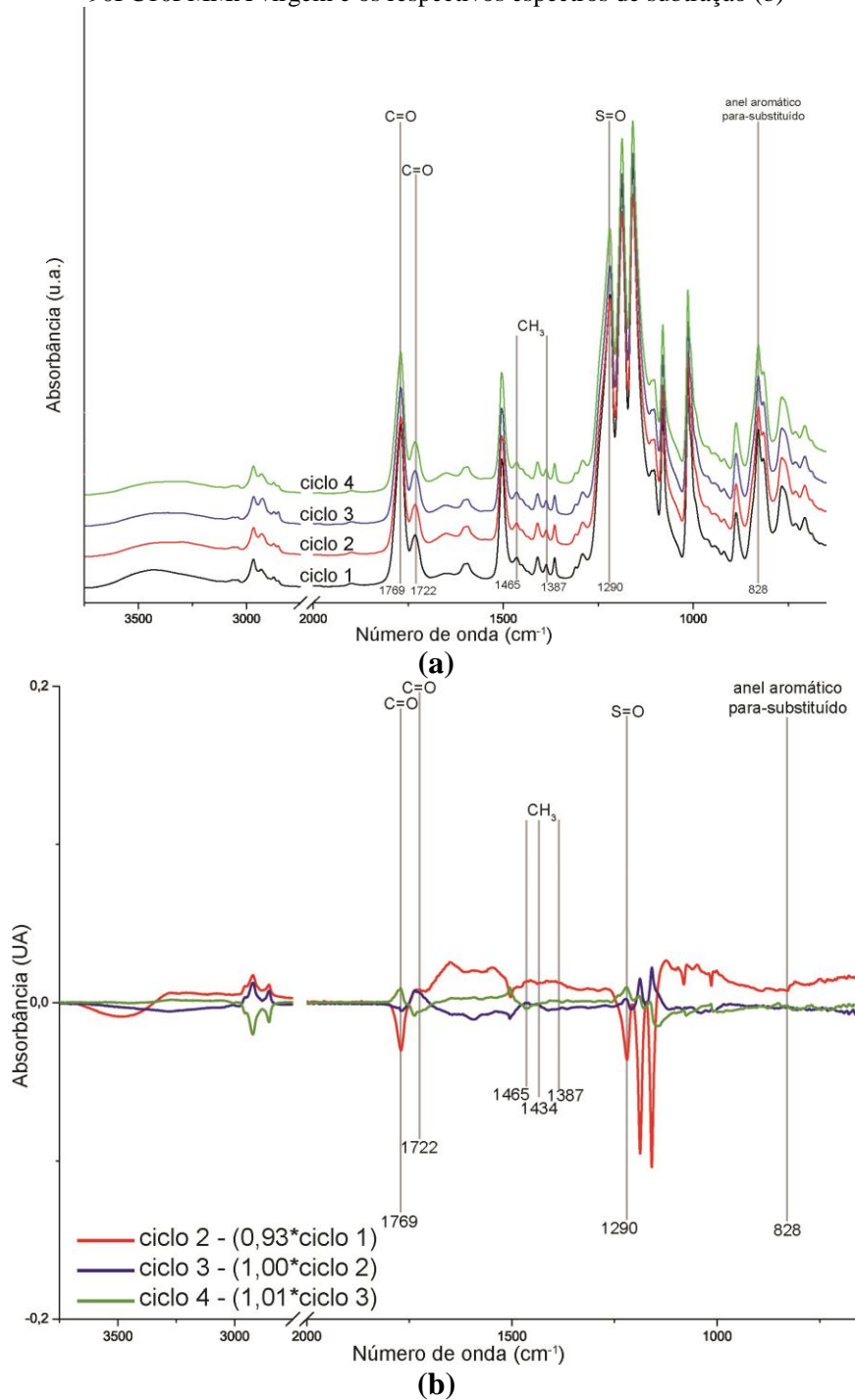
Na Figura 28, do PC dos óculos, é possível observar absorvâncias positivas para os picos 1769cm^{-1} e 1290cm^{-1} entre o primeiro e o segundo ciclo, negativas entre o segundo e o terceiro ciclo e novamente positivas entre o terceiro e o quarto ciclo, indicando a possibilidade de ocorrência de oxidação no segundo e no quarto ciclos e de perda de propriedade anti-chama no terceiro ciclo.

Figura 28 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 100PC de óculos e os respectivos espectros de subtração (b)



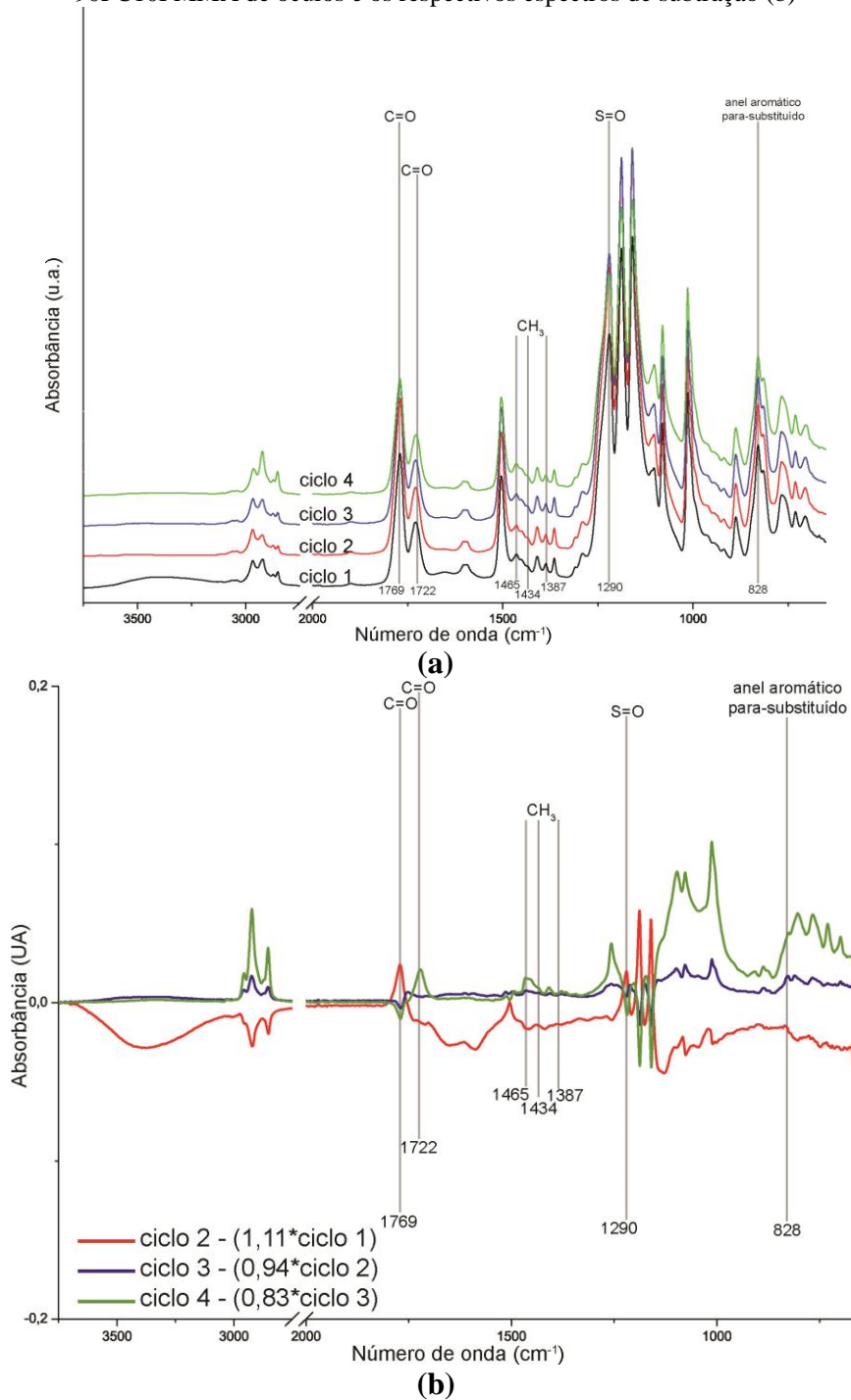
Na Figura 29, da blenda 90PC10PMMA virgem, é possível observar absorvâncias negativas para os picos 1769cm^{-1} e 1290cm^{-1} para o segundo ciclo, passando a positivas no quarto ciclo, o que pode indicar uma regressão da perda da propriedade anti-chama, mas um aumento da degradação oxidativa. Em contrapartida, pode ter ocorrido uma compensação da degradação, já que o pico 1722cm^{-1} oscila em oposição àqueles.

Figura 29 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 90PC10PMMA virgem e os respectivos espectros de subtração (b)



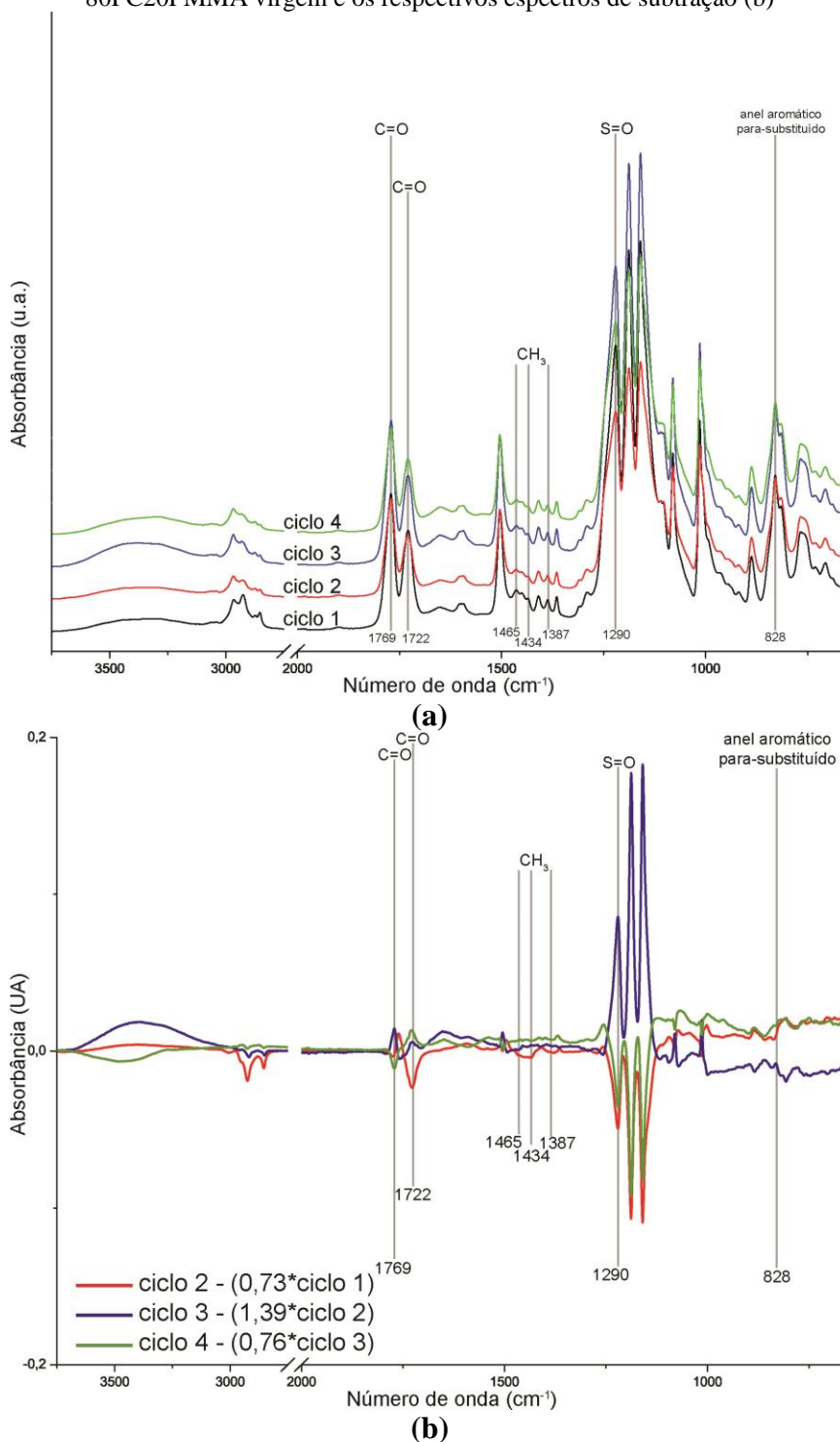
Na Figura 30, da blenda 90PC10PMMA dos óculos, é possível observar absorvância positiva para o pico 1290cm^{-1} no segundo ciclo, passando a negativa no terceiro e quarto ciclos, o que pode indicar uma redução da propriedade anti-chama. No que tange aos picos 1722cm^{-1} e 1769cm^{-1} , a alternância entre valores positivos e negativos tende a ser um indício de estabilidade em relação à degradação oxidativa.

Figura 30 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 90PC10PMMA de óculos e os respectivos espectros de subtração (b)



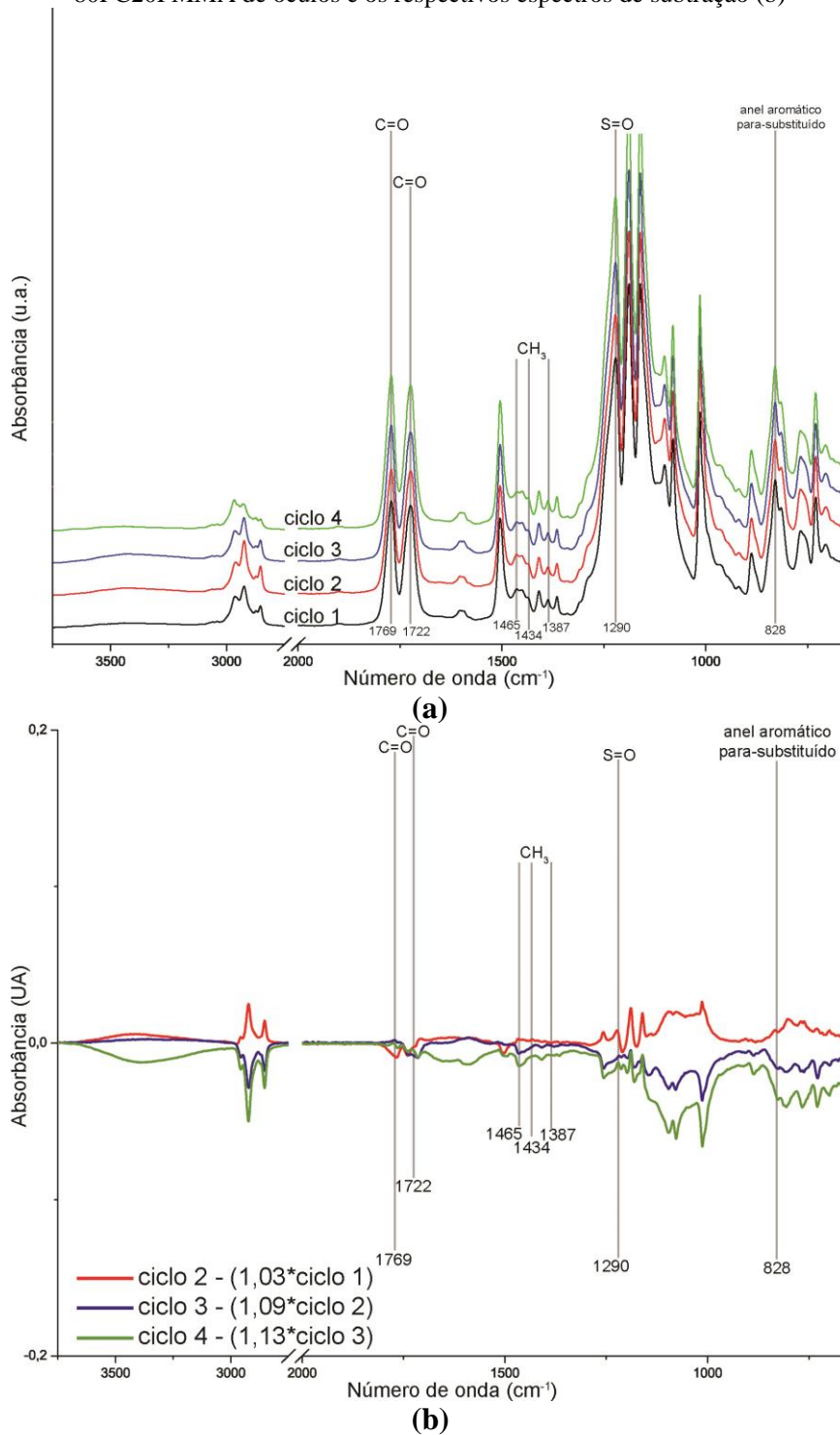
Na Figura 31, da blenda 80PC20PMMA virgem, é possível observar absorvâncias negativas nos picos 1722cm^{-1} e 1290cm^{-1} , no segundo e no último ciclo, e positivas para o terceiro ciclo, indicando oscilação na ocorrência de reações de oxidação e da propriedade anti-chama.

Figura 31 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 80PC20PMMA virgem e os respectivos espectros de subtração (b)



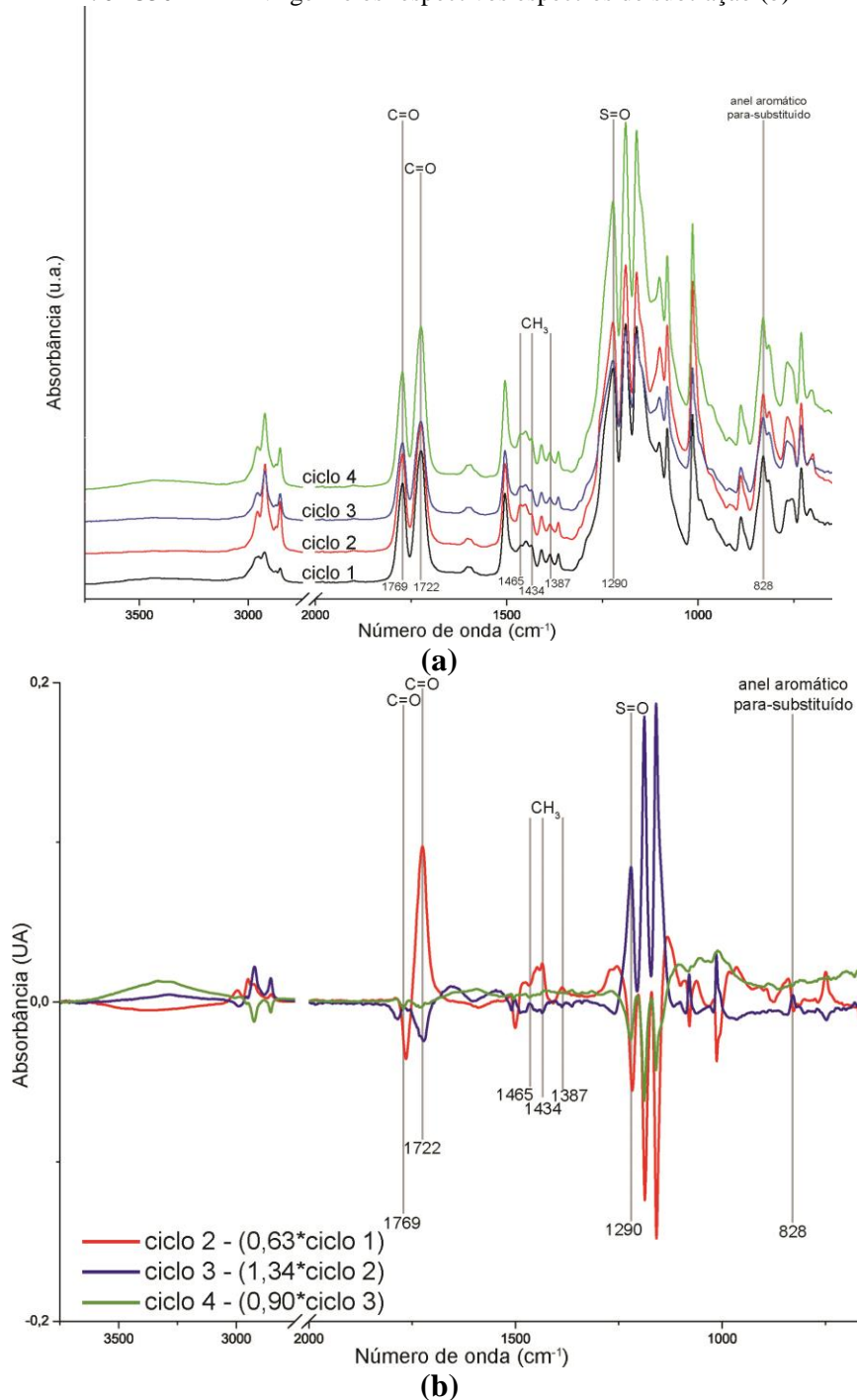
Na Figura 32, da blenda 80PC20PMMA dos óculos, é possível observar absorvâncias progressivamente negativas, mas pouco significativas, no pico 1290cm^{-1} , sendo possível assumir que não ocorreu expressiva redução da propriedade anti-chama, se considerarmos os casos anteriores.

Figura 32 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 80PC20PMMA de óculos e os respectivos espectros de subtração (b)



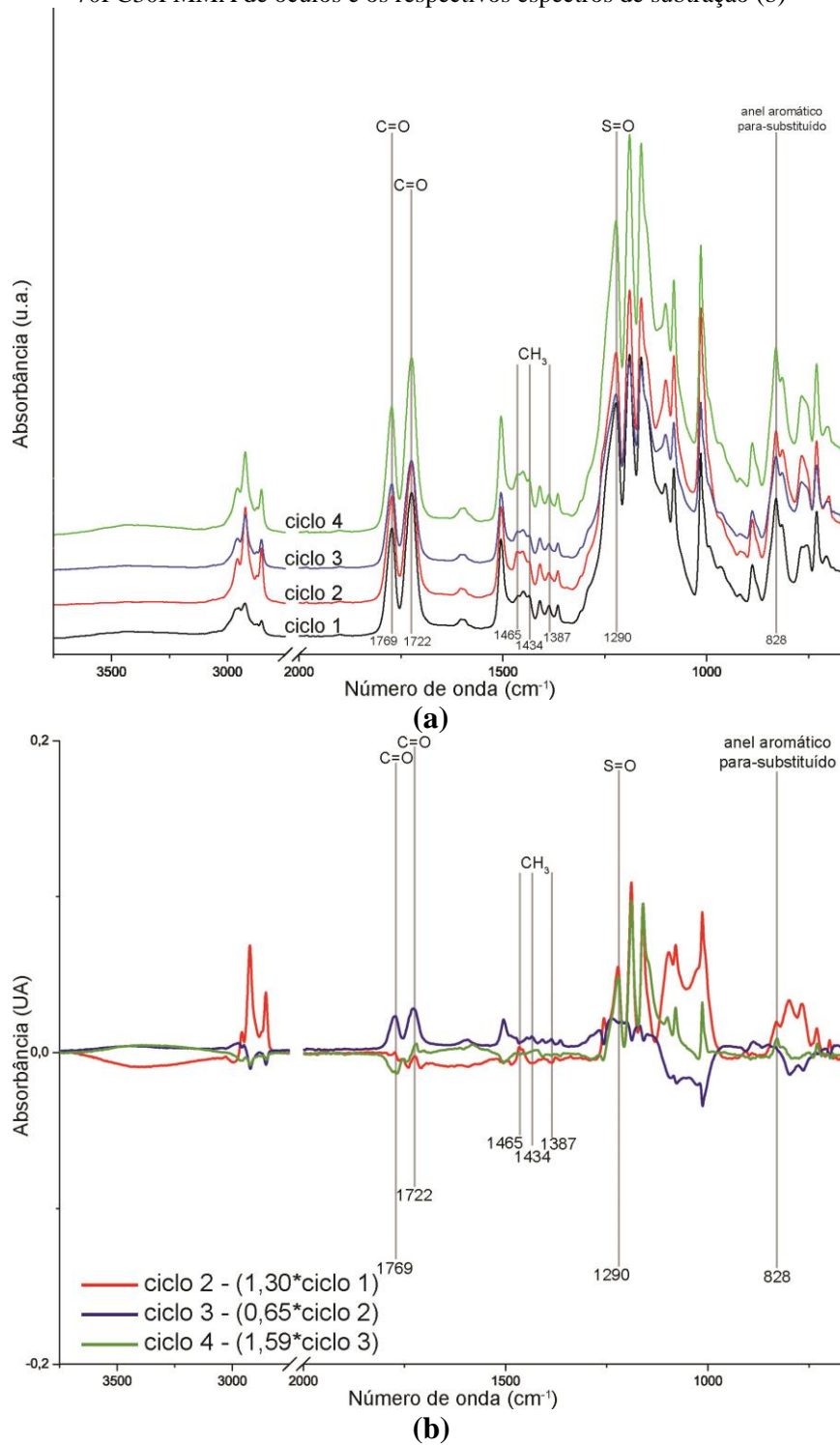
Na Figura 33, da blenda 70PC30PMMA virgem, é possível observar absorvâncias negativas, no pico 1290cm^{-1} , para o segundo e para o último ciclos, e positiva para o terceiro. Em 1722cm^{-1} , há a oscilação inversa dos valores apresentados por aquele pico, sem alteração significativa em 1769cm^{-1} , podendo indicar oxidação somente do conteúdo de PMMA da blenda. Assim, há indícios de perda, regressão e nova perda da propriedade anti-chama, bem como de oxidação.

Figura 33 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 70PC30PMMA virgem e os respectivos espectros de subtração (b)



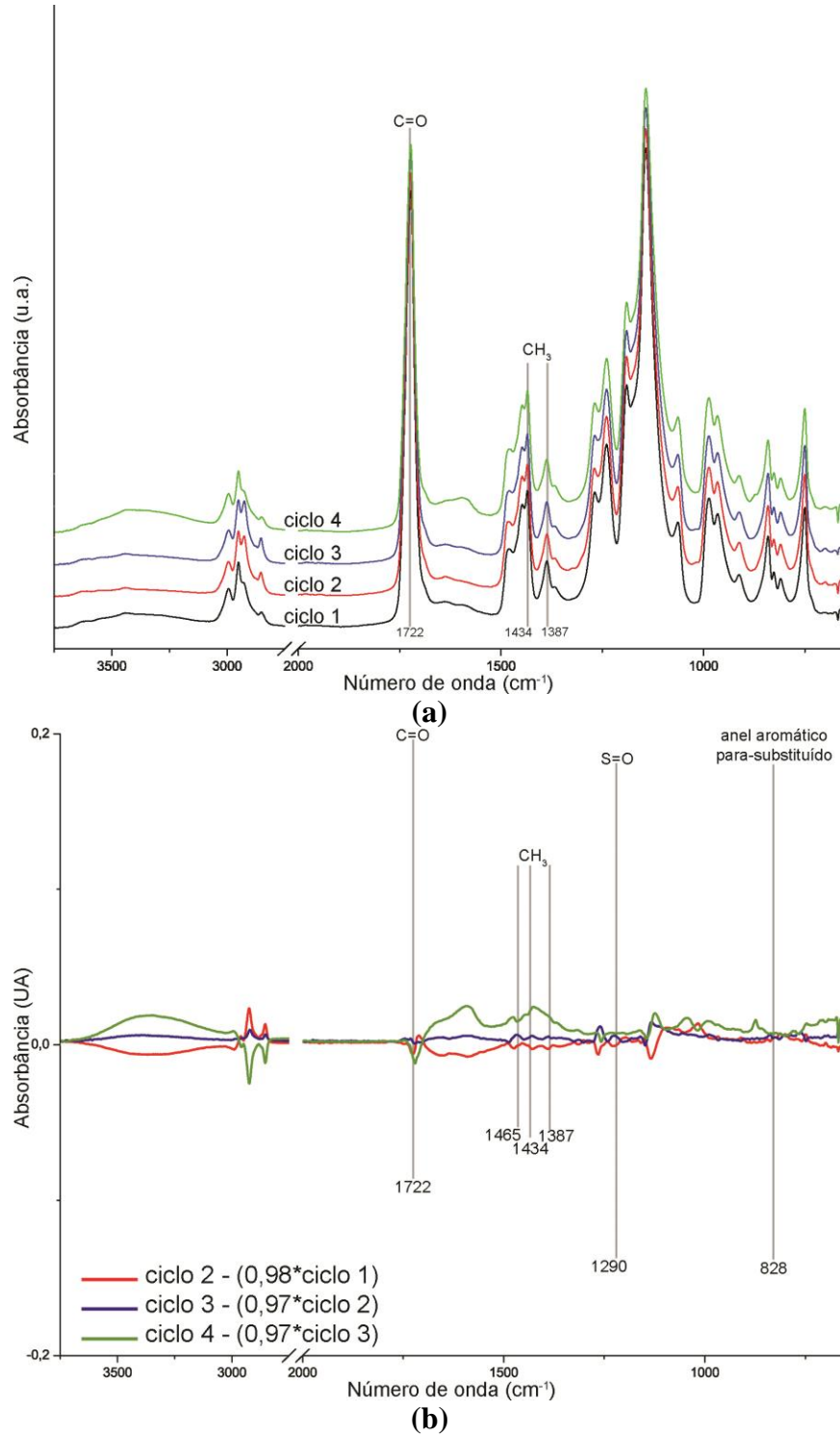
Na Figura 34, da blenda 70PC30PMMA dos óculos, é possível observar absorvâncias progressivamente positivas para todos os picos de referência, indicando oxidação e conservação da propriedade anti-chama.

Figura 34 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 70PC30PMMA de óculos e os respectivos espectros de subtração (b)



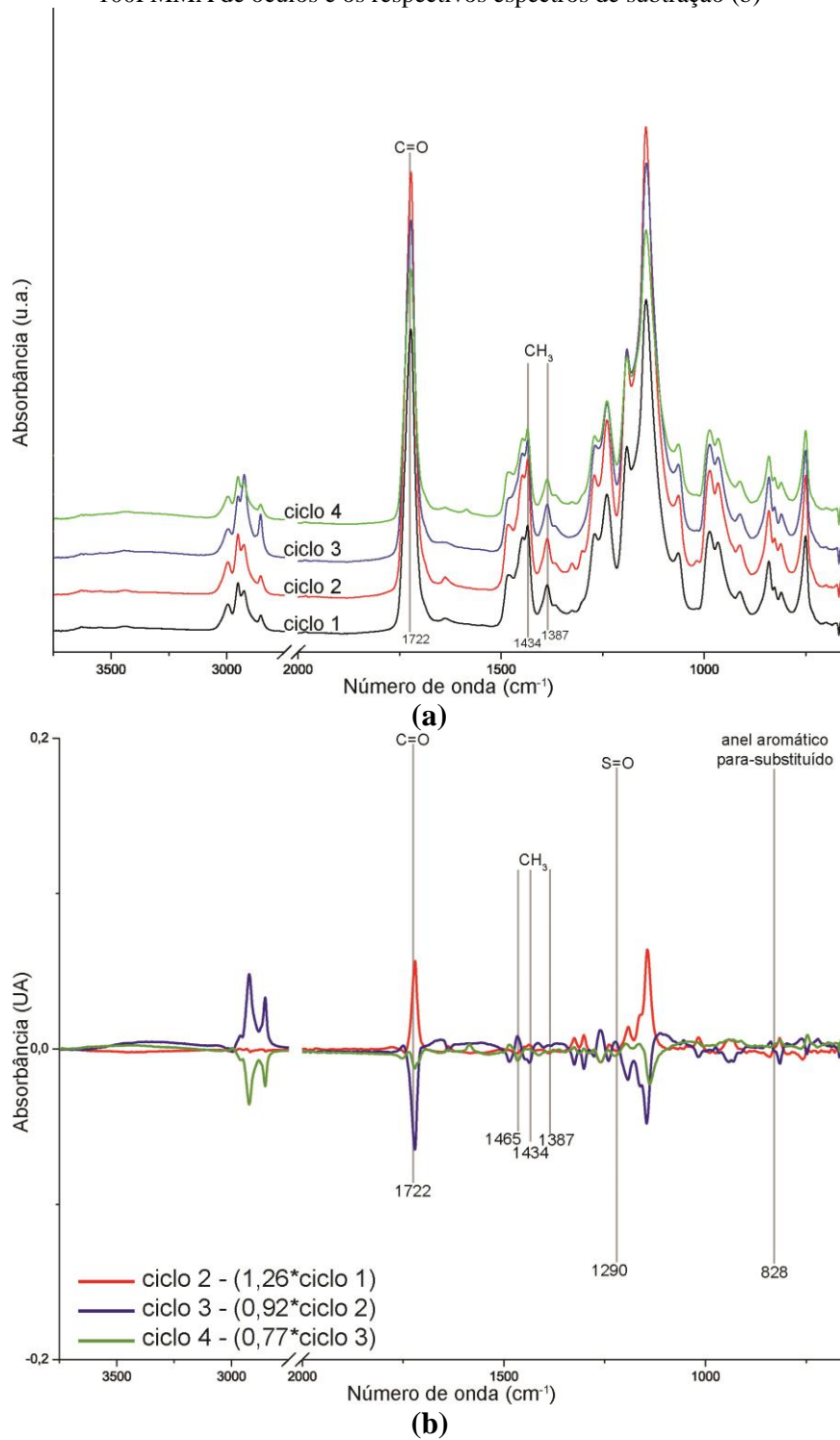
Na Figura 35, do PMMA virgem, não foi observada alteração significativa das absorvâncias para quaisquer picos de referência.

Figura 35 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 100PMMA virgem e os respectivos espectros de subtração (b)



Na Figura 36, do PMMA dos óculos, é possível observar absorvância positiva no pico 1722cm^{-1} para o segundo ciclo, e redução na absorvância do ciclo subsequente e estabilização no último ciclo, indicando significativa oxidação no segundo ciclo, mas regressão no terceiro.

Figura 36 – Espectros de absorvância originalmente obtidos (a) para os quatro ciclos de processamento do 100PMMA de óculos e os respectivos espectros de subtração (b)



Nesta etapa, além das análises de possíveis degradações, foram comparados entre si todos os espectros na primeira e na segunda fase de experimentos. Os valores gerados para a correlação entre os espectros foram organizados no Quadro A1 do APÊNDICE A com o objetivo de comparar essas correlações, verificando a validade da geração de uma biblioteca com os espectros obtidos. É importante levar em consideração que a tabela limitou-se a reunir os dados de correlação para apenas uma ou duas bateladas de cada ciclo, de cada composição de blenda, e de cada origem (virgem ou óculos).

Nota-se que os três maiores valores de correlação de cada linha do quadro são em torno de 0,05 mais elevados que os da biblioteca de espectros do equipamento e em sua maioria indicam corretamente a composição e a origem das amostras. No entanto, há várias falhas na identificação do ciclo de processamento, além da ocorrência de sobreposição de intervalos de correlação, considerando o desvio padrão. Deste modo, a aplicação mais apropriada dos espectros da pesquisa reside na distinção entre as blends PC/PMMA e os compostos contidos na biblioteca do equipamento. Tendo em vista a utilização desses espectros em futuras pesquisas, os respectivos arquivos, no formato *.sp, foram disponibilizados juntamente com a versão digital deste trabalho, bem como ao final dos exemplares impressos, em CD.

5.5.2 TGA

Os dados para 5, 10 e 50% de perda mássica das amostras analisadas por termogravimetria foram organizados na Tabela 2. Primeiramente foram feitas as análises do ciclo 1 e do ciclo 4 e, após o cálculo da diferença percentual entre as temperaturas associadas a cada nível de degradação, quando ela foi maior que 5%, optou-se pela análise dos ciclos intermediários.

Em geral, é perceptível, tanto do primeiro para o quarto ciclos quanto do material virgem para os óculos, a redução da temperatura de ocorrência das perdas mássicas selecionadas. No entanto, essas diferenças tenderam a diminuir com o aumento da carga de PMMA e com o decorrer dos ciclos de processamento, atingindo níveis próximos, entre o material virgem e dos óculos, no último ciclo.

Tabela 2 – Temperaturas associadas às perdas mássicas (5, 10 e 50%) induzidas, via TGA, para as blendas produzidas na segunda fase de experimentos, bem como a diferença percentual, entre os ciclos, dos resultados obtidos

Degradação (perda mássica)		Virgem				Óculos			
		Ciclo 1		Ciclo 4		Ciclo 1		Ciclo 4	
100PC	5%	T (°C)	461		473	414		380	
		Diferença	2,6%		3,6%				
	10%	T (°C)	485		496	439		400	
		Diferença	2,3%		2,0%				
	50%	T (°C)	530		537	481		488	
		Diferença	1,2%		0,1%				
90PC10PMMA	5%	T (°C)	397		388	380		361	
		Diferença	2,2%		2,4%				
	10%	T (°C)	431		421	400		378	
		Diferença	2,5%		2,7%				
	50%	T (°C)	531		526	488		505	
		Diferença	1,1%		1,5%				
80PC20PMMA	5%	T (°C)	363		362	361		346	
		Diferença	0,1%		2,0%				
	10%	T (°C)	379		383	378		364	
		Diferença	1,0%		1,7%				
	50%	T (°C)	520		523	505		467	
		Diferença	0,4%		1,4%				
70PC30PMMA	5%	T (°C)	370	345	341	338	346		334
		Diferença	6,8%	7,8%	8,8%	0,3%			
	10%	T (°C)	387	362	362	360	364		348
		Diferença	6,6%	6,6%	7,2%	0,1%			
	50%	T (°C)	527	518	512	509	467		381
		Diferença	1,6%	2,8%	3,3%	1,8%			
100PMMA	5%	T (°C)	321		316	334	310	310	308
		Diferença	1,4%		7,0%		7,0%	7,6%	
	10%	T (°C)	336		338	348	338	339	338
		Diferença	0,6%		3,1%		2,8%	3,1%	
	50%	T (°C)	374		380	381	382	381	381
		Diferença	1,4%		0,1%		0,0%	0,0%	

A Figura 37 demonstra confluência das curvas de TGA para o material virgem. Em contrapartida, a Figura 38, relacionada aos óculos, mostra pontos de intersecção, especialmente na faixa próxima a 40% de perda mássica e 475°C. Nessa intersecção, podem ser tomados como equivalentes, em relação à perda mássica, o PC puro e as blendas 90PC10PMMA e 80PC20PMMA.

Além disso, nas Figuras 37 e 38, é possível perceber que a degradação térmica dos materiais inicia-se acima da temperatura máxima de injeção a que foram submetidos os materiais (290°C) em todos os ciclos.

Figura 37 – Curvas termogravimétricas das composições das blends e dos polímeros puros virgens. O número, ao final de cada linha da legenda, designa o ciclo de processamento, e a linha tracejada verde, a temperatura máxima a que foram submetidos os materiais durante o processamento (290°C)

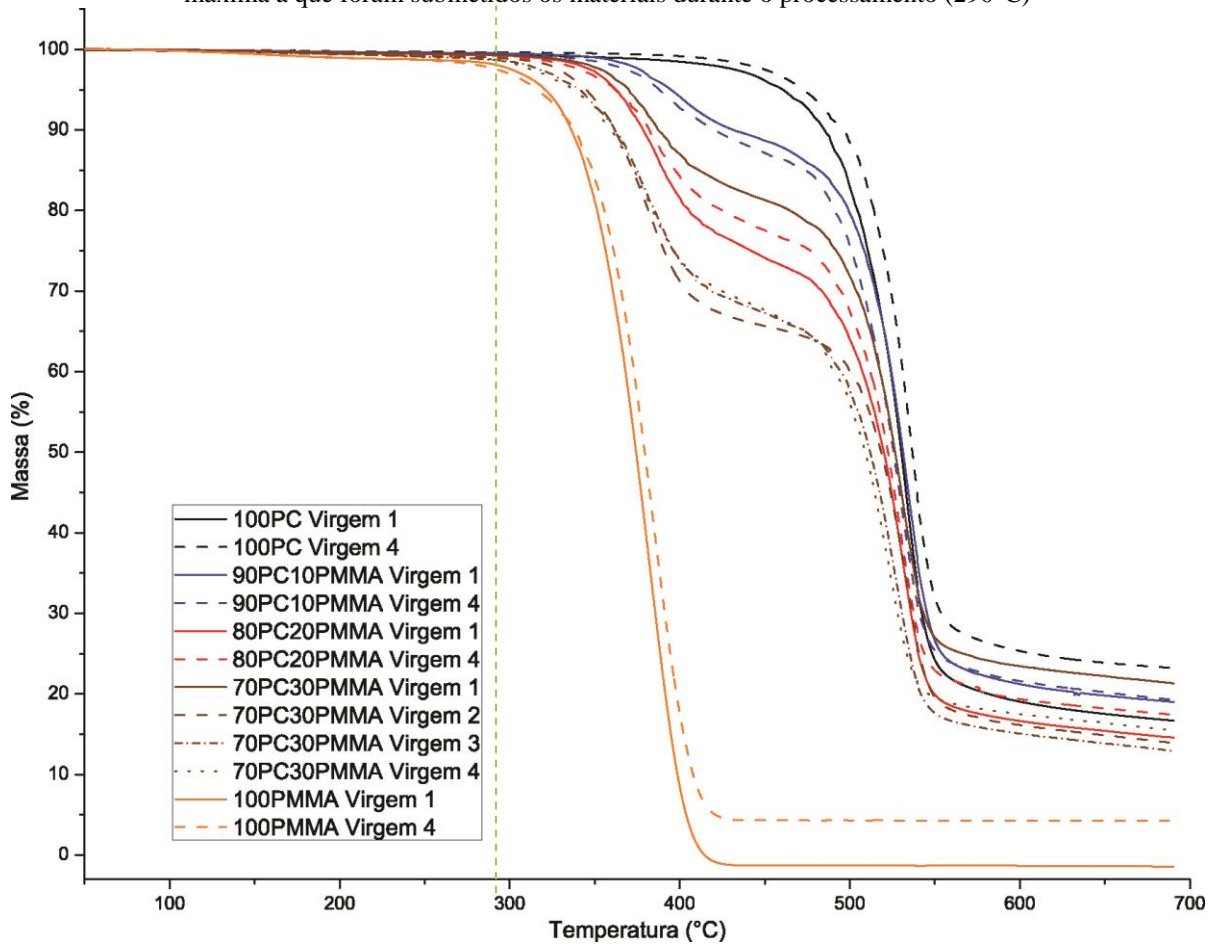
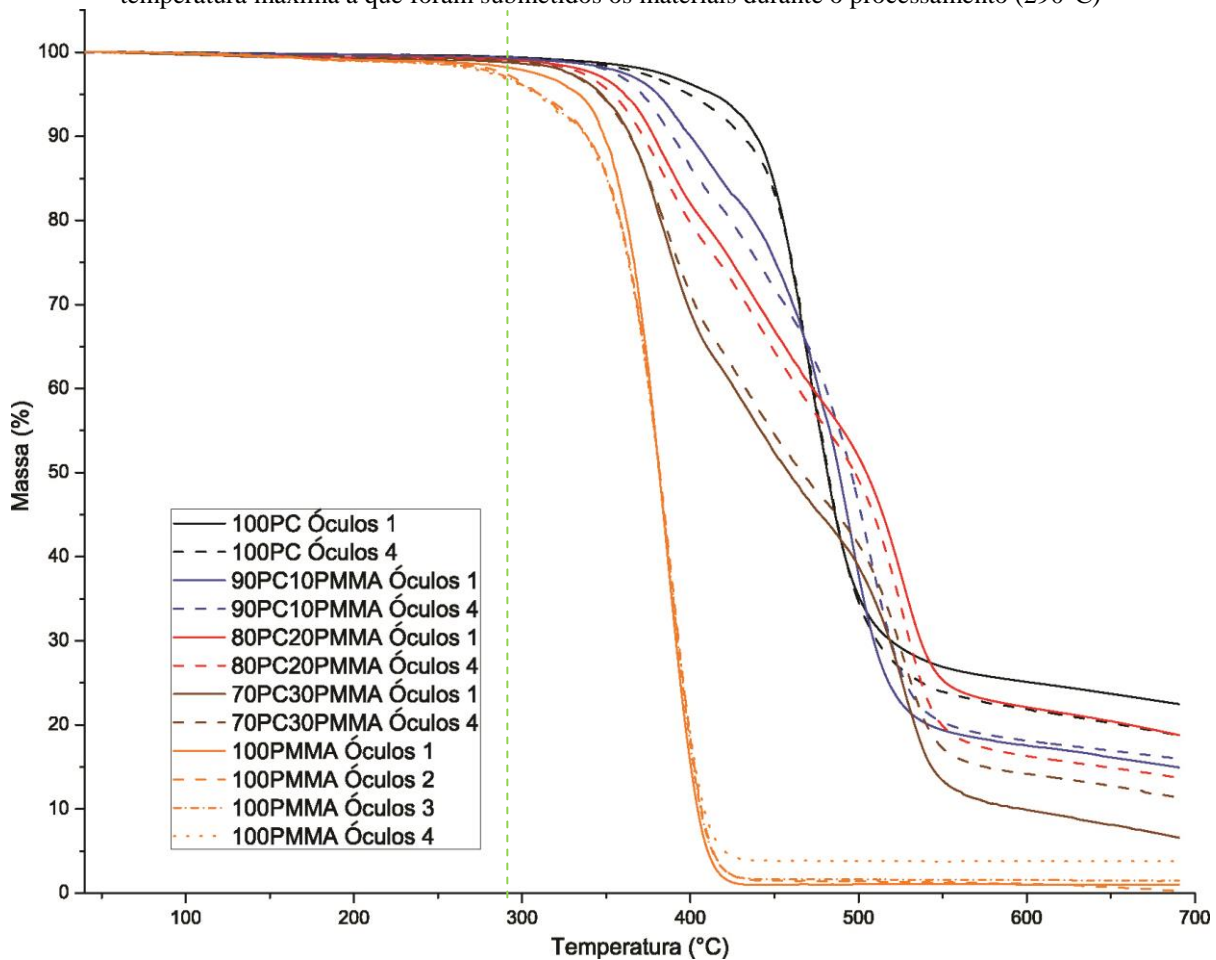


Figura 38 – Curvas termogravimétricas das composições das blends e dos polímeros puros dos óculos. O número, ao final de cada linha da legenda, designa o ciclo de processamento, e a linha tracejada verde, a temperatura máxima a que foram submetidos os materiais durante o processamento (290°C)



5.5.3 Ensaios de tração

Os dados relacionados à ruptura nos ensaios de tração foram tratados estatisticamente, obtendo-se valores médios, de desvio padrão e da expressividade da diferença de valores de resistência entre os ciclos de processamento. Foi empregado o teste-t de Student para médias com duas populações pareadas (dependentes), considerando um nível de significância de 5% e que, ainda que não tenham sido testados os mesmos espécimes em cada um dos ciclos, as amostras provinham de uma mesma batelada. Deste modo, as diferenças puderam ser consideradas significativas ou não ao nível de 5% de significância estatística.

A partir da Tabela 3, é perceptível a prevista redução da resistência à tração na ruptura com sucessivos ciclos de processamento, tendo sido mais acentuada para os materiais dos óculos do que para os virgens, especialmente até o terceiro ciclo. Além disso, as diferenças

entre o material virgem e dos óculos diminuiram com o aumento da carga de PMMA na mistura.

Com o teste-t e as diferenças entre os ciclos, classificadas como significativas ou não, é proporcionada a noção da possibilidade de reciclar o PC, o PMMA e suas blendas, de acordo com os requisitos relacionados à resistência à tração para uma determinada finalidade. Para algumas composições, é possível trabalhar em pelo menos quatro ciclos de processamento sem perda significativa da resistência à tração na ruptura.

Tabela 3 – Análise estatística (teste-t) para os dados obtidos nos ensaios de tração

		$t_{\text{tabelado}} = 2,1$								
		Virgem				Óculos				
Ciclo		1	2	3	4	1	2	3	4	
100PC	Resistência Tração Média [ruptura] (MPa)	49,7	46,8	47,2	44,8	54,2	25,5	14,2	12,5	
	Desvio Padrão Res. Tração [ruptura] (MPa)	2,5	1,8	2,3	1,4	4,3	4,4	2,0	1,1	
	1	$t_{\text{calculado}}$		2,1	1,3	5,2		10,2	24,9	19,2
		diferença significativa?		N	N	S		S	S	S
	2	$t_{\text{calculado}}$			-0,3	3,5			8,1	6,1
		diferença significativa?			N	S			S	S
	3	$t_{\text{calculado}}$				1,5				1,4
		diferença significativa?				N				N
	90PC10PMMA	Resistência Tração Média [ruptura] (MPa)	51,2	47,7	48,7	46,0	51,2	25,0	16,5	11,6
		Desvio Padrão Res. Tração [ruptura] (MPa)	2,5	1,9	2,0	5,0	6,1	5,1	0,8	1,7
1		$t_{\text{calculado}}$		1,8	1,7	1,8		12,1	12,3	16,5
		diferença significativa?		N	N	N		S	S	S
2		$t_{\text{calculado}}$			-0,9	0,7			4,1	6,7
		diferença significativa?			N	N			S	S
3		$t_{\text{calculado}}$				1,2				5,6
		diferença significativa?				N				S
80PC20PMMA		Resistência Tração Média [ruptura] (MPa)	49,6	48,8	48,1	46,5	44,3	51,5	22,1	16,5
		Desvio Padrão Res. Tração [ruptura] (MPa)	0,5	0,4	0,9	1,7	9,2	7,1	3,1	3,8
	1	$t_{\text{calculado}}$		3,3	2,6	4,5		-4,4	5,9	5,9
		diferença significativa?		S	S	S		S	S	S
	2	$t_{\text{calculado}}$			1,7	2,8			9,5	9,2
		diferença significativa?			N	S			S	S
	3	$t_{\text{calculado}}$				1,9				2,2
		diferença significativa?				N				S

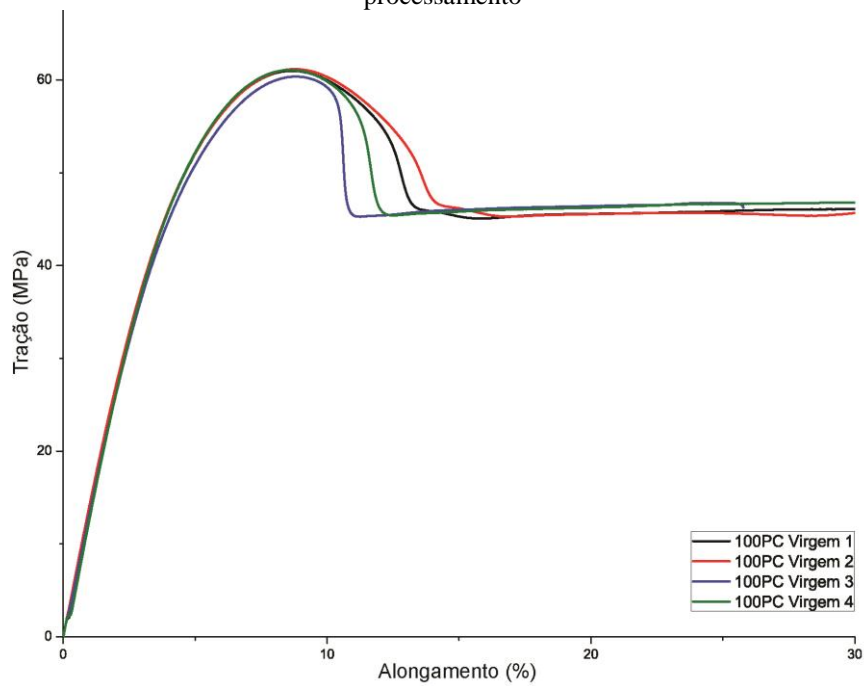
Tabela 3 (cont.) – Análise estatística (teste-t) para os dados obtidos nos ensaios de tração

		$t_{\text{tabelado}} = 2,1$								
		Virgem				Óculos				
Ciclo		1	2	3	4	1	2	3	4	
70PC30PMMA	Resistência Tração Média [ruptura] (MPa)	49,1	43,7	48,1	47,0	53,3	46,5	40,3	28,7	
	Desvio Padrão Res. Tração [ruptura] (MPa)	6,5	6,5	2,0	1,8	5,7	0,3	3,9	7,5	
	1	$t_{\text{calculado}}$		1,2	0,3	0,8		2,7	3,7	10,9
		diferença significativa?		<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>		<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
	2	$t_{\text{calculado}}$			-1,8	-1,1			3,5	5,3
		diferença significativa?			<i>N</i>	<i>N</i>			<i>S</i>	<i>S</i>
	3	$t_{\text{calculado}}$				0,8				2,4
		diferença significativa?				<i>N</i>				<i>S</i>
	Ciclo		1	2	3	4	1	2	3	4
	100PMMA	Resistência Tração Média [ruptura] (MPa)	55,6	62,0	60,9	54,0	57,3	62,1	61,5	59,5
Desvio Padrão Res. Tração [ruptura] (MPa)		6,8	1,7	2,6	2,5	6,4	1,7	4,8	6,4	
1		$t_{\text{calculado}}$		-2,0	-1,7	0,5		-1,4	-2,1	-1,2
		diferença significativa?		<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>		<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>
2		$t_{\text{calculado}}$			0,6	4,9			0,3	0,8
		diferença significativa?			<i>N</i>	<i>S</i>			<i>N</i>	<i>N</i>
3		$t_{\text{calculado}}$				5,6				1,0
		diferença significativa?				<i>S</i>				<i>N</i>

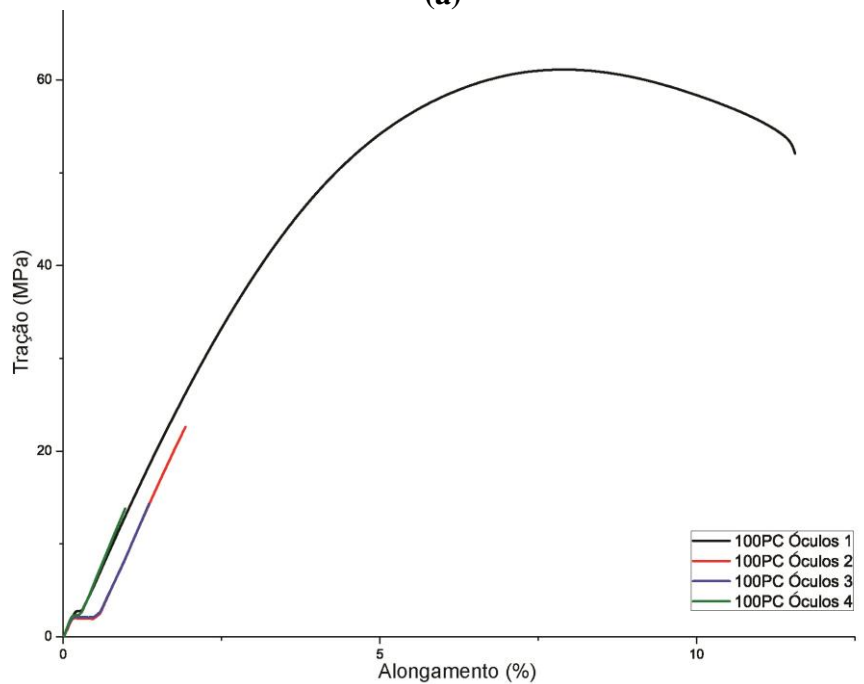
No entanto, além da verificação da resistência de tração na ruptura, é importante conhecer o comportamento dos materiais a partir de curvas tensão x deformação. As curvas apresentadas a seguir são provenientes de apenas uma das cinco amostras testadas em cada composição, de cada ciclo de cada origem (virgem ou óculos), tendo sido selecionada por demonstrar um valor de resistência à tração na ruptura próximo da média.

A Figura 39 (a) demonstra comportamento dúctil sem patamar de escoamento para todos os ciclos do PC puro virgem, bem como para o primeiro ciclo de processamento do PC dos óculos (Figura 39 [b]). Para o PC virgem, há, do primeiro para o segundo ciclo, um aumento do alongamento na ruptura, mas uma redução nos ciclos subsequentes. No caso do PC dos óculos, a partir do segundo ciclo, o material teve comportamento frágil, com alongamento cerca de dez vezes menor quando comparado ao virgem.

Figura 39 – Curvas tensão x deformação para o PC virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento



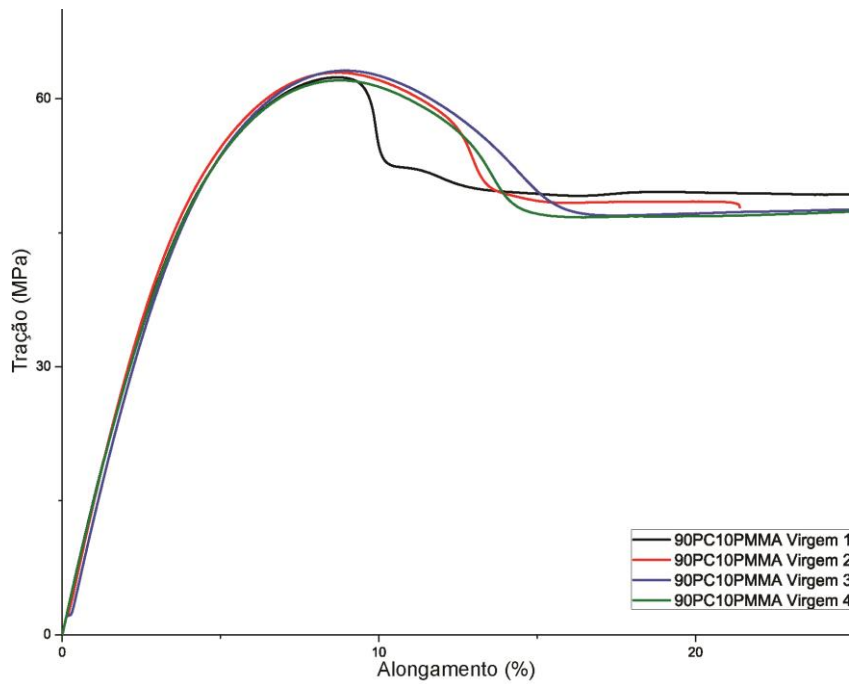
(a)



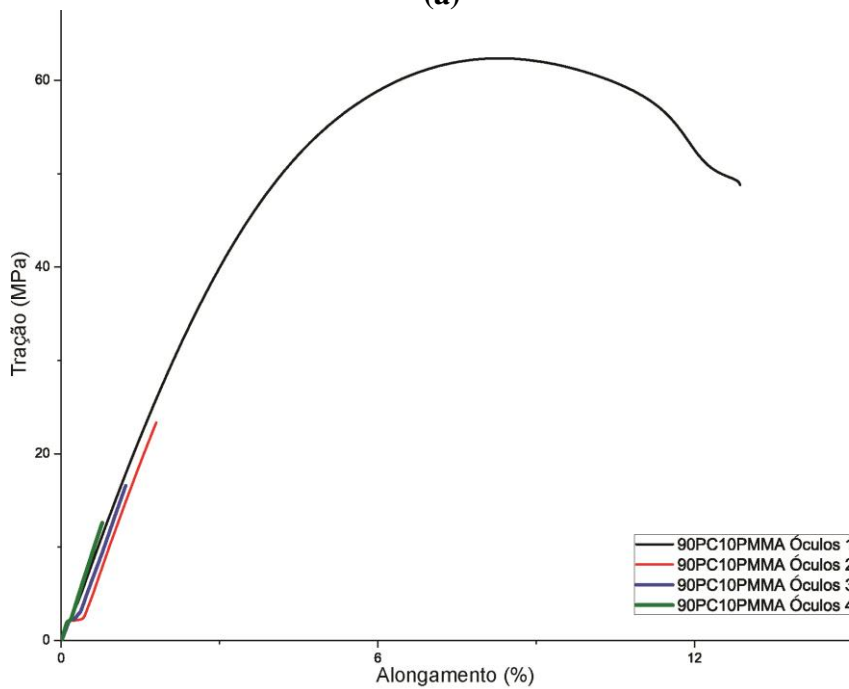
(b)

Percebem-se comportamentos semelhantes ao do PC puro para as blendas 90PC10PMMA, 80PC20PMMA e 70PC30PMMA (respectivamente, Figuras 40-42 [a e b]). As exceções foram o segundo ciclo das blendas 80PC20PMMA e 70PC30PMMA virgens, que não apresentaram alongamento na ruptura, e da blenda 70PC30PMMA dos óculos, que exibiu comportamento dúctil.

Figura 40 – Curvas tensão x deformação para a blenda 90PC10PMMA virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento

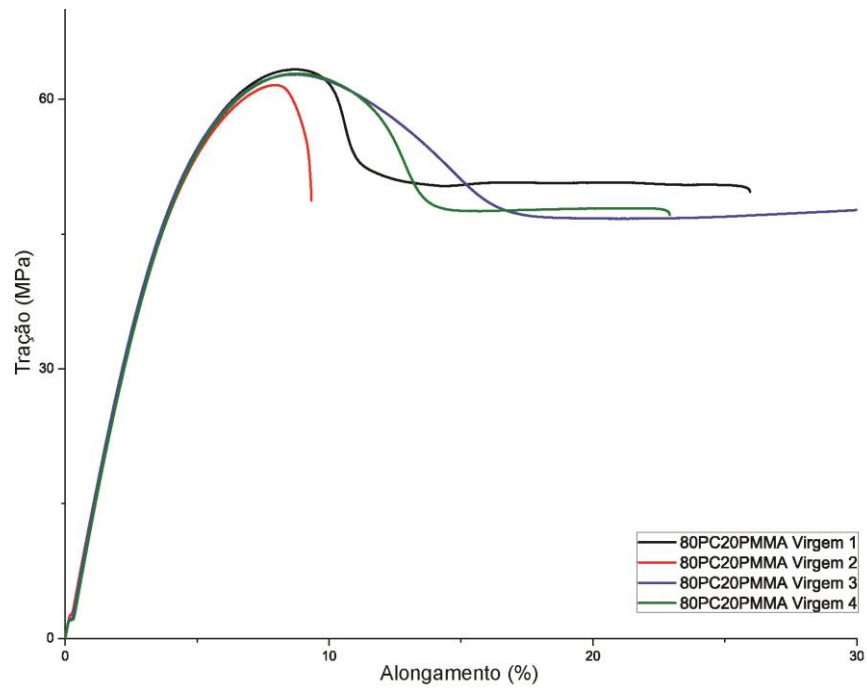


(a)

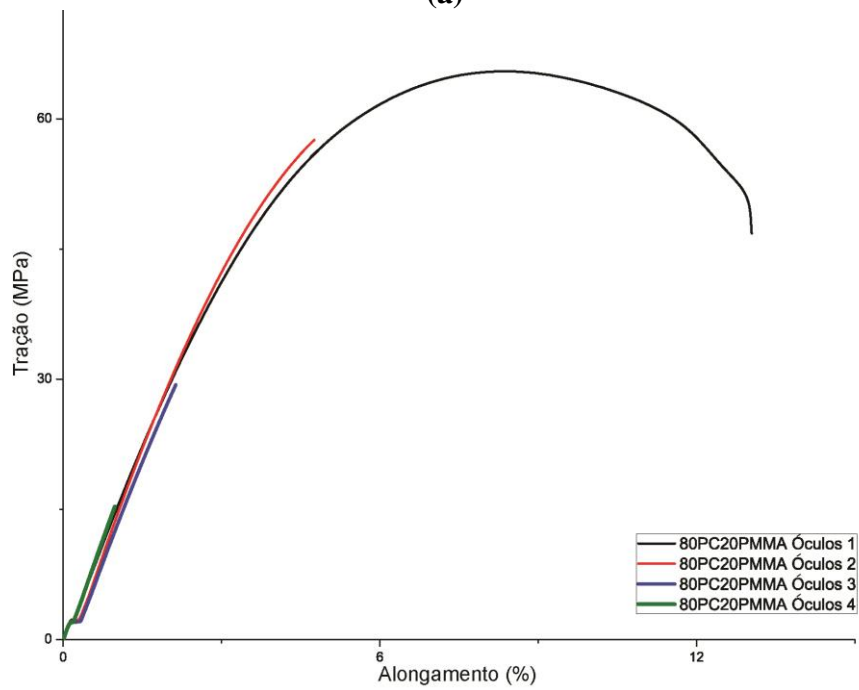


(b)

Figura 41 – Curvas tensão x deformação para a blenda 80PC20PMMA virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento

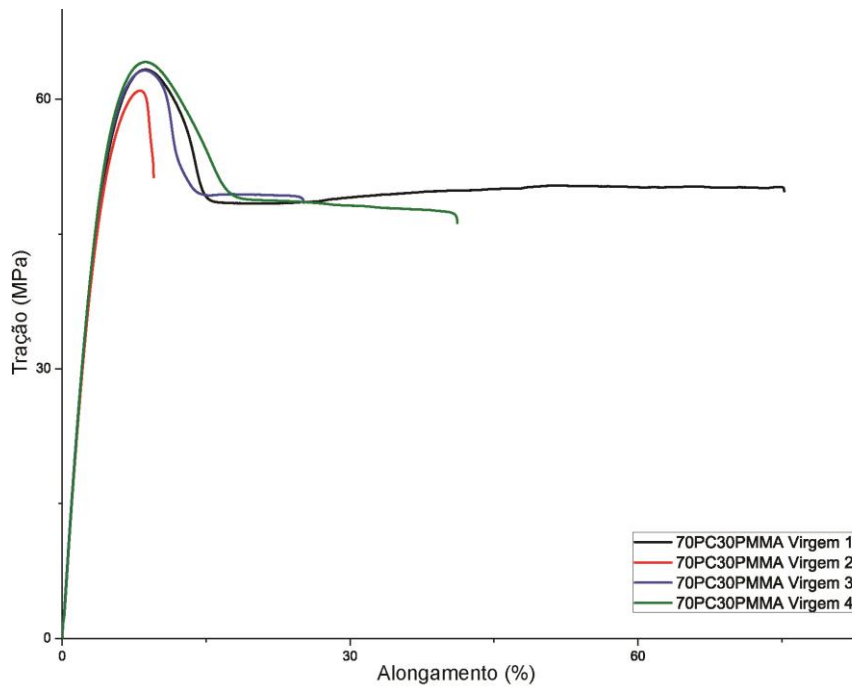


(a)

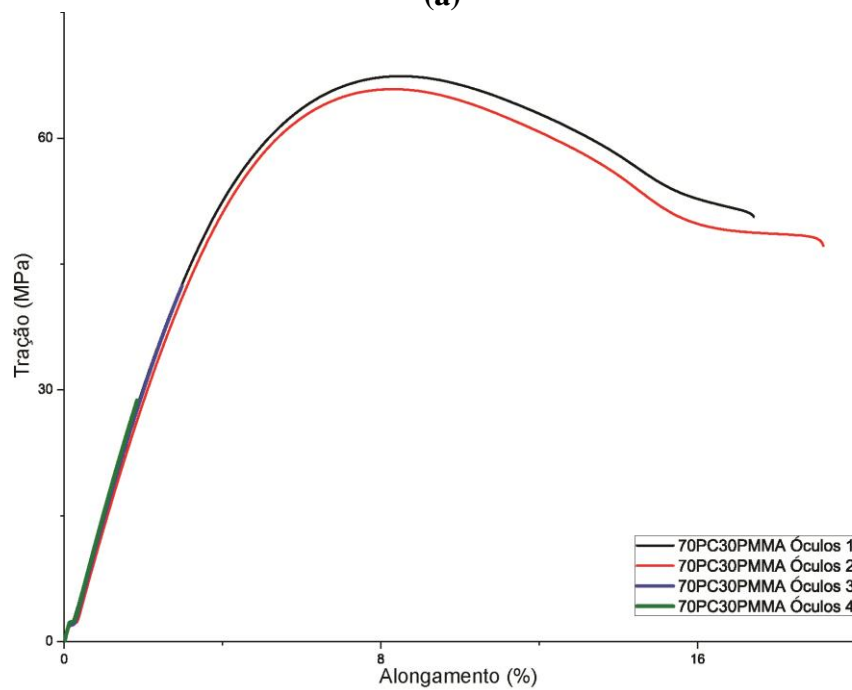


(b)

Figura 42 – Curvas tensão x deformação para a blenda 70PC30PMMA virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento



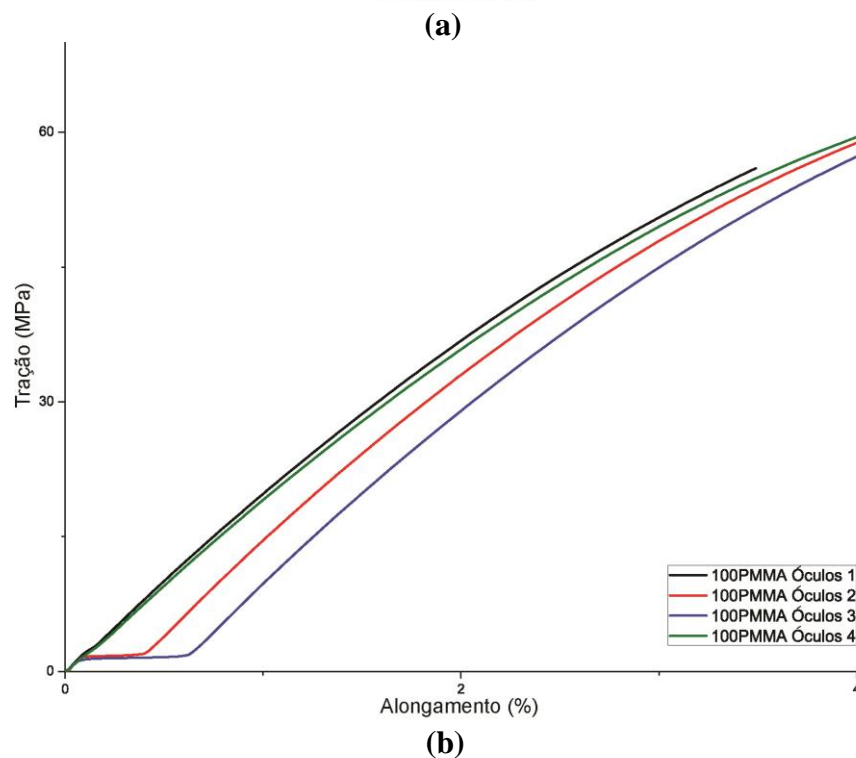
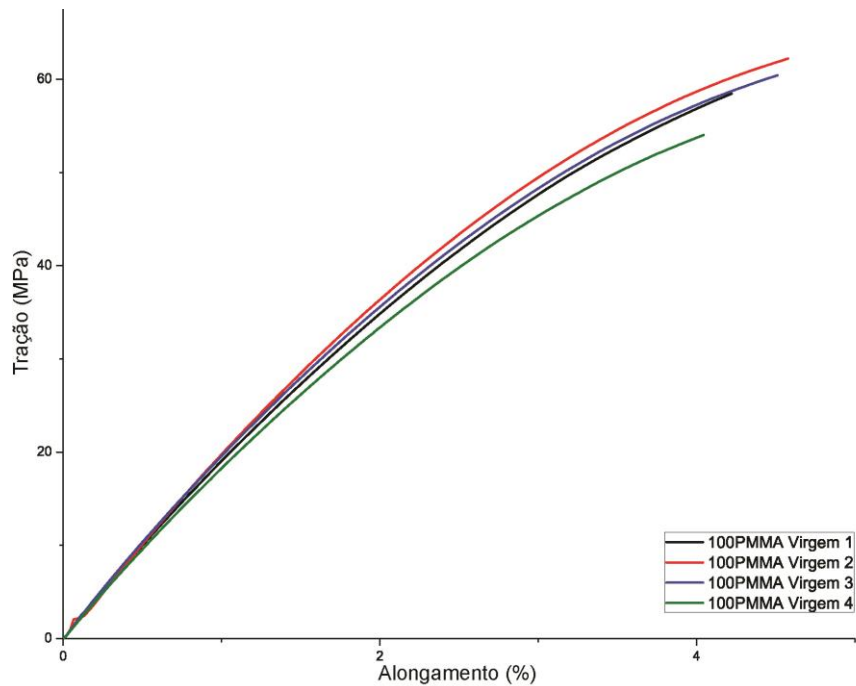
(a)



(b)

O PMMA virgem e o dos óculos, conforme a Figura 43 (a e b, respectivamente), em todos os ciclos, apresentou comportamento frágil e não-linear com alongamento semelhante em ambos os casos. No PMMA dos óculos, além disso, ocorreu um pequeno patamar de alongamento sob tração constante no início dos ensaios do segundo e terceiro ciclos.

Figura 43 – Curvas tensão x deformação para o PMMA virgem (a) e dos óculos (b) nos sucessivos ciclos de processamento



5.5.4 Ensaio de impacto

Os dados relacionados aos ensaios de impacto também foram tratados estatisticamente, obtendo-se valores médios, de desvio padrão e da expressividade da diferença de valores de resistência entre os ciclos de processamento. Sob os mesmos parâmetros dos ensaios de tração e com a mesma finalidade, foi empregado o teste-t de Student para médias com duas populações pareadas (dependentes).

A partir da Tabela 4, é perceptível a prevista redução da resistência ao impacto com sucessivos ciclos de processamento, tendo sido mais acentuada para os materiais virgens, especialmente do primeiro para o segundo ciclos, o que também foi observado nos materiais dos óculos. Ademais, essas diferenças entre os materiais virgem e dos óculos e no decorrer dos ciclos foram atenuadas com o aumento da carga de PMMA na mistura.

Tabela 4 – Análise estatística (teste-t) para os dados obtidos nos ensaios de impacto

		$t_{\text{tabelado}} = 2,1$								
		Virgem				Óculos				
Ciclo		1	2	3	4	1	2	3	4	
Resistência Impacto Média (J/m)		9,09	7,91	6,63	6,86	3,63	1,85	1,38	0,98	
Desvio Padrão Res. Impacto (J/m)		1,38	0,67	0,40	0,49	1,16	1,05	0,17	0,02	
100PC	1	$t_{\text{calculado}}$	-2,15	-4,71	-3,55		-2,67	-4,26	-5,08	
		diferença significativa?	N	S	S		S	S	S	
	2	$t_{\text{calculado}}$			-3,26	-5,32			-0,90	-1,87
		diferença significativa?			S	S			N	N
	3	$t_{\text{calculado}}$				0,68				-4,96
		diferença significativa?				N				S
Ciclo		1	2	3	4	1	2	3	4	
Resistência Impacto Média (J/m)		0,39	0,39	0,36	0,62	3,17	1,75	1,00	-	
Desvio Padrão Res. Impacto (J/m)		0,78	0,78	0,66	1,90	1,20	0,25	0,06	-	
90PC10PMMA	1	$t_{\text{calculado}}$	-3,59	-2,13	-3,18		-2,73	-3,93		
		diferença significativa?	S	S	S		S	S		
	2	$t_{\text{calculado}}$			-0,12	-1,13			-6,89	
		diferença significativa?			N	N			S	
	3	$t_{\text{calculado}}$				-0,95				
		diferença significativa?				N				

Tabela 4 (cont.) – Análise estatística (teste-t) para os dados obtidos nos ensaios de impacto

		$t_{\text{tabelado}} = 2,1$								
		Virgem				Óculos				
Ciclo		1	2	3	4	1	2	3	4	
80PC20PMMA	Resistência Impacto Média (J/m)	4,42	3,29	2,27	2,43	32,1	18,1	15,0	12,94	
	Desvio Padrão Res. Impacto (J/m)	0,51	0,38	0,07	0,30	6	0	0	0,38	
	1	$t_{\text{calculado}}$		-8,07	-9,89	-5,50		3,20	5,34	6,84
		diferença significativa?		S	S	S		S	S	S
	2	$t_{\text{calculado}}$			-6,76	-2,94			0,77	1,63
		diferença significativa?			S	S			N	N
	3	$t_{\text{calculado}}$				1,07				1,45
		diferença significativa?				N				N
	70PC30PMMA	Resistência Impacto Média (J/m)	2,84	2,17	2,17	2,04	2,60	2,12	1,85	0,96
		Desvio Padrão Res. Impacto (J/m)	0,67	0,09	0,07	0,33	0,30	0,43	0,14	0,11
1		$t_{\text{calculado}}$		-2,16	-2,26	-4,06		-1,92	-4,11	-9,67
		diferença significativa?		S	S	S		N	S	S
2		$t_{\text{calculado}}$			0,16	-0,77			-1,72	-7,42
		diferença significativa?			N	N			N	S
3		$t_{\text{calculado}}$				-0,98				-
		diferença significativa?				N				S
100PMMA		Resistência Impacto Média (J/m)	1,25	1,21	1,10	1,18	1,71	1,64	1,63	1,67
		Desvio Padrão Res. Impacto (J/m)	0,10	0,03	0,10	0,11	0,02	0,03	0,05	0,11
	1	$t_{\text{calculado}}$		-1,12	-1,86	-1,41		-4,01	-3,00	-1,10
		diferença significativa?		N	N	N		S	S	N
	2	$t_{\text{calculado}}$			-2,04	-0,67			-0,08	0,66
		diferença significativa?			N	N			N	N
	3	$t_{\text{calculado}}$				1,16				0,55
		diferença significativa?				N				N

Nas Figuras 44 e 45 são apresentados os dados de resistência ao impacto. É possível perceber as quedas mais acentuadas entre o primeiro e o segundo ciclos de processamento, além de significativa redução da resistência do PC puro virgem em relação às demais composições, de forma que os resultados concentraram-se principalmente abaixo de 2,5kJ/m². Ademais, os resultados para os materiais dos óculos concentraram-se, em geral, entre os obtidos para o PMMA puro e as demais composições de material virgem.

Figura 44 – Resistência ao impacto no decorrer dos ciclos de processamentos do PC, do PMMA e de suas blendas virgens e dos óculos comparada a outros materiais

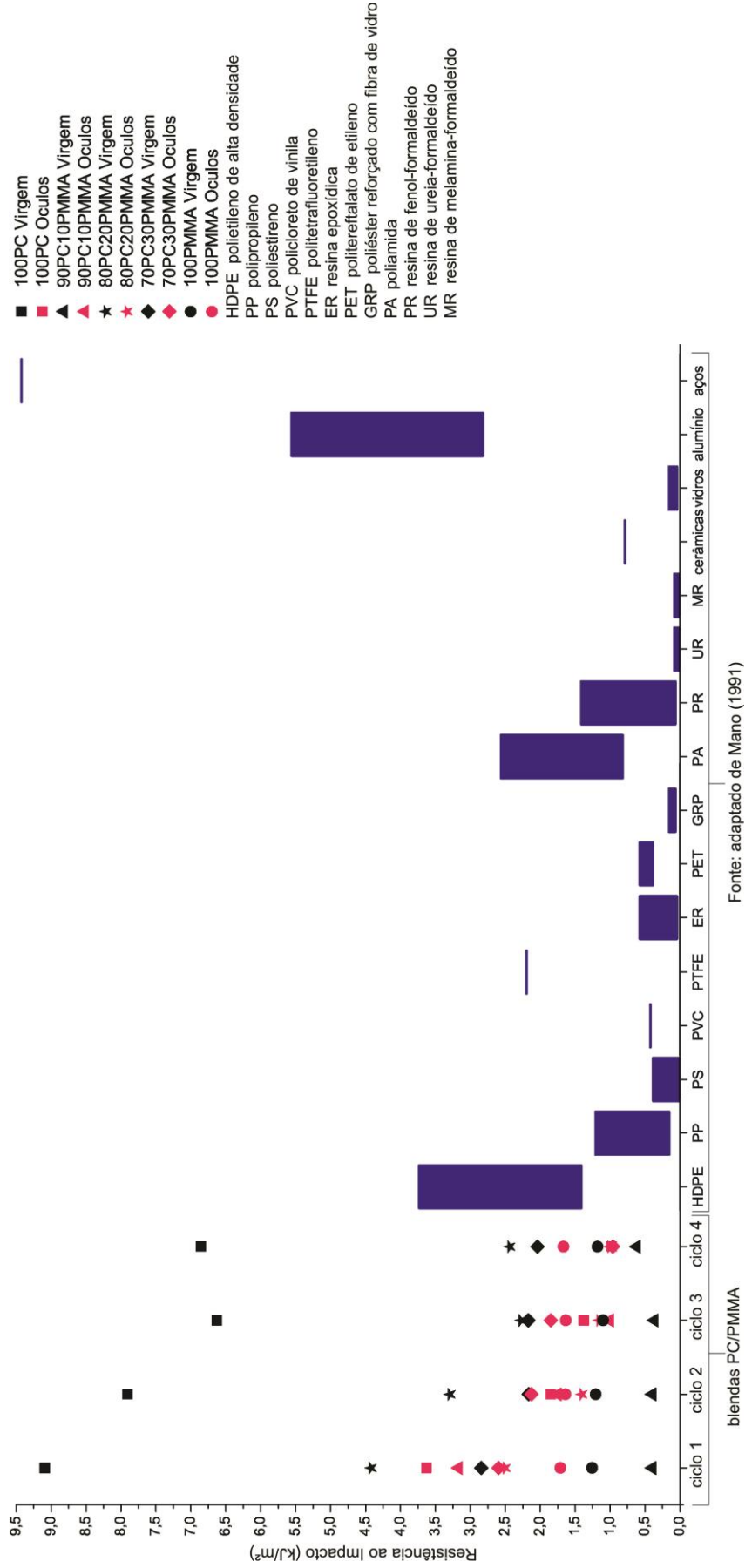
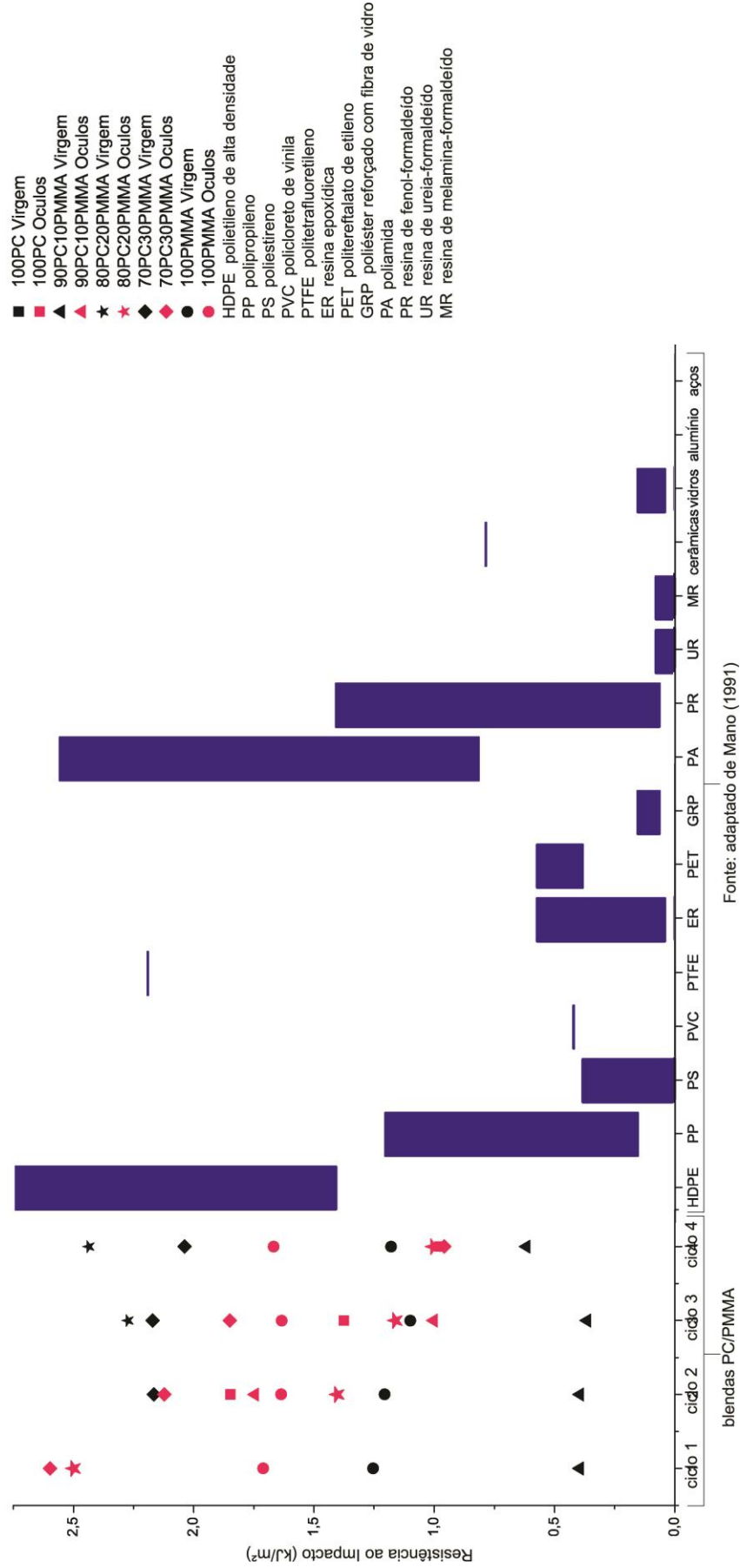


Figura 45 – Resistência ao impacto no decorrer dos ciclos de processamentos do PC, do PMMA e de suas blends virgens e dos óculos comparada a outros materiais (detalhe da Figura44, com resultados concentrados abaixo de 2,5kJ/m²)



blendas PC/PMMA

5.5.5 Análise visual

Na ausência de corantes e de impurezas, tanto o PC quanto o PMMA são transparentes na faixa de comprimentos de onda do visível. No entanto, quando misturados, tem aspecto branco perolado.

Na Figura 46 são apresentadas fotografias de fragmentos dos corpos de prova injetados sobre fundo branco. O material virgem estava isento de corantes, mas a coloração acinzentada do material dos óculos se deve à presença de corantes de nuances variadas (os óculos eram de diversas cores). É possível notar em maior ou menor grau o amarelamento associado à degradação térmica ocorrida ao longo dos ciclos de processamento, sendo menos acentuado com maiores cargas de PMMA, no caso do virgem. No caso dos óculos, optou-se por uma única coluna de imagens, já que a coloração escura encobriu boa parte das diferenças na coloração.

Figura 46 – Fotografias de aspecto das superfícies de fragmentos dos corpos de prova injetados

Ciclo	Virgem					Óculos
	100PC	90PC 10PMMA	80PC 20PMMA	70PC 30PMMA	100PMMA	
1						
2						
3						
4						

Tendo em vista que nos centros de triagem brasileiros não há disponibilidade de equipamentos específicos para a identificação de polímeros, foi elaborado o APÊNDICE B, que relaciona algumas técnicas comuns, já adotadas nesses locais, adaptadas às blendas PC/PMMA.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho está focado nos estudos relacionados ao Ecodesign, especificamente ao Design para Reciclagem, de óculos. Como retorno para a sociedade, o trabalho propõe subsídios técnicos que podem propiciar soluções, viáveis econômica, social e ambientalmente, para um encaminhamento adequado desses resíduos provenientes de apreensão.

Como alternativa para reciclagem de materiais, foi sugerida a produção de blendas com os polímeros constituintes dos óculos, PC e PMMA. Na primeira fase, amostras de corpos de prova injetados com composições de 10% de intervalo mássico foram analisadas via DSC quanto a sua miscibilidade. As que foram então consideradas total ou parcialmente miscíveis (90PC10PMMA, 80PC20PMMA e 70PC30PMMA) e os polímeros puros, tanto de material virgem quanto provenientes dos óculos, seguiram para a fase de caracterização. Essa fase envolveu análises de FTIR, TGA, ensaios de tração e de impacto, inspeção visual e testes de chama e de solubilidade. Os dados obtidos foram, então, comparados para o decorrer dos quatro ciclos de processamento, entre as diferentes composições e para o material virgem e dos óculos.

As análises de FTIR apontaram certo grau de homogeneidade da distribuição de fases para as blendas miscíveis. Além disso, houve alguns indícios de degradação termo-oxidativa, de cisão de cadeias ou de redução da propriedade anti-chama, tanto para as composições de material virgem quanto para as de óculos. A composição que apresentou menor alteração de espectro ao longo dos quatro ciclos foi 100PMMA virgem.

Nas análises termogravimétricas as diferenças entre as temperaturas associadas às perdas mássicas selecionadas para o primeiro e o quarto ciclos e para o material virgem e dos óculos tenderam a diminuir. A redução ocorreu com o aumento da carga de PMMA e com o decorrer dos ciclos de processamento. Além disso, a degradação térmica dos materiais iniciou-se acima da temperatura máxima de injeção a que foram submetidos os materiais (290°C) em todos os ciclos. A blenda 80PC20PMMA dos óculos foi a que apresentou menor variação, entre os ciclos, das temperaturas associadas às perdas mássicas selecionadas.

Nos ensaios de tração ocorreu redução mais pronunciada da resistência na ruptura com sucessivos ciclos de processamento para os materiais dos óculos do que para os virgens, sobretudo até o terceiro ciclo. Além disso, as diferenças entre o material virgem e dos óculos abrandaram com o aumento da carga de PMMA na mistura. Os materiais virgens com algum conteúdo de PC tiveram comportamento dúctil, enquanto o PMMA puro, frágil. Também

tiveram comportamento de tendência frágil todas as composições dos materiais dos óculos, principalmente após o segundo ciclo.

Nos ensaios de impacto, a redução da resistência ao longo dos ciclos mostrou-se mais acentuada para os materiais virgens, especialmente do primeiro para o segundo ciclos. Essa diminuição pronunciada entre os dois primeiros ciclos também foi observada nos materiais dos óculos. Além do mais, essas diferenças entre os materiais virgem e dos óculos e no decorrer dos ciclos foram atenuadas com o aumento da quantidade de PMMA na composição.

Considerando somente a resistência mecânica de forma a reunir as informações dos ensaios de tração e impacto, a blenda que apresentou a melhor combinação foi 80PC20PMMA dos óculos no segundo ciclo de processamento, e a pior, 90PC10PMMA dos óculos no quarto ciclo de processamento.

Assim, o objetivo foi analisar tendências no comportamento dos materiais reciclados, tendo em vista o Design para o Meio Ambiente, cabendo a opção por um ou outro diante dos requisitos específicos do produto a ser projetado. Há produtos em que a resistência à tração ou ao impacto não são tão relevantes quanto a aparência, como, por exemplo, alguns modelos de bijuteria nos quais as blendas PC/PMMA podem encontrar aplicação. É possível, como já existem no mercado (mas de PMMA somente), a produção de bijuterias por gravação e corte a laser, aproveitando a aparência perolada dos materiais virgens ou a coloração resultante da mistura dos óculos multicoloridos.

Durante a pesquisa foram evidenciadas as dificuldades decorrentes da necessidade de desmontagem dos óculos e da segregação dos seus materiais. Esse fato corrobora a importância do estudo das blendas e de suas propriedades diante da possibilidade de reciclagem em sucessivos ciclos de processamento. Isso poderá evitar que esses materiais acabem misturados com outros resíduos, contaminando-os ou mesmo tornando inviável a sua reciclagem. Ademais, a orientação a respeito do seu encaminhamento e do seu processamento poderá beneficiar centros de triagem, pois, conforme a legislação, o material doado pela Receita Federal deve gerar um retorno social.

Como sugestões tendo em vista futuras pesquisas, são listadas:

- analisar as propriedades das blendas nas composições miscíveis, agregando determinadas quantidades de polímeros virgens às misturas ao longo de sucessivos ciclos de processamento;
- analisar as propriedades das blendas nas composições miscíveis, adicionando determinadas quantidades de compatibilizante (que pode ser um dos polímeros virgens

ou um copolímero de um deles), de forma a melhorar a adesão interfacial do PC e do PMMA e, então, as propriedades mecânicas das blendas; e

- produção de peças, por moldagem e/ou por corte a laser, em outros formatos, associada a novos ensaios mecânicos, conduzindo, assim, estudos diretamente aplicados ao desenvolvimento de produtos com essas blendas.

REFERÊNCIAS

- ABIÓPTICA. EXPO Abióptica 2011 levanta bandeira contra pirataria no setor. **Presstexto Comunicação**, São Paulo, p. 3-4. 12 ago. 2012.
- ACTIVAS (Distribuição de Resinas Termoplásticas), **Acrigel® ECL 100**. 2011. Disponível em: <http://www.activas.com.br>. Acesso em: 04 jan. 2013.
- BALART, Rafael et al. Recycling of poly(ethylene terephthalate)/polycarbonate blends. **Polymer Degradation And Stability**, p. 250-255, nov. 2005.
- BANK, M.; LEFFINGWELL, J. & THIES, C. The Influence of Solvent upon the Compatibility of Polystyrene and Poly(vinyl methyl ether). **Macromolecules**, v. 4, n. 1, p. 43-46, 1971.
- BILLMEYER JR., Fred W. **Textbook of polymer science**. 3. ed. New York: John Willey & Sons, 1984. 578 p.
- BONZANINI, R. et al. Spectroscopic properties of polycarbonate and poly(methylmethacrylate) blends doped with europium (III) acetylacetonate. **Journal of Luminescence**, p. 61-67. 50, 2006.
- BOTSMAN, Rachel & ROGERS, Roo. **O que é meu é seu: como o consumo colaborativo vai mudar o nosso mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2011. 241 p.
- BRANDRUP, J. et al. **Recycling and recovery of plastics**. Munique: Hanser, 1996. 893 p.
- BRASIL. Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Política nacional de resíduos sólidos**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 12 ago. 2012.
- BRAUN, D. **Simple methods for identification of plastics**. 4. Ed. Cincinnati: Hanser, 1999. 137p.
- BRAUNGART, Michael & MCDONOUGH, William. **Cradle to cradle: re-making the way we make things**. London: Vintage, 2009. 192 p.
- BROGNOLI, Ronei. **Desenvolvimento da qualidade na reciclagem de plásticos**. Esteio: Senai-RS, 2006. 23 p.
- CÂNDIDO, Luis Henrique Alves. **Estudo do ciclo de reciclagem de materiais em blends acrilonitrila-butadieno-estireno/polycarbonato**. 2011. 129 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- CANEVAROLO JR., Sebastião. **Técnicas de caracterização de polímeros**. Artliber, São Paulo, 2003. 448p.

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012. 264 p.

CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA. **Teste IZOD**. [20--]. Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

DERRICK, Gabrielle. The world's favorite shades turn 40. **The Monday Age**, Melbourne, 2 out. 1993.

DEVINE LIGHTING. **Applications and limits of polycarbonate and acrylic lenses**: polycarbonate and acrylic plastics have achieved very wide usage in the design and manufacture of luminaire lenses. Disponível em: <<http://www.hubbellonline.com/>>. Acesso em: 07 jun. 2013.

DWIVEDI, Y. et al. Preparation and characterization of Tb^{3+} and $Tb(sal)_3 \cdot nH_2O$ doped PC:PMMA blend. **Journal of Luminescence**, p. 2451-2456, dez. 2011.

DRZEWINSKI, Michael A. **Polycarbonate-polymethyl methacrylate blends**. EP0573109A2, 28 maio 1993. 08 dez. 1993.

FOLKES, M.J. & HOPE, P.S. (Ed.). **Polymer blends and alloys**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1993. 262 p.

FRAÏSSE, F. et al. Recycling of ABS and PC from electrical and electronic waste: effect of miscibility and previous degradation on final performance of industrial blends. **European Polymer Journal**, p. 2150-2160, 30 set. 2005.

GONÇALVES, Igor. **Materiais e tipos de armações**. 2007. Disponível em: <<http://www.suaoptica.com.br/>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

GREEN STUDENT U (Bruxelas). **Plastic**. [200-] Disponível em: <<http://www.greenstudentu.com>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

GREENPEACE. **The trash vortex**. 2009. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

HIRSHLAG, Jennifer. Ray-Ban tunes in to a new generation. **Women's Wear Daily**, New York, 13 nov. 2006.

HOANG, Wen-sheng. **Study of PC/PMMA blends for injection molding of optical elements in LED illumination**. 2012. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Department Of Mechanical Engineering, National Taiwan University Of Science And Technology, Taipei, 2012.

HUXLEY, Aldous (1931). **Admirável mundo novo**. Tradução: Lino Vallandro e Vidal Serrano. São Paulo: Globo, 2009. 397 p. (Globo de Bolso).

ITO, Edson N. et al. Análise do desenvolvimento morfológico da blenda polimérica PBT/ABS durante as etapas de mistura por extrusão e moldagem por injeção. **Polímeros**, São Carlos, v. 14, n. 2, p.83-92, 2004.

- JUNGES, José Roque. **Ética ambiental**. São Leopoldo: Unisinos, 2004. 119 p.
- KOENIG, Jack L.. **Spectroscopy of polymers**. 2. ed. Washington: Acs Professional Reference Book, 1992. 328 p.
- KRAUSE, Sonja. Em **Polymer-Polymer Compatibility in Polymer Blends**; PAUL, D. R.; NEWMAN, S. (eds.), vol. 1. Londres: Academic Press, 1978.
- KRAUSE, Sonja & ROMAN, Nicholas. Glass temperatures of mixtures of compatible polymers. **Journal of Polymer Science**, v. 3, n. 4, p. 1631–1640, 1965.
- LIU, Chang Feng & ITOI, Hideyuki. **A polycarbonate resin composition**. EP0694581A2, 13 jul. 1995, 31 jan. 1996.
- LIU, Shumei *et al.* Study on flame-retardant mechanism of polycarbonate containing sulfonate-silsesquioxane-fluoro retardants by TGA and FTIR. **Polymer Degradation and Stability**, Guangzhou, p. 1808-1814. ago. 2006.
- MADI, N.K. Thermal and Mechanical Properties of Injection Molded Recycled High Density Polyethylene Blends With virgin Isotactic Polypropylene. **Materials & Design**, 30 out. 2012.
- MANO, Eloisa Biasotto. **Polímeros como materiais de engenharia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1991. 197 p.
- MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Identificação de plásticos, borrachas e afins**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 224p.
- MANRICH, Silvio. **Processamento de termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes**. São Paulo: Artliber, 2005. 431 p.
- MANSON, L. H.; SPERLING, J. A.. **Spectroscopy of polymers**. Plenum Press, 1976. 513 p.
- MANZINI, Ezio & VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Edusp, 2002. 366 p.
- MATERIALS GROUP (The), **Infino® SC-1220UR**. 2012. Disponível em: <http://www.thematerialsgroup.com/>. Acesso em: 04 jan. 2013.
- MEGGYESY, André. **O atendente de ótica oftálmica**. São Paulo: CERT, 1985.
- PLASTICS EUROPE. **First estimates suggest around 4% increase in plastics global production from 2010**. Bruxelas. Disponível em: <http://www.plasticseurope.org>. Acesso em: 22 nov. 2012.
- QUENTAL, Antonio Carlos. **Blendas de PHB e seus copolímeros: miscibilidade e compatibilidade**. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 2, p.438-446, 2003.
- ROBESON, Lloyd M. **Polymer blends: a comprehensive review**. Munique: Hanser Verlag, 2007. 459 p.

ROSA, André Henrique; FRACETO, Leonardo Fernandes; MOSCHINI-CARLOS, Viviane (Org.). **Meio ambiente e sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012. 412 p.

RTP CO. **Polycarbonate/acrylic alloy (PC/PMMA)**. Winona, 2011. Disponível em: <<http://www.rtpcompany.com>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

SANT'ANNA, José Paulo. Óculos: sucedâneo do vidro nas lentes, o plástico agora avança a olhos vistos nas armações. **Revista Plástico Moderno**, São Paulo, n. 400, 2008.

SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva & PAOLI, Marco Aurelio de. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.

RECEITA FEDERAL DO BRASIL. Portaria RFB nº 3010, de 29 de junho de 2011. Estabelece critérios e condições para destinação de mercadorias abandonadas, entregues à Fazenda Nacional ou objeto de pena de perdimento; altera a Portaria RFB nº 2.206, de 11 de novembro de 2010, que regulamenta o leilão, na forma eletrônica, para venda para pessoas jurídicas de mercadorias apreendidas ou abandonadas; e dá outras providências. **RFB nº 3010/2011**. Brasília, 2002.

SINGH, A.K. et al. Specific interactions in partially miscible polycarbonate (PC)/poly (methyl methacrylate) (PMMA) blends. **Chemical Physics Letters**, p. 32-36, 5 fev. 2010.

STEGEMAN, Raymond F. E. **Front for spectacle frames**. USD169995, 22 jul. 1952, 07 jul. 1953.

VIDALES, Lúcia Torres. **Design para reciclagem: importância a partir da análise de óculos de sol**. 2011. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011(Orientador: Nilo Sérgio Medeiros Cardozo; Co-orientador: Assis Francisco de Castilhos).

WEI, Min & TONELLI, Alan E. Compatibilization of polymers via coalescence from their common cyclodextrin inclusion compounds. **Macromolecules**, Washington, p. 4061-4065, 2001.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. 1987. 247 p. Disponível em: <<http://conspect.nl/>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

ZANIN, Maria & MANCINI, Sandro Donnini. **Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia**. São Paulo: EdUFSCar, 2009. 143 p.

APÊNDICE B – INSPEÇÃO VISUAL E TESTES DE SOLUBILIDADE E DE CHAMA

A partir da análise visual e dos testes de chama e de solubilidade, foi possível organizar a Tabela B1, a fim de prover referência no caso de não haver disponibilidade de aparatos tecnológicos para a identificação de materiais poliméricos (como é o caso dos centros de triagem), especialmente blendas PC/PMMA. Com as devidas reservas à imprecisão e à subjetividade inerentes a essas técnicas, dentre as blendas, é possível no máximo a distinção entre a 90PC10PMMA e as demais.

Tabela B 1 – Dados do teste de chama, da inspeção visual e do teste de solubilidade

Composição	Odor e cor da fumaça após a remoção da chama ou quando esta se extingue	Cor e comportamento da chama	Aparência visual do material, considerando a ausência de corantes	Solubilidade			
				1	2	3	4
100PC	odor forte, característico do fenol; branca	amarela; extingue-se ao remover a fonte	transparente	I	INT	INT	INT
90PC10PMMA	predominância do odor próprio do PMMA (resina de dentista); branca	amarela; crepitante e se extingue ao remover a fonte	perolado	INT	INT	S	INT
80PC20PMMA	predominância do odor próprio do PMMA (resina de dentista); branca	amarela com núcleo azul; crepitante e permanece após a remoção da fonte	perolado	INT	INT	S	INT
70PC30PMMA	predominância do odor próprio do PMMA (resina de dentista);branca	amarela com núcleo azul; crepitante e permanece após a remoção da fonte	perolado	INT	INT	S	INT
100PMMA	resina de dentista; branca	amarela com base azul; permanece após a remoção da fonte	transparente	S	I	S	I

Legenda: (1) benzeno, (2) éter etílico, (3) acetona, (4) acetato de etila
(int.) intumescível, (i) insolúvel, (s) solúvel

ANEXO A – LEI N° 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010

Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos;
altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998;
e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

TÍTULO I**DISPOSIÇÕES GERAIS****CAPÍTULO I****DO OBJETO E DO CAMPO DE APLICAÇÃO**

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

§ 1º Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos.

§ 2º Esta Lei não se aplica aos rejeitos radioativos, que são regulados por legislação específica.

Art. 2º Aplicam-se aos resíduos sólidos, além do disposto nesta Lei, nas Leis nos 11.445, de 5 de janeiro de 2007, 9.974, de 6 de junho de 2000, e 9.966, de 28 de abril de 2000, as normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa) e do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

CAPÍTULO II

DEFINIÇÕES

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

I - acordo setorial: ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto;

II - área contaminada: local onde há contaminação causada pela disposição, regular ou irregular, de quaisquer substâncias ou resíduos;

III - área órfã contaminada: área contaminada cujos responsáveis pela disposição não sejam identificáveis ou individualizáveis;

IV - ciclo de vida do produto: série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final;

V - coleta seletiva: coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição;

VI - controle social: conjunto de mecanismos e procedimentos que garantam à sociedade informações e participação nos processos de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos;

VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII- disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

IX- geradores de resíduos sólidos: pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo;

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a consideraras dimensões política,econômica, ambiental,cultural e social,com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;

XII - logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizara coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

XIII - padrões sustentáveis de produção e consumo: produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras;

XIV - reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade,a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder,nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

XVII - responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados,bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei;

XVIII- reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama, se couber, do SNVS e do Suasa;

XIX- serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades previstas no art. 7º da Lei no 11.445, de 2007.

TÍTULO II

DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

CAPÍTULO I

DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 4º A Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Art. 5º A Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981) e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999, com a Política Federal de Saneamento Básico, regulada pela Lei no 11.445, de 2007, e com a Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005.

CAPÍTULO II

DOS PRINCÍPIOS E OBJETIVOS

Art. 6º São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - a prevenção e a precaução;

II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor;

III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;

IV - o desenvolvimento sustentável;

V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;

VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;

VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;

IX - o respeito às diversidades locais e regionais;

X - o direito da sociedade à informação e ao controle social;

XI - a razoabilidade e a proporcionalidade.

Art. 7º São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;

VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;

X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei no 11.445, de 2007;

XI - prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:

a) produtos reciclados e recicláveis;

b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis;

XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;

XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

CAPÍTULO III

DOS INSTRUMENTOS

Art. 8º São instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, entre outros:

I - os planos de resíduos sólidos;

II - os inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos;

III - a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

IV - o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

V - o monitoramento e a fiscalização ambiental, sanitária e agropecuária;

VI - a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;

VII - a pesquisa científica e tecnológica;

VIII - a educação ambiental;

IX - os incentivos fiscais, financeiros e creditícios;

X - o Fundo Nacional do Meio Ambiente e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;

XI - o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir);

XII - o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (Sinisa);

XIII - os conselhos de meio ambiente e, no que couber, os de saúde;

XIV - os órgãos colegiados municipais destinados ao controle social dos serviços de resíduos sólidos urbanos;

XV - o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos;

XVI - os acordos setoriais;

XVII - no que couber, os instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, entre eles:

a) os padrões de qualidade ambiental;

b) o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;

c) o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

d) a avaliação de impactos ambientais;

e) o Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (Sinima);

f) o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;

XVIII - os termos de compromisso e os termos de ajustamento de conduta;

XIX - o incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados, com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos.

TÍTULO III

DAS DIRETRIZES APLICÁVEIS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS

CAPÍTULO I

DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

§ 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

§ 2º A Política Nacional de Resíduos Sólidos e as Políticas de Resíduos Sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios serão compatíveis com o disposto no caput e no § 1º deste artigo e com as demais diretrizes estabelecidas nesta Lei.

Art. 10. Incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do Sisnama, do SNVS e do Suasa, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos, consoante o estabelecido nesta Lei.

Art. 11. Observadas as diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento, incumbe aos Estados:

I - promover a integração da organização, do planejamento e da execução das funções públicas de interesse comum relacionadas à gestão dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, nos termos da lei complementar estadual prevista no § 3o do art. 25 da Constituição Federal;

II - controlar e fiscalizar as atividades dos geradores sujeitas a licenciamento ambiental pelo órgão estadual do Sisnama.

Parágrafo único. A atuação do Estado na forma do caput deve apoiar e priorizar as iniciativas do Município de soluções consorciadas ou compartilhadas entre 2 (dois) ou mais Municípios.

Art. 12. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios organizarão e manterão, de forma conjunta, o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir), articulado com o Sinisa e o Sinima.

Parágrafo único. Incumbe aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios fornecer ao órgão federal responsável pela coordenação do Sinir todas as informações necessárias sobre os resíduos sob sua esfera de competência, na forma e na periodicidade estabelecidas em regulamento.

Art. 13. Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação:

I - quanto à origem:

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas "a" e "b";

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas "b", "e", "g", "h" e "j";

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea "c";

- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - quanto à periculosidade:

- a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
- b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea "a".

Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, os resíduos referidos na alínea "d" do inciso I do caput, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

CAPÍTULO II

DOS PLANOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Seção I

Disposições Gerais

Art. 14. São planos de resíduos sólidos:

- I - o Plano Nacional de Resíduos Sólidos;
- II - os planos estaduais de resíduos sólidos;
- III - os planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas;

IV - os planos intermunicipais de resíduos sólidos;

V - os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos;

VI - os planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Parágrafo único. É assegurada ampla publicidade ao conteúdo dos planos de resíduos sólidos, bem como controle social em sua formulação, implementação e operacionalização, observado o disposto na Lei no 10.650, de 16 de abril de 2003, e no art. 47 da Lei no 11.445, de 2007.

Seção II

Do Plano Nacional de Resíduos Sólidos

Art. 15. A União elaborará, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, alizado a cada 4 (quatro) anos, tendo como conteúdo mínimo:

I - diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos;

II - proposição de cenários, incluindo tendências internacionais e macroeconômicas;

III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

IV - metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;

V - metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

VI - programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;

VII - normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos da União, para a obtenção de seu aval ou para o acesso a recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade federal, quando destinados a ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;

VIII - medidas para incentivar e viabilizar a gestão regionalizada dos resíduos sólidos;

IX - diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos das regiões integradas de desenvolvimento instituídas por lei complementar, bem como para as áreas de especial interesse turístico;

X - normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos;

XI - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito nacional, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.

Parágrafo único. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos será elaborado mediante processo de mobilização e participação social, incluindo a realização de audiências e consultas públicas.

Seção III

Dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos

Art. 16. A elaboração de plano estadual de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para os Estados terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

§ 1º Serão priorizados no acesso aos recursos da União referidos no caput os Estados que instituírem microrregiões, consoante o § 3º do art. 25 da Constituição Federal, para integrar a organização, o planejamento e a execução das ações a cargo de Municípios limítrofes na gestão dos resíduos sólidos.

§ 2º Serão estabelecidas em regulamento normas complementares sobre o acesso aos recursos da União na forma deste artigo.

§ 3º Respeitada a responsabilidade dos geradores nos termos desta Lei, as microrregiões instituídas conforme previsto no § 1º abrangem atividades de coleta seletiva, recuperação e reciclagem, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos, a gestão de resíduos de construção civil, de serviços de transporte, de serviços de saúde, agrossilvopastoris ou outros resíduos, de acordo com as peculiaridades microrregionais.

Art. 17. O plano estadual de resíduos sólidos será elaborado para vigência por prazo indeterminado, abrangendo todo o território do Estado, com horizonte de atuação de 20 (vinte) anos e revisões a cada 4 (quatro) anos, e tendo como conteúdo mínimo:

I - diagnóstico, incluída a identificação dos principais fluxos de resíduos no Estado e seus impactos socioeconômicos e ambientais;

II - proposição de cenários;

III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

IV - metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;

V - metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

VI - programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;

VII - normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos do Estado, para a obtenção de seu aval ou para o acesso de recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade estadual, quando destinados às ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;

VIII - medidas para incentivar e viabilizar a gestão consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos;

IX - diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;

X - normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos, respeitadas as disposições estabelecidas em âmbito nacional;

XI - previsão, em conformidade com os demais instrumentos de planejamento territorial, especialmente o zoneamento ecológicoeconômico e o zoneamento costeiro, de:

a) zonas favoráveis para a localização de unidades de tratamento de resíduos sólidos ou de disposição final de rejeitos;

b) áreas degradadas em razão de disposição inadequada de resíduos sólidos ou rejeitos a serem objeto de recuperação ambiental;

XII - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito estadual, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.

§ 1o Além do plano estadual de resíduos sólidos, os Estados poderão elaborar planos microrregionais de resíduos sólidos, bem como planos específicos direcionados às regiões metropolitanas ou às aglomerações urbanas.

§ 2o A elaboração e a implementação pelos Estados de planos microrregionais de resíduos sólidos, ou de planos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, em consonância com o previsto no § 1o, dar-se-ão obrigatoriamente com a participação dos Municípios envolvidos e não excluem nem substituem qualquer das prerrogativas a cargo dos Municípios previstas por esta Lei.

§ 3o Respeitada a responsabilidade dos geradores nos termos desta Lei, o plano microrregional de resíduos sólidos deve atender ao previsto para o plano estadual e estabelecer soluções integradas para a coleta seletiva, a recuperação e a reciclagem, o tratamento e a destinação final dos resíduos sólidos urbanos e, consideradas as peculiaridades microrregionais, outros tipos de resíduos.

Seção IV

Dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Art. 18. A elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

§ 1o Serão priorizados no acesso aos recursos da União referidos no caput os Municípios que:

I - optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal, ou que se inserirem de forma voluntária nos planos microrregionais de resíduos sólidos referidos no § 1o do art. 16;

II - implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda.

§ 2o Serão estabelecidas em regulamento normas complementares sobre o acesso aos recursos da União na forma deste artigo.

Art. 19. O plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos tem o seguinte conteúdo mínimo:

I - diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas;

II - identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o plano diretor de que trata o § 1o do art. 182 da Constituição Federal e o zoneamento ambiental, se houver;

III - identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;

IV - identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos a plano de gerenciamento específico nos termos do art. 20 ou a sistema de logística reversa na forma do art. 33, observadas as disposições desta Lei e de seu regulamento, bem como as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

V - procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, incluída a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e observada a Lei no 11.445, de 2007;

VI - indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;

VII - regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o art. 20, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS e demais disposições pertinentes da legislação federal e estadual;

VIII - definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos a que se refere o art. 20 a cargo do poder público;

IX - programas e ações de capacitação técnica voltados para sua implementação e operacionalização;

X - programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;

XI - programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver;

XII - mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos;

XIII - sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços, observada a Lei no 11.445, de 2007;

XIV - metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

XV - descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, respeitado o disposto no art. 33, e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XVI - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o art. 20 e dos sistemas de logística reversa previstos no art. 33;

XVII - ações preventivas e corretivas a serem praticadas, incluindo programa de monitoramento;

XVIII - identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas, e respectivas medidas saneadoras;

XIX - periodicidade de sua revisão, observado prioritariamente o período de vigência do plano plurianual municipal.

§ 1º O plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos pode estar inserido no plano de saneamento básico previsto no art. 19 da Lei no 11.445, de 2007, respeitado o conteúdo mínimo previsto nos incisos do caput e observado o disposto no § 2º, todos deste artigo.

§ 2º Para Municípios com menos de 20.000 (vinte mil) habitantes, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos terá conteúdo simplificado, na forma do regulamento.

§ 3º O disposto no § 2º não se aplica a Municípios:

I - integrantes de áreas de especial interesse turístico;

II - inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional;

III - cujo território abranja, total ou parcialmente, Unidades de Conservação.

§ 4º A existência de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos não exime o Município ou o Distrito Federal do licenciamento ambiental de aterros sanitários e de outras infraestruturas e instalações operacionais integrantes do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos pelo órgão competente do Sisnama.

§ 5º Na definição de responsabilidades na forma do inciso VIII do caput deste artigo, é vedado atribuir ao serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos a realização de etapas do gerenciamento dos resíduos a que se refere o art. 20 em desacordo com a respectiva licença ambiental ou com normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e, se couber, do SNVS.

§ 6º Além do disposto nos incisos I a XIX do caput deste artigo, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos contemplará ações específicas a serem desenvolvidas no

âmbito dos órgãos da administração pública, com vistas à utilização racional dos recursos ambientais, ao combate a todas as formas de desperdício e à minimização da geração de resíduos sólidos.

§ 7º O conteúdo do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos será disponibilizado para o Sinir, na forma do regulamento.

§ 8º A inexistência do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos não pode ser utilizada para impedir a instalação ou a operação de empreendimentos ou atividades devidamente licenciados pelos órgãos competentes.

§ 9º Nos termos do regulamento, o Município que optar por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, assegurado que o plano intermunicipal preencha os requisitos estabelecidos nos incisos I a XIX do caput deste artigo, pode ser dispensado da elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.

Seção V

Do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Art. 20. Estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos:

I - os geradores de resíduos sólidos previstos nas alíneas "e", "f", "g" e "k" do inciso I do art. 13;

II - os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que:

a) gerem resíduos perigosos;

b) gerem resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal;

III - as empresas de construção civil, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama;

IV - os responsáveis pelos terminais e outras instalações referidas na alínea "j" do inciso I do art. 13 e, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e, se couber, do SNVS, as empresas de transporte;

V - os responsáveis por atividades agrossilvopastoris, se exigido pelo órgão competente do Sisnama, do SNVS ou do Suasa.

Parágrafo único. Observado o disposto no Capítulo IV deste Título, serão estabelecidas por regulamento exigências específicas relativas ao plano de gerenciamento de resíduos perigosos.

Art. 21. O plano de gerenciamento de resíduos sólidos tem o seguinte conteúdo mínimo:

I - descrição do empreendimento ou atividade;

II - diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados;

III - observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa e, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:

a) explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos;

b) definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador;

IV - identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores;

V - ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes;

VI - metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos e, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, à reutilização e reciclagem;

VII - se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, na forma do art. 31;

VIII - medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos;

IX - periodicidade de sua revisão, observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação a cargo dos órgãos do Sisnama.

§ 1o O plano de gerenciamento de resíduos sólidos atenderá ao disposto no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do respectivo Município, sem prejuízo das normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa.

§ 2o A inexistência do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos não obsta a elaboração, a implementação ou a operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos sólidos

§ 3o Serão estabelecidos em regulamento:

I - normas sobre a exigibilidade e o conteúdo do plano de gerenciamento de resíduos sólidos relativo à atuação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

II - critérios e procedimentos simplificados para apresentação dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos para microempresas e empresas de pequeno porte, assim consideradas as definidas nos incisos I e II do art. 3o da Lei Complementar no 123, de 14 de

dezembro de 2006, desde que as atividades por elas desenvolvidas não gerem resíduos perigosos.

Art. 22. Para a elaboração, implementação, operacionalização e monitoramento de todas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, nelas incluído o controle da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, será designado responsável técnico devidamente habilitado.

Art. 23. Os responsáveis por plano de gerenciamento de resíduos sólidos manterão atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente, ao órgão licenciador do Sisnama e a outras autoridades, informações completas sobre a implementação e a operacionalização do plano sob sua responsabilidade.

§ 1º Para a consecução do disposto no caput, sem prejuízo de outras exigências cabíveis por parte das autoridades, será implementado sistema declaratório com periodicidade, no mínimo, anual, na forma do regulamento.

§ 2º As informações referidas no caput serão repassadas pelos órgãos públicos ao Sinir, na forma do regulamento.

Art. 24. O plano de gerenciamento de resíduos sólidos é parte integrante do processo de licenciamento ambiental do empreendimento ou atividade pelo órgão competente do Sisnama.

§ 1º Nos empreendimentos e atividades não sujeitos a licenciamento ambiental, a aprovação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos cabe à autoridade municipal competente.

§ 2º No processo de licenciamento ambiental referido no § 1º a cargo de órgão federal ou estadual do Sisnama, será assegurada a atuação do órgão municipal competente, em especial quanto à disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.

CAPÍTULO III

DAS RESPONSABILIDADES DOS GERADORES

E DO PODER PÚBLICO

Seção I

Disposições Gerais

Art. 25. O poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento.

Art. 26. O titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos é responsável pela organização e prestação direta ou indireta desses serviços, observados o respectivo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, a Lei no 11.445, de 2007, e as disposições desta Lei e seu regulamento.

Art. 27. As pessoas físicas ou jurídicas referidas no art. 20 são responsáveis pela implementação e operacionalização integral do plano de gerenciamento de resíduos sólidos aprovado pelo órgão competente na forma do art. 24.

§ 1º A contratação de serviços de coleta, armazenamento, transporte, transbordo, tratamento ou destinação final de resíduos sólidos, ou de disposição final de rejeitos, não isenta as pessoas físicas ou jurídicas referidas no art. 20 da responsabilidade por danos que vierem a ser provocados pelo gerenciamento inadequado dos respectivos resíduos ou rejeitos.

§ 2º Nos casos abrangidos pelo art. 20, as etapas sob responsabilidade do gerador que forem realizadas pelo poder público serão devidamente remuneradas pelas pessoas físicas ou jurídicas responsáveis, observado o disposto no § 5º do art. 19.

Art. 28. O gerador de resíduos sólidos domiciliares tem cessada sua responsabilidade pelos resíduos com a disponibilização adequada para a coleta ou, nos casos abrangidos pelo art. 33, com a devolução.

Art. 29. Cabe ao poder público atuar, subsidiariamente, com vistas a minimizar ou cessar o dano, logo que tome conhecimento de evento lesivo ao meio ambiente ou à saúde pública relacionado ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Parágrafo único. Os responsáveis pelo dano ressarcirão integralmente o poder público pelos gastos decorrentes das ações empreendidas na forma do caput.

Seção II

Da Responsabilidade Compartilhada

Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção.

Parágrafo único. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem por objetivo:

I - compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;

II - promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando- os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;

III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;

IV - incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;

V - estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;

VI - propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;

VII - incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

Art. 31. Sem prejuízo das obrigações estabelecidas no plano de gerenciamento de resíduos sólidos e com vistas a fortalecer a responsabilidade compartilhada e seus objetivos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes têm responsabilidade que abrange:

I - investimento no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos:

a) que sejam aptos, após o uso pelo consumidor, à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada;

b) cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível;

II - divulgação de informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos;

III - recolhimento dos produtos e dos resíduos remanescentes após o uso, assim como sua subsequente destinação final ambientalmente adequada, no caso de produtos objeto de sistema de logística reversa na forma do art. 33;

IV - compromisso de, quando firmados acordos ou termos de compromisso com o Município, participar das ações previstas no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, no caso de produtos ainda não inclusos no sistema de logística reversa.

Art. 32. As embalagens devem ser fabricadas com materiais que propiciem a reutilização ou a reciclagem.

§ 1º Cabe aos respectivos responsáveis assegurar que as embalagens sejam:

I - restritas em volume e peso às dimensões requeridas à proteção do conteúdo e à comercialização do produto;

II - projetadas de forma a serem reutilizadas de maneira tecnicamente viável e compatível com as exigências aplicáveis ao produto que contêm;

III - recicladas, se a reutilização não for possível.

§ 2º O regulamento disporá sobre os casos em que, por razões de ordem técnica ou econômica, não seja viável a aplicação do disposto no caput.

§ 3º É responsável pelo atendimento do disposto neste artigo todo aquele que:

I - manufatura embalagens ou fornece materiais para a fabricação de embalagens;

II - coloca em circulação embalagens, materiais para a fabricação de embalagens ou produtos embalados, em qualquer fase da cadeia de comércio.

Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;

II - pilhas e baterias;

III - pneus;

IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

§ 1º Na forma do disposto em regulamento ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o poder público e o setor empresarial, os sistemas previstos no caput serão estendidos a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de

vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando, prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados.

§ 2o A definição dos produtos e embalagens a que se refere o § 1o considerará a viabilidade técnica e econômica da logística reversa, bem como o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados.

§ 3o Sem prejuízo de exigências específicas fixadas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS, ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o poder público e o setor empresarial, cabe aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos produtos a que se referem os incisos II, III, V e VI ou dos produtos e embalagens a que se referem os incisos I e IV do caput e o § 1o tomar todas as medidas necessárias para assegurar a implementação e operacionalização do sistema de logística reversa sob seu encargo, consoante o estabelecido neste artigo, podendo, entre outras medidas:

I - implantar procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados;

II - disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis;

III - atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, nos casos de que trata o § 1o.

§ 4o Os consumidores deverão efetuar a devolução após o uso, aos comerciantes ou distribuidores, dos produtos e das embalagens a que se referem os incisos I a VI do caput, e de outros produtos ou embalagens objeto de logística reversa, na forma do § 1o.

§ 5o Os comerciantes e distribuidores deverão efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos e embalagens reunidos ou devolvidos na forma dos §§ 3o e 4o.

§ 6o Os fabricantes e os importadores darão destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens reunidos ou devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada, na forma estabelecida pelo órgão competente do Sisnama e, se houver, pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.

§ 7o Se o titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, por acordo setorial ou termo de compromisso firmado com o setor empresarial, encarregar-se de atividades de responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes nos sistemas de logística reversa dos produtos e embalagens a que se refere este artigo, as ações do poder público serão devidamente remuneradas, na forma previamente acordada entre as partes.

§ 8o Com exceção dos consumidores, todos os participantes dos sistemas de logística reversa manterão atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente e a outras autoridades informações completas sobre a realização das ações sob sua responsabilidade.

Art. 34. Os acordos setoriais ou termos de compromisso referidos no inciso IV do caput do art. 31 e no § 1o do art. 33 podem ter abrangência nacional, regional, estadual ou municipal.

§ 1o Os acordos setoriais e termos de compromisso firmados em âmbito nacional têm prevalência sobre os firmados em âmbito regional ou estadual, e estes sobre os firmados em âmbito municipal.

§ 2o Na aplicação de regras concorrentes consoante o § 1o, os acordos firmados com menor abrangência geográfica podem ampliar, mas não abrandar, as medidas de proteção ambiental constantes nos acordos setoriais e termos de compromisso firmados com maior abrangência geográfica.

Art. 35. Sempre que estabelecido sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e na aplicação do art. 33, os consumidores são obrigados a:

- I - acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados;
- II - disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução.

Parágrafo único. O poder público municipal pode instituir incentivos econômicos aos consumidores que participam do sistema de coleta seletiva referido no caput, na forma de lei municipal.

Art. 36. No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:

I - adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;

II - estabelecer sistema de coleta seletiva;

III - articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;

IV - realizar as atividades definidas por acordo setorial ou termo de compromisso na forma do § 7o do art. 33, mediante a devida remuneração pelo setor empresarial;

V - implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido;

VI - dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

§ 1º Para o cumprimento do disposto nos incisos I a IV do caput, o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos priorizará a organização e o funcionamento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, bem como sua contratação.

§ 2º A contratação prevista no § 1º é dispensável de licitação, nos termos do inciso XXVII do art. 24 da Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993.

CAPÍTULO IV DOS RESÍDUOS PERIGOSOS

Art. 37. A instalação e o funcionamento de empreendimento ou atividade que gere ou opere com resíduos perigosos somente podem ser autorizados ou licenciados pelas autoridades competentes se o responsável comprovar, no mínimo, capacidade técnica e econômica, além de condições para prover os cuidados necessários ao gerenciamento desses resíduos.

Art. 38. As pessoas jurídicas que operam com resíduos perigosos, em qualquer fase do seu gerenciamento, são obrigadas a se cadastrar no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos.

§ 1º O cadastro previsto no caput será coordenado pelo órgão federal competente do Sisnama e implantado de forma conjunta pelas autoridades federais, estaduais e municipais.

§ 2º Para o cadastramento, as pessoas jurídicas referidas no caput necessitam contar com responsável técnico pelo gerenciamento dos resíduos perigosos, de seu próprio quadro de funcionários ou contratado, devidamente habilitado, cujos dados serão mantidos atualizados no cadastro.

§ 3º O cadastro a que se refere o caput é parte integrante do Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais e do Sistema de Informações previsto no art. 12.

Art. 39. As pessoas jurídicas referidas no art. 38 são obrigadas a elaborar plano de gerenciamento de resíduos perigosos e submetê-lo ao órgão competente do Sisnama e, se

couber, do SNVS, observado o conteúdo mínimo estabelecido no art. 21 e demais exigências previstas em regulamento ou em normas técnicas.

§ 1o O plano de gerenciamento de resíduos perigosos a que se refere o caput poderá estar inserido no plano de gerenciamento de resíduos a que se refere o art. 20.

§ 2o Cabe às pessoas jurídicas referidas no art. 38:

I - manter registro atualizado e facilmente acessível de todos os procedimentos relacionados à implementação e à operacionalização do plano previsto no caput;

II - informar anualmente ao órgão competente do Sisnama e, se couber, do SNVS, sobre a quantidade, a natureza e a destinação temporária ou final dos resíduos sob sua responsabilidade;

III - adotar medidas destinadas a reduzir o volume e a periculosidade dos resíduos sob sua responsabilidade, bem como a aperfeiçoar seu gerenciamento;

IV - informar imediatamente aos órgãos competentes sobre a ocorrência de acidentes ou outros sinistros relacionados aos resíduos perigosos.

§ 3o Sempre que solicitado pelos órgãos competentes do Sisnama e do SNVS, será assegurado acesso para inspeção das instalações e dos procedimentos relacionados à implementação e à operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos perigosos.

§ 4o No caso de controle a cargo de órgão federal ou estadual do Sisnama e do SNVS, as informações sobre o conteúdo, a implementação e a operacionalização do plano previsto no caput serão repassadas ao poder público municipal, na forma do regulamento.

Art. 40. No licenciamento ambiental de empreendimentos ou atividades que operem com resíduos perigosos, o órgão licenciador do Sisnama pode exigir a contratação de seguro de responsabilidade civil por danos causados ao meio ambiente ou à saúde pública, observadas as regras sobre cobertura e os limites máximos de contratação fixados em regulamento.

Parágrafo único. O disposto no caput considerará o porte da empresa, conforme regulamento.

Art. 41. Sem prejuízo das iniciativas de outras esferas governamentais, o Governo Federal deve estruturar e manter instrumentos e atividades voltados para promover a descontaminação de áreas órfãs.

Parágrafo único. Se, após descontaminação de sítio órfão realizada com recursos do Governo Federal ou de outro ente da Federação, forem identificados os responsáveis pela contaminação, estes ressarcirão integralmente o valor empregado ao poder público.

CAPÍTULO V

DOS INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

Art. 42. O poder público poderá instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente, às iniciativas de:

I - prevenção e redução da geração de resíduos sólidos no processo produtivo;

II - desenvolvimento de produtos com menores impactos à saúde humana e à qualidade ambiental em seu ciclo de vida;

III - implantação de infraestrutura física e aquisição de equipamentos para cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda;

IV - desenvolvimento de projetos de gestão dos resíduos sólidos de caráter intermunicipal ou, nos termos do inciso I do caput do art. 11, regional;

V - estruturação de sistemas de coleta seletiva e de logística reversa;

VI - descontaminação de áreas contaminadas, incluindo as áreas órfãs;

VII - desenvolvimento de pesquisas voltadas para tecnologias limpas aplicáveis aos resíduos sólidos;

VIII - desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos.

Art. 43. No fomento ou na concessão de incentivos creditícios destinados a atender diretrizes desta Lei, as instituições oficiais de crédito podem estabelecer critérios diferenciados de acesso dos beneficiários aos créditos do Sistema Financeiro Nacional para investimentos produtivos.

Art. 44. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, no âmbito de suas competências, poderão instituir normas com o objetivo de conceder incentivos fiscais, financeiros ou creditícios, respeitadas as limitações da Lei Complementar no 101, de 4 de maio de 2000 (Lei de Responsabilidade Fiscal), a:

I - indústrias e entidades dedicadas à reutilização, ao tratamento e à reciclagem de resíduos sólidos produzidos no território nacional;

II - projetos relacionados à responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos, prioritariamente em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda;

III - empresas dedicadas à limpeza urbana e a atividades a ela relacionadas.

Art. 45. Os consórcios públicos constituídos, nos termos da Lei no 11.107, de 2005, com o objetivo de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos, têm prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal.

Art. 46. O atendimento ao disposto neste Capítulo será efetivado em consonância com a Lei Complementar no 101, de 2000 (Lei de Responsabilidade Fiscal), bem como com as diretrizes e objetivos do respectivo plano plurianual, as metas e as prioridades fixadas pelas leis de diretrizes orçamentárias e no limite das disponibilidades propiciadas pelas leis orçamentárias anuais.

CAPÍTULO VI DAS PROIBIÇÕES

Art. 47. São proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos:

- I - lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos;
- II - lançamento in natura a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;
- III - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade;
- IV - outras formas vedadas pelo poder público.

§ 1º Quando decretada emergência sanitária, a queima de resíduos a céu aberto pode ser realizada, desde que autorizada e acompanhada pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e, quando couber, do Suasa.

§ 2º Assegurada a devida impermeabilização, as bacias de decantação de resíduos ou rejeitos industriais ou de mineração, devidamente licenciadas pelo órgão competente do Sisnama, não são consideradas corpos hídricos para efeitos do disposto no inciso I do caput.

Art. 48. São proibidas, nas áreas de disposição final de resíduos ou rejeitos, as seguintes atividades:

- I - utilização dos rejeitos dispostos como alimentação;
- II - catação, observado o disposto no inciso V do art. 17;
- III - criação de animais domésticos;
- IV - fixação de habitações temporárias ou permanentes;
- V - outras atividades vedadas pelo poder público.

Art. 49. É proibida a importação de resíduos sólidos perigosos e rejeitos, bem como de resíduos sólidos cujas características causem dano ao meio ambiente, à saúde pública e animal e à sanidade vegetal, ainda que para tratamento, reforma, reúso, reutilização ou recuperação.

TÍTULO IV

DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS E FINAIS

Art. 50. A inexistência do regulamento previsto no § 3o do art. 21 não obsta a atuação, nos termos desta Lei, das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Art. 51. Sem prejuízo da obrigação de, independentemente da existência de culpa, reparar os danos causados, a ação ou omissão das pessoas físicas ou jurídicas que importe inobservância aos preceitos desta Lei ou de seu regulamento sujeita os infratores às sanções previstas em lei, em especial às fixadas na Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que "dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências", e em seu regulamento.

Art. 52. A observância do disposto no caput do art. 23 e no § 2o do art. 39 desta Lei é considerada obrigação de relevante interesse ambiental para efeitos do art. 68 da Lei no 9.605, de 1998, sem prejuízo da aplicação de outras sanções cabíveis nas esferas penal e administrativa.

Art. 53. O § 1o do art. 56 da Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, passa a vigorar com a seguinte redação:

"Art. 56.

§ 1o Nas mesmas penas incorre quem:

I - abandona os produtos ou substâncias referidos no caput ou os utiliza em desacordo com as normas ambientais ou de segurança;

II - manipula, acondiciona, armazena, coleta, transporta, reutiliza, recicla ou dá destinação final a resíduos perigosos de forma diversa da estabelecida em lei ou regulamento.

....." (NR)

Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, observado o disposto no § 1o do art. 9o, deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei.

Art. 55. O disposto nos arts. 16 e 18 entra em vigor 2 (dois) anos após a data de publicação desta Lei.

Art. 56. A logística reversa relativa aos produtos de que tratam os incisos V e VI do caput do art. 33 será implementada progressivamente segundo cronograma estabelecido em regulamento.

Art. 57. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 2 de agosto de 2010; 189º da Independência e 122º da República.

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

Rafael Thomaz Favetti

Guido Mantega

José Gomes Temporão

Miguel Jorge

Izabella Mônica Vieira Teixeira

João Reis Santana Filho

Marcio Fortes de Almeida

Alexandre Rocha Santos Padilha

ANEXO B – PORTARIA RFB Nº 3010, DE 29 DE JUNHO DE 2011; EXTRAÍDOS O ARTIGO 1º E §1º, §4 E §5 DO ARTIGO 40

DOU de 06/07/2011, pág. 67

Estabelece critérios e condições para destinação de mercadorias abandonadas, entregues à Fazenda Nacional ou objeto de pena de perdimento; altera a Portaria RFB nº 2.206, de 11 de novembro de 2010, que regulamenta o leilão, na forma eletrônica, para venda para pessoas jurídicas de mercadorias apreendidas ou abandonadas; e dá outras providências.

O SECRETÁRIO DA RECEITA FEDERAL DO BRASIL, no uso das atribuições que lhe conferem o art. 45 do Anexo I ao Decreto nº 7.482, de 16 de maio de 2011, e o inciso III do art. 273 do Regimento Interno da Secretaria da Receita Federal do Brasil, aprovado pela Portaria MF nº 587, de 21 de dezembro de 2010, e tendo em vista o disposto nos §§ 10 e 11 do art. 29 do Decreto-Lei nº 1.455, de 7 de abril de 1976, e na Portaria MF nº 282, de 9 de junho de 2011, resolve:

Art. 1º A destinação das mercadorias abandonadas, entregues à Fazenda Nacional ou objeto de pena de perdimento, administradas pela Secretaria da Receita Federal do Brasil (RFB) reger-se-á pelas normas estabelecidas nesta Portaria.

(...)

Art. 40. A destruição ou inutilização deverá ser efetuada por meio de procedimento que descaracterize os produtos, tornando-os impróprios para os fins a que se destinavam originalmente.

§ 1º Nos procedimentos de que trata este artigo, sempre que possível, deverão ser adotadas as formas que possam resultar em resíduos cuja reciclagem seja economicamente viável.

(...)

§ 4º A doação de resíduos deverá contemplar preferencialmente órgãos públicos e entidades que auxiliem a RFB nos procedimentos de destruição ou inutilização dos correspondentes produtos.

§ 5º O resíduo resultante das demais formas de destruição ou inutilização, quando existente, poderá ter o seguinte tratamento, observada a legislação ambiental:

I - disponibilizado ao serviço de coleta do órgão municipal de limpeza urbana; ou

II - depositado em aterros sanitários credenciados, ou outros locais indicados e autorizados pelo órgão de controle ambiental da jurisdição competente, quando for o caso.

(...)

CARLOS ALBERTO FREITAS BARRETO

ANEXO C – FICHA TÉCNICA DO POLICARBONATO DA MARCA INFINO® SC-1220UR

21/02/13

Samsung, a division of Cheil Industries Infino SC-1220UR Polycarbonate



Thursday, February 21, 2013

Infino SC-1220UR

Samsung, a division of Cheil Industries - Polycarbonate

Units

Action

Legend [\(Open\)](#)

General Information

General

Material Status	● Commercial: Active		
Availability	● Africa & Middle East	● Europe	● South America
	● Asia Pacific	● Latin America	
	● Central America	● North America	

ASTM & ISO Properties ¹

Physical	Nominal Value	Unit	Test Method
Specific Gravity (Natural)	1.19		ASTM D792
Density (Natural)	1.19	g/cm ³	ISO 1183
Melt Mass-Flow Rate (MFR) (300°C/1.2 kg)	22	g/10 min	ASTM D1238
Melt Mass-Flow Rate (MFR) (230°C/10.0 kg)	22	g/10 min	ISO 1133
Molding Shrinkage - Flow (0.126 in)	0.0050 to 0.0070	in/in	ASTM D955
Water Absorption (Saturation, 73°F)	0.20	%	ASTM D570
Mechanical	Nominal Value	Unit	Test Method
Tensile Modulus	305000	psi	ISO 527-2/50
Tensile Strength ² (Yield)	9140	psi	ASTM D638
Tensile Stress (Yield)	8990	psi	ISO 527-2/50
Tensile Stress (Break)	10300	psi	ISO 527-2/50
Tensile Elongation ² (Yield)	90	%	ASTM D638
Flexural Modulus ³	334000	psi	ASTM D790
Flexural Modulus ⁴	334000	psi	ISO 178
Flexural Strength ³	13100	psi	ASTM D790
Flexural Strength ⁴	13500	psi	ISO 178
Impact	Nominal Value	Unit	Test Method
Charpy Notched Impact Strength ⁵ (73°F)	33	ft·lb/in ²	ISO 179/1eA
Notched Izod Impact (73°F, 0.125 in)	14	ft·lb/in	ASTM D256
Notched Izod Impact Strength ⁵ (73°F)	32	ft·lb/in ²	ISO 180/1A
Hardness	Nominal Value	Unit	Test Method
Rockwell Hardness (R-Scale)	120		ASTM D785
Thermal	Nominal Value	Unit	Test Method
Deflection Temperature Under Load (264 psi, Unannealed)	255	°F	ASTM D648
Vicat Softening Temperature	288 to 291	°F	ISO 306/B50
CLTE - Flow (104 to 212°F)	0.000033 to 0.000044	in/in/°F	ASTM E831
Electrical	Nominal Value	Unit	Test Method
Dielectric Constant (1 MHz)	2.90		ASTM D150
Flammability	Nominal Value	Unit	Test Method
Flame Rating (0.0315 to 0.126 in)	V-2		UL 94
Optical	Nominal Value	Unit	Test Method
Transmittance (118 mil)	90.0	%	ASTM D1003
Haze (118 mil)	0.20	%	ASTM D1003

Processing Information

Injection	Nominal Value	Unit
Drying Temperature	--	248 °F

21/02/13

Samsung, a division of Cheil Industries Infino SC-1220UR Polycarbonate

Desiccant Dryer	230 °F
Drying Time	
--	4.0 hr
Desiccant Dryer	4.0 hr
Suggested Max Moisture	< 0.10 %
Rear Temperature	500 to 509 °F
Middle Temperature	509 to 518 °F
Front Temperature	536 to 545 °F
Nozzle Temperature	554 °F
Mold Temperature	122 to 140 °F
Injection Pressure	1130 psi
Back Pressure	566 psi
Screw Speed	60 rpm

Injection Notes

Hot Runner Manifold Temperature: 285°C
 Hot Runner Valve Nozzle Temperature: 280°C

Notes

¹ Typical properties: these are not to be construed as specifications.

² 2.0 in/min

³ 0.39 in/min

⁴ 0.079 in/min

⁵ 4 mm



UL and the UL logo are trademarks of UL LLC © 2013. All Rights Reserved.

The information presented on this data sheet was acquired by UL IDES from the producer of the material. UL IDES makes substantial efforts to assure the accuracy of this data. However, UL IDES assumes no responsibility for the data values and strongly encourages that upon final material selection, data points are validated with the material supplier.

ANEXO D – FICHA TÉCNICA DO POLIMETILMETACRILATO DA MARCA ACRIGEL® ECL100



FICHA TÉCNICA **Acrygel® ECL100**

DESCRIÇÃO Baixa fluidez, boa resistência térmica e boa relação rigidez/impacto.
Principais aplicações: perfílados extrudados e peças técnicas injetadas.

	Método	Valores Típicos	Unidades
Propriedades Físicas			
Índice de Fluidez (230°C / 3,8 kg)	ASTM D-1238	2,3	g/10 min
Densidade	ASTM D-792	1,19	g/cm ³
Propriedades Mecânicas			
Resistência à Tração (ruptura)	ASTM D-638	72	MPa
Alongamento (ruptura)	ASTM D-638	4	%
Impacto IZOD Entalhado	ASTM D-256	15	J/m
Dureza Rockwell (escala M)	ASTM D-785	96	-
Propriedades Térmicas			
Temperatura de Deflexão Térmica (1,8 MPa; 3,2mm)	ASTM D-648	98	°C
Temperatura de Amolecimento Vicat (10N, 120°C/h)	ASTM D-1525	110	°C
Temperatura de Amolecimento Vicat (50N, 50°C/h)	ASTM D-1525	102	°C
Contração do Moldado	ASTM D-955	0,3 - 0,6	%
Propriedades Óticas			
Transmitância	ASTM D-1003	92	%
Índice de Refração	ASTM D-542	1,49	-

Moldagem por Injeção

Condições de Processamento Recomendadas*

Pré-secagem: 85°C / 4 horas

Temperatura do Molde: 60°C

Zonas da Injetora	Zona 1 (Bico de Injeção)	Zona 2	Zona 3	Zona 4 (Alimentação)
Temperatura (°C)	245	250	240	230

*Valores indicativos. As condições ideais devem ser determinadas experimentalmente para cada processo e dependem do desenho da peça, número de cavidades, projeto do molde e máquina.

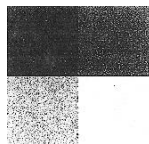
Nota:

Valores típicos. Não devem ser usados com a intenção de especificação. As normas acima são referências literárias sobre a metodologia analítica utilizada. Corpos de prova injetados sob condições ideais de processamento. As propriedades podem ser afetadas pela quantidade e tipos de pigmentos. As propriedades óticas informadas são válidas para produto natural sem tingimento.

Todas as informações presentes são dadas de boa fé e não é uma garantia do produto. Contate nosso departamento técnico para especificação do produto. Consulte nosso departamento técnico sobre necessidades de conformidade e homologação em normas nacionais e internacionais.

ANEXO E – DOCUMENTOS DA CESSÃO DE ÓCULOS APREENDIDOS

Os documentos constantes neste anexo podem estar pouco legíveis, pois se tratam de cópias. Os originais encontram-se na Inspeção da Receita Federal do Brasil em Porto Alegre e na Seção de Arquivo Geral da UFRGS, sob o processo de número 23078.014921/12-69.



Porto Alegre, 15 de maio de 2012.


Sr. José Henrique Salatti Schitz

Ao: Chefe da Seção de Programação e Logística da Inspeção da Receita Federal do Brasil em Porto Alegre/RS

Caro José Henrique Salatti Schitz,

Gostaríamos de agradecer a sua visita no LdSM e aproveitar para registrar que as armações de óculos (aproximadamente 2000) que foram cedidas pela Receita Federal estão, inicialmente (em torno de 500), sendo utilizadas na pesquisa intitulada “Análise dos ciclos de reciclagem de materiais de óculos sob a ótica do Ecodesign”, que faz parte da Dissertação de Mestrado da aluna Lúcia Torres Vidales junto ao PGDESIGN/UFRGS. Como é de seu conhecimento, após sua visita no Laboratório de Design e Seleção de Materiais/ UFRGS, várias destas armações já foram cominuídas para produção de corpos-de-prova e também existe a previsão de utilizá-las em partes (Design para Desmontagem - DfD) a fim de fazer reuso em projetos de novos objetos que utilizem os sistemas e subsistemas contidos nas armações e lentes. Temos a intenção de utilizar os óculos excedentes em várias outras pesquisas nas linhas de Ecodesign e Seleção de Materiais, tanto na Pós-Graduação quanto na Graduação. Neste sentido, gostaríamos de pedir a concordância da Receita Federal.

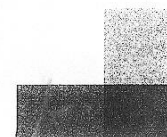
Atenciosamente,


 Prof. Dr. Wilson Kindlein Junior
 Coordenador Substituto do PGDESIGN
 Mestrado - UFRGS

*Recebido em
 23.05.2012
 José Henrique Salatti Schitz
 Chefe de Seção
 De acordo.
 José Henrique Salatti Schitz
 AV. FRSB - Itaipó, 15.883
 Chefe da Seção de Logística UFRGS*

Laboratório de Design e Seleção de Materiais - Escola de Engenharia - UFRGS

www.ufrgs.br/ndsm ndsm@ufrgs.br
 Av. Osvaldo Aranha 99/604 90035-190 Porto Alegre RS Brasil
 Fone/Fax: (51) 3308.3349





Ministério da Fazenda



Receita Federal



DECLARAÇÃO SIMPLIFICADA DO BENEFICIÁRIO

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul através de seu Laboratório de Design e Seleção de Materiais, CNPJ/UFRGS 92969856/0001-98 declara aceitar o recebimento dos resíduos referente a aproximadamente 2000 óculos de material plástico, decorrentes da destruição das mercadorias relacionadas na Proposta/Termo de Destruição nº 1015400/0038/2011, nos termos do art. 40, § 1º, §4, §5, da Portaria RFB nº 3010 de 29/06/2011.

Assinatura Responsável:

Nome:

CARLOS EDUARDO PEREIRA

CPF:

566281700-63

Data:

05/07/2012

Prof. CARLOS EDUARDO PEREIRA
VICE-DIRETOR
ESCOLA DE ENGENHARIA/UFRGS

TERMO DE COMPROMISSO

A UFRGS- Laboratório de Design e Seleção de Materiais , responsabiliza-se, nos termos do art. 40, § 1º, §4, §5, da Portaria RFB nº 3010 de 29/06/2011, pela adequada utilização e destinação dos resíduos recebidos relativos aos Termos de Destruição 1015400/0038/2012, de modo a atender ao interesse público e social a que se destina, com estrita observância à legislação ambiental.

Assinatura Responsável:

Nome: Wilson RIBEIRO JUNIOR

CPF: 437364240-00

Data: 05.07.2012

Prof. Dr. Wilson Kindlein Junior
Coordenador Substituto do PGDESIGN
Mestrado - UFRGS

De acordo

Em 05/07/2012

Inspetoria da Receita Federal do Brasil em Porto Alegre
Av. Sepúlveda, s/nº
900010-130 - Centro - Porto Alegre/RS
Fone/Fax: 3227.4036 / 3225.5131

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira
Coordenador do PGDESIGN
Mestrado - UFRGS

O compromisso para que ocorram a utilização e a destinação corretas dos resíduos dos óculos foi firmado tanto nas instâncias da diretoria da Escola de Engenharia da UFRGS quanto da coordenação do PGDesign/UFRGS, além do orientador da pesquisa.

MINISTÉRIO DA FAZENDA
SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL DO BRASIL

UA : 1015400 - PORTO ALEGRE

PROPOSTA DE DESTRUIÇÃO Nº: 1015400/0038/2011

DATA: 27/06/2011

Processo de Destruição 10588.000016/2011-83

Proponho a destruição das mercadorias, conforme descrição e justificativa apresentadas na relação anexa. Nos termos dos § 2º, 3º e 4º do artigo 30, combinado com o disposto no artigo 31, ambos da Portaria SRF nº 555/2002, o resíduo da destruição será encaminhado para o Sistema de Coleta Seletiva da Prefeitura Municipal.

Nº fls anexas : 2

Valor Total R\$: 118.367,04

Proponente :

JOSE HENRIQUE SALATTI SCHITZ

Autorizador :

ANTONIO CARLOS GISCHKOW VALDEZ

Antonio Carlos Gischkow Valdez
AFRFB - Matrícula nº 76.186
inspetor chefe/IRI/POA/RS

TERMO DE DESTRUIÇÃO

Informações da Comissão de Destruição.

Designação Portaria nº : 30 de 04/05/2007

Conferimos as mercadorias descritas nesta proposta e assistimos a sua destruição pelo que assinamos o presente termo.

REGIS FERNANDO ZIGUE - 263619490
Presidente

ROGERIO IGISK LOPES - 570460500
Membro

PETER ROCHOL - 487966890
Membro

Testemunhas (quando houver):

Informações Adicionais:

Proponho a destruição das mercadorias, conforme descrição e justificativa apresentadas na relação anexa. Nos termos dos § 2º, 3º e 4º do artigo 30, combinado com o disposto no artigo 31, ambos da Portaria SRF nº 555/2002, o resíduo da destruição será encaminhado para o Sistema de Coleta Seletiva da Prefeitura Municipal.

Anexo da Proposta / Termo de Destruição

U.A.: 1015400 - PORTO ALEGRE

Proposta de Destruição: 1015400/0038/2011 Data da proposta: 27/06/2011 Data da confirmação:

Autorizador: 173230530 ANTONIO CARLOS GISCHKOW VALDEZ

Proponente: 462546920 JOSE HENRIQUE SALATTI SCHITZ

Processo: 10588.000029/2011-52 Documento de Apreensão: GR 1015600/00003/2011

Depósito: 1 - IRF PORTO ALEGRE

Item	Qtde	Un. Med.	Mercadoria / Marca / Modelo / Série	Enquadramento	Valor
106	22.418,00	un	Óculos de sol, sem marca	Portaria MF nº 282/11, art. 2º, IV, "c"	118.367,04
Total do Processo:					118.367,04
Total da Proposta:					118.367,04

Enquadramento:
Portaria MF nº 282/11, artigo 2º, IV, "c"

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).