

N. CLASS.	M 670.1
CUTTER	R 375 h
ANO/EDIÇÃO	2014

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**MÜLLER FERNANDES FARIA MARTINS DOS REIS**

**RECICLAGEM DE POLÍMERO: análise de propriedades mecânicas e térmicas,  
comparativo entre poliamida 6 e poliamida 6 reciclada**

**Varginha**  
**2014**

**MÜLLER FERNANDES FARIA MARTINS DOS REIS**

**RECICLAGEM DE POLÍMERO: análise de propriedades mecânicas e térmicas,  
comparativo entre poliamida 6 e poliamida 6 reciclada**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel sob orientação do Prof. Me. Luiz Carlos Vieira Guedes.

**Varginha  
2014**

**MÜLLER FERNANDES FARIA MARTINS DOS REIS**

**RECICLAGEM DE POLÍMERO: análise de propriedades mecânicas e térmicas,  
comparativo entre poliamida 6 e poliamida 6 reciclada**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

**Aprovado em:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof. Hugo Rodrigues Vieira

---

Prof. Adilene Maria Soares Tirelli

**Dedico este trabalho a primeiramente a Deus e principalmente aos meus familiares e amigos que me apoiaram durante todos anos.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço principalmente aos Professores que no decorrer da graduação puderam transmitir o conteúdo adequado para que este trabalho se tornasse possível.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota”. Theodore Roosevelt

## RESUMO

O presente trabalho consiste em avaliar duas condições de uma resina de Poliamida 6 em específico, a primeira é a sua condição inicial de fornecimento, ou seja, sem nenhum tipo de processamento pós fabricação, a segunda será a avaliação do material inicial pós reciclagem por extrusão, utilizando as “sobras” do processo de injeção (galhos e borras). Serão avaliadas as propriedades mecânicas de resistência a tração, resistência a flexão, resistência ao impacto e temperatura de deflexão térmica, por meio de injeção de plaquetas de teste para retirada de corpos de prova. Irá demonstrar o processo de injeção responsável por injetar as plaquetas e o processo de extrusão, este por sua vez responsável por realizar a reciclagem do material. Comparativamente será exposto os resultados dos ensaios, bem como a importância de cada ensaio e seu procedimento padrão conforme Organização Internacional de Padronização (ISO) e Sociedade Americana para Testes e Materiais (ASTM).

**Palavra-chave:** Poliamida 6. Reutilização. Reciclagem. Análise de propriedades térmicas e mecânicas.

## **ABSTRACT**

*The present work is to evaluate two conditions of a polyamide 6 resin specifically, the first is their initial supply condition, ie, without any post processing manufacturing, the second is the evaluation of the initial material after recycling by extrusion , using the "leftovers" of the injection (branches and lees) process. The mechanical properties of tensile strength, flexural strength, impact resistance and heat deflection temperature will be evaluated by means of injection of platelet test for removal of specimens. It will demonstrate the injection process for injecting charge platelets and the extrusion process, this in turn responsible for carrying out the recycling of the material. Comparatively be exposed test results as well as the importance of each test and its standard procedure as International Organization for Standardization (ISO) and American Society for Testing and Materials (ASTM).*

**Keyword:** *Polyamide 6. Reuse. Recycling. Analysis of thermal and mechanical properties.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Produtos derivados de polímeros .....	13
Figura 02 – Exemplo de monômero e polímero .....	14
Figura 03 – Destilação do petróleo .....	14
Figura 04 – Polímeros provenientes da Nafta.....	15
Figura 05 – Cadeia PA6.....	16
Figura 06 – Máquina Injetora .....	18
Figura 07 – Extrusora esquemática.....	19
Figura 08 – Material granulado por extrusão .....	19
Figura 09 – Plaquetas de teste .....	21
Figura 10 – Esquematização de ensaio de resistência à flexão .....	22
Figura 11 – Tipos de corpos de prova para ensaio de tração.....	23
Figura 12 – Equipamento de tração .....	24
Figura 13 – Suporte de fixação para ensaio de impacto Charpy .....	25
Figura 14 – Equipamento de Impacto Charpy .....	26
Figura 15 – Condições de ensaio e aparatos necessários para HDT.....	28

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ASTM – Sociedade Americana para Testes e Materiais

FV – Fibra de Vidro

HDT – Temperatura de Deflexão Térmica

ISO – Organização Internacional para Padronização

MPa – Mega Pascal

PA 6 – Poliamida 6

PE – Polietileno

PB – Polibutadieno

PMMA – Poli (Metacrilato de Metila)

PP – Polipropileno

PS – Poliestireno

PU – Poliuretano

PVC – Poli (Cloro de Vinila)

SBR – Borracha sintética de estireno/butadieno

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01 – Vantagens e desvantagens da Poliamida .....	16
Tabela 02 – Especificação de dimensões de corpos de prova .....	25

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 RESINAS TERMOPLÁSTICAS: Polímeros .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Obtenção de polímeros .....</b>	<b>14</b>
<b>3 POLIAMIDA 6.....</b>	<b>16</b>
<b>4 PROCESSAMENTO.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Processamento por injeção plástica .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Processamento por extrusão .....</b>	<b>19</b>
<b>5 RECICLAGEM DE RESÍDUOS PERTINENTES A INJEÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>6 METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
<b>7 ENSAIOS.....</b>	<b>22</b>
<b>7.1 Resistência a flexão (ISO 178) .....</b>	<b>22</b>
<b>7.2 Resistência a tração na ruptura (ASTM D638) .....</b>	<b>23</b>
<b>7.3 Resistência ao impacto Charpy (ISO 179).....</b>	<b>24</b>
<b>7.4 Temperatura de deflexão térmica sob carga HDT (ISO 75).....</b>	<b>27</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há alguns anos o desenvolvimento sustentável é cada vez mais essencial para a humanidade, pois os recursos naturais irão se findar, para tanto medidas de eliminação de desperdícios em processos, bem como reutilização de matérias primas se tornam proeminentes. Desenvolver métodos e processos para reutilização de matéria prima e eliminação de desperdícios se tornaram indispensáveis pela sociedade e por órgãos ambientais. Aliando-se a uma forma de processamento mais rentável e sustentável os órgãos certificadores ambientais se focam nas premissas citadas acima.

Com a crescente demanda de produtos em resinas termoplásticas e o elevado preço das resinas, lembrando que a cada dia que passa a tecnologia empregada tanto na formulação quanto no processo de produção se torna mais avançado e sustentável e conseqüentemente com menos desperdícios.

Atualmente grandes partes dos produtos que adquirimos são feitos de polímeros e a tendência é que estes itens aumentem com a substituição de materiais como ferro, aço e ligas leve de alumínio por algumas resinas de alta tecnologia e alta resistência com um menor peso em relação ao material metálico.

Uma das novidades que estarão disponíveis em breve será a substituições de liga metálica para compostos poliméricos reforçados de alta tecnologia na produção de rodas automotivas, em uma parceria entre as petroquímicas Sabic e Kringlan Composites (AUTODATA, 2014).

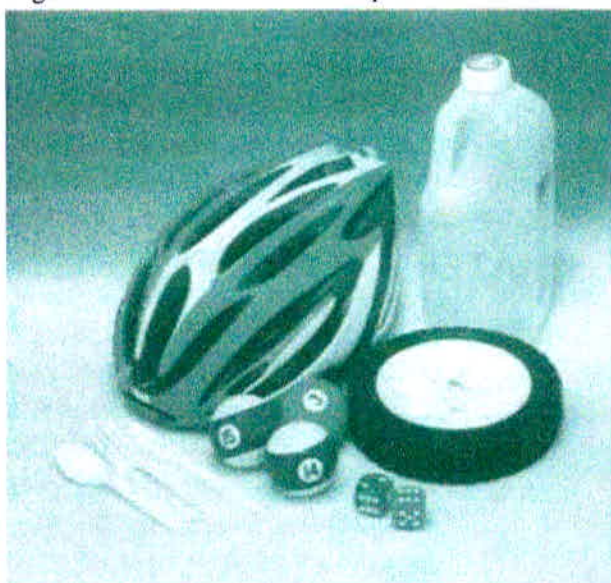
Pela tecnologia empregada em cada resina termoplástica se cobra caro, mas como se trata de um material totalmente reciclável, este trabalho irá demonstrar quais as reais perdas de propriedades mecânicas e térmicas, visando à destinação correta da resina, bem como uma demonstração dos processos de extrusão e injeção.

## 2 RESINAS TERMOPLÁSTICAS: Polímeros

A palavra Polímero deriva da palavra grega *Polymer* (“*poly* + *mer*”, muitas partes), ela foi criada por Berzelius em 1832 para denominar compostos de pesos moleculares múltiplos. Basicamente são compostos químicos de alto peso molecular e cadeia de grande extensão, constituídos por macromoléculas. (MANO; MENDES, 1999)

Os polímeros podem ser utilizados para fabricação de diversos produtos de variadas geometrias, como embalagens, capacetes entre outros mostrados na figura 01.

Figura 01: Produtos derivados de polímeros



Fonte: (CALLISTER JUNIOR, 2008)

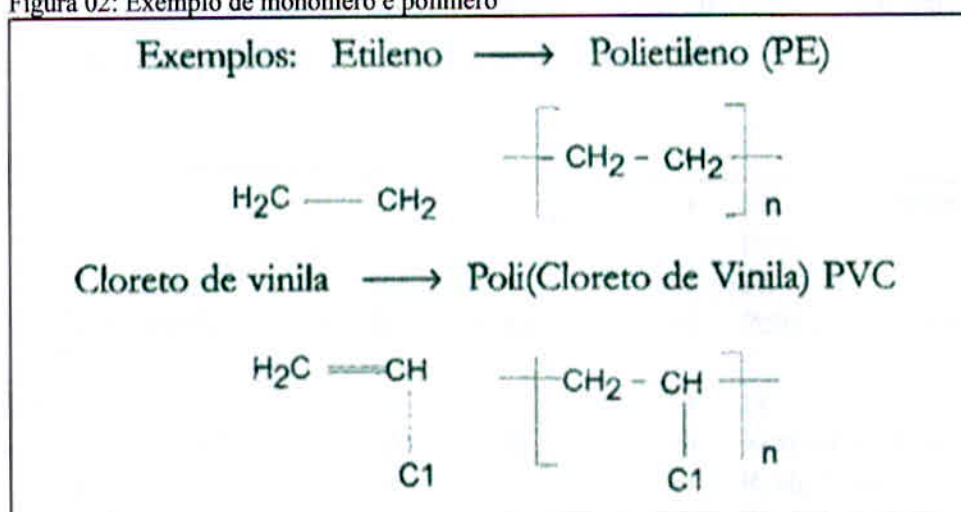
Os polímeros podem ser classificados em termoplásticos e termofixos, para o estudo será utilizado apenas o termoplástico, devido a sua capacidade de se reciclar. Já no caso do termofixo o mesmo só pode ser processado uma vez, a exemplo temos o Baquelite utilizado em cabos de panelas devido sua propriedade de não se amolecer com a temperatura.

A denominação plástico é derivada da palavra *plastikós* que vem do grego e passado para o latim temos *plasticu* que significa: “que pode ser moldado” (CENNE, 2010).

Os plásticos são constituídos por monômeros (mono: um, mero: parte), que são a base de um polímero, que nada mais é que a repetição de vários monômeros ligados entre si por ligações covalentes (CANEVAROLO JUNIOR, 2002).

Na figura 02 temos o exemplo de monômeros e polímeros, onde etileno e cloreto de vinila são os monômeros formadores de Polietileno (PE) e Poli Cloreto de Vinila (PVC) respectivamente.

Figura 02: Exemplo de monômero e polímero



Fonte: (CANEVAROLO JUNIOR, 2002)

Segundo Mano e Mendes (1999), o termo resina pode ser designado para polímeros sintéticos, pois possuem comportamento similar as resinas orgânicas retiradas de árvores que inicialmente receberam este nome quando aquecidas.

## 2.1 Obtenção de polímeros

Existem três tipos matérias-primas para a obtenção dos polímeros, são eles: petróleo, hulha ou carvão mineral e produtos orgânicos como a celulose. Em geral a matéria prima mais utilizada é o petróleo, que por destilação fracionada obtemos a nafta.

Figura 03: Destilação do petróleo



Fonte: (CANEVAROLO JUNIOR, 2002)

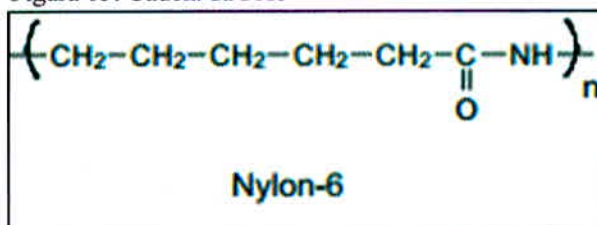
A Nafta é submetida a um processo térmico chamado de craqueamento apropriado (pirólise a 800°C e catálise), gerando frações gasosas saturadas e insaturadas. Por meio das frações insaturadas obtemos: etileno, butadieno, propileno, buteno, isobutileno, entre outros (CANEVAROLO JUNIOR, 2002).

### 3 POLIAMIDA 6

Historicamente o processo de condensação para obtenção da Poliamida foi desenvolvido pelo químico norte americano Wallace H. Carothers (1896-1937) na empresa Du Pont em 1929. Devido a morte prematura de Carothers, o mesmo não pode apreciar o sucesso deste novo polímero que foi introduzido na produção de meias femininas em substituição da seda natural, se tornando um sucesso total a partir de 1938 (CANEVAROLO JUNIOR, 2002).

A Poliamida ou Nylon é considerada termoplástica de engenharia pela sua alta resistência mecânica e estabilidade dimensional, tornando-se ideal para a injeção de peças técnicas que exigem tais características. A alta resistência mecânica deve-se ao tipo de ligação que é por ponte de hidrogênio, porém este tipo de ligação propicia absorção de água (material higroscópico) que não é benéfica para processamento (CANEVAROLO JUNIOR, 2002).

Figura 05: Cadeia da PA6



Fonte: Revista de la Sociedad Química del Perú, 2012

Segundo Weibeck e Harada (2005), a PA possui vantagens e desvantagens conforme tabela 01.

Tabela 01: Vantagens e desvantagens da Poliamida

Vantagens	Desvantagens
Dispensa usinagem e rebarbação	Limite na temperatura de trabalho
São mais leves	Baixa resistência a ácidos inorgânicos (nitríco, clorídrico, sulfúrico, etc.)
Alta resistência à fadiga	Baixa resistência a álcoois aromáticos (álcool benzílico, fenóis, cresóis, etc.)
Boa resistência ao impacto	
Alta temperatura de fusão	
Baixo coeficiente de atrito	
Resistência a intempéries	
Ótimas propriedades mecânicas	
São recicláveis	

Fonte: (WEIBECK; HARADA, 2005)



Dentre as várias aplicações do material podemos destacar na indústria automotiva as seguintes aplicações: suportes de farol, suporte de fixação de para-choques na carroceria, torres de fixação de componentes, componentes de motores, maçanetas, puxadores, componentes de fechaduras, entre outros.

Dois dos componentes de motores que recentemente passaram a ser injetados em substituição ao metal são os coletores de admissão e tampas de válvulas, com essa substituição possibilitou produzir peças mais leves e com baixo índice de rugosidade, assim melhorando a propagação dos gases provenientes dos motores, bem como um processo de produção mais simples e barato, pois não necessitam de processo de usinagem que era utilizado para o componente em metal (WEIBECK; HARADA, 2005).

Na indústria de componentes não automotivos ela é usada para produzir cabelos artificiais de bonecas, perucas, têxtil, carpetes, carrinhos de supermercados, plugues, conectores, entre outros.

Para avaliação será utilizado a PA6 reforçada, onde a mesma contém cargas de fibra de vidro (FV) na ordem de 30%, este tipo de carga adiciona ao material mais resistência mecânica.

## 4 PROCESSAMENTO

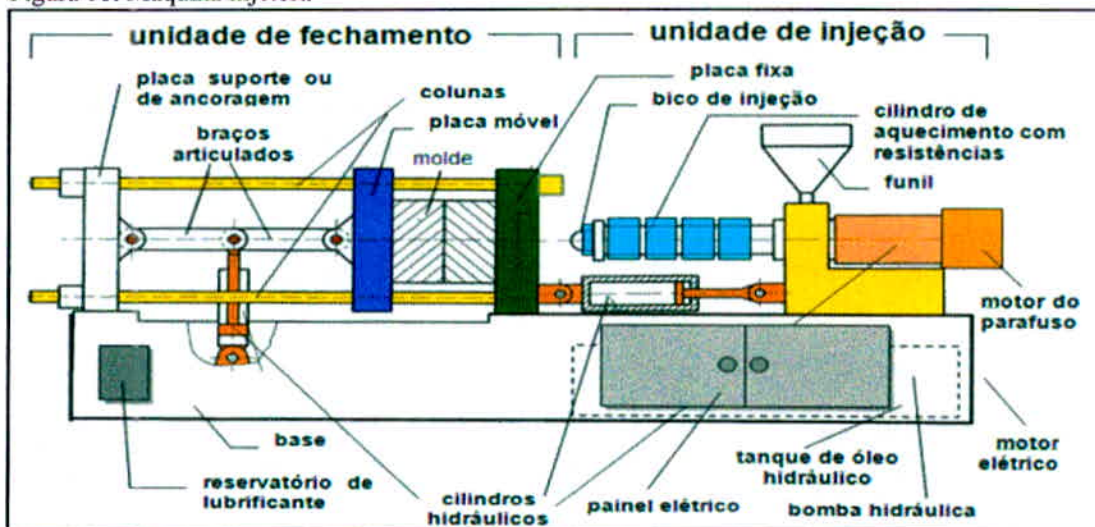
### 4.1 Processamento por injeção plástica

No processamento por injeção, o polímero está em formato de grânulos onde o mesmo é fundido no cilindro da injetora de plástico (figura 06), assim se tornando viscoso e injetado na cavidade do molde por meio de um pistão hidráulico. O processamento por injeção representa cerca de 60% da produção de peças plásticas, sendo capaz de produzir peças de até 20kg (HARADA, 2004).

A fabricação de produtos por injeção plástica é um processo cíclico que por sua vez pode moldar materiais termofixos e termoplásticos. Basicamente possui três fases dentro de um ciclo de injeção, são elas:

- Plastificação:** procedimento de transformar o material em grânulos em material viscoso e capaz de ser injetado no molde, essa transformação é feita por meio do cilindro aquecido por resistências e por uma rosca sem fim.
- Preenchimento da cavidade do molde, pressão e recalque:** esta fase é responsável por comprimir o material dentro da cavidade do molde, assim copiando o formato da matriz. O recalque é responsável por compactar o material para que o produto possua a densidade ideal para garantir suas características físicas pós moldagem.
- Resfriamento:** Esta etapa é responsável por resfriar o produto ainda dentro do molde para garantir que não teremos material no estado viscoso quando a peça for extraída do molde, pois se o produto não estiver devidamente resfriado a peça será deformada na extração.

Figura 06: Máquina Injetora

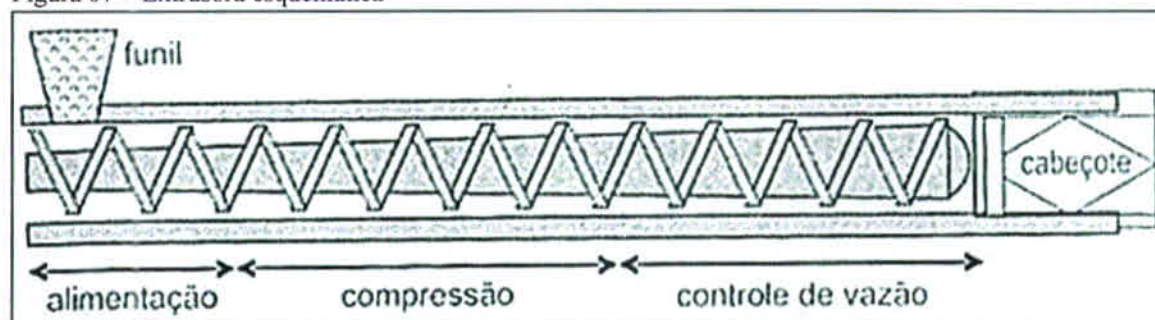


Fonte: (RIBEIRO, 2009)

## 4.2 Processamento por extrusão

Este processo é necessário para a reutilização do material proposto em questão, pois para que seja processado novamente o material precisa estar o mais homogêneo possível e em forma de grânulos, para tanto se utiliza uma extrusora (figura 07).

Figura 07 – Extrusora esquemática



Fonte: (MANRICH, 2005)

O processo de extrusão consiste em transportar material que no caso está moído com o uso de um parafuso sem fim por uma câmara aquecida por resistências elétricas, porém o maior gerador de calor é o atrito entre o material e as paredes da câmara. Após a passagem pela câmara o material plastificado passa por um cabeçote, este responsável por definir a forma do material de “macarrão”. Na sequência de processamento o “macarrão” passa por uma banheira com água para que se torne rígido e possibilite o corte no fim da linha de produção, gerando o material granulado mostrado na figura abaixo.

Figura 08 – Material granulado por extrusão



Fonte: O autor

## 5 RECICLAGEM DE RESÍDUOS PERTINENTES A INJEÇÃO

Segundo Spinace e Paoli (2005), em 1996 a reciclagem de polímeros no Brasil crescia a uma taxa de 15% ao ano, já em 2000 esses índices subiram para 17,5%. Nas Regiões da Grande São Paulo, Bahia, Ceará, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul apresentaram as maiores taxas encontradas na pesquisa da Plastivida, registrando 26,7% ao ano.

O polipropileno (PP) e o polietileno (PE) são os polímeros mais reciclados pelas as empresas de reaproveitamento e reciclagem.

Para que se possa reutilizar as borras de injeção, canais e galhos que são produzidos no processo de moldagem por injeção plástica, devemos separar todo tipo de contaminação, desde óleo a qualquer corpo estranho que possa estar em meio ao material que será reutilizado, sempre levando em conta o tipo de material.

Após a separação o material é moído por moinhos adequados para tanto, nesta fase é extremamente importante a retirada de possíveis contaminações ferrosas, assim após o material moído o mesmo passa por uma peneira molecular que nada mais é que barra de ímãs naturais ou artificiais.

Já com o material moído é necessário que o material passe pelo processo de extrusão mencionado no tópico anterior, isto garante que o material estará homogêneo e sem o pó gerado na moagem, este é prejudicial no processamento na injetora.

Para a utilização do material reciclado devemos tomar algumas ações para que possamos processá-lo, este material deve utilizar temperatura de massa menor do que a utilizada na resina inicial, a estufagem que é o processo para a retirada de umidade deve ser rigorosamente cumprida, respeitando a temperatura e o tempo indicado pelo fornecedor.

## 6 METODOLOGIA

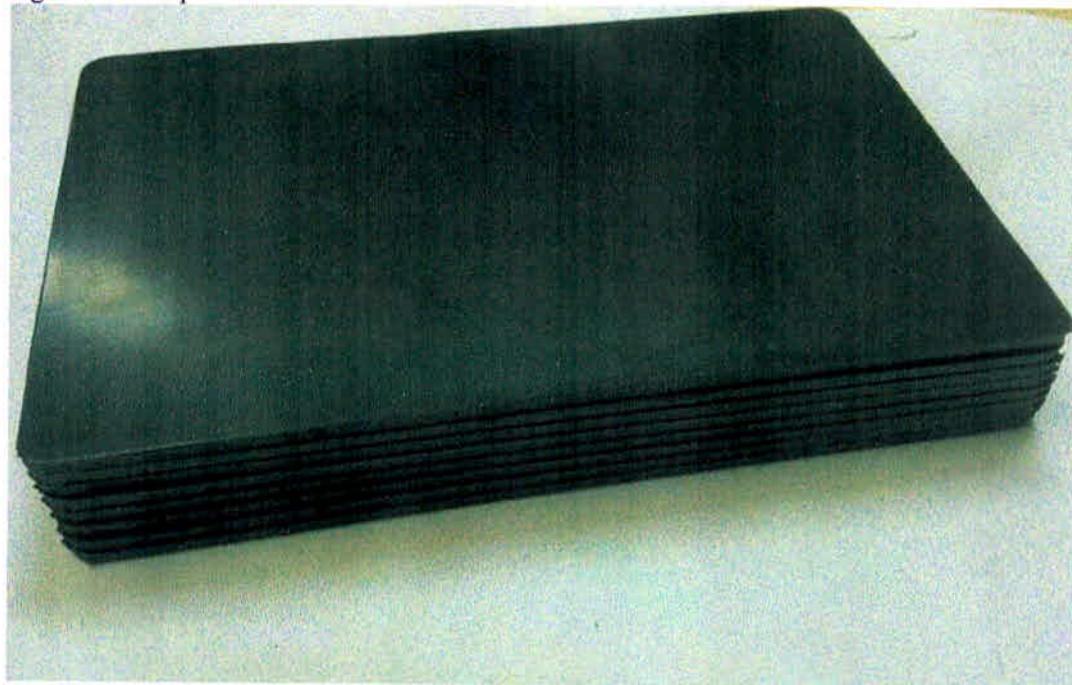
Para o estudo será utilizado a PA6 reforçada com 30% de FV em grânulos nunca processados, que é considerado um material 100% virgem e o material proveniente de perdas de processo de injeção que foram moídos e passaram pelo processo de extrusão, este material é considerado 100% reciclado.

Comparativamente serão analisadas as principais características mecânicas e térmicas dos dois tipos de material, são elas:

- a) Resistência à flexão, conforme ISO 178;
- b) Resistência a tração na ruptura, conforme ASTM D638;
- c) Resistência ao impacto Charpy, conforme ISO 179;
- d) Temperatura de deflexão térmica sob carga, conforme ISO 751.

A retirada dos corpos de prova para realização dos ensaios será feita por meio de injeção de plaquetas de teste (figura 09), primeiramente com o material 100% virgem e posteriormente com as borras e canais gerados pela injeção das plaquetas serão moídos e extrusados para que se possam injetar as plaquetas de teste com o material 100% reciclado, assim possibilitando a retirada dos corpos de prova de acordo com as normas.

Figura 09 – Plaquetas de teste



Fonte: O autor

## 7 ENSAIOS

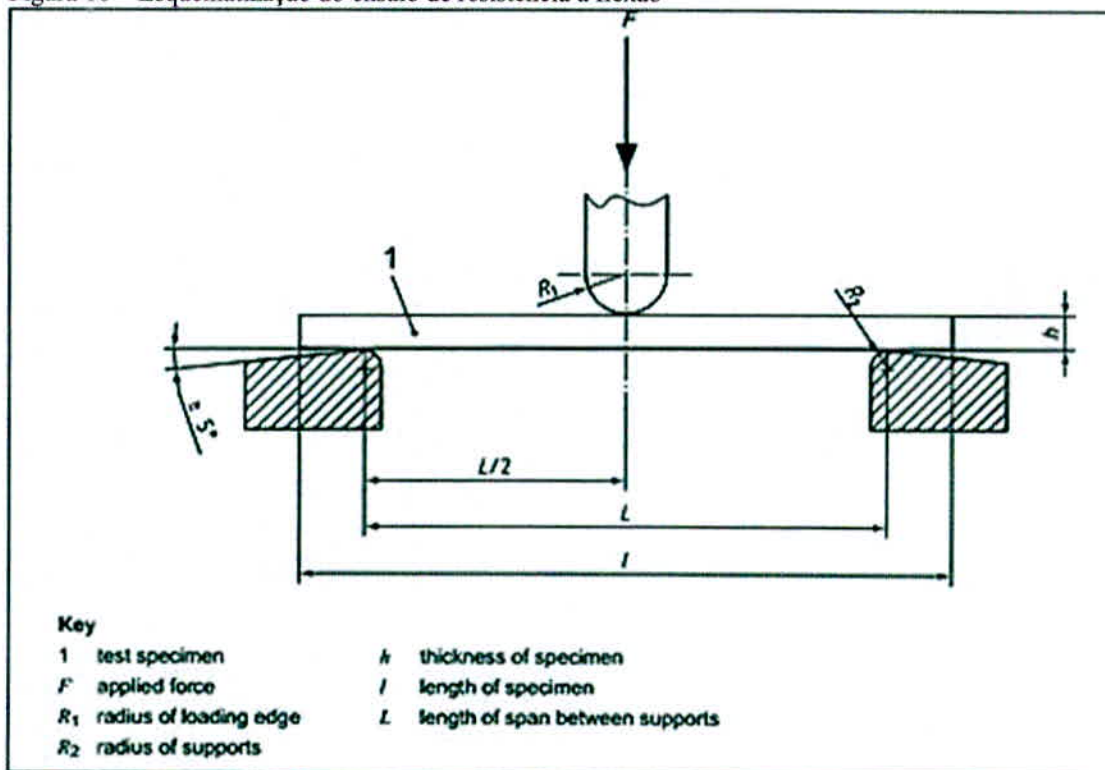
### 7.1 Resistência a flexão (ISO 178)

A norma padrão ISO 178 especifica um método para quantificarmos a propriedade de flexão para plásticos rígidos e semi-rígidos em condições definidas. O ensaio foi realizado retirando 10 corpos de prova das plaquetas de teste nas duas condições, 100% virgem e 100% reciclado.

O ensaio consiste em posicionar o corpo de prova retangular em dois apoios nas extremidades do mesmo, após com o auxílio do equipamento de tração em sentido contrario ao usual é inserido a carga no centro do corpo de prova a uma velocidade constante de 5 mm/min. O valor obtido tem como base a tensão utilizada para romper o corpo de prova, portanto é dada em Mega Pascal MPa.

A figura abaixo demonstra as condições para realização do ensaio.

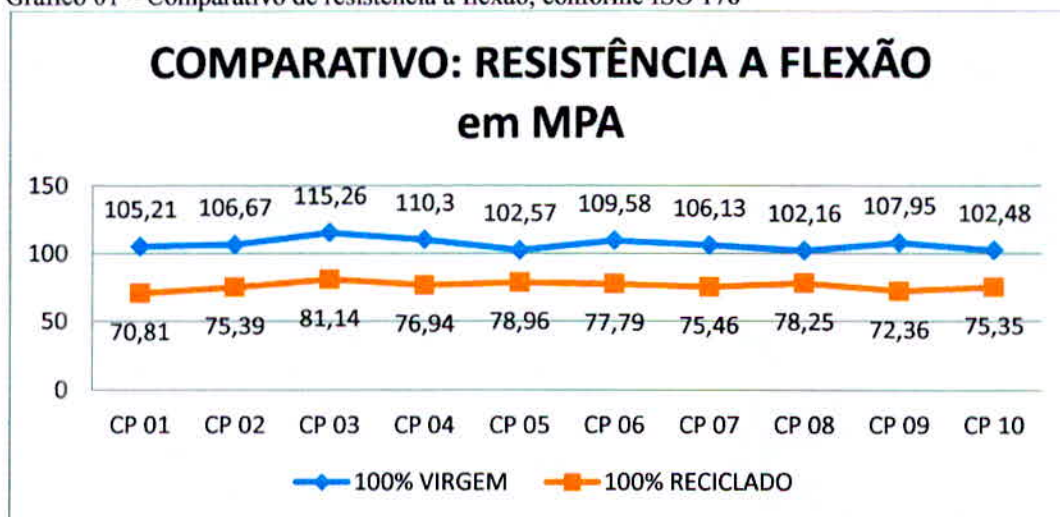
Figura 10 – Esquemática do ensaio de resistência a flexão



Fonte: (ISO 178, 2010)

Com base nos resultados obtidos no ensaio, segue abaixo o gráfico comparativo.

Gráfico 01 – Comparativo de resistência à flexão, conforme ISO 178



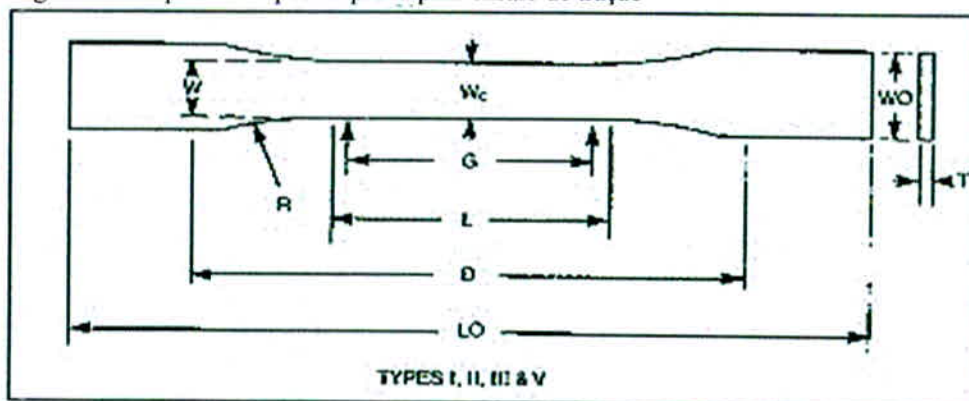
Fonte: O autor

O ensaio de flexão com o material 100% reciclado apresentou uma queda de propriedade de 28,6% em relação ao material 100% virgem. Esta diminuição considerável de propriedade irá interferir em produtos que exijam tal qualidade.

## 7.2 Resistência a tração na ruptura (ASTM D638)

O ensaio de resistência à tração utilizado é padronizado de acordo com ASTM D638, onde determina as dimensões dos corpos de prova, bem como o método para realização.

Figura 11 – Tipos de corpos de prova para ensaio de tração



Fonte: (ASTM D638, 2010)

O ensaio consiste basicamente em posicionar o corpo de prova tipo “gravata” no equipamento de tração e aciona-lo há uma velocidade constante de 5 mm/min. até a ruptura do corpo de prova.

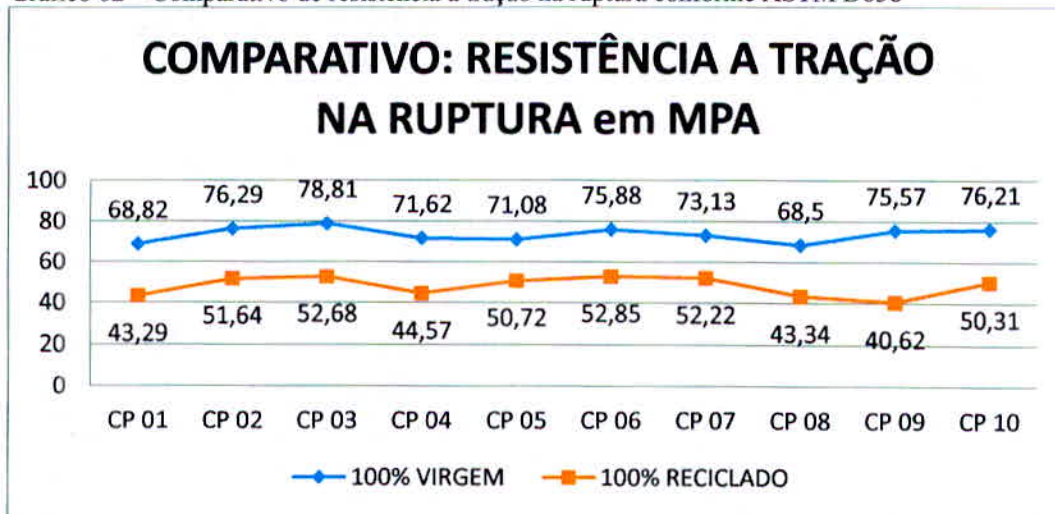
Figura 12 – Equipamento de tração



Fonte: O autor

No gráfico 02 estão os resultados obtidos por meio de ensaio em 10 corpos de prova de cada material para avaliação.

Gráfico 02 – Comparativo de resistência a tração na ruptura conforme ASTM D638



Fonte: O autor

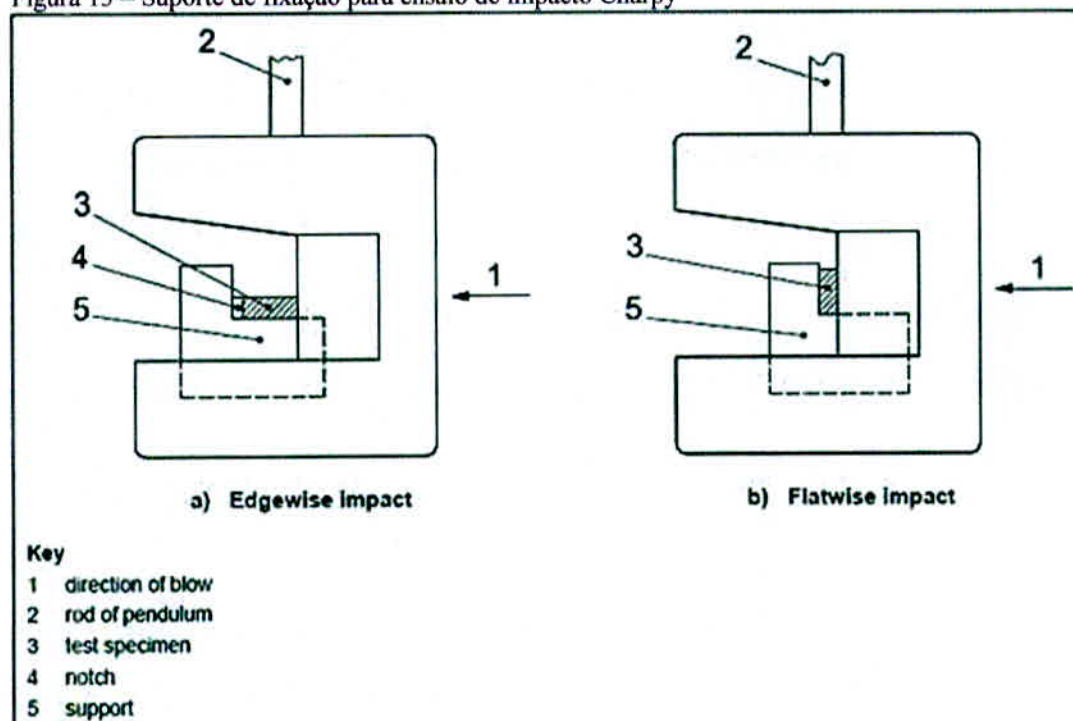
Com base nos dados obtidos pode-se comprovar que o processo de reciclagem da PA6 em questão interfere diretamente na propriedade de tração, ocasionando uma perda significativa de aproximadamente 34,5% em relação ao material 100% virgem.



### 7.3 Resistência ao impacto Charpy (ISO 179)

Este ensaio é utilizado para determinação de resistência ao impacto de materiais plásticos que é normatizada pela ISO 179. Por meio deste ensaio determinamos a força máxima de impacto que o material resiste.

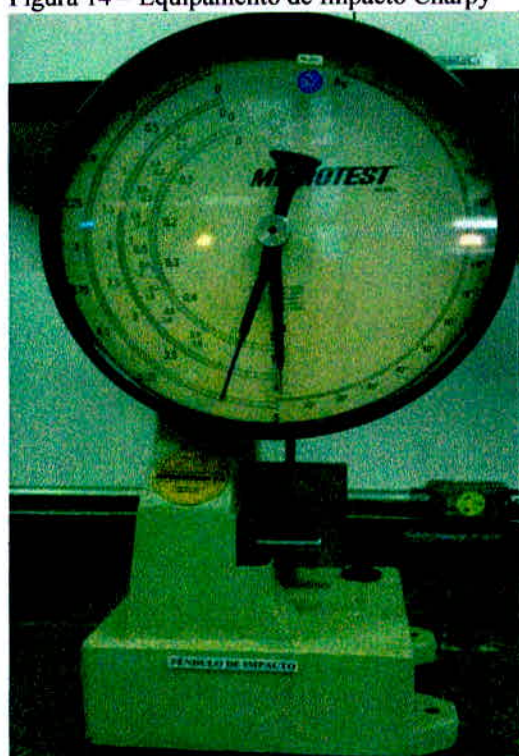
Figura 13 – Suporte de fixação para ensaio de impacto Charpy



Fonte: (ISO 179, 2010)

Para a realização do ensaio é utilizado o equipamento específico (figura 14) para realização do ensaio. Com o corpo de prova posicionado no suporte é solto o pêndulo em direção ao corpo, assim gerando o impacto que por sua vez é dado em quilo joules por metro quadrado  $Kj/m^2$ .

Figura 14 – Equipamento de Impacto Charpy



Fonte: O autor

No gráfico 03 temos os resultados obtidos com a utilização de 10 corpos de prova de cada material de tipo 01 conforme tabela 02.

Tabela 02 – Especificação de dimensões de corpos de prova

Specimen type	Dimensions in millimetres			
	Length <sup>a</sup> <i>l</i>	Width <sup>a</sup> <i>b</i>	Thickness <sup>a</sup> <i>h</i>	Span <i>L</i>
1	80 ± 2	10,0 ± 0,2	4,0 ± 0,2	62 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,0</sub>
2 <sup>b</sup>	25 <i>h</i>	10 or 15 <sup>c</sup>	3 <sup>d</sup>	20 <i>h</i>
3 <sup>b</sup>	11 <i>h</i> or 13 <i>h</i>			6 <i>h</i> or 8 <i>h</i>

<sup>a</sup> The specimen dimensions (thickness, *h*, width, *b*, and length, *l*) are defined by  $h < b < l$ .

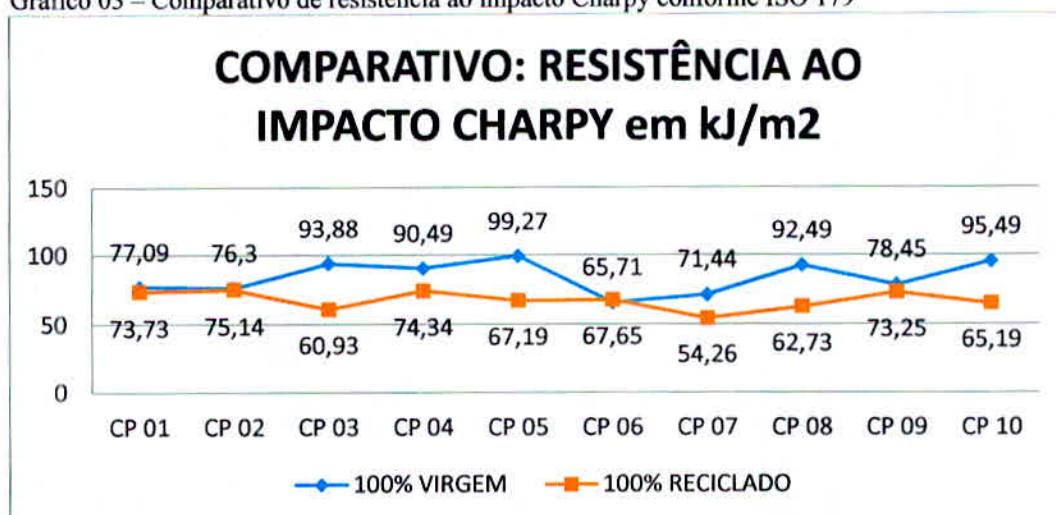
<sup>b</sup> Specimen types 2 and 3 shall be used only for materials described in 6.3.2.

<sup>c</sup> 10 mm for materials reinforced with a fine structure, 15 mm for those with a large stitch structure (see 6.3.2.2).

<sup>d</sup> Preferred thickness. If the specimen is cut from a sheet or a piece, *h* shall be equal to the thickness of the sheet or piece, up to 10,2 mm (see 6.3.1.2)

Fonte: (ISO 179, 2010)

Gráfico 03 – Comparativo de resistência ao impacto Charpy conforme ISO 179



Fonte: O autor

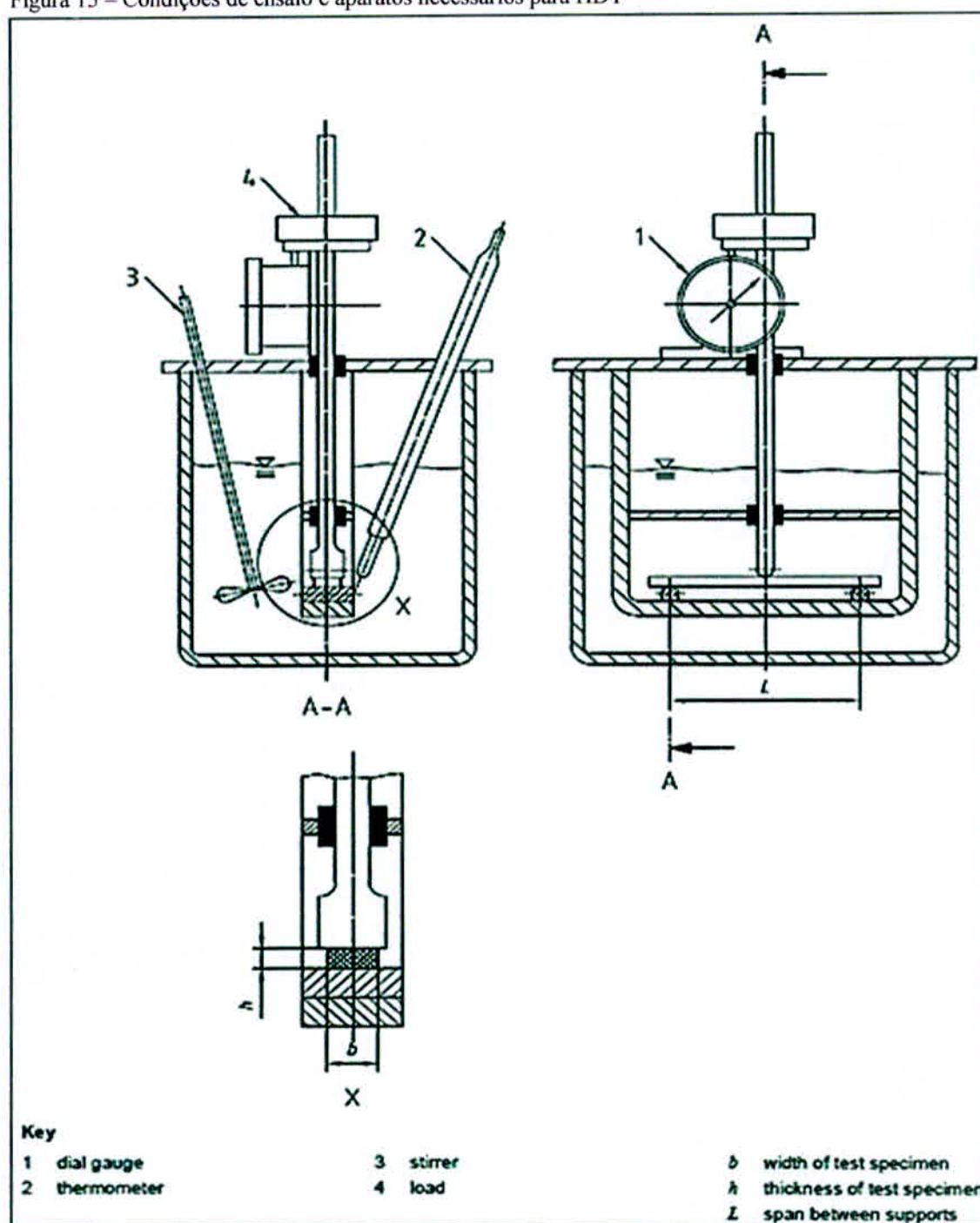
Neste ensaio as perdas do material reciclado foram de 19,7%, sendo que para termos de utilização não é tão impactante, desde que seja empregada em produtos que não recebam fortes impactos.

#### 7.4 Temperatura de deflexão térmica sob carga HDT (ISO 751)

Este método de ensaio tem como objetivo definir a temperatura que o material resiste sob influência de uma carga em ambiente controlado no interior do equipamento (figura 15).

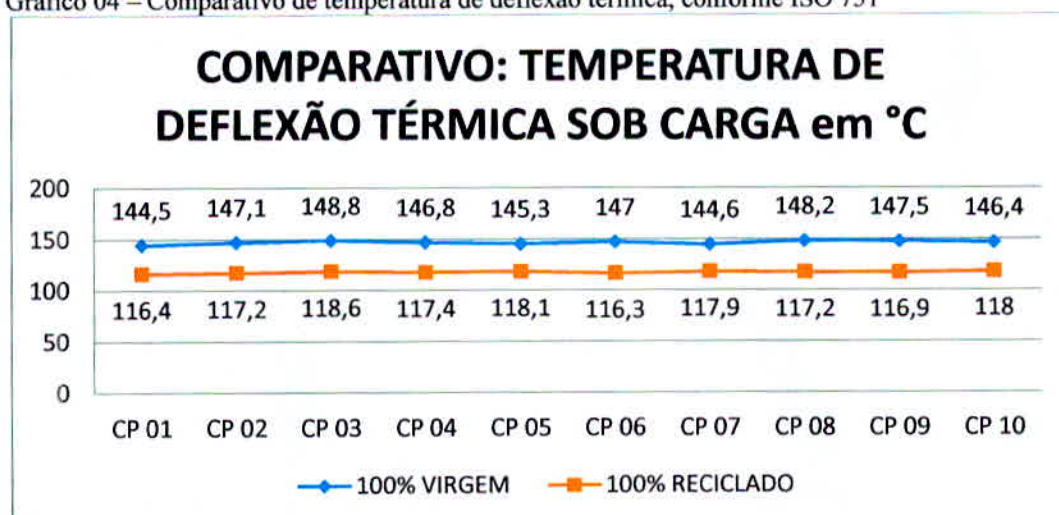
O ensaio consiste em imergir o corpo de prova em óleo de silicone e perpendicularmente é colocada uma carga de 1,8 Mpa, o óleo é aquecido a uma taxa de 120°C/Hora. A temperatura é definida quando o corpo de prova se deforma e sua parte inferior desloca-se 1mm.

Figura 15 – Condições de ensaio e aparatos necessários para HDT



Fonte: (ISO 751, 2004)

Gráfico 04 – Comparativo de temperatura de deflexão térmica, conforme ISO 751



Fonte: O autor

As perdas de propriedades térmicas de acordo com o gráfico 04 foram representativas demonstrando que as propriedades térmicas são afetadas pelo processo de reciclagem. Ocorreu uma perda de cerca 19,9% sendo que este atributo é relativamente considerado para produtos que sofrem aquecimento devido a componentes que geram calor na proximidade ou até mesmo incidência de luz solar, porém neste caso não sendo significativa, pois a luz solar não atingirá a temperatura de HDT.

## 8 CONCLUSÃO

O processo de reciclagem por extrusão da resina PA6 reforçada com 30% de FV, se mostrou prejudicial às principais propriedades mecânicas e térmicas, porém as condições de processo são bastante similares para a moldagem por injeção. Se analisadas num todo, em média as perdas giraram em torno de 25,6%, sendo assim o material pode ser utilizado em aplicações de menor exigência mecânica e térmica, ou seja, pode ser reaproveitado sem nenhuma restrição, desde que se defina uma aplicação ideal.

Os resultados obtidos se aplicam exclusivamente a PA6 estudada, pois cada material tem sua reologia e comportamento específico mesmo quando analisados materiais de uma mesma família.

Vale ressaltar os ganhos que podemos obter quando reciclamos materiais poliméricos, sendo que em sua grande parte tem como objetivo melhorar o aproveitamento e eliminar desperdícios e colabora para um desenvolvimento sustentável e diminuição de poluição causada pelo descarte em locais inadequados.

## REFERÊNCIAS

- AUTO DATA. **Rodas de plástico estão perto de estrear no mercado mundial.** 2014. Disponível em: <<http://www.noticiasautomotivas.com.br/rodas-de-plastico-estao-perto-de-estrear-no-mercado-mundial/>>. Acesso em: 10 mar. 2014.
- CALLISTER JUNIOR, W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução.** 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- CANEVAROLO JR, S. V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros.** São Paulo: Artliber, 2002.
- CENNE. Processamento por Injeção. 2010. Disponível em: <<http://www.cenne.com.br>>. Acesso em: 05 mar. 2014.
- ELGEGREN, M.; TIRAVANTI, G. J.; ORTIZ, B. A.; OTERO, M. E.; WAGNER, F.; CERRÓN, D. A.; NAKAMATSU, J. Reciclaje químico de desechos plásticos. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v. 78, n. 2, p. 105-119, 2012.
- HARADA, Júlio. **Moldes para Injeção de Termoplásticos: Projetos e Princípios Básicos.** São Paulo: Artliber, 2004
- MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros.** 2.ed. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 1999.
- MANRICH, S. **Processamento de Termoplásticos: Rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes.** 2.ed. São Paulo: Artliber, 2005.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA PADRONIZAÇÃO. **ISO 751: Plásticos – Determinação da temperatura de deflexão.** 2.ed. Suíça, 2004.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA PADRONIZAÇÃO. **ISO 178: Plásticos – Determinação das propriedades de resistência à flexão.** 5.ed. Suíça, 2010.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA PADRONIZAÇÃO. **ISO 179: Plásticos – Determinação das propriedades de impacto Charpy.** 2.ed. Suíça, 2010.
- RIBEIRO, Leandro. **Evolução Tecnológica e Automação das Máquinas Injetoras.** São Paulo: Centro Paula Souza, 2009.
- SOCIEDADE AMERICANA PARA TESTES E MATERIAIS. **ASTM D638: Método padrão para propriedades de tração de plásticos.** 10.ed. Estados Unidos, 2010.
- SPINACÉ, M. A. da S.; PAOLI, M. A. Tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química nova**, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.
- WIEBECK, H.; HARADA, J. **Plásticos de engenharia: tecnologias e aplicações.** São Paulo: Artliber, 2005.