

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Pedro Henrique Ribeiro Santos

**O COMPORTAMENTO MECÂNICO DO PBT
INJETADO COM MATERIA PRIMA UMIDA**

TAUBATÉ – SP

2017

Pedro Henrique Ribeiro Santos

**O COMPORTAMENTO MECÂNICO DO PBT
INJETADO COM MATERIA PRIMA ÚMIDA.**

Trabalho de graduação apresentada
como requisito parcial para obtenção do título
de Engenharia Mecânica do departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade de
Taubaté,
Professor Orientador: Prof. MScVair Alves dos
Santos

TAUBATÉ – SP

2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

S237c Santos, Pedro Henrique Ribeiro
O comportamento mecânico do PBT injetado com
matéria prima úmida. / Pedro Henrique Ribeiro Santos. -
2017.
32f. : il; 30 cm.
Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica e Elétrica, 2017
Orientador: Prof. Me Ivair Alves dos Santos,
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.
1. Polímero. 2. Termoplástico. 3. PBT. I. Título.

PEDRO HENRIQUE RIBEIRO SANTOS

**O COMPORTAMENTO MECÂNICO DO PBT INJETADO COM MATERIA
PRIMA ÚMIDA**

Trabalho de graduação apresentada
como requisito parcial para obtenção do título
de Engenharia Mecânica do departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade de
Taubaté.

Data: 01-12-2017

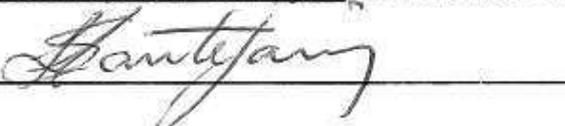
Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA:

Prof. MSc. Ivair Alves dos Santos Universidade de Taubaté - UNITAU

Assinatura 

Prof. MSc. Fabio Henrique F. Santejani Universidade de Taubaté - UNITAU

Assinatura 

“No meio da dificuldade encontra-se as
oportunidades.”

Albert Einstein

Resumo

Atualmente, o processo de injeção plástica se tornou o mais importante método de transformação dos polímeros termoplásticos em sua fase final, ou seja, produto acabado. A utilização dos termoplásticos em projetos de Engenharia vem aumentando cada vez mais devido suas vantagens operacionais e financeiras. O presente trabalho tem como objetivo abordar as consequências no processo de injeção plástica quando a matéria prima PBT (Polibutileno tereftalato), termoplástico amplamente utilizado nas indústrias automotivas, estiver úmida. Essa umidade faz com que o material perca suas propriedades mecânicas quais ela são, prejudicando em seu funcionamento. Foi utilizada uma análise baseada em pesquisas bibliográficas e em peça injetada com material nas condições do qual mencionado. Os resultados obtidos demonstraram o que era previsto e que a forma de se sanar esse problema de umidade é adicionando um secador para retirar a umidade presente no material e deixar o processo eficaz, ou então, controlar o armazenamento desses itens em ambientes com umidade do ar controlada, com embalagens impermeáveis e impor um tempo de utilização das sacas após aberta.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 POLÍMERO	8
2.1.1 ESTRUTURA DO ESTADO SÓLIDO DE POLÍMERO	8
2.1.2 CRISTALINIDADE EM POLÍMEROS	12
2.1.3 COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS POLÍMEROS	13
2.2 POLIBUTILENO TEREFTALATO.....	16
2.2.1 TERMOPLÁSTICOS DE ENGENHARIA.....	16
2.2.2 OBTENÇÃO DO PBT	18
2.2.3 ESTRUTURA E PROPRIEDADES.....	20
2.2.4 DEGRADAÇÃO EM POLIÉSTERES.....	20
2.2.5 PROCESSAMENTO.....	22
2.2.6 SECAGEM	22
3. METODOLOGIA.....	25
4.RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.CONCLUSÃO.....	29
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	30

1 INTRODUÇÃO

Os termoplásticos de engenharia têm ganhado cada vez mais espaço em aplicações envolvendo a substituição de componentes que tradicionalmente utilizam materiais metálicos.

No geral, quando comparado aos termoplásticos convencionais, os de engenharia apresentam: módulo de elasticidade elevado mesmo a temperaturas relativamente altas, balanço das propriedades mecânicas clássicas como tenacidade, resistências a tração e flexão, boa estabilidade dimensional a alta temperatura por longos períodos de tempo, resistência química considerável a reagentes e solventes. Todavia, é comum encontrar, para esta classe de termoplásticos, temperatura de distorção térmica acima de 100°C a 0,46 MPa, módulo de elasticidade superior a 20.000 kgf/cm² e resistência à tração acima de 500 kgf/cm². As propriedades mecânicas dos termoplásticos de engenharia costumam ser 5 ou mais vezes superiores em relação aos polímeros commodities (WIEBECK, HARADA, 2005).

Em termos gerais, o PBT apresenta T_g entre 22 e 42°C, T_m de 224°C (BRYDSON, 1999). Suas propriedades são bastantes satisfatórias destacando-se a boa processabilidade, alto módulo de elasticidade aliado com tenacidade e dureza, boa resistência ao impacto sobre baixas temperaturas, boa resistência química e elétrica, baixa absorção de umidade, baixo coeficiente de dilatação térmica, resistência ao *stress cracking* e brilho (DOMININGHAUS, 1993).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLÍMERO

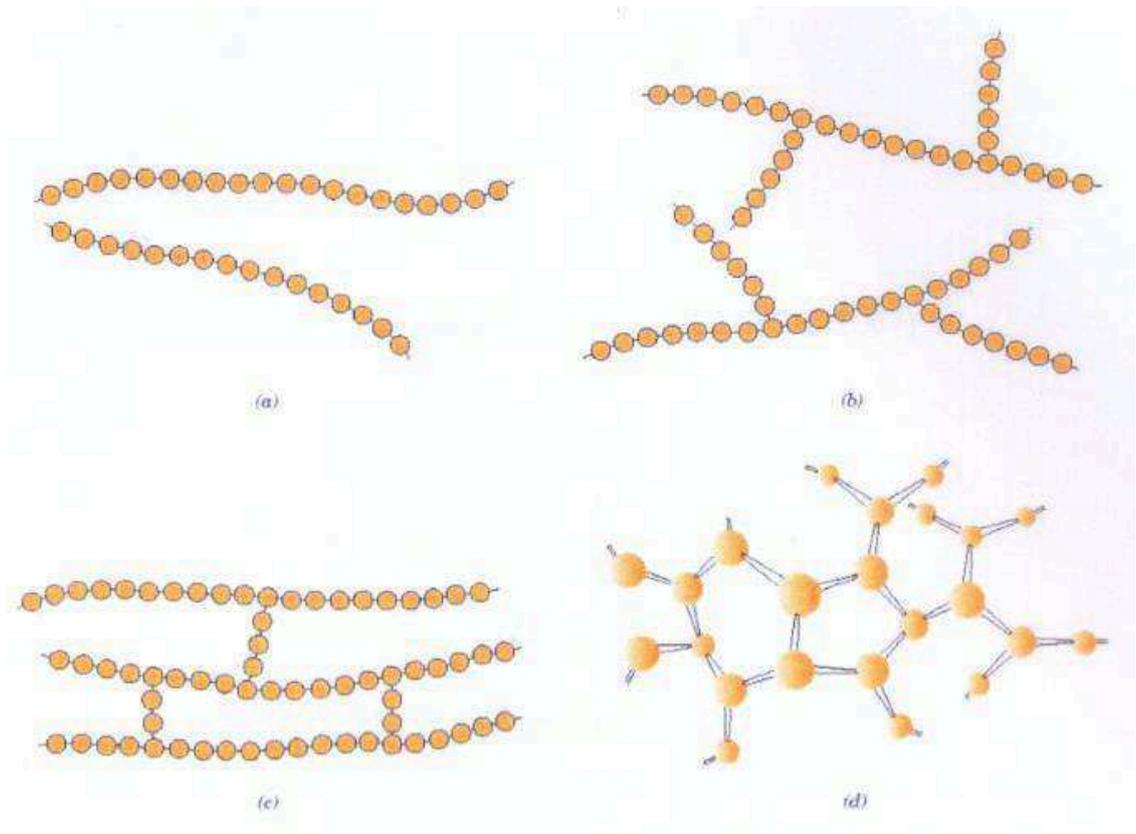
Os polímeros são uma macromolécula composta pela repetição de diversas unidades de baixo peso moléculas no qual são conhecidas como meros. O termo polímero vem da junção de duas palavras gregas: poli (muitos) mero (unidade repetitiva). Os meros são ligados na cadeia principal através de ligações químicas covalentes, com isso podemos dividir os polímeros em Plásticos, Borrachas e Fibras (CANEVAROLO, 2002).

2.1.1 ESTRUTURA DO ESTADO SÓLIDO DE POLÍMERO

Em função de como ocorre a polimerização e os constituintes químicos do monômero, a estrutura molecular do polímero pode apresentar variações quando se correlaciona sua forma de repetição dos meros no decorrer da cadeia, onde podemos distinguir os principais aspectos, tais são (CALLISTER, 2007):

Linearidade da cadeia: o crescimento da cadeia somente em sentido denominando cadeia de linear, promovendo um maior empacotamento e permitindo cristalização do polímero com maior facilidade e intensidade. Quando a cadeia cresce em mais de uma direção pode-se denomina-la como uma cadeia ramificada, onde como na (Figura 1) se tem a amostra dessas variações de linearidade da cadeia, sendo, (a) linear, (b) ramificada, (c) ligação cruzada e (d) ligação cruzada formando uma rede 3D. Os círculos representam o monômero(CALLISTER, 2007).

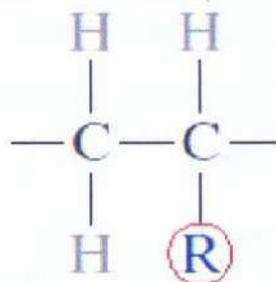
Figura 1 - Representação da variações de linearidade da cadeia



Fonte: (CALLISTER, 2007)

Grupo Lateral: Pode-se definir como um elemento ou grupo químico onde fica disposto ao lado do eixo da cadeia principal do polímero onde podemos observar essa situação conforme a (Figura 2), onde o R é uma representação de como fica disposto o grupo lateral na cadeia polimérica (CALLISTER, 2007)

Figura 2 - Radical R

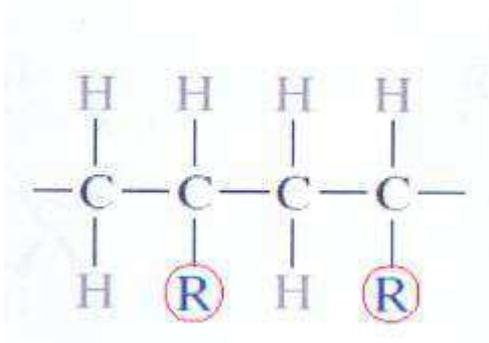


Fonte: (CALLISTER, 2007).

Encadeamento: A maneira como os meros se ligam em relação a alternância dos grupos laterais, onde podemos observar essa variação com maior detalhe na figuras dos tipos de encadeamento possíveis para os polímeros(CALLISTER, 2007).

Na figura 3 apresenta o tipo de encadeamento cabeça – cauda.

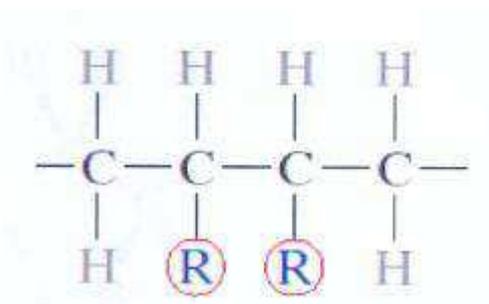
Figura 3 -Tipo cabeça-cauda



Fonte: (CALLISTER, 2007)

A figura 4 apresenta o tipo de encadeamento cabeça-cabeça.

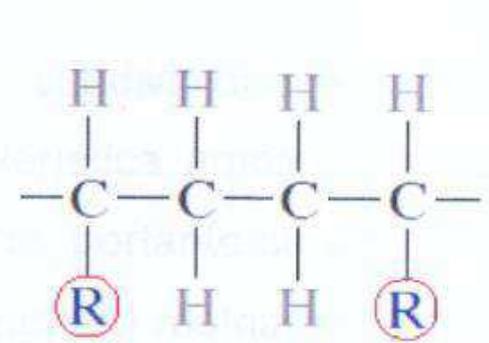
Figura 4 -Tipo cabeça-cabeça



Fonte: (CALLISTER, 2007).

A figura 5 apresenta o tipo de encadeamento cauda-cauda.

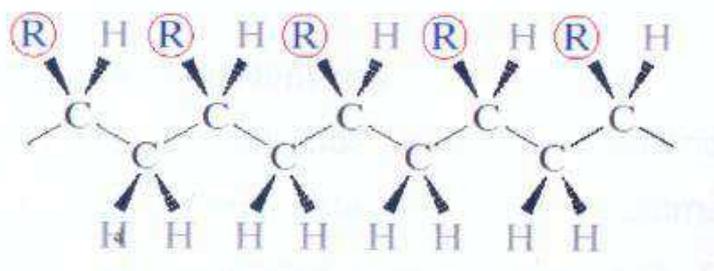
Figura 5 - Tipo cauda-cauda



Fonte: (CALLISTER, 2007).

Taticidade: É a maneira de como os grupos laterais ficam posicionados em relação à cadeia principal. Polímeros isotáticos, conforme pode-se observar na Figura 6, possui todos os grupos laterais posicionados para o mesmo lado (SPERLING, 2006).

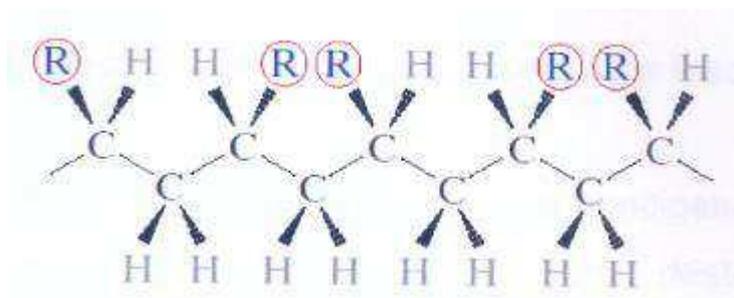
Figura 6 - Representação de polímero isotático



Fonte: (CALLISTER, 2007).

Polímeros sindiotáticos, conforme Figura 7, têm os grupos laterais dispostos de maneira alternada (SPERLING, 2006).

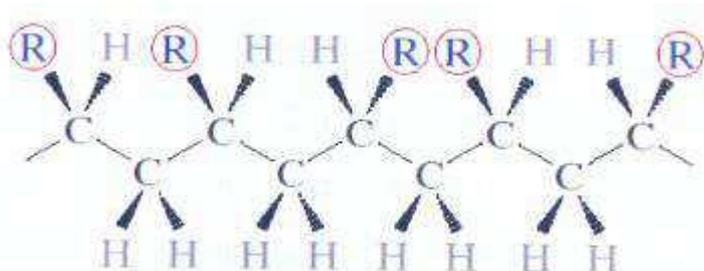
Figura 7 - Representação de polímero sindiotático



Fonte: (CALLISTER, 2007).

E por último, os Polímeros atáticos, Figura 8, possui os grupos laterais posicionados de maneira alternada, ou seja, de forma aleatória (SPERLING, 2006).

Figura 8 - Representação de polímero atático



Fonte: (CALLISTER, 2007).

Podem dividir os plásticos em dois tipos: Termoplásticos e Termofixos. Os termoplásticos possuem como característica a de amolecer e fluir o material quando submetidos à altas temperaturas e pressões, devido a isso podem ser moldados da maneira desejada e retornar no estado sólido quando resfriado. Esse processo é cíclico, ou seja, quando submetido a altas temperaturas e pressões podem ser moldados novamente. Devido a esse fato, permite a reciclagem dessa classe de polímeros. Entretanto, os Termofixos quando submetidos a temperaturas amolecem e podem ser moldados, mas, a partir do momento em que ocorre a cura (transformação química irreversível) tornam-se rígidos, infusíveis e insolúveis (CANEVAROLO, 2002).

2.1.2 CRISTALINIDADE EM POLÍMEROS

O estado cristalino pode existir nos polímeros. Porém, o fator primordial para acontecer a cristalinidade está diretamente associado a organização e posicionamento das moléculas. Os polímeros se comparados aos materiais metálicos e cerâmicos, possuem mais dificuldade para cristalizar devido sua complexidade e variedade de sua estrutura, enquanto na prática os materiais metálicos e cerâmicos formam estrutura 100% cristalina. Os polímeros podem apresentar duas possibilidades: parcialmente cristalino (até 95% de cristalinidade) ou amorfo (0% cristalino), tendo sua fase cristalina distante da fase amorfa (CALLISTER, 2007).

Inúmeros fatores influenciam a cristalinidade dos polímeros, mas os fundamentais estão associados aos fatores estruturais já descritos anteriormente. Como notoriamente se sobrepõe em quesito de influência na cristalinidade a linearidade de cadeia, presença e tamanho de grupo lateral e tenacidade (MANRICH, 2005).

O grupo lateral tem a função indispensável na cristalinidade dos polímeros, pois seu tamanho é proporcional ao seu volume livre resultante entre as cadeias, ou seja, quanto maior seu tamanho maior seu volume dificultando o empacotamento.

A forma de examinar a influência da tenacidade é semelhante à presença e tamanho do grupo lateral, pois não necessariamente é preciso o grupo lateral ter tamanho reduzido para possibilitar o empacotamento, mas também sua disponibilidade em relação à cadeia principal influenciará. Um bom exemplo é o polipropileno (PP) que tem como grupo lateral a metila (CH_3) (SPERLING, 2006). Em quesito de definição sobre as propriedades, os polímeros amorfos e semicristalinos apresentam diferenças importantes a serem consideradas na aplicação e processamento.

Termoplásticos amorfos no geral apresentam baixa resistência térmica, baixa resistência química e mecânica sobre ciclos dinâmicos ou longa duração, baixa contração linear e volumétrica sendo quase sempre transparentes. Polímeros semicristalinos vão apresentar propriedades mecânicas, químicas e térmicas elevadas devido a fase cristalina, que esse fato vem a acontecer devido ao encoramento mantendo seus valores superiores aos do amorfo (CRAWFORD, 1998).

2.1.3 COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS POLÍMEROS

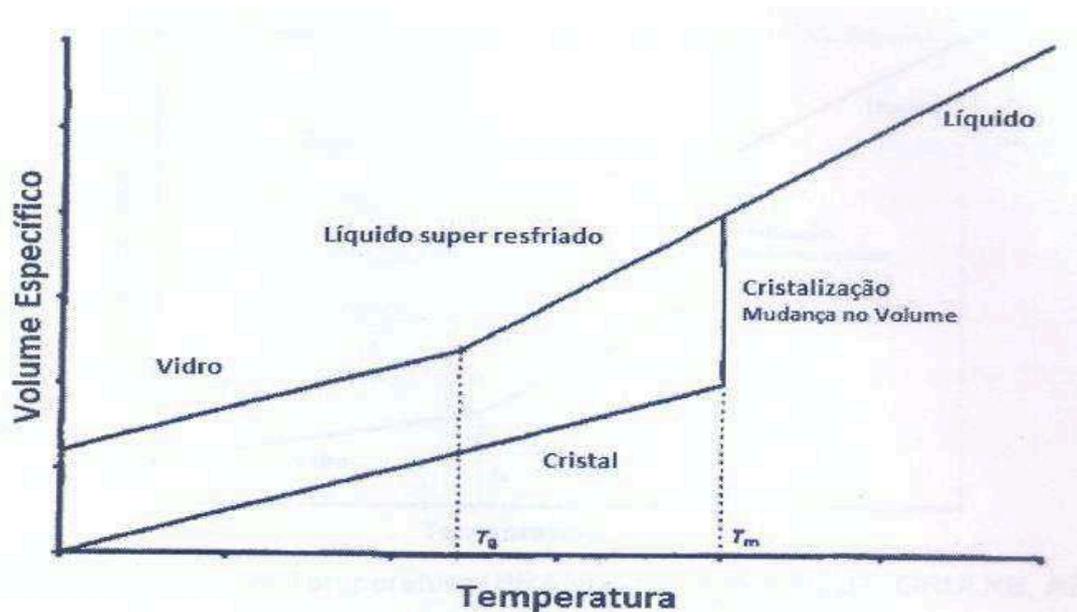
Conhecer as características estruturais do polímero que afetam sua mobilidade nada mais é que entender suas propriedades termomecânicas para a aplicação e uso dos materiais poliméricos. No meio do comportamento térmico dos polímeros salientam-se três temperaturas de transição: T_g , T_m e T_c (CANEVAROLO, 2002).

Quando falamos de T_g (temperatura de transição vítrea), por sua vez independente se é amorfo ou semicristalino é encontrada em todos os polímeros (CALLISTER, 2007). Pode ser definido essa temperatura como valores médios da faixa de temperatura, que durante o aquecimento possibilita as cadeias poliméricas de a fase amorfa obter uma flexibilidade extremamente as suas propriedades mecânicas do material (CANEVAROLO, 2002). Do ponto de vista mecânico, esta temperatura é crítica, por separar o comportamento do polímero entre borrachoso e vítreo, ou seja, uma temperatura inferior a T_g que faz o material se tornar rígido, duro e frágil, contudo temperatura superior da T_g acontece um aumento significativo da tenacidade e uma redução do módulo elástico (CANEVAROLO, 2002).

Quando falamos de T_m (temperatura de fusão cristalina) alega-se ao valor médio da faixa de temperatura, onde os domínios cristalinos se desfazem durante um aquecimento. Dentro desta faixa de temperatura existe energia considerável para superar as forças secundárias entre as cadeias da fase cristalina eliminando a organização e empacotamento da mesma fazendo com que o material mude do estado borrachoso para o estado viscoso (fundido), onde está tempera é somente aplicada aos polímeros semicristalinos (CANEVAROLO, 2002).

A maneira simples para determinar essas temperaturas de transição é utilizando ensaio que mede a variação do volume específico do material em função da temperatura, onde podemos chamar esse procedimento de dilatométrica. A comparação entre a variação do volume específico em função da temperatura, como pode-se observar na (Figura 9), é aplicável para dois materiais: 100% cristalino e 100% amorfo. Observando os resultados pelo processo de resfriamento, os dois materiais são direcionados para o mesmo caminho até o ponto de fusão (T_m). O material cristalino ao atingir T_m regressa ao estado sólido cristalizando e arquitetando uma estrutura concreta originando-se por sua vez uma redução significável no volume específico. Contudo, o material amorfo continua no estado viscoso e só vai chegar o mesmo coeficiente de expansão térmico quando atingir a T_g . No entanto, com final do resfriamento o seu volume ocupado será maior do que o material cristalino devido aos materiais amorfos ocupar um volume específico elevado (BRANDRUP, 2005).

Figura 9 - Volume específico x temperatura



Fonte: (BRANDRUP, IMMERGUT, GRULKE, ABE, BLOCH, 2005).

Os principais fatores que afetam as temperaturas de transição dos polímeros são (CANEVAROLO, 2002):

a) Polaridade: a ocorrência de grupos polares nos monômeros vão gerar incontáveis pontos de aproximação por afinidade eletrônica entre os grupos polares no decorrer da cadeia polimérica.

b) Rigidez/flexibilidade da cadeia principal: A dificuldade de mobilidade das cadeias é gerada por grupos rígidos em poliésteres elevando a temperatura de transição.

c) Grupo Lateral: Por abranger um volume relevante na cadeia polimérica, o grupo lateral tende a deixar o sistema ancorado, requerendo assim um maior nível de energia para ganhar mobilidade e com isso aumentando T_g e T_m (CANEVAROLO, 2002). Conforme se pode observar na imagem abaixo (Figura 10) relata o efeito do grupo lateral na cristalinidade e temperaturas de transição de alguns polímeros.

Figura 10 - Influencia do grupo lateral na %C, Tg e Tm

Polímero	Mero	Grupo Lateral	Tg (°C)	Tm (°C)	%C ⁽¹⁾
Polietileno PE	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$	Não tem	-100 a -85	135	90
Policloreto de vinila PVC	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]_n$	Cloro	87	212	15
Poliestireno PS	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$	Fenil	100	225 ⁽²⁾	—

Fonte: (CANEVAROLO, 2002)

d) Fatores externos: A presença de líquidos no fator externo é a razão mais importante que afeta T_g e T_m que propositalmente adicionados aos polímeros ou naturalmente absorvidos alojam-se entre as cadeias devido aos pequenos tamanhos se acabam afastando as cadeias poliméricas diminuindo as forças secundárias e possibilitando uma mobilidade maior com baixa temperatura (CANEVAROLO, 2002).

2.2 POLIBUTILENO TEREFALATO

2.2.1 TERMOPLÁSTICOS DE ENGENHARIA

Entre as classes de polímeros existentes, os termoplásticos se evidenciam por serem os mais utilizados pela sua mobilidade e gama de aplicações, simplicidade de processamento e custos de obtenção e manipulação (DOMINGHAUS, 1993). Porém, os termoplásticos são uma classe bem ampla de materiais que são divididos em função de sua aplicação e produção (WIEBECK, HARADA, 2005). Contudo a classificação mais comum é:

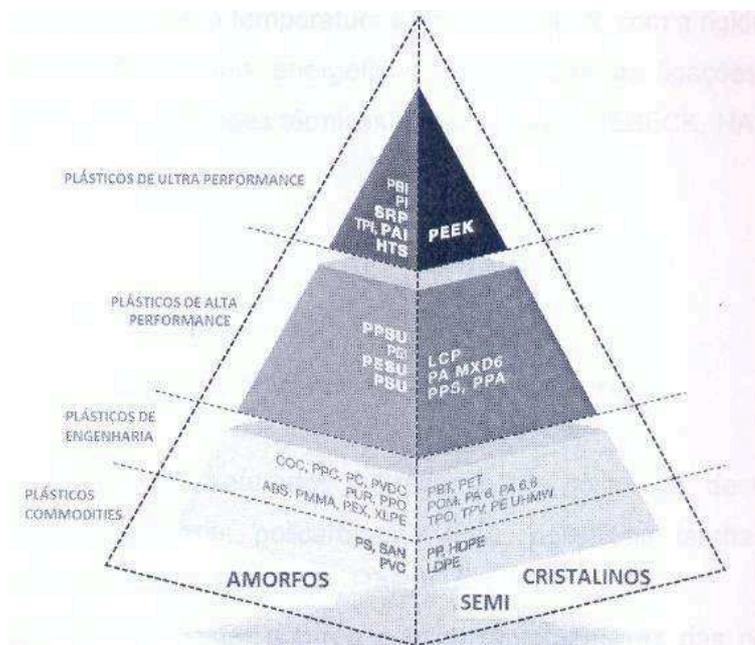
- a) Termoplásticos *Commodities*: são termoplásticos de baixo custo, baixo nível de propriedades e conseqüentemente baixo grau de exigência na aplicação, fácil processamento, alta produção, etc. Exemplos característico desta classe são: polipropilenos, poliestireno, polietilenos, PVC (CANEVAROLO, 2002).

- b) Termoplásticos de Engenharia: apresentam propriedades térmicas e mecânicas em níveis que possibilitam a sua utilização em meio que requerem rigidez coligado à tenacidade, resistência térmica e estabilidade dimensional. Os que se adequam a essa categoria são: ABS, poliamidas, poliésteres saturados (PET, PBT e PC), entre outros.

- c) Termoplásticos especiais ou de alto desempenho: Apresentam o custo elevado, devido a isso são pouco produzidos, contudo possuem propriedades que asseguram a sua aplicação em elevadas temperaturas (acima de 150 °C), rigidez e alta estabilidade em dimensional. Alguns exemplos desses tipos de materiais são: polisulfonas (PSU), polisulfeto de fenileno (PPS), poliamidas (PI), polímero de cristal líquido (LCP) e alguns tipos de poliuretanos (CANEVAROLO, 2002).

Conforme a Figura 11, temos a pirâmide que demonstra os tipos de polímeros em função de sua aplicação e produção. Pode-se observar que sua base é composta pelas matérias com maior consumo e aplicação, entretanto com baixas propriedades de aplicação (UDELL, 2002).

Figura 11 - Pirâmide com a distribuição e classificação dos termoplásticos comerciais



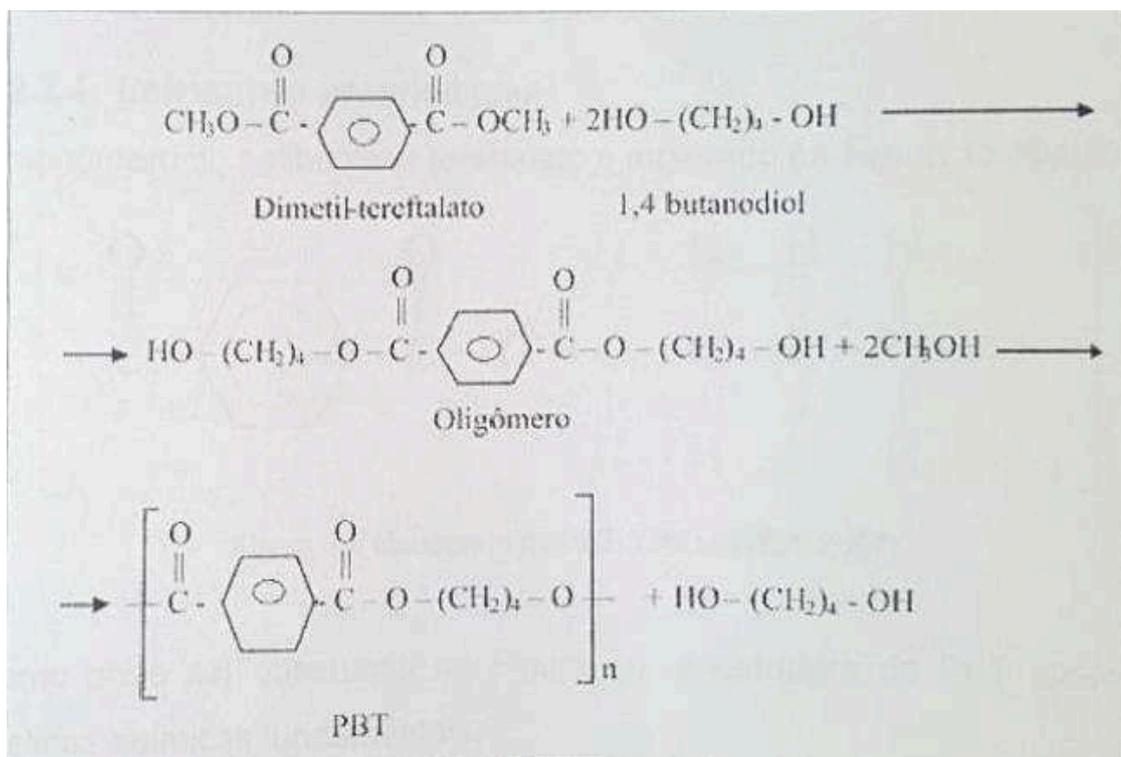
Fonte: (UDEL, 2002)

Alguns termoplásticos de uso geral (*commodities*) podem ter suas propriedades melhoradas quando incrementados com reforços minerais ou fibrosos e também por adituações especiais ou promoção de reticulações por meio do processo de cura e com isso podem passar a ter suas características consideradas como termoplásticos de Engenharia (WIEBECK, HARADA, 2005).

2.2.2 OBTENÇÃO DO PBT

O fluxo macro de fabricação e obtenção do PBT pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12 - Reação de obtenção do PBT a partir do dimetil-tereftalato



Fonte: (SIMIELLI, SANTOS, 2010)

A produção do poliéster de alto peso molecular tem diferenças em relação a outro termoplástico de engenharia produzido por poliamidas. Enquanto o equilíbrio químico para as poliamidas ajuda a formação de sal de nylon, com a poliamida isso não ocorre dificultando o equilíbrio dessa reação, entre outros fatores que influenciam nesse processo de obtenção do PBT com peso molecular média entre 23.000g/mol a 50.000 g/mol (SIMIELLI, SANTOS, 2010).

Quando se fala de plásticos, não pode deixar de mencionar sobre suas divisões. Podem-se dividir os plásticos em dois tipos: Termoplásticos e Termofixos (SIMIELLI, SANTOS, 2010).

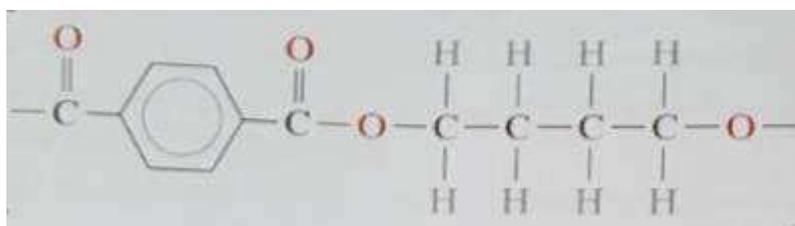
Os termoplásticos possuem como característica a de amolecer e fluir o material quando submetidos à altas temperaturas e pressões, devido a isso podem ser moldados da maneira desejada e retornar no estado sólido quando resfriado. Esse processo é cíclico, ou seja, quando submetido a altas temperaturas e pressões podem ser moldados novamente. Devido a esse fato, permite a reciclagem dessa classe de polímeros. Entretanto, os Termofixos quando submetidos a temperaturas amolecem e podem ser moldados, mas, a partir do momento em que ocorre a cura

(transformação química irreversível) tornam-se rígidos, infusíveis e insolúveis (CANEVAROLO, 2002).

2.2.3 ESTRUTURA E PROPRIEDADES

A estrutura do monômero do PBT (Figura 13) apresenta três características fundamentais (CANEVAROLO, 2002):

Figura 13 - Monômero do PBT



Fonte: (CALLISTER, 2007)

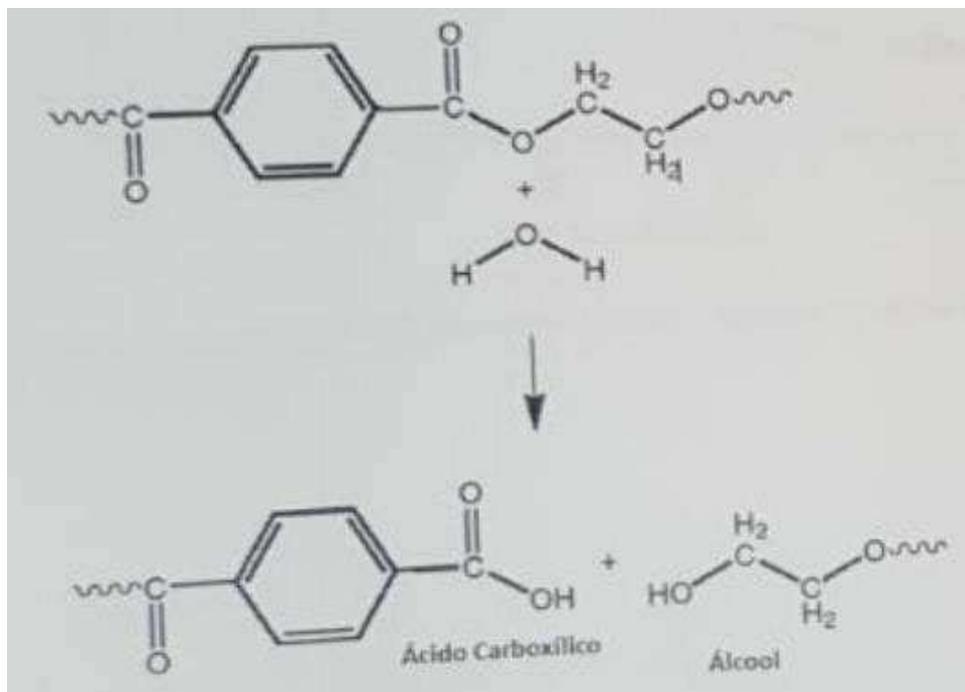
- Grupo químico éster: Fornece polaridade ao monômero necessitando de altas energias para a mobilidade ao sistema, e assim refletindo em altas temperaturas de transição.
- Grupo rígido p-fenileno: Sua boa propriedade mecânica e térmica é dada pelo efeito principal desse PTB de gerar rigidez dificultando a mobilidade de todas a macromolécula fazendo com que esse polímero ressoe como uma única unidade.

2.2.4 DEGRADAÇÃO EM POLIÉSTERES

Durante a hidrólise, a umidade absorvida situa-se entre as ligações éster em altas pressões e temperaturas, com isso ocorre quebra da ligação de cadeia principal isso faz com que ocorra uma redução significativa do peso molecular e assim queda de viscosidade e de propriedades mecânicas (CALLISTER, 2007).

Para evitar essa degradação é fundamental que o poliéster antes de ser processado tenha o teor de umidade dentro do especificado (CALLISTER, 2007).

Figura 14 - Hidrólise de poliéster

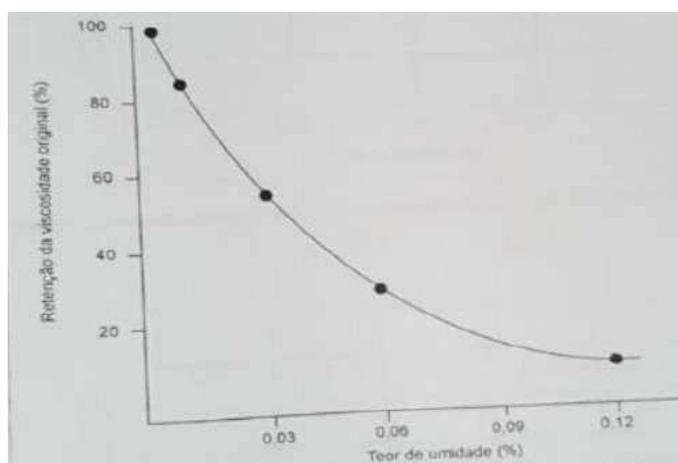


Fonte: (SIMIELLI, SANTOS, 2010)

É aconselhado trabalhar com no máximo 0.02% de umidade visto que durante o processamento, um teor de umidade de 0,07% é suficiente para que essa redução de peso molecular e viscosidade caiam drasticamente, conforme

Figura 15(SIMIELLI, SANTOS, 2010):

Figura 15 - Teor de umidade (%)



Fonte: (SIMIELLI, SANTOS, 2010)

2.2.5 PROCESSAMENTO

É recomendado seguir as condições de processamento expressas pelos fabricantes, pois apesar de o PBT possuir boa processabilidade, bom fluxo para dentro da cavidade e cinética de cristalização que permitirá ciclos rápidos, estamos falando de um termoplástico de engenharia com aplicações nobres, possui baixo peso molecular e susceptibilidade a sofrer degradação com facilidade principalmente por hidrólise. (DOMININGHAUS, 1993)

2.2.6 SECAGEM

Para prevenir a hidrólise e futura degradação no decorrer do processamento, a resida de PBT precisa ser secada à 120°C durante um período de 4 a 5 horas para garantir que o teor de umidade não ultrapasse 0,02%. A figura xxx mostra a umidade que naturalmente é entrada no PBT ensacado em um padrão de 25 kg ao passar por um secador a 120°C (VALOX, 2008).

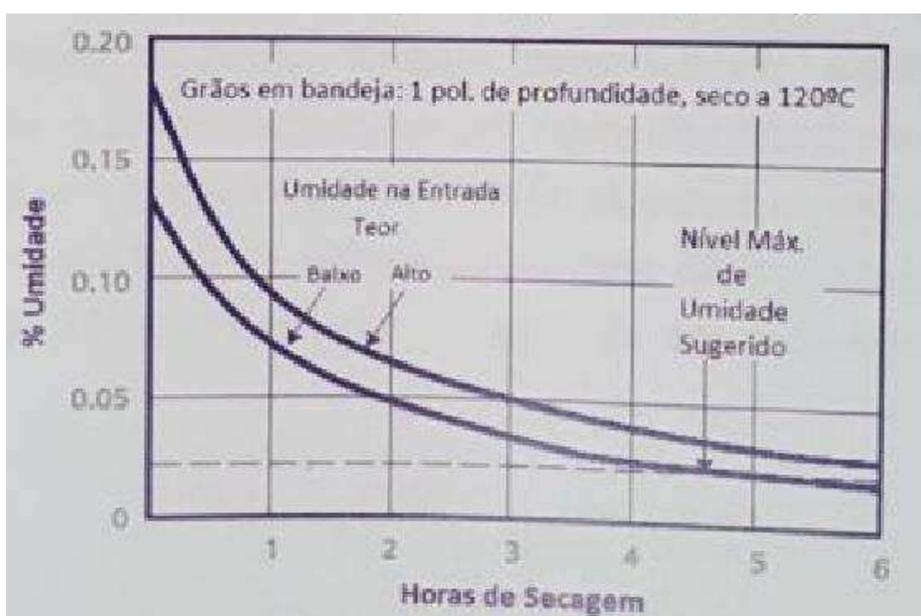


Figura 16: Curva de secagem de uso geral (VALOX, 2008).

Pode-se aumentar essa eficiência quando utilizar um desumidificador ao invés de um secador, onde o teor de umidade do PBT pode vir até acima do comum que é 0,20% que não se tem nenhuma dificuldade no processo (VALOX, 2008).

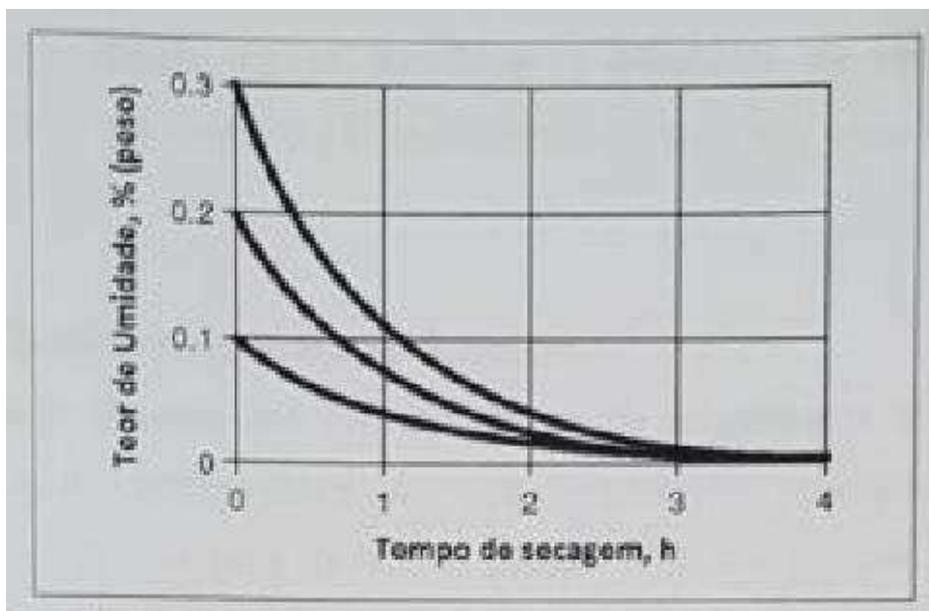


Figura 17: Redução da umidade em função do tempo com desumidificador (VALOX, 2008).

O desumidificador nada mais é composto que por um silo cujo o material fica armazenado em seu interior, o ar aquecido circulante é previamente seco em um compartimento separado chamado unidade regeneradora, onde o ar passa por elementos dissecantes como a sílica gel garantindo que o ar esteja completamente seco o que aumenta a retirada da umidade do PBT. A figura 18 mostra como funciona um desumidificador (VALOX, 2008).

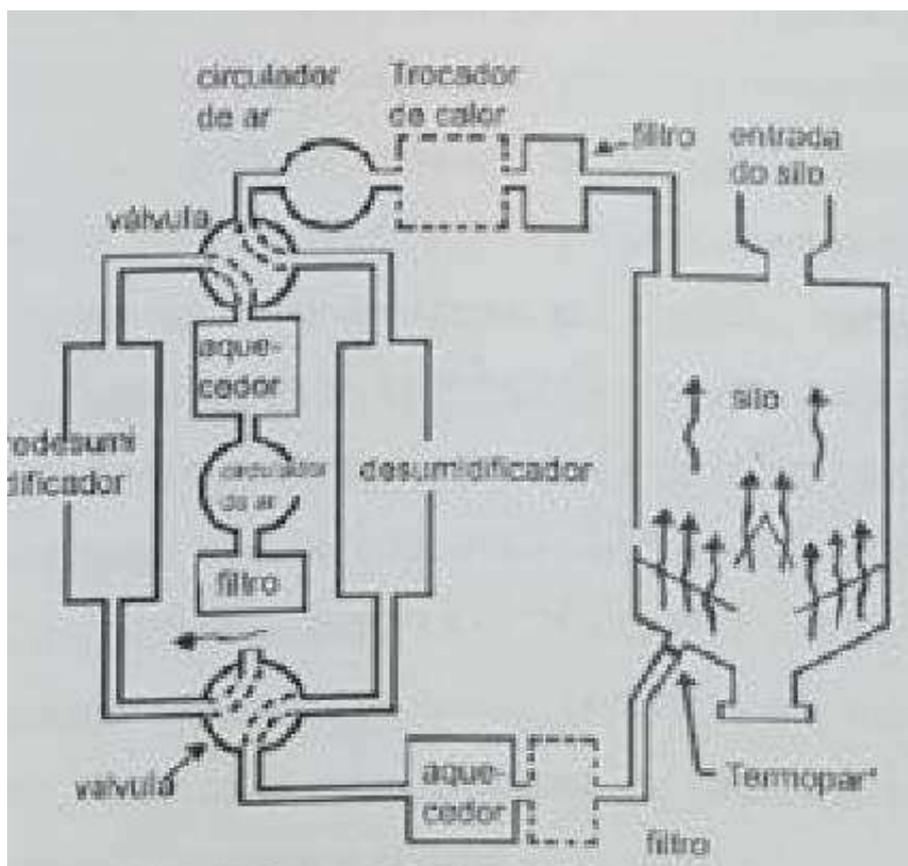


Figura 18: Esquema geral de um desumidificador (VALOX, 2008).

3 METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma análise de comportamento mecânico em componentes cuja matéria prima em questão (polietileno tereftalato) é injetada com umidade. A metodologia utilizada foi embasada em pesquisas bibliográficas e análises superficial, contudo sem ensaios mecânicos destrutíveis ou de microestruturas.

Ao iniciar os estudos, se viu necessário o conhecimento sobre como era feito a obtenção desse material, como ele é classificado dentro das classes dos polímeros e suas aplicações na engenharia.

Na primeira etapa do trabalho é feita uma introdução de o que é um polímero e como podemos classificá-lo, seguindo com informações sobre os tipos de ramificações, estruturas, cristalinidade e produção.

Foi feito também uma análise visual de uma peça injetada com matéria prima umidade, onde se pode observar que em sua superfície ficou esbranquiçada e com ranhuras devido ao processo. Observou-se também que por processo de injeção ser em temperaturas elevadas essa umidade se vaporiza e fica procurando uma saída, por sua vez ela acaba ocupando espaço nas extremidades da cavidade do molde impedindo o preenchimento completo o que ocasiona a falha de injeção.

Para a análise visual foi utilizado uma maquina dimensional (modelo da maquina) (capacidade da maquina) (característica/capacidade da maquina) que amplia em até 200x o componente permitindo uma análise mais critica do que a olho nú.

Ferramenta utilizada para a medição conforme figura 19.

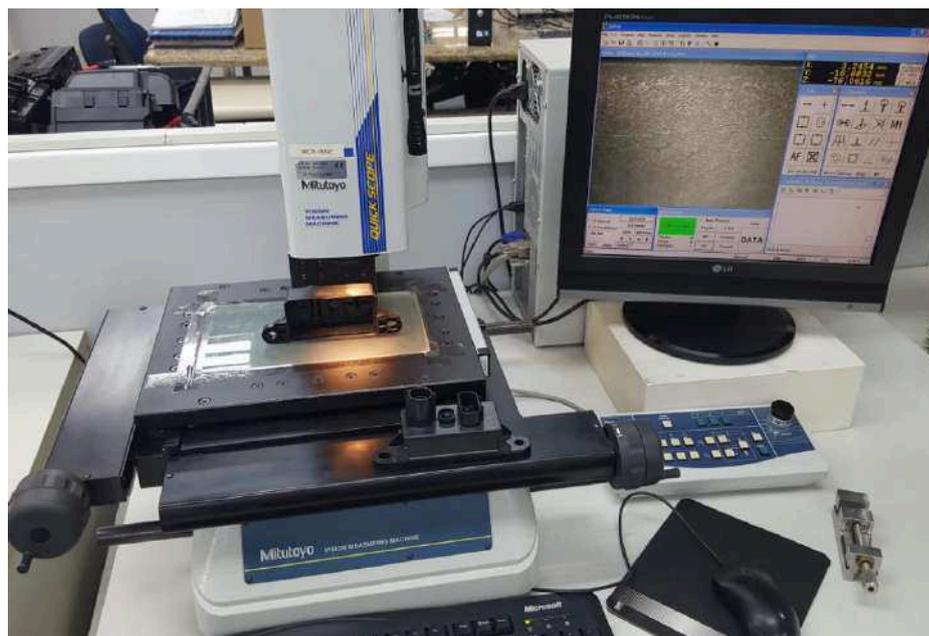


Figura 19: Foto ilustrativa da maquina dimensional utilizada

Maquina Dimensional

- Modelo QS-LZB
- Capacidade de Zoom (30x a 208x)
- Visual

8.8 x 6.6 para o zoom mínimo e 1.2 x 0.9

Peça analisada conforme figura 20 abaixo.



Figura 20: Peça analisada por dimensional

Descrições do procedimento de injeção e de falha no produto.

- Componente injetado com PBT acima de 0,02% de umidade.
- Falha de injeção no guia para montar o conector na peça.
- Ofuscamento de áreas afetadas pelo vapor de água.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a figura 21, na extremidade foi onde ocorreu a falha por umidade.

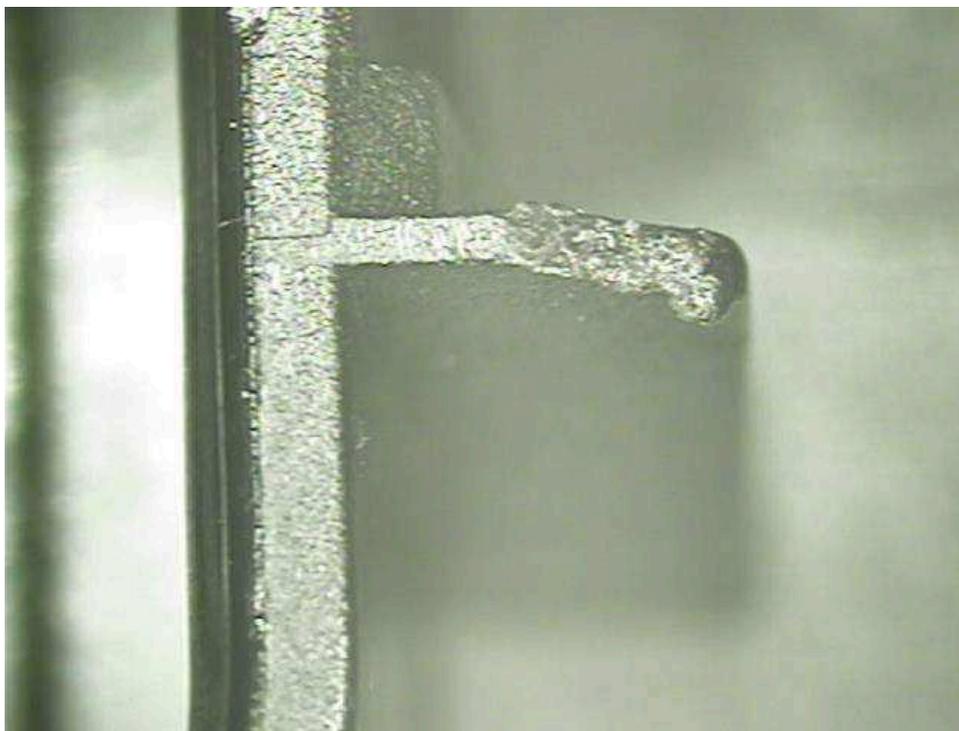


Figura 21: peça após a injeção com material úmido

Uma forma conveniente de se analisar as características após o processo de injeção e submetendo-as a um dimensional, onde é possível verificar e no decorrer do procedimento houve alguma variação comparando com os desenhos e modelos, com imagens ampliadas das extremidades, se houve um empenamento, se a superfície do material esta brilhosa ou fosca, entre outras características.

CONCLUSÃO

Mediante as pesquisas e análises realizadas e com os resultados obtidos, a forma de se sanar esse problema de umidade é adicionando um secador para retirar a umidade presente no material e deixar o processo eficaz, ou então, controlar o armazenamento desses itens em ambientes com umidade do ar controlada, com embalagens impermeáveis e impor um tempo de utilização das sacas após aberta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BRANDRUP. J [ET. AL.] – Polymer Handbook, 4º Ed. John Wiley & Sons, 2005.

BRYDSON, John Andrew – Plastics Material. 7º Ed, Oxford, Elsevier, 1999

CALLISTER Jr. William D. – Materiais Science and Engineering: An introduction, 7º Ed, York, John Wiley & Sons, 2007.

CANEVAROLO Jr, Sebastião V. – Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros, São Paulo, Ed Artiliber, 2002.

CANEVAROLO Jr, Sebastião V. – Técnicas de caracterização de polímeros, São Paulo, Ed Artiliber, 2004

CRASTIN PBT Resina de poliéster termoplástico: Guia de produtos e propriedades. E. I duPont de Nemours and Company. 2008

CRAWFORD, Roy J. – Plastics Engineerind, 3º Ed. Oxford, Elsevier, 1998

DOMININGHAUS, Hans – Plastics for Engineers: Materiais, Properties, Applications, Munique. Hanser Gardner Publ, 1993.

MANRICH, Silvio – Processamento de Termoplásticos, São Paulo, Artiliber, 2005.

SIMIELLI, Edson Roberto; **SANTOS**, Paulo Aparecido dos – **Plásticos de Engenharia**: principais tipos e sua moldagem por injeção, São Paulo, Ed Artiliber, 2010.

SPERLING, Lesile Howard – **Introduction to physical polymer Science**, 4^o Ed. Hoboken, John Wiley & Sons, 2006

UDEL Polysulfone Desing Guide, Solvay **Advanced Polymers**, 2002

VALOX PBT Processing Guide, **SABIC Innovative Plastics**, 2008

WIEBECK, Hélio; **HARADA**, Júlio – **Plásticos de Engenharia**, 1^o Ed. São Paulo, Ed. Artiliber, 2005.