

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS**

LÍGIA ELIAS JUNQUEIRA ZEVIANI

**CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA NA FABRICAÇÃO
DE PUXADORES NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2016

LÍGIA ELIAS JUNQUEIRA ZEVIANI

**CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA NA FABRICAÇÃO
DE PUXADORES NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

Exame de qualificação do trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Tondato
Coorientador: Prof. Dr. Francisco Rosário

LONDRINA

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Departamento Acadêmico de Engenharia de Materiais
Coordenação de Engenharia de Materiais



TERMO DE APROVAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA NA FABRICAÇÃO DE PUXADORES NA INDÚSTRIA MOVELEIRA

Por

LÍGIA ELIAS JUNQUEIRA ZEVIANI

Monografia apresentada no dia 07 de novembro de 2016 ao Curso Superior de Engenharia de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO.**

Prof. Dr. Rogério Tondato

(UTFPR - Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção-DAENP-LD)
Orientador

Prof. Dr. Rafael Henrique Palma Lima

(UTFPR - Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção-DAENP-LD)

Prof. Dra. Alessandra Stevanato

(UTFPR - Departamento Acadêmico de Química – DAQUI-LD)

Prof. Dr. Odney Carlos Brondino

Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia de Materiais

Obs.: A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Materiais

RESUMO

ZEVIANI, Lígia Elias Junqueira. **Caracterização da matéria prima na fabricação de puxadores na indústria moveleira.** 2016. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) - Departamento Acadêmico de Engenharia de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2016.

Os termoplásticos consistem em uma das classes dos polímeros, estes quando comparados com os metais possuem baixa resistência mecânica. Para melhorar essa característica, podem ser produzidas blendas, que são compostas por uma mistura física de dois ou mais polímeros, podendo estes serem miscíveis ou imiscíveis. O poliestireno de alto impacto (PSAI) é uma blanda polimérica, utilizada na fabricação de puxadores de móveis, a fabricação é feita por meio de injeção termoplástica em um molde. Este trabalho tem como objetivo analisar esta matéria-prima aplicada em uma empresa da indústria moveleira, por meio da análise do índice de fluidez.

Palavras-chave: Termoplásticos. PSAI. Injeção. Puxadores.

ABSTRACT

ZEVIANI, Lígia Elias Junqueira. ***Characterization of the raw material in the manufacture of handles in the furniture industry.*** 2016. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) - Departamento Acadêmico de Engenharia de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2016.

Thermoplastic consist of one class of polymer, when compared with these metals have low mechanical strength. To improve this characteristic, the blends can be produced which consist of a physical mixture of two or more polymers, these can be miscible or immiscible. The high impact polystyrene (HIPS) is a polymeric blend, used in manufacturing furniture handles, manufacturing is made by thermoplastic injection into a mold. This work aims to analyze this raw material applied in a furniture industry, through the melt flow index analysis.

Keywords: *Thermoplastic. HIPS. Injection. Furniture handles.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 OBJETIVOS	7
1.1.1 Objetivos Gerais	7
1.1.2 Objetivos Específicos	7
1.2 JUSTIFICATIVA	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 HISTÓRICO.....	9
2.2 POLÍMEROS	9
2.3 MONÔMERO DE ESTIRENO.....	10
2.4 POLIESTIRENO	12
2.5 BUTADIENO.....	13
2.6 BLENDS	14
2.7 HIPS	15
2.8 INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS	16
2.9 CONTROLE DO PROCESSO DE INJEÇÃO.....	16
2.10 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FLUIDEZ (MFI)	17
2.11 IMPORTANCIA DA CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	19
3.1.1 Poliestireno de Alto Impacto (PSAI).....	19
3.1.2 Plastômero.....	19
3.2 MÉTODOS.....	20
3.2.1 Análise do Índice de Fluidéz	20
4.RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
4.1 ÍNDICE DE FLUIDEZ (MFI)	21
5 CONCLUSÃO	24
6 CRONOGRAMA	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

As resinas de poliestireno são conhecidas desde 1845, e foram de grande importância para o desenvolvimento da moldagem por injeção. O apreço deste material para a indústria teve início no começo da segunda guerra mundial.

O poliestireno surgiu comercialmente na década de 1930, na Alemanha. Atualmente é um dos termoplásticos mais utilizados, sua rápida aceitação ocorreu devido ao seu baixo custo, menor peso e boas propriedades elétricas, transparência, alto brilho e boa resistência a ácidos fortes (Corazza Filho, 1987).

Os termoplásticos, quando submetidos a um aumento de temperatura e pressão, amolecem e fluem, podendo ser moldados nestas condições. Após a solidificação pode ser aquecido novamente para nova moldagem, portanto são recicláveis. Os termoplásticos convencionais (*Commodities*), são polímeros de baixo custo, baixo nível de exigência mecânica, alta produção e facilidade de processamento (Canevarolo, 2006);

Nos anos de 1940 e 1950 a empresa Dow Chemical Company, desenvolveu o chamado poliestireno de alto impacto, resultante do processo em emulsão. A partir de 1960, as borrachas do tipo SBR incorporadas no processo, foram substituídas por polibutadieno (PB) (Grassi & Forte, 2001).

O poliestireno de alto impacto (PSAI), é uma blenda imiscível de uso comercial. Sendo obtido a partir da mistura entre borracha e poliestireno, as propriedades térmicas são semelhantes a do poliestireno e as propriedades mecânicas são alteradas, apresentando maior resistência ao impacto (De Paoli, 2008); (Corazza Filho, 1987).

Atualmente o PSAI é empregado na indústria moveleira, sendo uma de suas aplicações a produção de puxadores de móveis. Este material é utilizado para essa finalidade devido a sua boa resistência mecânica, baixo custo, alta produtividade e facilidade de processamento.

Além disso o PSAI possui possibilidade de ser reciclado, sendo assim a produção dos puxadores pode ser feita com o material reciclado. Este trabalho propõe a caracterização da matéria-prima utilizada no processo de injeção de puxadores de

móveis aplicado em uma indústria do setor moveleiro, para que assim seja possível analisar os parâmetros de produção.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo caracterizar a matéria-prima utilizada na fabricação de puxadores de móveis empregados em uma empresa da indústria moveleira. Podendo assim avaliar a relação entre o índice de fluidez e a produção dos puxadores de móveis.

1.1.2 Objetivos Específicos

Caracterizar a matéria-prima empregada na moldagem por injeção para produção de puxadores de móveis em um indústria moveleira, por meio de análise do índice de fluidez;

Avaliar a relação entre o índice de fluidez e a produção dos puxadores de móveis.

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido a elevada competitividade de preço e de qualidade entre produtos na indústria moveleira, é importante que estas visem sempre a melhora do custo benefício de seus produtos, uma das formas de melhorar esse fator é analisar a matéria-prima empregada no processo e garantir que os parâmetros utilizados no

processamento estejam de acordo com o material, evitando desperdícios em fatores, tais como a temperatura de processamento e reduzindo defeitos no produto final devido a escolha de parâmetros errados, esses defeitos levam a descarte de produtos finais, levando a um prejuízo para a empresa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRICO

As resinas de poliestireno foram de grande importância para o desenvolvimento da moldagem por injeção. Estas resinas conhecidas desde 1845, adquiriram importância industrial no início da segunda guerra mundial. O poliestireno apareceu comercialmente na década de 1930, na Alemanha, por meio de estudos realizados por Ostro Mislensky e Staudinger. Atualmente é um dos termoplásticos mais utilizados, sua rápida aceitação ocorreu devido ao seu baixo custo, menor peso e boas propriedades elétricas, transparência, alto brilho e boa resistência a ácidos fortes (Corazza Filho, 1987).

O primeiro estudo documentado sobre a tenacificação do poliestireno ocorreu em 1927, gerando uma patente do processo de produção. Porém este processo não obteve sucesso comercial, pois o produto formado era reticulado.

Posteriormente a empresa Dow Chemical Company, nos anos de 1940 e 1950, desenvolveram o chamado poliestireno de alto impacto, resultante do processo em emulsão. A partir de 1960, as borrachas do tipo SBR incorporadas no processo, foram substituídas por polibutadieno (PB) (Grassi & Forte, 2001).

2.2 POLÍMEROS

A palavra polímero origina-se do grego: poli (muitos) e mero (unidade de repetição). O polímero consiste em uma macromolécula composta por milhares de unidades de repetição, unidas por ligação covalente, e é originado a partir de um monômero (molécula com uma unidade de repetição). Dependendo da estrutura química do monômero, do número médio de meros e da ligação covalente, pode-se obter três tipos de polímeros: plásticos, borrachas e fibras.

Os plásticos quando classificados de acordo com seu comportamento mecânico, podem ser subdivididos em: termofixos e termoplásticos.

Os termofixos amolecem uma vez com o aquecimento, sofrem o processo de cura e então adquirem estrutura química irreversível, com a formação de ligações cruzadas, tornando-se rígido. Não amolecem novamente, com a aplicação de calor ou solventes, sendo assim infusíveis e insolúveis. Alguns exemplos são: baquelite, resina epóxi.

Os termoplásticos, quando submetidos a um aumento de temperatura e pressão, amolecem e fluem, podendo ser moldados nestas condições, após a solidificação podem ser aquecidos novamente para nova moldagem, portanto são recicláveis. Alguns exemplos desta classe, são: Polietileno (PE), Poliestireno (PS), Poliamida (Náilon).

Os termoplásticos convencionais (Commodities), são polímeros de baixo custo, baixo nível de exigência mecânica, alta produção, facilidade de processamento, entre outros (Canevarolo, 2006).

2.3 MONÔMERO DE ESTIRENO

O monômero de estireno é um hidrocarboneto. Apresentando-se em estado líquido na temperatura ambiente. Quando puro é incolor e apresenta um odor agradável e adocicado, pois o odor irritante apresentado aparece devido à contaminação com aldeídos formados quando o estireno fica exposto ao ar livre (Corazza Filho, 1987).

O estireno apresenta temperatura de ebulição de 145,2°C e ponto de congelamento de -30,6°C. A sua polimerização ocorre na presença de catalisadores (ex: peróxido de benzoíla) e aquecimento, formando um produto sólido, duro, amorfo, vítreo e de baixa resistência ao impacto, com temperatura de deformação próximo a 95°C.

A forma mais comum de se obter o monômero de estireno, é a desidrogenação do etil benzeno (Wiebeck & Harada, 2012).

O benzeno é um produto originado da hulha, e o etileno proveniente do petróleo, por meio de reação de alquilação deste dois produtos, na presença de um

catalisador, pode-se obter o etil benzeno, como mostrado na Figura 1 (Corazza Filho, 1987).

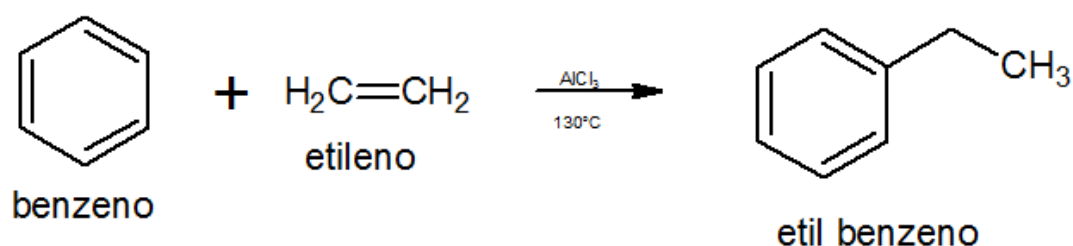


Figura 1: Obtenção do etil benzeno.
Fonte: CORAZZA FILHO, 1987.

Alguns catalisadores utilizados para a obtenção do etil benzeno, são: sílica, alumina, ácido fosfórico ou trifluoreto de boro. O catalisador mais comum é o cloreto de alumínio anidro, resultando em uma reação mais moderada e com rendimento na ordem de 95%, a reação com este catalisador ocorre na temperatura de 90°C a 100°C sob pressão moderada (Wiebeck & Harada, 2012).

A partir da desidrogenação catalítica em alta temperatura do etil benzeno em estado gasoso, é produzido o monômero de estireno, como mostrado na Figura 2. A desidrogenação do etil benzeno é promovida pela ação do calor e na presença de óxidos metálicos, tais como: óxidos de zinco, cálcio, magnésio, ferro ou cobre. A temperatura do sistema deve ser da ordem de 600°C a 800°C e a pressão reduzida, pois a reação é endotérmica com aumento de volume (Corazza Filho, 1987).

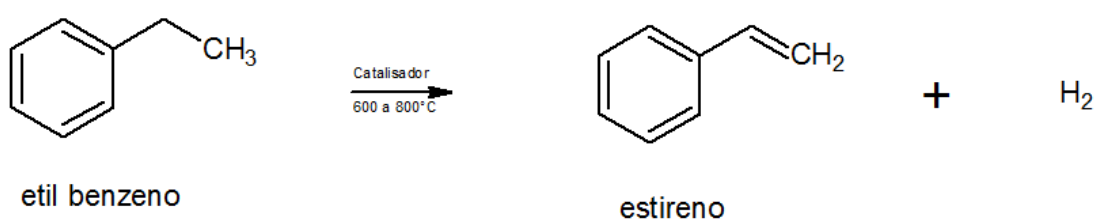


Figura 2: Obtenção do estireno
Fonte: CORAZZA FILHO, 1987

2.4 POLIESTIRENO

O poliestireno é considerado um material duro, rígido e quebradiço, apresentando temperatura de injeção entre 160°C e 280°C, possui densidade de 1,04 g/cm³ a 1,07 g/cm³ e contração de 0,4%, dissolve-se em tolueno, queima com cheiro de jacintos, tem rápida combustão, não se apaga ao ser retirado da chama, ao ser queimado apresenta fumaça densa e negra, recomenda-se secagem prévia.

O poliestireno é obtido a partir da polimerização do monômero de estireno, como mostrado na Figura 3. Podendo ocorrer por polimerização em suspensão ou polimerização por massa (Corazza Filho, 1987).

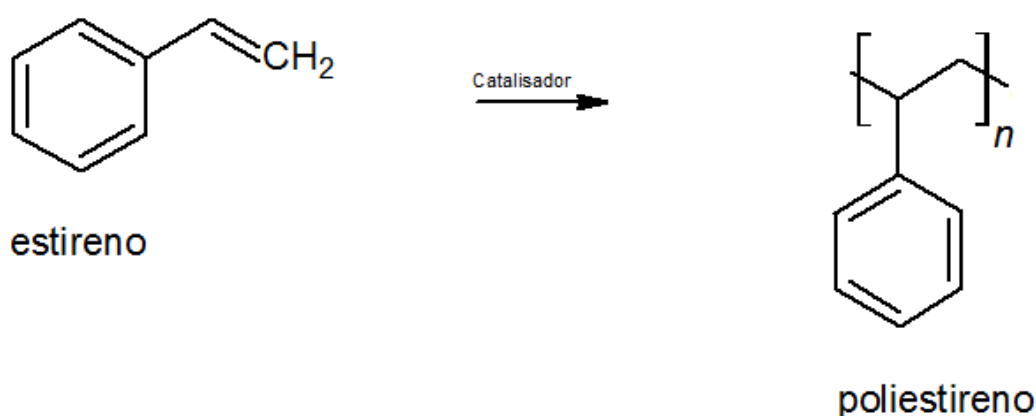


Figura 3: Obtenção do poliestireno
Fonte: CORAZZA FILHO, 1987

A polimerização em suspensão ocorre por meio da suspensão do monômero de estireno em catalisador solúvel em estireno, como por exemplo o peróxido de benzoila. Quando a mistura é agitada o estireno fica disperso em gotículas, cada uma contendo um pouco de catalisador, este processo é uma espécie de polimerização em massa, porém sem a desvantagem do controle da temperatura.

Devido à dificuldade de se manter as partículas dispersas somente por meios mecânicos durante a polimerização, utiliza-se na prática suspensões estabilizadas com materiais solúveis em água e que são eliminadas facilmente por lavagem ou filtração. Um típico agente de estabilização é o álcool polivinílico.

A reação de polimerização por suspensão ou por batelada é exotérmica e apresenta produto com maior pureza do que os obtidos em polimerização por emulsão. Permite maior flexibilidade para atender exigências técnicas do mercado consumidor, por processar quantidades menores.

A polimerização por massa contínua possui rendimento de conversão acima de 80%. É um processo exotérmico, que ocorre na presença de catalisadores. Ocorre em reatores em série, sendo que a polimerização se inicia no primeiro reator, passa pelas fases de propagação e terminação nos outros reatores (Corazza Filho, 1987).

2.5 BUTADIENO

O butadieno 1,3 é muito reativo e empregado em várias sínteses, como na copolimerização com o estireno na proporção 3:1, em emulsão, formando um copolímero, conhecido como borrachas de SBR (borracha butadieno estireno), com excelentes propriedades elásticas. Esta borracha é empregada como um dos principais componentes de pneus para automóveis.

O butadieno é um gás à temperatura ambiente, sendo seu ponto de ebulição de $-4,4^{\circ}\text{C}$. Sua polimerização ocorre sob a ação de sabões ativados e modificados, sob temperaturas de 5°C a 35°C e pressão relativamente baixa, possui ligações insaturadas, podendo assim sofrer reações de adição (vulcanização).

Atualmente o butadieno é obtido por três métodos, sendo eles: desidrogenação catalítica do butano, desidrogenação catalítica de diálcoois, desidrogenação e desidratação simultânea do álcool etílico.

A desidrogenação catalítica do butano ocorre em temperaturas de 600°C a 900°C em baixa pressão, na presença de vapor d'água e catalisador (usualmente de alumina e óxido de cromo).

A desidrogenação catalítica de diálcoois é feita na presença de Al_2O_3 e com aumento de temperatura.

A desidrogenação e desidratação simultânea do álcool etílico, ocorre na presença de óxidos metálicos (Al_2O_3 , ZnO , MgO ou CaO) (Wiebeck & Harada, 2012)

2.6 BLENIDAS

Uma blenda polimérica é uma mistura física de dois ou mais polímeros, podendo ser miscível ou imiscível, sem reação química intencional entre os componentes. A interação molecular entre as cadeias poliméricas ocorre predominantemente por ligações secundárias (Canevarolo, 2006).

As blendas poliméricas podem ser obtidas de duas formas. Por mistura mecânica, onde a temperatura de trabalho é suficiente para amolecer os polímeros sem que ocorra degradação dos mesmos. Pode ser feita também por dissolução dos componentes poliméricos em um solvente comum a todos e então feita a sua evaporação (Wiebeck & Harada, 2012).

A produção de blendas é uma forma de se obter novos materiais poliméricos, com propriedades diversas dos polímeros que o originam, sem haver a necessidade de investir no desenvolvimento de novos monômeros ou de novos processos de polimerização (De Paoli, 2008).

O poliestireno de alto impacto (HIPS), é uma blenda imiscível de uso comercial; Composta de poliestireno, polibutadieno e uma determinada concentração do copolímero por enxertia dos dois componentes.

Na blenda imiscível, o grau de interação química entre os seus componentes pode ser controlada usando agentes compatibilizantes. Os compatibilizantes são moléculas de baixa massa molar ou copolímeros que auxiliam na formação de uma interfase entre os componentes.

A preparação e o estudo das blendas é importante para ciência dos polímeros, pois apesar de já serem amplamente usadas e estudadas, ainda não são muito bem compreendidos os efeitos da mistura de polímeros nos processos de degradação e estabilização (De Paoli, 2008).

2.7 HIPS

Sendo o poliestireno um plástico rígido, duro e transparente, possui boas características para algumas aplicações, porém com algumas limitações, por exemplo casos em que se exige resistência ao impacto. Devido a essa limitação, foram realizados estudos para implementação desta característica, tais como: modificações na plastificação e incorporação de elastômeros em proporções variáveis segundo as propriedades desejadas do produto final.

Após inúmeras experiências, chegou-se à conclusão de que o estireno-butadieno com 25% no máximo de estireno é o elastômero mais adequado para esta finalidade. De acordo com a concentração de elastômero que pode variar usualmente de 4% a 9%, pode-se subdividir os poliestirenos modificados em dois grupos, os de médio e alto impacto.

A borracha pode ser adicionada ao poliestireno de duas formas, por mistura mecânica ou por copolimerização *graft* (enxerto).

A mistura mecânica pode ocorrer em um moinho de dois rolos, em um misturador tipo *banbury* ou em uma máquina de extrusão (de preferência de duas roscas).

No processo *graft* a blenda é obtida diretamente no reator de polimerização, para obtenção deste produto realiza-se a dissolução da borracha em estireno e polimeriza-se a mistura pelos processos de massa, solução ou suspensão (Corazza Filho, 1987).

O poliestireno de alto impacto é produzido diretamente no reator de polimerização com a dissolução de polibutadieno no monômero de estireno (líquido), procedendo-se à polimerização do poliestireno. A blenda possui de 15% a 20% em peso de polibutadieno, que funciona como modificador de impacto (De Paoli, 2008).

O poliestireno de alto impacto é obtido a partir da mistura entre borracha e poliestireno, as propriedades térmicas são semelhantes a do poliestireno e as propriedades mecânicas são alteradas, apresentando maior resistência ao impacto.

O material obtido apresenta opacidade, quando quebrado apresenta fraturas brancas, queima com cheiro de jacintos e borracha queimada. (Corazza Filho, 1987).

2.8 INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS

A moldagem por injeção é um processo não contínuo (cíclico) de grande importância técnica para a transformação de produtos plásticos, possuindo diversas vantagens, tais como: produção em uma única etapa, produção de peças seriadas em grande quantidade, produção de peças de geometrias complexas, elevada reprodutibilidade de detalhes e tolerância estreita. O processo permite total automação do sistema eliminando assim erros humanos.

O processo de injeção consiste basicamente em aquecer o polímero até um estado pastoso pré-determinado e empurrá-lo sob pressão para dentro da cavidade de um molde, e então o polímero fundido é mantido dentro deste molde até que esteja totalmente solidificado, adquirindo assim a forma a cavidade do molde. Para sucesso da injeção é importante se conhecer as variáveis do processo, as características da matéria-prima e as partes da máquina injetora.

O estudo do fluxo do polímero fundido dentro do molde é complexo, pois o regime de escoamento (fluxo) é transiente e não isotérmico, e o comportamento do polímero fundido apresenta características de um líquido não-newtoniano, viscoelástico e compressível

Alguns exemplos de produtos resultante do processo de injeção, são: tampas, eletrodomésticos, utensílios domésticos, para-choque automotivo, etc. (Harada & Ueki, 2012).

2.9 CONTROLE DO PROCESSO DE INJEÇÃO

Após o projeto da peça e dos canais de injeção é preciso determinar os parâmetros do processo, e assegurar que estes mantenham-se inalterados.

As principais causas de inconstâncias do processo de injeção, estão relacionadas a variações na matéria-prima, a máquina injetora e nos ajustes efetuados pelo operador.

As alterações na matéria-prima podem ser causadas devido ao processo de polimerização, composição ou pigmentação e utilização de material recuperado,

resultando em mudanças na viscosidade e morfologia do polímero. Sendo o propósito básico do controle do processo assegurar a produção de peças de boa qualidade.

O índice de fluidez do polímero é utilizado para controle de qualidade da matéria-prima e também como forma de associar uma dada resina ao processo adequado a ela. Esta é a única informação de uma tabela de especificação da resina termoplástica que faz associação entre o grade específico e o processo de conformação. (Harada & Ueki, 2012)

2.10 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FLUIDEZ (MFI)

A medida do índice de fluidez (IF ou MFI) foi desenvolvida na Inglaterra com o intuito de determinar um índice de processabilidade para fins de controle de qualidade na produção. Atualmente o IF mantém a função para a qual foi desenvolvida, sendo vastamente aplicada em termoplásticos.

O procedimento é descrito pela norma ASTM D 1238, onde se mede a taxa de fluxo de um polímero através de um orifício de dimensões especificadas, sob determinadas cargas, temperatura e posição do pistão no plastômero. O índice de fluidez é o peso do polímero extrudado em dez minutos.

É importante a cautela na análise de polímeros de baixo MFI pois são muito sensíveis a detalhes de procedimentos e medidas, e na análise de polímeros que apresentam comportamento pseudoplásticos pois seu processamento ocorre normalmente em taxas de cisalhamento maiores do que as aplicadas na medida do índice de fluidez, isto ocorre porque a viscosidade dos pseudoplásticos diminui com o aumento da taxa de cisalhamento (Canevarolo, 2006).

2.11 IMPORTANCIA DA CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Para viabilização de qualquer projeto de engenharia deve-se conhecer as características, propriedades e comportamento dos materiais disponíveis. A especificação dos materiais deve ser feita por ensaios normalizados para assim obter um linguagem comum entre fornecedores e usuários.

O projeto deve considerar as propriedades da matéria-prima para que ocorra um bom processamento e para que o produto final possua as características físicas desejadas. Durante o processamento é importante analisar a matéria-prima que melhor se adequará, como por exemplo: facilidade de preenchimento da matriz. Deve-se utilizar matérias-primas que atendam a necessidade de aplicação do projeto, como por exemplo: resistência mecânica, resistência ao desgaste, ductilidade.

Os ensaios dos materiais são importantes para a obtenção de informações rotineiras do produto, este controle é feito por meio de ensaios realizados no recebimento de materiais e no controle do produto acabado.

Na etapa do recebimento é importante que se faça análise química da composição do material encomendado. Na etapa da peça acabada deve-se analisar a faixa de aceitação exigida pelo projeto e então medir a resistência mecânica, microestrutura e dureza. Essas propriedades devem ficar dentro da faixa de aceitação, se não devem ser descartadas. Caso o percentual de descarte seja elevado, deve-se exigir ajustes nas etapas de fabricação.

A normalização dos ensaios, tem por seus objetivos: tornar a qualidade do produto mais uniforme, reduzir os tipos similares de materiais, orientar o projetista na escolha do material adequado, permitir a comparação de resultados obtidos em diferentes laboratórios, reduzir desentendimentos entre o produtor e consumidor (Garcia, Spim, & Dos Santos, 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

3.1.1 Poliestireno de Alto Impacto (PSAI)

A empresa em estudo forneceu amostras do PSAI utilizado na fabricação de seus puxadores de móveis. Foram fornecidas cinco amostras duas na cor cinza, duas na cor preta e uma na cor branca, todas na forma de péletes e de lotes diferentes. Sendo as amostras da cor cinza e preta PSAI reciclado e a amostra branca PSAI virgem. A empresa adquire o PSAI reciclado por meio de fornecedores, sendo que estas não possuem fichas técnicas.

3.1.2 Plastômero

A determinação do índice de fluidez do polímero estudado foi realizado por meio do plastômero da marca INSTRON, série: CEAST MF – MELT FLOW TESTERS, modelo: CEAST MF 10, com escala de teste de temperatura de 30 a 400°C (resolução de 0,1°C) e equipado com cargas de 1,05; 1,2; 2,16; 3,8; 5; 10; 12,5; 20; 21,6 [Kg]; seguindo a norma ASTM D 1238, utilizou-se a temperatura de 200°C e a carga de 5 Kg, para aferir o índice de fluidez do poliestireno de alto impacto.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Análise do Índice de Fluidiez

Seguindo a norma ASTM D 1238 para o poliestireno, o plastômero foi designado a atingir a temperatura de 200°C e então o polímero em estudo foi adicionado na forma de pélete e compactado com o pistão de carregamento.

Após o nivelamento, o pistão de extrusão foi posicionado e então adicionado o peso de 5 kg em cima do pistão. O extrudado foi então recolhido dentro das marcas pré-determinadas, e cortado a cada 1 minuto. Esse processo foi realizado para cada uma das amostras, sendo que limpou-se o equipamento durante as trocas das amostras.

O peso das amostras extrudadas foram medidas em uma balança analítica com precisão de $\pm 0,0001\text{g}$, e então realizada uma média aritmética simples das massas de cada ensaio realizado, por meio de regra de três foram obtidos os pesos de cada amostra para o intervalo de 10 minutos, obtendo assim o índice de fluidiez (g/10 min). As medidas foram anotadas nas Tabela 1 para as amostras de cor cinza, Tabela 2 para as amostras de cor preta e Tabela 3 para a amostra de cor branca.

4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ÍNDICE DE FLUIDEZ (MFI)

A partir das matérias-primas fornecidas pela empresa foi possível realizar a medida do índice de fluidez em laboratório, observando um menor valor para a matéria-prima virgem, de aproximadamente 6 g/10 min.

O valor do índice de fluidez para a matéria-prima reciclada foi maior do que o valor da matéria-prima virgem, variando aproximadamente entre 7 e 8,5 g/10 min. O aumento do valor do índice de fluidez ocorre devido a degradação dos materiais reciclados, pois durante o processo de reciclagem ocorre a quebra da macromolécula, diminuindo assim a massa molar do PSAI, o que diminui o valor da viscosidade.

Os valores dos índices de fluidez obtidos são apresentados nas Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 1 – Índice de fluidez do PSAI reciclado

Amostra	Média obtida (g/min)	Valos do MFI obtido (g/10min)
Cinza 1	0,7275	7,275
Cinza 2	0,7407	7,407
(Σ Amostras 1 e 2) /2	0,7341	7,341
Cinza 3	0,7535	7,535
Cinza 4	0,7538	7,538
(Σ Amostras 3 e 4) /2	0,7537	7,537

Tabela 2 – Índice de fluidez do PSAI reciclado

Amostra	Média obtida (g/min)	Valos do MFI obtido (g/10min)
Preto 1	0,8552	8,552
Preto 2	0,8557	8,552
(Σ Amostras 1 e 2) /2	0,8555	8,555
Preto 3	0,7117	7,117
Preto 4	0,7166	7,166
(Σ Amostras 3 e 4) /2	0,7141	7,141

Tabela 3 – Índice de fluidez do PSAI virgem

Amostra	Média obtida (g/min)	Valos do MFI obtido (g/10min)
Branco 1	0,6034	6,034
Branco 2	0,6307	6,307
(Σ Amostras 1 e 2) /2	0,6171	6,171

Sendo o valor do índice de fluidez do PSAI reciclado maior do que o valor do PSAI virgem, não é aconselhável utilizar os parâmetros de produção do material virgem para o material reciclado.

Os valores do índice de fluidez dos materiais reciclados variam de acordo com o lote da matéria-prima, inviabilizando assim a utilização dos mesmos parâmetros para todos os lotes. Sendo esse índice variável dentro dos reciclados, é necessário que seja feita uma análise sempre que a matéria-prima é recebida.

Devido a essa variação da matéria-prima a empresa opta atualmente pela produção de uma quantidade de puxadores, para assim determinar se a matéria-prima está adequada para a produção em larga escala. Após a produção teste, o puxador é aferido pelo teste do parafuso, que consiste em parafusar manualmente o parafuso no local de fixação do puxador e analisar visualmente se o parafuso não danificou a estrutura e se necessário é feita uma flexão manual para analisar visualmente se o puxador está muito fragilizado.

Para minimizar o fator humano na produção pode-se pré-determinar o índice de fluidez para a produção dos puxadores, deixando assim outros fatores constantes no processo de injeção, tais como: temperatura, tempo, velocidade e pressão. Minimizando tempos de paradas para testes da matéria-prima, e mantendo um padrão do produto final de origem reciclada.

Esta padronização pode ser feita a partir de um plastômero para que a empresa possa aferir o índice de fluidez da matéria-prima assim que obtida. E então por meio da regra da mistura, Equação (1) segundo (Ashby, 2012), chegar ao índice de fluidez pré-determinado.

$$k = f.k_1 + (1 - f)k_2 \quad (1)$$

Sendo “k” o índice de fluidez pré-determinado, “f” a fração volumétrica da matéria-prima, “k1” e “k2” o índice de fluidez das matérias-primas que serão misturadas para se chegar ao índice de fluidez desejado.

5 CONCLUSÃO

A diferença observada entre os valores dos índices de fluidez da matéria-prima virgem e da matéria-prima reciclada, era esperada. Confirmando assim o aumento do índice de fluidez devido ao processo de degradação presente na reciclagem.

Se o valor do índice de fluidez for pré-determinado para a produção dos puxadores de moveis é possível padronizar outras variáveis do processo de injeção, evitando gastos com testes das matérias-primas e possibilitando obter um produto com menor variação das características finais.

6 CRONOGRAMA

ANO 2016												
Atividades	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Escolha do tema		x	x									
Revisão de literatura				x	x							
Elaboração do TCC1				x	x							
Entrega para revisão do TCC1					x							
Apresentação do TCC1						x						
Obtenção da matéria-prima												
Preparação das amostras								x	x			
Realização das análises								x	x	x		
Análise dos resultados obtidos								x	x	x		
Elaboração do TCC2								x	x	x		
Entrega para revisão do TCC2										x		
Apresentação do TCC2											x	

Quadro 1. Cronograma.

REFERÊNCIAS

- Ashby, M. (2012). **Seleção de Materiais no Projeto Mecânico**. Elsevier.
- Canevarolo, S. V. (2006). **Ciência dos Polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros (2ª ed.). São Paulo: Artliber.
- Corazza Filho, E. C. (1987). **Poliestireno**: O material e sua transformação (2ª ed.). São Paulo: Plástico em Revista Ediora.
- De Paoli, M. (2008). **Degradação e Estabilização de Polímeros** (2ª ed.). (J. C. Andrade, Ed.) Chemkeys.
- Garcia, A., Spim, J. A., & Dos Santos, C. A. (2014). **Ensaio dos Materiais** (2ª ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- Grassi, V. G., & Forte, M. M. (2001). **Aspectos Morfológicos e Relação Estrutura Propriedades de Poliestireno de Alto Impacto**. *Polímeros: ciência e tecnologia*, 11(3), 158-168.
- Harada, J., & Ueki, M. M. (2012). **Injeção de termoplásticos**: produtividade com qualidade. São Paulo: Artliber.
- Wiebeck, H., & Harada, J. (2012). **Plástico de engenharia**: Tecnologia e aplicações. São Paulo: Artliber Editora.