

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
LETÍCIA DEL CARO RODRIGUES**

**ANÁLISE SOBRE INJEÇÃO PLÁSTICA, SEUS
PARÂMETROS E OS POSSÍVEIS DEFEITOS
RELACIONADOS AO PROCESSO**

Taubaté - SP

2018

LETÍCIA DEL CARO RODRIGUES

**ANÁLISE SOBRE INJEÇÃO PLÁSTICA, SEUS
PARÂMETROS E OS POSSÍVEIS DEFEITOS
RELACIONADOS AO PROCESSO**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Me. Maria Regina
Hidalgo de Oliveira Lindgren

Coorientador(a): Prof. Me. Paulo César
Corrêa Lindgren

**Taubaté – SP
2018**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

R696a Rodrigues, Leticia Del Caro
Análise sobre injeção plástica, seus parâmetros e os possíveis defeitos relacionados ao processo / Leticia Del Caro Rodrigues. -- 2018.
44 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.

Orientação: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Automobilística. 2. Injeção. 3. Plástico. I. Título. II. Graduação em Engenharia Mecânica.

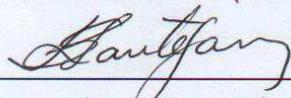
CDD – 620.11

LETÍCIA DEL CARO RODRIGUES

**ANÁLISE SOBRE INJEÇÃO PLÁSTICA, SEUS PARÂMETROS E OS POSSÍVEIS
DEFEITOS RELACIONADOS AO PROCESSO**

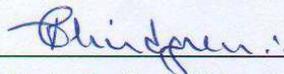
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM
ENGENHARIA MECANICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

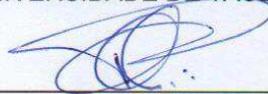


Prof. Me. FABIO HENRIQUE F SANTEJANI
Coordenador de Trabalho de Graduação

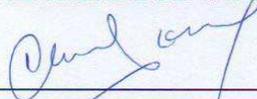
BANCA EXAMINADORA:



Prof. MSc. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. MSc. Paulo César Corrêa Lindgren
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. MSc. Carlos Evany Pinto
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

31 de Outubro de 2018

Dedico este trabalho aos meus pais Luiz Felipe e Clarice e,
também, a minha irmã Bárbara.

“Eu nunca perco. Ou eu ganho, ou aprendo.”

(NELSON MANDELA)

RESUMO

Atualmente a indústria automobilística é uma das maiores do mundo e cada vez mais a exigência dos consumidores e a alta competitividade do setor gera uma necessidade de sempre estar aprimorando o processo. Dentro do processo de injeção, o polímero, vulgarmente conhecido como “plástico”, é utilizado em diversos componentes de fabricação de automóveis. Graças à evolução no processo e maquinários que permitem a transformação do plástico, hoje em dia podemos alcançar resultados de alta qualidade que atendem o alto grau de especificação mecânica, assim como as características específicas exigidas pelo cliente. Dentro da indústria do plástico os fabricantes de máquinas injetoras têm se destacados pelas inovações produzidas. Como por exemplo, a redução de peso significativa de uma peça moldada de plástico. Porém, até atingir o processo ideal para dar início a uma vida série de um produto, são necessários inúmeros testes e ajustes. Neste trabalho serão apresentados os possíveis defeitos dentro do processo de injeção plástica, tratando especificamente dos parâmetros de injeção e dos defeitos gerados no processo.

Palavras-chave: Automobilística. Injeção. Plástico.

ABSTRACT

Today the automotive industry is one of the largest in the world and more and more the demand of consumers and the high competitiveness of the sector generate a need to always be improving the process. Within the injection process, the polymer, commonly known as "plastic", is used in various automobile manufacturing components. Thanks to the evolution in the process and machines that allow the transformation of plastic, today we can achieve high quality results that meet the high degree of mechanical specification as well as the specific characteristics required by the customer. Within the plastics industry, manufacturers of injection molding machines have been highlighted by the innovations produced. As for example, the significant weight reduction of a molded piece of plastic. However, until you reach the ideal process to start a product series life, numerous tests and adjustments are required. In this work, the possible defects will be presented within the plastic injection process, specifically dealing with the injection parameters and the defects generated in the process.

KEYWORDS: Automotive. Injection. Plastics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cadeia química polipropileno	17
Figura 2 – Cadeia química ABS	18
Figura 3 – Ciclo de injeção	19
Figura 4 – Máquina injetora	22
Figura 5 – Molde de injeção plástica de para-choque	23
Figura 6 – Parte visível de uma peça injetada de PP	24
Figura 7 – Canais de Refrigeração	25
Figura 8 – Marcos de fluxo	27
Figura 9 – Exemplo de Pareto de Defeitos	29
Figura 10 – Gráfico de Pareto	34
Figura 11 – Clips Mal Injetado	36
Figura 12 – Exemplo de Rebarba	37
Figura 13 – Exemplo de Rechupe	38
Figura 14 – Exemplo de Marcas de Fluxo	39
Figura 15 – Exemplo de Empenamento	40
Figura 16 – Análise de Pareto de defeitos das peças pintadas em relação ao total.....	41
Figura 17 – Comparação Antes e Depois	42
Figura 18 – Quantidade de defeitos por tipo	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de Tabela de Banco de Dados dos Defeitos	30
Tabela 2 – Tabela de Apontamentos	33
Tabela 3 – Novas Medições	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A Aprovado

ABS Acrilonitrila-Butodieno-Estireno

PP Polipropileno

LISTA DE SÍMBOLOS

HRC Sistema de Medição de Dureza

PSi Sistema de Medição de Pressão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2 JUSTIFICATIVAS	13
1.3 OBJETIVO	14
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 MATÉRIA PRIMA	15
2.1.1 Polipropileno	16
2.1.2 ABS (Acrilonitrila-Butadieno-Estireno)	17
2.2 PROCESSO DE INJEÇÃO	18
2.2.1 Secagem e dosagem dos grãos	19
2.2.2 Fusão do material	20
2.2.3 Injeção do material no molde	20
2.2.4 Resfriamento do molde até a solidificação do material	21
2.2.5 Extração do produto	21
2.2.4 Resfriamento do molde até a solidificação do material	21
2.3 MOLDES	22
2.4 DEFEITOS FREQUENTES	25
2.4.1 Canal de alimentação preso ao molde	25
2.4.2 Contração muito alta	26
2.4.3 Moldagens incompletas	26
2.4.4 Rebarbas	26
2.4.5 Rechupes	27
2.4.6 Marcas de Fluxos	27
2.4.7 Empenamento	28
2.5 ANÁLISE DE PARETO	28
3 METODOLOGIA	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1 PARETO DE DEFEITOS	33
4.2 CAUSAS PROVAVÉIS E POSSÍVELS SOLUCÇÕES DOS DEFEITOS.....	34
4.2.1 Canal de alimentação preso ao molde	34
4.2.2 Contração muito alta	34

4.2.3 Moldagens incompletas	35
4.2.4 Rebarbas	36
4.2.5 Rechupes	37
4.2.6 Marcas de Fluxos	38
4.2.7 Empenamento	39
5 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Assim como produtos e processos estão ficando cada vez mais complexos, a ideia de qualidade acompanha essa evolução. O cliente, mais estudado e mais perceptivo, procura produtos e serviços mais bem estruturados e sem falhas ou defeitos.

As empresas, para que continuem concorrentes no mercado, devem entregar esses produtos e serviços para conquistar seus consumidores, pois, muitas vezes, a confiança dos seus clientes pode significar mais que uma redução no custo dos seus produtos. A entrega desses bens, com tanta qualidade, acrescentou certo custo no produto final. Porém o custo da não qualidade acrescenta muito mais. Não é apenas o custo das horas trabalhadas e da matéria-prima desperdiçada que afeta a saúde financeira da empresa, mas sim o custo de retrabalho, de testes de qualidade, custo de treinamentos, requalificação, da administração dessa não qualidade que faz o processo ficar mais dispendioso.

Por isso, acertar os parâmetros do produto na primeira vez que se faz, pode ser o diferencial do sucesso alcançando os resultados desejados. Introduzidos nesse ambiente, esse trabalho teve como objetivo analisar e, se possível, reduzir um grupo de defeitos encontrados no processo de injeção de peças plásticas automotivas de uma indústria do Vale do Paraíba. Os parâmetros de injeção ideais são essenciais para que a aparência do veículo possa ser mais atrativa para o consumidor após todos os processos.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Durante a produção de peças plásticas automotivas é necessário o controle da qualidade através dos parâmetros ideais de processo para a redução da quantidade de peças perdidas por defeitos de injeção.

1.3 OBJETIVO

Descrever os defeitos dentro do processo de injeção de polipropileno e ABS de uma indústria automotiva.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os principais defeitos encontrados no processo de injeção plástica
- Analisar as causas dos defeitos
- Propor melhorias em relação ao processo
- Aplicar a ferramenta de Pareto

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MATÉRIA PRIMA

O processo de injeção começa com a escolha da matéria prima. A matéria prima é uma das partes mais importantes do processo, e a mais utilizada no processo de injeção de autopeças é o plástico.

O plástico, geralmente de origem sintética, derivados do petróleo ou podendo até ser de origem natural, é dividido em duas categorias, sendo elas, termofixos e termoplásticos de acordo com a bibliografia de HAPER; PETRIE, 2003.

Os termofixos ou termorrígidos são os plásticos cuja rigidez não sofre alterações através da temperatura, caso contrário aos termoplásticos, que ao atingir certa temperatura fundem-se, podendo ser moldados em diferentes formatos.

Materiais termoplásticos são aqueles materiais que são formados por polímeros que são unidos por forças intermoleculares ou forças de Van der Waals, formando estruturas lineares ou ramificadas.

Um material termoplástico pode ser comparado a um conjunto de cordas entrelaçadas, cada uma dessas cordas é o que representa um polímero, quanto maior o grau de mistura das cordas maior será o esforço que teremos que fazer para separar as cordas umas das outras, dado que, a fricção que ocorre entre cada uma das cordas oferece resistência para separá-las, neste exemplo a fricção representa as forças intermoleculares que mantêm os polímeros juntos.

Dependendo do grau de forças intermoleculares que ocorrem entre as cadeias poliméricas, elas podem adotar dois tipos diferentes de estruturas, estruturas amorfas ou estruturas cristalinas, sendo possível a existência de ambas as estruturas no mesmo material termoplástico.

As propriedades de um polímero termoplástico são adaptáveis a fim atender às necessidades de cada aplicação específica, misturando a resina termoplástica com outros componentes. (HAPER; PETRIE, 2003)

No ramo automobilístico, o plástico vem sendo utilizado desde a década de 70, como uma forma de substituir o aço, devido suas vantagens, de baixo peso, custo e elevada resistência mecânica e química.

2.1.1 Polipropileno

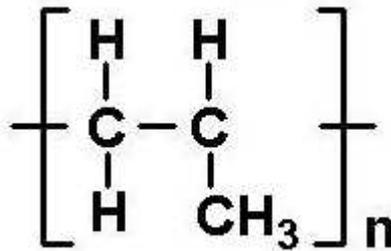
Segundo Harper e Petrie (2003), a palavra “plástico” tem como significado bruto “capaz de ser moldado”. Outros tipos de materiais, como por exemplo, o aço ou o vidro, também apresentam essa característica, porém não são considerados como materiais plásticos. Existem vários tipos de polímeros utilizados na indústria automobilística.

O Polipropileno, categorizado como um polímero termoplástico tem como características, amolecer quando sofre o processo de aquecimento. Esse processo pode ser realizado inúmeras vezes sem prejudicar a estrutura do polímero, dessa forma permitindo sua reciclagem. Hoje são utilizados para a produção de uma vasta gama de formas geométricas, suprimindo as necessidades de clientes a um preço extremamente reduzido comparado ao aço. Sua utilização requer um conhecimento de sua natureza, comportamento, possibilidades, resultados, assim como as limitações do processo no qual será utilizado.

O polipropileno pode ser processado com grande facilidade podendo gerar inúmeras formas, sendo esse um dos motivos pelo qual o material é extremamente utilizado dentro da indústria automotiva, cuja qual utiliza de geometrias bem complexas em seus produtos. No processo de injeção plástica é necessário aquecer o material para alcançar um estado de fluidez, assim ao ser injetado dessa forma, adquire o formato da cavidade definida no molde (HAPER; PETRIE, 2003).

Sua estrutura química é composta por uma cadeia de carbono e hidrogênio (C_3H_6).

Figura 1 – Cadeia química polipropileno



Estrutura química do PP

Fonte: Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/polipropileno.asp>>. Acesso em 23 jul. 2018

O polipropileno tem grande facilidade de absorver água da atmosfera, dessa forma uma das primeiras etapas antes do processo de injeção e o estufamento do material, impedindo que as moléculas de O₂ liguem-se as de hidrogênio, formando assim a molécula de água (HAPER; PETRIE, 2003).

2.1.2 ABS (Acrilonitrila-Butadieno-Estireno)

É um termoplástico também utilizado na indústria automotiva, desenvolvido para a utilização de peças que necessitam de um bom aspecto visual e, também, com uma boa resistência.

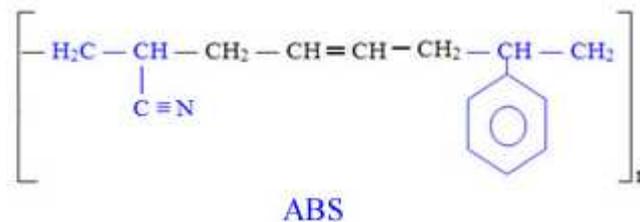
O ABS é um polímero que é formado através de uma fusão, dada pela acrilonitrila que é copolimerizada com o estireno (HAPER; PETRIE, 2003). O Butadieno é polimerizado, portanto o processo para alcançar o ABS consiste em uma mistura dessas duas fases.

Cada monômero tem suas propriedades específicas, podendo então gerar diferentes tipos de ABS. Por exemplo: a) maior concentração de Acrilonitrila fornece uma maior resistência térmica e química; b) maior concentração de Estireno fornece mais brilho, moldabilidade e rigidez; c) maior concentração de Butadieno fornece maior resistência ao impacto e alongamento (HAPER; PETRIE, 2003).

Dentro da indústria automobilística, o ABS é utilizado nas peças onde se deseja alcançar um padrão de brilho mais elevado do que em outros polímeros, ou seja, o que possui maior concentração de Estireno.

Por ser uma resina extremamente estável, sem variações na estrutura, ela exige menor tempo de recalque no processo de injeção, chegando às vezes a zerar o tempo de recalque. Tem como características sua fácil moldabilidade, bom aspecto visual, boa dureza, portando o uso é mais frequente em peças de acabamento ou peças cromadas (HAPER; PETRIE, 2003).

Figura 2 – Cadeia química ABS



Fonte: Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/abs.asp>>. Acesso em 23 jul. 2018

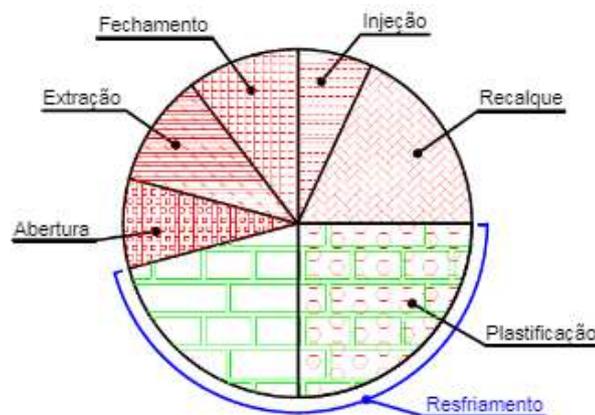
2.2 PROCESSO DE INJEÇÃO

Atualmente grande parte dos produtos manufaturados contém componentes injetados, podendo encontrá-los em diversos produtos, como eletrônicos, brinquedos, peças de automóveis, entre outros (HAPER; PETRIE, 2003). O processo de injeção de peças plásticas é extremamente utilizado por sua facilidade de atingir formatos e dimensões complexas, sendo possível produzir em qualquer tamanho, desde microcomponentes até para-choques.

De maneira bem simplificada, o processo de injeção pode ser definido através de três unidades básicas de processamento que são definidas por injeção do material, moldagem do material e fechamento do molde. Na fase de injeção, o plástico é fundido através do aquecimento realizado pelas resistências, até alcançar o estado de fluidez e a temperatura ideal para a injeção, que varia de acordo com cada material, é transferido para o molde. Durante a fase de fechamento, cuja é

responsável por manter a o molde fechado com uma força de fechamento aplicada em toneladas durante o processo de injeção. A terceira fase de processamento é a etapa da moldagem, como o próprio nome já explica, é o momento em que a peça irá adquirir o formato pré-definido da cavidade. Cada ciclo envolve o fechamento, a injeção, o recalque, o resfriamento da peça já moldada, a abertura e a extração.

Figura 3 – Ciclo de Injeção



Fonte: Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/processo/cicloinjecao.asp>>. Acesso em 23 jul. 2018

Todo esse processo, desde a entrada da matéria-prima até extração do produto-final, pode durar em torno de alguns segundos, dependendo do processo e, também do tamanho da peça que está sendo injetada. Ao finalizar esse ciclo, a injetora abre novamente, a peça é retirada, e inicia-se novamente todo o processo.

Explicando com um pouco mais de detalhes o processo de injeção de uma forma macro, em cinco etapas.

2.2.1 Secagem e dosagem dos grãos

Essa etapa é considerada uma das mais importantes. Já citado anteriormente, a maioria dos polímeros utilizados no processo de injeção é composto por ligações de hidrogênio e carbono.

Os polímeros têm uma grande facilidade em absorver água, processo que consiste na junção das moléculas de Oxigênio (O_2) com as de Hidrogênio (H) dessa forma possibilitando a formação da molécula de água (H_2O). Portanto a primeira fase do processo é o aquecimento dos grãos. A matéria prima fica durante algumas horas (o tempo de secagem depende do polímero a ser utilizado) dentro de uma estufa onde são retiradas todas as moléculas de O_2 , retirando toda a umidade da matéria prima, a fim de evitar futuras imperfeições, que podem ser observadas com muita nitidez após o processo de injeção (FARHAN, 2016).

2.2.2 Fusão do Material

Inicia-se o fechamento do molde, o material (PP, PE ou ABS) é inserido na injetora através de dutos que estão ligados diretamente as estufas de aquecimento, através do funil de admissão, o material é despejado na rosca injetora, onde passa pelo processo de superaquecimento gradativamente conforme o parafuso (rosca) avança no canhão da injetora até alcançar seu estado de fluidez e a temperatura ideal para a injeção, que varia de acordo com o tipo de polímero que está sendo injetado. O material é então comprimido pela rosca injetora até chegar aos canais de injeção (bicos injetores) que permitem o preenchimento do material na cavidade do molde (FARHAN, 2016).

2.2.3 Injeção do material no molde

O material ao passar pelos bicos de injeção, entra no molde preenchendo toda a cavidade negativa, após o preenchimento total, é mantida uma pressão de injeção, processo conhecido como pressão de recalque, para aguardar a solidificação do material e garantir que não haja refluxo do material.

O molde fechado exerce uma pressão entre 5000 a 20.000 psi, durante a injeção e resfriamento, com suas forças medidas em toneladas. A velocidade de injeção vai depender do tamanho da cavidade do molde a ser preenchida.

Atentando-se que normalmente é uma velocidade reduzida, para garantir que toda a superfície da cavidade do molde tenha recebido a quantidade de material ideal (FARHAN, 2016).

2.2.4 Resfriamento do molde até a solidificação do material

Realizada a injeção total do material, a pressão de recalque é mantida por alguns segundos a mais até que se tenha certeza que o material alcançou seu estado sólido e não haverá refugo de material. Cada material exige um tempo de recalque diferente.

A peça recém-injetada passa por um processo de resfriamento para poder ser retirada do molde com facilidade, o processo de resfriamento ocorre através de mangueiras de água que circulam na superfície interna do molde, a uma temperatura mais baixa, com o objetivo de esfriar a peça, o molde se abrirá. E o parafuso voltará a sua posição inicial para reiniciar o processo.

Os padrões da injeção são totalmente alterados quando há uma mudança de matéria prima, justamente por cada matéria prima possuir suas características específicas, portanto cada uma delas necessita de um set-up diferente (FARHAN,2016).

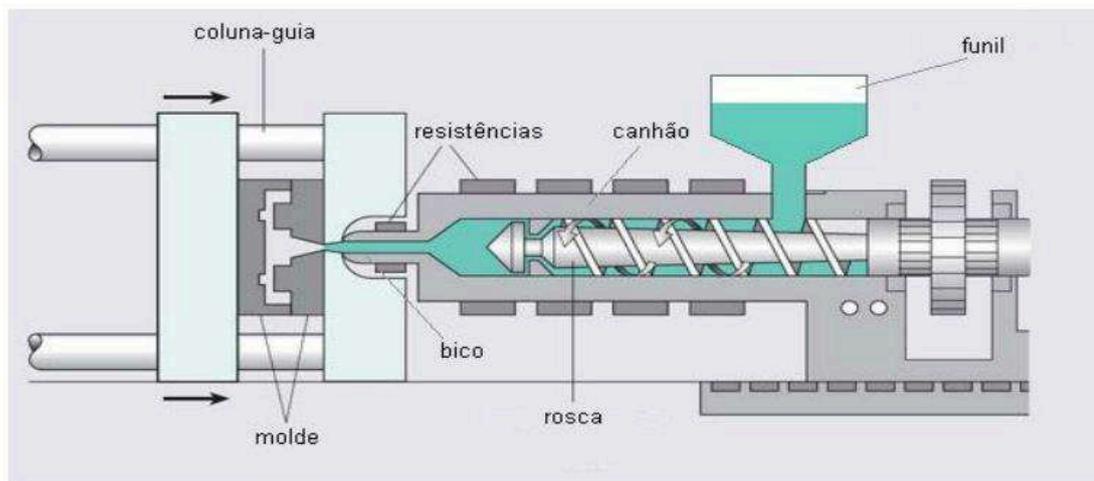
2.2.5 Extração do produto

Como no ramo automobilístico a injeção é um processo realizado para a produção de para-choque, normalmente a extração da peça é realizada por um robô, que possui uma garra com *grippers* que ao se aproximar da peça, exercem uma força de sucção, prendendo a peça à garra do robô, que entra pela parte superior da injetora, retira a peça de dentro da cavidade do molde, e logo após a peça é liberada em uma esteira, onde o operador retira a peça e irá observar o resultado da injeção, retirar os galhos (canais de injeção) e caso a peça esteja dentro dos padrões exigidos, ela seguirá o fluxo de produção para a próxima etapa, no caso da indústria

automotiva, as peças saem da injetora diretamente para a pintura. Se a peça não estiver dentro dos padrões, ela é apontada como *scrap* e irá diretamente para o moinho, onde será reciclada.

Este processo permite a produção de peças com uma grande precisão e com uma tolerância de medidas bem rígida. Esta precisão para ser alcançada, precisa ter a elaboração do molde com o material específico e a utilização da matéria prima em um estado de mistura ideal (FARHAN, 2016).

Figura 4 – Máquina Injetora



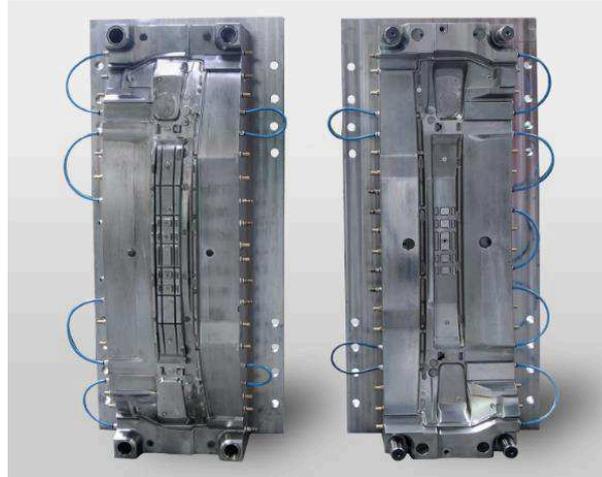
Fonte: Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/processo/injecao.asp>>. Acesso em 23 jul. 2018

2.3 MOLDES

O molde é a parte mais importante do processo. De acordo com Farhan (2016) ter conhecimento dos fundamentos do molde de injeção é essencial para conseguir interpretar seus projetos, entender suas ferramentas, componentes e suas variáveis. A função do molde é produzir peças compactadas de polímeros, são utilizados com alta frequência e em larga escala.

Os moldes utilizados na indústria automotiva são feitos de aços de altíssima qualidade, P-20 temperado e com dureza entre 48-50 HRc. Sua estrutura permite uma ou várias cavidades, sendo elas responsáveis pela definição da quantidade de peças que poderão ser feitas por hora (FARHAN,2016).

Figura 5 – Molde de Injeção Plástica de Para-Choque



Fonte: Elaborada pela autora

As paredes do molde são consideradas as partes mais complexas do molde, sendo também a mais difícil a ser projetada. Alguns fatores devem ser considerados na sua construção, como a geometria do produto, a capacidade de produção da máquina, tipo de material que será utilizado, fator de contração do material, todos esses fatores influenciam, e a partir disso, define-se o número de cavidade, pinos extratores, canais de refrigeração, número de placas e etc. O molde por exigir muitas horas de engenheiros para ser projetado e a matéria prima para sua confecção ser muito cara, o molde costuma ser um dos maiores investimentos do projeto de um para choque (FARHAN,2016).

O Molde tem duas partes fundamentais para a injeção, a cavidade ou matriz e o macho ou cavidade macho.

A Cavidade é a parte que confere o formato ao produto injetado, sua função primaria é dar forma a parte externa da peça, parte visível, sendo a peça mais importante do molde, tem sua cavidade negativa.

O macho constitui a parte interior da peça, parte positiva do molde, neles estão os ângulos de extração (saída do produto), é de extrema importância que eles viabilizem a desmoldagem da peça de dentro da cavidade.

Figura 6 – Parte Visível de Uma Peça Injetada de PP

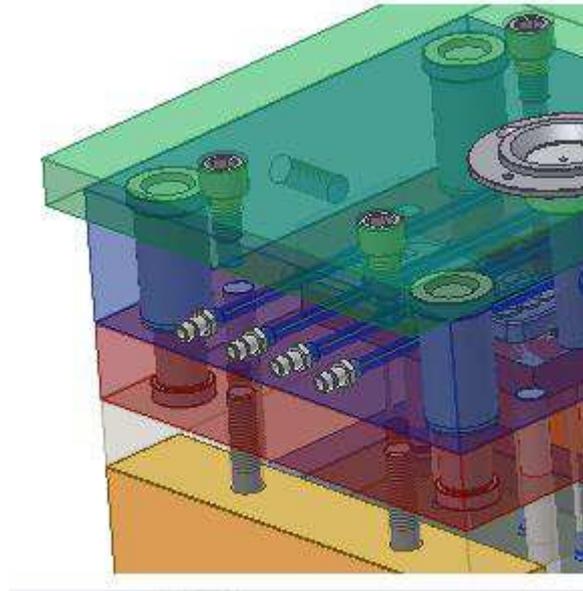


Fonte: Elaborada pela autora

Através da bucha de injeção onde o bico da injetora encosta no molde o material é inserido no molde, distribuído pelos canais de injeção que possuem um formato cônico para facilitar a entrada do material, sendo então o primeiro canal em que o material irá percorrer, logo depois o material é distribuído pelos canais de distribuição, que são rasgos feitos na superfície da placa para facilitar o fluxo para que o material percorra toda a superfície do molde, preenchendo por completo toda a cavidade. Para auxiliar o processo as estradas, canais menores que estão localizados entre os outros dois canais que tem a função de facilitar o destacamento da peça e dos galhos após a injeção, controle do fluxo do material dentro da cavidade e impedir que tenha refluxo do material pelos canais de injeção.

Depois de finalizada a injeção do material, ocorre à abertura do molde os pinos de extração e levantadores auxiliam na retirada da peça da cavidade do molde sem a necessidade de esforço a fim de não danificar a peça. A outra peça que auxilia no processo de extração são os canais de refrigeração, que estão conectados diretamente nas paredes do molde, feitos de tubo de cobre, atuam para reduzir a temperatura da peça até o ponto em que a peça se solidifique, refrigere e esteja pronta para a extração (FARHAN,2016).

Figura 7 – Canais de Refrigeração



Fonte: Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/default.asp>>. Acesso em 23 jul. 2018

2.4 DEFEITOS FREQUENTES

Os defeitos gerados através do processo de injeção podem ser ocasionados por vários fatores, sendo eles, processo, molde, injetora ou material. Quem trabalha no ramo já subentende que problema no processo de injeção é um sinônimo de processo. Porém, cada um desses fatores gera uma gama de outros causadores de defeitos.

2.4.1 Canal de alimentação preso ao molde

Canal de alimentação é por onde o material chega ao molde, o defeito ocasiona-se quando o canal se prende a peça gerando um retrabalho para o operador e em alguns casos descarte da peça. Como citado acima, os defeitos podem ser ocasionados por uma gama de fatores, no caso descrito, as possíveis causas estão ligadas a refrigeração insuficiente, bico ou canal de injeção deficiente ou compactação excessiva do canal.

2.4.2 Contração muito alta

A contração do material é a alteração que ele irá sofrer ao finalizar o processo de injeção. Cada polímero tem um índice de contração específico. No caso do PP, após a refrigeração da peça injetada ela continua a contrair, ou seja, ela não fica com a mesma dimensão da cavidade do molde. Uma contração muito alta pode gerar defeitos de montagem, entre outros.

Suas possíveis causas são processamento incorreto, matéria prima (como descrito acima) ou até mesmo o molde.

2.4.3 Moldagens incompletas

É possível, ao final do processo de injeção, o operador retirar a peça da cavidade e observar falhas de preenchimento. Isso se dá por conta de alguns fatores relacionados ao molde e, também, à matéria prima. As suas possíveis causas são: processamento inadequado da máquina, queda de pressão, ar aprisionado no molde, matéria prima com resina errada e até mesmo máquina de injeção não apropriada.

2.4.4 Rebarbas

Esse é um dos defeitos mais comuns encontrados nos processos de injeção plástica. A rebarba trata-se de um excesso de material normalmente nas extremidades da peça, é visualmente perceptível e dependendo do tamanho da rebarba pode levar ao descarte da peça. Ela é ocasionada pelos seguintes fatores, força de fechamento do molde abaixo do necessário, molde deficiente ou até a matéria prima com mistura inadequada.

2.4.5 Rechupes

A solidificação do material inicia-se pelas partes que estão em contato com as paredes do molde, dessa forma ao passar do estado de fluidez para o estado sólido, o material pode diminuir seu volume e essa diferença de material é visível e é chamada de rechupe. Suas causas primárias são: processamento incorreto (temperatura), molde deficiente e até a matéria prima pode ocasionar este defeito.

2.4.6 Marcas de fluxo

As marcas de fluxo no material são imperfeições na superfície da peça. Podem ser de fluxo de gás ou de água. Geralmente são ocasionados por matéria prima com tempo insuficiente de estufa, molde deficiente ou processamento incorreto da máquina injetora.

Figura 8 – Marcas de Fluxo



Exemplo de espirros característicos de material úmido

Fonte: Disponível em: <www.tudosobreplasticos.com/processo/solucoes_injecao.asp>. Acesso em 23 jul. 2018

2.4.7 Empenamento

Esse é considerado um dos defeitos mais críticos por trata-se de alteração na geometria da peça, podendo levar ao descarte da mesma. A deformação da peça é extremamente importante, pois cada parte do carro é fornecida por diferentes fabricas, ao chegar à montadora todas as peças devem encaixar-se com facilidade, pois são projetadas milimetricamente para sua montagem final não necessitar ajustes. As causas da deformação estão ligadas à: extração da peça muito quente do molde, tensão residual da peça, *setup* inadequado da injetora e matéria prima com a mistura inadequada.

2.5 ANÁLISE DE PARETO

Essa técnica consiste em organizar as informações coletadas de uma base de dados para que se possa saber qual seria a principal ocorrência, por exemplo, quais seriam os principais defeitos que aparecem em um produto durante o processo de fabricação (ROHLEDER; SILVER, 1997). Em outras palavras, com essa ferramenta é possível identificar as perdas de maior frequência e prioriza-las quando necessária uma tomada de decisão (VIEIRA, 2012).

É preciso identificar as estratégias que a companhia prefere seguir, em alguns casos é mais interessante solucionar um problema não tão frequente, mas que cause uma perda financeira que o problema com maior frequência do Pareto que não tenha tantos impactos financeiros. Pode-se decidir fazendo-se dois Paretos, uma para quantidades e outro para custos, por exemplo (VIEIRA, 2012).

A análise de Pareto geralmente é usada no início do processo de melhoria da qualidade, pois assim, uma ação mais eficiente pode ser tomada.

Na Figura 9 é exemplificado um Pareto de defeitos de uma produção. Note que as informações, antes em uma planilha de base de dados, ficam mais visuais e esclarecedoras para se trabalhar quando em um gráfico.

Figura 9 – Exemplo de Pareto de Defeitos

Fonte: Elaborada pela autora

3 METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizado um estudo de caso. Essa metodologia se baseia na coleta de dados, entendimento, interpretação e análise de variáveis estudadas em um processo de injeção de peças plásticas.

Com esse estudo pode-se compreender melhor o processo de injeção realizado, bem como a composição da matéria prima, informações relevantes no estudo dos motivos dos defeitos encontrados. A partir da identificação dos defeitos, é possível encontrar soluções para a diminuição de sua incidência e assim, conseqüentemente, a diminuição de peças descartadas por conta desses defeitos, sendo este o objetivo deste estudo.

Inicialmente há uma coleta de dados pertinente ao estudo. Os dados são obtidos através do apontamento em tempo real de cada peça que sai da máquina injetora. O apontamento consiste em registrar qual o modelo de peça injetado, quantidade, data e motivo do defeito, verificando se está dentro dos padrões de injeção estabelecido pelos engenheiros do projeto.

A Tabela 1 ilustra o sistema de rastreabilidade de injeção, mostrando apenas os dados pertinentes para o estudo realizado no trabalho. Sendo (R) reprovado e (A) aprovado.

Tabela 1 – Exemplo da Tabela de Banco de Dados dos Defeitos

Status	Motivo para refugo	Σ Qtd	Ano	Mês
R	Linhas de fluxo	1	2018	3
R	Empenamento	1	2018	3
R	Rebarba	2	2018	3
R	Moldagem incompleta	1	2018	3
R	Rebarba	2	2018	3
R	Rechupe	1	2018	3
R	Contração alta	1	2018	3
R	Canal preso ao molde	1	2018	3
R	Linha de fluxo	4	2018	3
R	Canal preso ao molde	1	2018	3

continua

continuação

R	Rebarba	1	2018	3
R	Rechupe	2	2018	3
R	Contração alta	1	2018	3
R	Empenamento	1	2018	3
R	Contração alta	1	2018	3
R	Rebarba	1	2018	3
R	Linha de fluxo	1	2018	3
R	Canal preso ao molde	1	2018	3
R	Rechupe	2	2018	3
R	Rebarba	3	2018	3
R	Moldagem incompleta	1	2018	3
R	Rebarba	2	2018	3
R	Contração alta	1	2018	3
R	Canal preso ao molde	2	2018	3
R	Linha de fluxo	1	2018	3
R	Empenamento	2	2018	3
R	Canal preso ao molde	1	2018	3
R	Contração alta	2	2018	3
R	Empenamento	1	2018	3
R	Contração alta	2	2018	3
R	Canal preso ao molde	1	2018	3
R	Rechupe	2	2018	3
R	Linha de fluxo	2	2018	3
R	Rebarba	1	2018	3
R	Empenamento	1	2018	3
R	Moldagem incompleta	2	2018	3
R	Canal preso ao molde	1	2018	3
R	Empenamento	2	2018	3
R	Rebarba	1	2018	3
R	Contração alta	2	2018	3

R	Moldagem incompleta	1	2018	3
R	Linha de fluxo	2	2018	3
R	Rechupe	1	2018	3
R	Empenamento	2	2018	3
R	Rebarba	1	2018	3
R	Linha de fluxo	3	2018	3
R	Empenamento	1	2018	3
R	Rechupe	1	2018	3
R	Contração alta	1	2018	3
R	Empenamento	1	2018	3
R	Linha de fluxo	1	2018	3
R	Moldagem incompleta	1	2018	3
R	Contração alta	1	2018	3
R	Rechupe	1	2018	3
R	Empenamento	2	2018	3
R	Rebarba	2	2018	3
R	Moldagem incompleta	2	2018	3
R	Empenamento	1	2018	3
R	Linha de fluxo	3	2018	3
R	Contração alta	1	2018	3

Fonte: Elaborada pela autora

Primeiramente utilizaram-se os dados de quantidade, *status* de peça (aprovada ou reprovada) e tipo de defeito. Com esses dados, é possível iniciar o processo de estudo para a diminuição de peças descartadas por esses problemas.

A ferramenta da qualidade a ser utilizada é o Pareto de defeitos, que organizará a quantidade de defeitos, encontrados na saída da injeção que tiveram como consequência o retrabalho ou até mesmo o descarte da peça. Dessa forma, com os dados obtidos pode se estabelecer um plano de ação para a resolução dos problemas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PARETO DE DEFEITOS

Com os dados da tabela de apontamento, pode-se destacar os defeitos listados na Tabela 2 com suas respectivas porcentagens em relação ao total de peças pintadas.

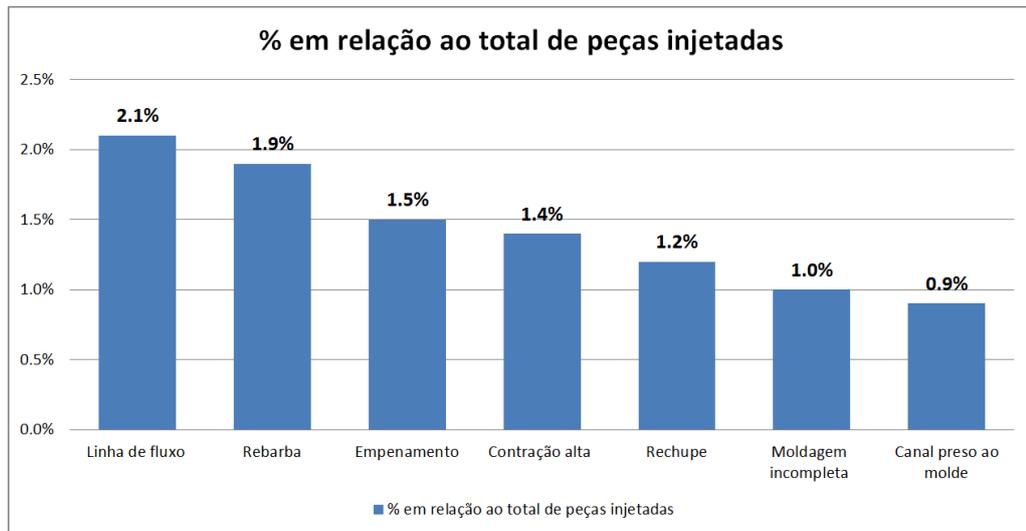
Tabela 2 – Tabela de Apontamento

Tipo de Defeito	% em relação ao total de peças injetadas
Linha de fluxo	2.1%
Rebarba	1.9%
Empenamento	1.5%
Contração alta	1.4%
Rechupe	1.2%
Moldagem incompleta	1.0%
Canal preso ao molde	0.9%

Fonte: Elaborada pela autora

A partir dos dados da Tabela 2, pode-se organizar as informações de uma forma mais visual pelo gráfico de Pareto, como se verá a diante, através da Figura 10.

Figura 10 – Gráfico de Pareto



Fonte: Elaborada pela autora

4.2 CAUSAS PROVÁVEIS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES DOS DEFEITOS

4.2.1 Canal de alimentação preso ao molde

Este defeito está entre os cinco mais recorrentes no processo de injeção plástica. As causas principais são Refrigeração insuficiente, Bico e canal deficiente e compactação excessiva do canal.

Refrigeração insuficiente: As possíveis soluções aplicáveis a esta causa são, o aumento do tempo de resfriamento da peça, diminuindo a temperatura do molde e, também, a temperatura da matéria prima, para que dessa forma seja liberado o canal e evitando o retrabalho.

Bico e canal deficiente: a solução é eliminar ranhuras e rebarbas dos canais de distribuição, visando melhorar o fluxo, assim como o polimento do canal de injeção no sentido do fluxo. Facilitando a injeção e evitando o defeito.

Compactação excessiva do canal: a solução aplicada é o reajuste da velocidade de injeção, diminuição do volume e da pressão de recalque (recalque tem a função de eliminar ou minimizar os rechupes e garantir a estabilidade dimensional do produto a ser injetado.)

4.2.2 Contração muito alta

Este defeito tem como suas possíveis causas, processamento incorreto e a deficiência no molde.

Processamento incorreto: Para evitar este fator é necessário atuar nas seguintes soluções: diminuição da temperatura de massa, aumento no tempo de injeção, aumento no tempo e/ou pressão de recalque e, também, aumento na velocidade de injeção.

Molde: Para evitar tal fator, é necessário diminuir a temperatura do molde utilizando os canais de refrigeração, se possível com água gelada, para baixar a temperatura da superfície e também se pode aumentar as dimensões do canal de alimentação de injeção para melhorar a distribuição do material e evitar a variação dimensional da peça. No caso do ABS não é um defeito comum, pois uma das principais características é sua estabilidade dimensional após injeção.

4.2.3 Moldagens incompletas

Este defeito tem como suas possíveis causas, o processamento inadequado, queda de pressão na injeção, equipamento inadequado, molde deficiente, conforme a Figura 11.

Processamento inadequado: Erro de processo, sendo um dos mais frequentes. As soluções aplicadas são aumento da temperatura do cilindro, molde e/ou do bico injetor, aumento da pressão de recalque, aumento da velocidade de injeção.

Queda de pressão: aumentar o tempo e o curso de comutação (a comutação é a passagem da injeção para o recalque, podemos ter esta passagem controlada por tempo de injeção, por posição de injeção, por pressão de injeção ou por todas elas, para na sequência atuar o recalque).

Equipamento inadequado: Utilização de uma injetora não adequada para o processo. Exemplo: uma injetora com uma capacidade de injeção menor, para um

molde que necessita de uma força de fechamento maior. A solução aplicada é garantir que o estudo feito para a necessidade do molde seja atendido na produção.

Molde deficiente: Verificar a simetria do molde, pois com o uso contínuo a superfície pode ter avarias, aumentar as dimensões dos canais de alimentação ou o número de bicos injetores.

Figura 11 – Clips mal injetado



Fonte: Elaborada pela autora

4.2.4 Rebarbas

Este defeito tem como suas possíveis causas o processamento incorreto, equipamento inadequado, molde deficiente, como é possível observar na Figura 12.

Processamento incorreto: pode ser dado por reajuste dos parâmetros de injeção de forma incorreta, as soluções aplicadas foram a diminuição da temperatura, diminuição da pressão de recalque, aumentar a força de fechamento do molde, diminuir a velocidade de injeção e até mesmo utilizar a velocidade escalonada e diminuir a temperatura do molde.

Equipamento: Utilização de uma injetora que não atende as especificações definidas pelo Engenheiro de projeto, normalmente se dá por uma injetora de capacidade menor, onde a força de fechamento do molde é menor do que a necessária.

Molde deficiente: deve-se certificar que as partes planas do molde estão alinhadas e limpas, verificar se há folgas nos pinos guias e, também, se não há resíduos de resina entre as faces do molde.

Figura 12: Exemplo de Rebarba



Fonte: Elaborada pela autora

4.2.5 Rechupes

Este defeito tem como suas possíveis causas o processamento incorreto e molde deficiente e matéria prima, pelo o que se depreende da Figura 13.

Processamento incorreto: as possíveis soluções aplicadas para esta causa seria a diminuição da temperatura do molde, retirada dos galhos de forma incorreta, aumento do tempo de injeção, aumento do tempo de recalque, baixar gradativamente a comutação, diminuir a temperatura da massa e aumentar o tempo de resfriamento.

Molde deficiente: Aumentar o calibre do canal de alimentação, com o objetivo de permitir uma boa transferência de pressão.

Matéria-prima: utilização de um polímero que tem uma tendência ao rechupe. Exemplo: PP.

Figura 13: Exemplo de Rechupe



Fonte: Elaborada pela autora

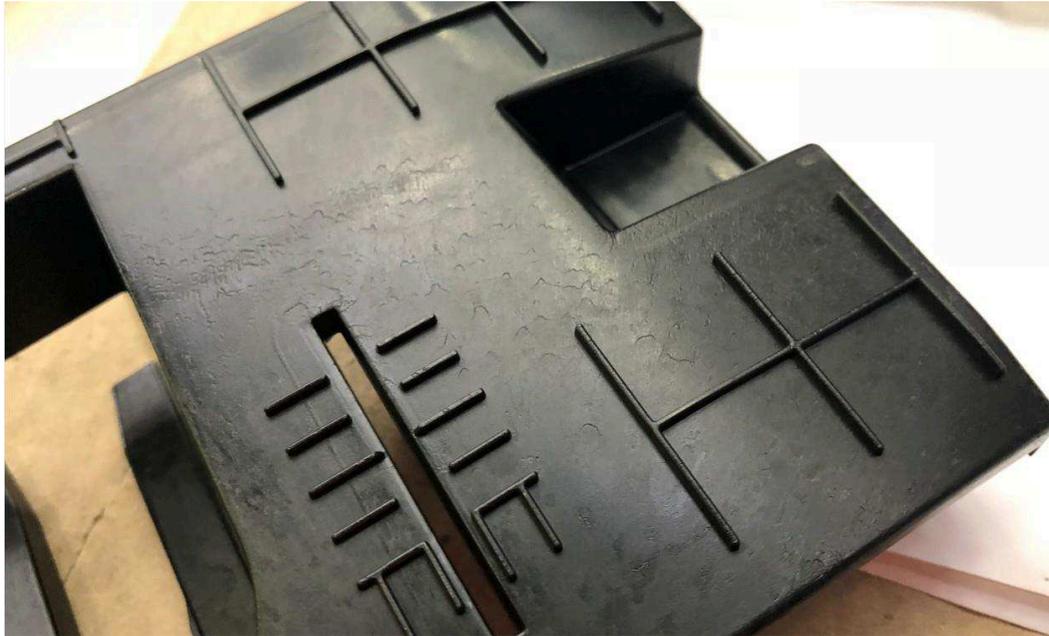
4.2.6 Marcas de fluxo

Este defeito tem como suas possíveis causas o processamento incorreto e molde deficiente e matéria prima, conforme Figura 14.

Processamento incorreto: Utilizar a velocidade escalonada, seja aumentando ou diminuindo, é necessário realizar o teste no momento da injeção até que seja injetada uma peça 100% conforme. Aumentar a temperatura do cilindro, do bico injetor, do molde e da pressão de injeção.

Matéria-prima: essa causa é aplicável quando o processo de estufamento da matéria prima não foi realizado de forma correta, de tal forma que durante o processo e injeção as moléculas de H₂O se manifestam e gerar a marca na peça.

Figura 14: Exemplo de Marca de Fluxo



Fonte: Elaborada pela autora

4.2.7 Empenamento

Este defeito tem como suas possíveis causas extração da peça com temperatura alta, tensão residual na peça, molde inadequado, como pode ser observada na Figura 15.

Extração da peça com temperatura alta: para evitar é necessário aumentar o tempo de resfriamento do molde e, também, diminuir a temperatura da massa. Pois quando a peça ainda está muito quente, facilita a perda da precisão dimensional.

Tensão residual na peça: as soluções aplicadas são o aumento da velocidade de injeção, aumento no tempo e pressão de recalque e a diminuição da pressão de injeção.

Molde inadequado: Certificar-se que o molde todo está com a mesma temperatura, que não haja variações de temperatura na cavidade, evitar diferença de espessura na peça injetada, aumentar as dimensões dos canais de injeção, evitar uma extração forçada da peça (Manual) e garantir a simetria do molde.

Figura 15: Exemplo de Empenamento



Fonte: Elaborada pela autora

4.3 RESULTADOS

Para dar início ao processo de melhoria, foi implementado um controle melhor e mais rígido para a garantia dos números apontados pelos gestores responsáveis pelo processo de injeção para diminuir o índice de *scrap*, orientando e treinando melhor os operadores.

Com os indicadores de *scrap*, através do gráfico de Pareto, foi possível conscientizar os operadores para trabalharem em cima dessa perda, mostrando de forma clara o quanto uma empresa perde com erro de processo.

Depois de cinco meses do início do projeto de melhoria, as ações foram tomadas, uma nova medição foi realizada a fim de verificar a eficácia das mesmas.

Com as novas informações, o Pareto de defeitos foi refeito para que fosse possível a análise dos principais defeitos que ainda são encontrados nas peças injetadas.

As novas medições e o Pareto de defeitos podem ser vistos na Tabela 3.

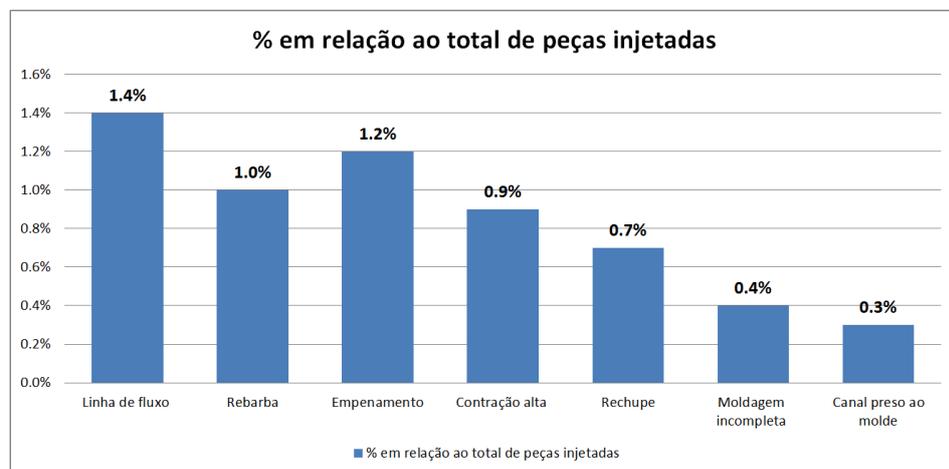
Tabela 3 – Novas Medições

Tipo de Defeito	% em relação ao total de peças injetadas
Linha de fluxo	1.4%
Rebarba	1.0%
Empenamento	1.2%
Contração alta	0.9%
Rechupe	0.7%
Moldagem incompleta	0.4%
Canal preso ao molde	0.3%

Fonte: Elaborada pela autora

Pode-se perceber uma queda, em porcentagem, da quantidade de defeitos em peças injetadas em todos os tipos de defeitos estudados (Canal de alimentação preso ao molde, contração muito alta, moldagem incompleta, rebarbas, rechupes, marcas de fluxo e empenamento), conforme a Figura 16.

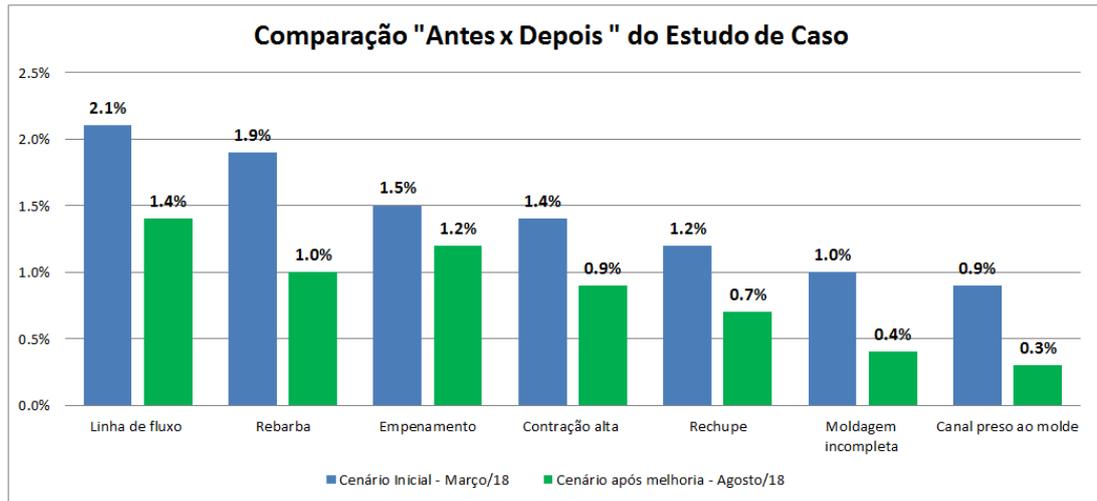
Figura 16: Análise de Pareto de defeitos das peças injetadas em relação ao total



Fonte: Elaborada pela autora

Dessa forma, pode-se notar a diferença, em porcentagem, da quantidade de peças descartadas após realizado o estudo de caso, como é possível observar na Figura 17.

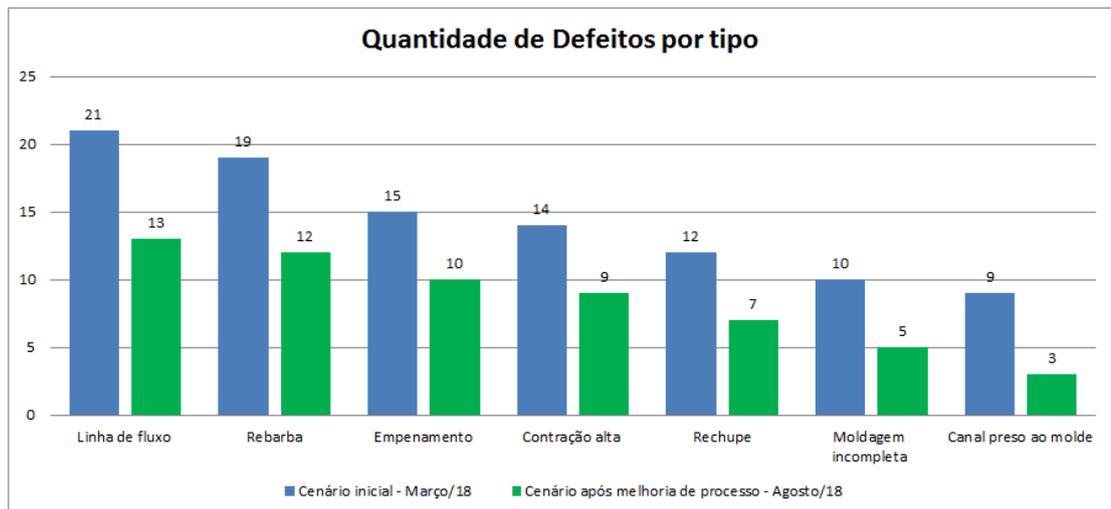
Figura 17: Comparação Antes e Depois



Fonte: Elaborada pela autora

Logo após de aplicadas as ações propostas, pode-se observar uma ligeira queda da quantidade de peças descartadas na injeção, conforme a Figura 18.

Figura 18: Quantidade de defeitos por tipo



Fonte: Elaborada pela autora

Esse fato deve-se a certa resistência por parte dos colaboradores a mudança, mas após os treinamentos e envolvimento por parte de todos, foi possível constatar a eficiência do projeto como um todo.

5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o uso das ferramentas de qualidade, gráfico de Pareto, treinamentos e controle, foi eficaz em relação ao objetivo proposto.

Utilizando o Pareto foi possível identificar os sete defeitos que mais apareceram na saída da injeção em ordem decrescente, facilitando a comunicação visual.

Após a apresentação dos números, foi realizado o *brainstorming* com todos os possíveis problemas que estavam propiciando os defeitos encontrados no Pareto, sendo possível estudar cada um deles.

O suporte e gerenciamento dos gestores permitiu a organização das tarefas, bem como seu controle na linha do tempo. Dessa forma foi possível identificar que a maior parte dos problemas foram ligados a pessoas, seja a falta delas para execução do trabalho, seja por falta de visão ou gestão que não estava de acordo com a fase que a empresa estava passando, ou seja ainda pela falta de treinamentos ou não cumprimento das atribuições da melhor maneira.

Os defeitos não foram eliminados completamente, mas através das ações propostas foi possível uma diminuição de sua incidência, melhorando a qualidade e reduzindo a quantidade de perdas, que foi o objetivo inicial.

Como proposta, uma continuação para esse trabalho seria a possível investigação de outros defeitos ou a proposta de outras ações.

REFERÊNCIAS

ARBURG, **Technical data Allrounder 420/470s**

FARHAN, A. **Transformação: Moldes de Injeção para Termoplásticos**. Disponível em: <<https://www.plastico.com.br/transformacao-moldes-de-injecao-para-termoplasticos/>>. Acesso em jul.2018.

HARADA, J. **Moldes para injeção de termoplásticos – projetos e princípios básicos**. 1 Ed., São Paulo: Artliber Editora, 2004. 308 p.

HARPER, C.; PETRIE, E.. **Plastics materials and processes: a concise encyclopedia**. John Wiley and Sons, Hoboken, 2003. 3.1.2

MICHAELI, W, GREIF, H, KAUFMANN, H, VOSSEBÜRGER, FJ. **Tecnologia dos plásticos**. 1 Ed., São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda., 2000. 205 p.

MANRICH, S. **Processamento de termoplásticos**. 1 Ed., São Paulo: Artliber Editora, 2005. 431 p.

QUAL a diferença entre termoplásticos e termofixos. Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/termo.asp>>. Acesso em jul.2018.

RECHUPE ou marcas de rechupe. Disponível em: <http://www.ingaprojetos.com.br/download/Rechupe_ou_marcas_de_chupagem.pdf>. Acesso em jul.2018.

ROHLEDER, T. R.; SILVER, E. A. A tutorial on business process improvement. **Journal of Operations Management**, v. 15, n. 2, p. 139–154, 1997.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, M. C. C.; AGUIAR, S. **Otimização estatística de processos: como determinar a condição de operação de um processo que leva ao alcance de uma meta de melhoria**. 1. ed. Rio de Janeiro: Werkema, 1996. 331 p.

YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 205 p.