

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
DIOGO SOUZA SENADOR

N. CLASS.	ME20.1
CUTTER	59741
ANO/EDIÇÃO	2013

INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS

Varginha
2013

FEPESMIG

DIOGO SOUZA SENADOR

INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Ms. Rullyan Marques Vieira.

Varginha

2013

DIOGO SOUZA SENADOR

INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas Gerais – UNIS, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Me, Rullyan Marques Vieira

Prof. Me. Luiz Carlos Vieira Guedes

Prof. Esp. Luciene de Oliveira Prósperi

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela sabedoria e força dadas durante todo o período de graduação e a minha família pelo apoio moral, paciência e incentivo nesta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que me ajudaram a elaborar este trabalho, agradeço aos professores pelo conhecimento transmitido e aos companheiros de trabalho, principalmente ao Sr. Robinson Clemente de Souza pelo grande conhecimento repassado durante o início de minha vida profissional na área de engenharia.

“Nem tudo que se enfrenta pode ser
modificado, mas nada pode ser modificado até
que seja enfrentado.” Albert Einstein

RESUMO

O trabalho visa detalhar as características de máquinas injetoras de uma forma geral com foco nos princípios de funcionamento, processo, moldes, canais de injeção, evolução tecnológica e no uso de periféricos para o aumento da produtividade. Foram utilizadas pesquisas bibliográficas e de campo na realização deste trabalho. No processo de injeção deve-se levar em conta a grande quantidade de fatores que podem afetar os resultados finais tanto em termos de performance quanto econômicos, assim este pode atuar como guia sugerindo as melhores alternativas de seleção de equipamento, desenhos de moldes e técnicas para serem utilizadas em campo.

Palavras - chave: Máquina injetora. Processo. Moldes. Canais de Injeção. Evolução tecnológica. Periféricos. Produtividade.

ABSTRACT

The work aims to detail the characteristics of injection molding machines in general with a focus on the principles of operation, process, molds, injection channels, and technological developments in the use of peripherals to increase productivity. Were used literature searches and field in this work. In injection process should take into account the large number of factors that can affect the final results in terms of performance as well as economic, so it can act as a guide suggesting the best options for equipment selection, mold design and techniques for use in the field.

Keywords: *Injection Machine. Process. Molds. Injection channels. Technological evolution. Peripherals. Productivity.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Esquema de uma Máquina Injetora.....	15
Figura 02 - Materiais Termoplásticos.....	16
Figura 03 - Materiais Termofixos.....	16
Figura 04 - Desempenho dos Plásticos.....	17
Figura 05 - Esquema Estrutural do Polieteno (polietileno).....	18
Figura 06 - Exemplo de Máquina Injetora Horizontal.....	21
Figura 07 - Exemplo de Máquina Injetora Vertical.....	22
Figura 08 - Exemplo de Máquina Injetora Tandem.....	23
Figura 09 - Sistema de Fechamento Mecânico de uma Máquina Injetora.....	24
Figura 10 - Sistema de Fechamento Hidráulico de Pistão de uma Máquina Injetora.....	24
Figura 11 - Sistema de Fechamento Hidráulico de Pistão de uma Máquina Injetora.....	25
Figura 12 - Sistema de Fechamento Hidráulico Mecânico de uma Máquina Injetora.....	26
Figura 13 - Sistema de Fechamento Hidráulico Mecânico de uma Máquina Injetora.....	26
Figura 14 - Unidade de Injeção.....	27
Figura 15 - Unidade de Injeção.....	28
Figura 16 - Rosca de Plastificação.....	29
Figura 17 - Estufa de Ar Circulante.....	31
Figura 18 - Estufa de Ar Forçado.....	32
Figura 19 - Desumidificador.....	33
Figura 20 - Molde de Injeção.....	34
Figura 21 - Canal de Resfriamento.....	36
Figura 22 - Sistema de Refrigeração do Molde.....	36
Figura 23 - Componentes de um Molde Simples.....	37
Figura 24 - Fases do Molde com Placa Flutuante.....	38
Figura 25 - Extração pelo Cilindro da Máquina.....	39
Figura 26 - Extração pelo Cilindro do Molde.....	39
Figura 27 - Cavidades do Molde Distribuídas Erradas.....	40
Figura 28 - Cavidades do Molde Distribuídas Corretamente.....	40
Figura 29 - Exemplo de uma Simulação no Moldflow.....	41
Figura 30 - Exemplo de uma Simulação de Linha de Emenda no Moldflow.....	42
Figura 31 - Sistema de Alimentação.....	42
Figura 32 - Ponto de Injeção - Entrada Direta.....	43

Figura 33 - Ponto de Injeção - Entrada Restrita.....	44
Figura 34 - Ponto de Injeção - Entrada em Leque.....	44
Figura 35 - Ponto de Injeção - Entrada em Túnel ou "Unha de Gato".....	45
Figura 36 - Ponto de Injeção - Entrada em Túnel pelo Extrator.....	46
Figura 37 - Ponto de Injeção - Entrada Submarina ou Submersa.....	47
Figura 38 - Ponto de Injeção - Entrada em Capilar.....	48
Figura 39 - Ponto de Injeção - Entrada em Aba	49
Figura 40 - Ponto de Injeção - Entrada em Aba (Jateamento x Onda Suave).....	49
Figura 41 - Exemplo de Informação de Área, Dimensão e Material do Produto.....	50
Figura 42 - Unidade de Fechamento - Máquina de Quatro Colunas.....	51
Figura 43 - Percurso do Fluxo, Espessura e Área.....	53
Figura 44 - Área Projetada da Cavidade.....	54
Figura 45 - Produto Injetado - GRADE DO RADIADOR SW ADVENTURE.....	56
Figura 46 - Peça no Produto Final (Cliente Final) - PÁLIO SW ADVENTURE.....	56
Figura 47 - Robô Utilizado em uma Máquina Injetora.....	57
Figura 48 - Sistema Bico Quente.....	59
Figura 49 - Sistema de Câmara Quente.....	60
Figura 50 - Sistema de Câmara Quente.....	60
Figura 51 - Sistema de Câmara Quente.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 INJEÇÃO DE TERMOPLASTICO	14
2.1 Plástico	15
2.2 Polímero	18
3 MÁQUINAS DE INJEÇÃO.....	21
3.1 Características das Máquinas Injetoras.....	21
3.1.1 Máquina Injetora Horizontal	21
3.1.2 Máquina Injetora Vertical	21
3.1.3 Máquina Injetora Tandem.....	22
3.2 Unidades de Fachamentos ou Sistemas de Fechamento	23
3.2.1 Mecânico	23
3.2.2 Hidráulico de Pistão	24
3.2.3 Hidráulico mecânico.....	25
3.3 Unidades de Injeção	26
3.3.1 Elementos de um sistema de injeção.....	27
3.3.2 Rosca de Plastificação	28
3.4 Secagem do Material Termoplástico	29
3.4.1 Estufa de ar circulante	30
3.4.2 Secador de ar forçado	31
3.4.3 Desumidificador.....	32
4 MOLDES DE INJEÇÃO.....	34
4.1 Contração do Material.....	34
4.2 Resfriamento do Molde.....	35
4.3 Componentes de um Molde de Injeção	36
4.4 Molde com Placa Flutuante.....	38
4.5 Sistema de Extração	38
4.6 Cavidade de um molde	40
4.7 Sistema de Alimentação.....	42
4.8 Entradas ou Ponto de Injeção	43
4.8.1 Entradas Direta	43
4.8.2 Entrada restrita.....	43
4.8.3 Entrada em Leque	44

4.8.4 Entrada em Tunel ou "Unha de Gato"	45
4.8.5 Entrada Submarina ou Submersa	46
4.8.6 Entrada em Capilar	47
4.8.7 Entrada em Aba	48
5 Desenvolvimento de novos processos de injeção	50
5.1 Definindo o tipo de Máquina pelas dimensões do molde	50
5.1.1 Capacidade de Injeção	51
5.1.2 Capacidade de Plastificação	51
5.1.3 Pressão de Injeção	52
5.1.4 Pressão de Recalque	52
5.1.5 Pressão de Fechamento	53
5.1.6 Pressão Média no Molde	54
6 PERIFERICO PARA AUMENTO DE PRODUÇÃO	57
6.1 Robos	57
6.1.1 Aplicação de Robos	57
6.1.2 Aplicação de Robos	58
6.1.3 Vantagens na Aplicação	58
6.2 Sistema com Bico Quente	59
6.2.1 Vantagens na Aplicação	59
6.3 Sistema de Câmara Quente	59
6.3.1 Vantagens na Aplicação	61
7 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	63

LISTA DE TABELA

Tabela 01 – Características Físicas de Materiais.....	30
Tabela 02 - Tabela de Contração de Materiais Termoplásticos mais Utilizados.....	35
Tabela 03 - Características Físicas de Materiais.....	52

1 INTRODUÇÃO

Na década de 1940, a utilização de peças injetadas de material plástico restringia-se a produtos de, no máximo, alguns poucos gramas. Não havia controle de qualidade, era impossível retirar duas peças iguais em um lote, no que se diz respeito a controle dimensional e qualidade do produto fabricado, por causa dos recursos industriais da época (máquina, mão de obra não qualificada, matéria prima e etc), e não haviam muitas exigências sobre os produtos. Com o crescimento do mercado devido à alta aplicabilidade, os pedidos aos transformadores passaram a concentrar-se em peças maiores e mais complexas. Atualmente temos moldes com área projetada de até 1 m² e peças pesado até 20 kg. Para acompanhar essa evolução da indústria do plástico, o desenvolvimento de novas matérias-primas e a necessidade de injeção de peças complexas, houve a necessidade de evolução das máquinas de injeção de plásticos, estudos mais profundos sobre a aplicação de cada matéria-prima e o desenvolvimento de periféricos para automação do processo, para torná-lo cada vez mais rápido e eficiente. Com toda esta evolução do mercado de transformação de plástico das ultimas décadas diferentemente ocorreu na área de ensino técnico, pois não conseguiu acompanhar o mesmo ritmo não havendo literaturas técnicas específicas, principalmente em português. Assim com a necessidade da formação de fontes de consulta, foi incentivado e desenvolvido este trabalho objetivando agregar orientações técnicas com propósito de cobrir lacunas existentes na orientação da solução de problemas do dia-a-dia em injeção de peças plásticas.

2 INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICO

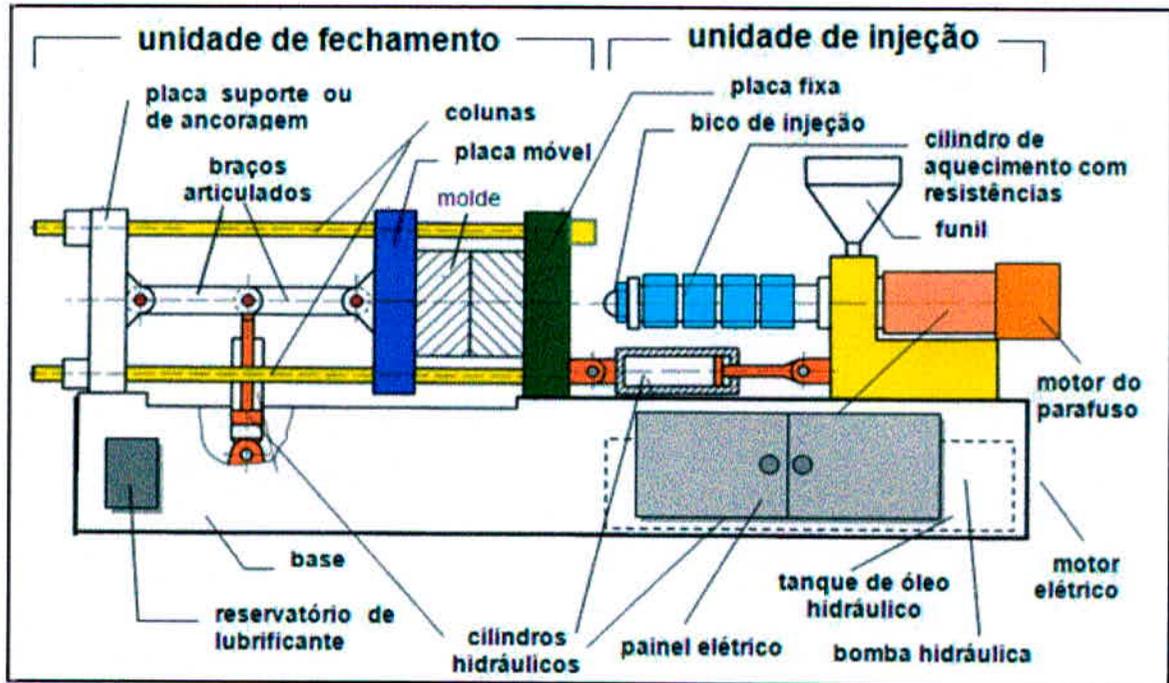
No processo de moldagem plástica por injeção, os grânulos do polímero são fundidos no cilindro da máquina e em estado líquido, é injetado no molde por um pistão. A injeção é o principal processo de fabricação de peças de plástico, cerca de 60% de todas as máquinas de processamento de plásticos são injetoras, com elas podem ser fabricadas peças desde miligramas até 20 kg. (HARADA, 2008).

A moldagem por injeção é um processo cíclico de transformação de termoplásticos e termofixos. As várias etapas do processo são executadas em uma ordem que se repete a cada ciclo, produzindo-se uma ou mais peças por vez. As três etapas básicas da moldagem de termoplásticos por injeção são:

- a) Plastificação: para tornar o material plástico capaz de ser conformado.
- b) Preenchimento, Pressurização e Recalque: para que o material complete a cavidade do molde, seja comprimido até alcançar a densidade correta e mantenha-se pressionado contra as paredes do molde, reproduzindo sua forma.
- c) Resfriamento: para que o material solidifique dentro do molde, estabilizando a forma conseguida durante o recalque.

O processo de injeção é adequado para produção em massa, uma vez que a matéria-prima pode geralmente ser transformada em peça pronta em uma única etapa. Ao contrário da fundição de metais e da prensagem de elastômeros, na injeção de termoplásticos com moldes de boa qualidade não surgem rebarbas. Desta forma o retrabalho de peças injetadas é pouco e, às vezes, nenhum. Assim podem ser produzidas peças de geometria complexa em uma única etapa. (RIBEIRO, 2009).

Figura 1 - Esquema de uma Máquina Injetora.



Fonte: RIBEIRO, 2009.

2.1 Plástico

Material cujo o constituinte fundamental é um polímero, principalmente orgânico e sintético, solido em sua condição final (como produto acabado) e que em alguma fase de sua produção foi transformado em fluido, adequado à moldagem por ação de calor e/ou pressão.

O vocábulo "plástico" indica a relativa facilidade de levar-se tais materiais ao estado fluido através da elevação da temperatura. A definição oficial de "materiais plásticos", divulgada pela SPE - Society of Plastics Engineers (Sociedade dos Engenheiros de Plástico), dos EUA, é a seguinte:

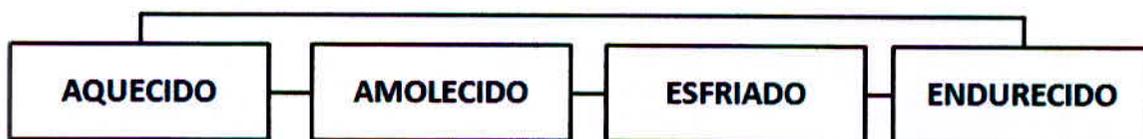
Um grande e variado grupo de materiais, que consiste ou contem como ingrediente essencial uma substancia de alto peso molecular, que é solido no estado final, e que em alguns estágios de sua manufatura é suficientemente mole para ser moldado em várias formas, muito usualmente através da aplicação (sejam separadas ou juntas) de calor e pressão. (HARADA, 2008).

Em relação aos processos tecnológicos são divididos em termoplásticos e termofixos (ou termorrígidos).

Os materiais termoplásticos têm como característica atingir o estágio de amolecimento ao serem aquecidos, podendo então ser moldado. Esta troca de estado não

altera sua estrutura química, o permite que, uma vez resfriado ele possa ser novamente aquecido e reaproveitado.

Figura 2 - Materiais termoplásticos.



Fonte: O autor

Os termoestáveis possuem a mesma propriedade de amolecerem ao serem aquecido, sendo posteriormente moldados. No entanto, esse processo leva a uma transformação química em sua estrutura o que não permite sua reversão ao estado original, impedindo por tanto a sua reutilização.

Figura 3 - Materiais termofixos.



Fonte: O autor

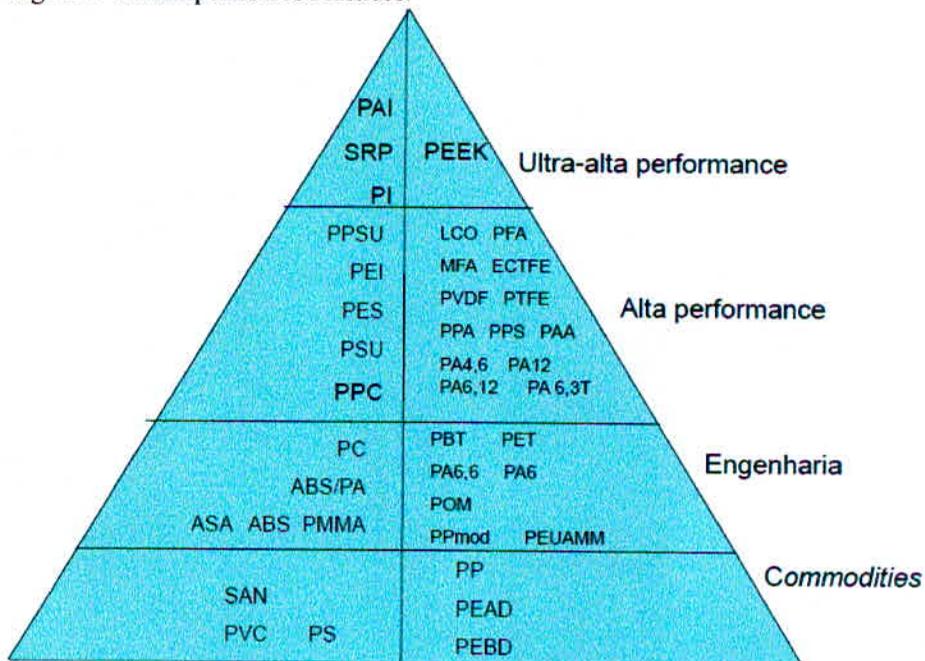
O plástico pode conter vários tipos de aditivo como estabilizadores, que lhes conferem resistência ao impacto, ácidos, calor e raios solares e também receber pigmentos, que lhes dão cores e tonalidades desejadas:

- a) Resina: É o componente básico do material plástico e que lhe confere as principais características, propriedades, nome e sua classificação.
- b) Carga: É um componente inerte e fibroso que é adicionado a resina a fim de reduzir o custo de sua fabricação e melhorar as propriedades físicas, térmicas, químicas e elétricas do material.
- c) Plastificantes ou Elastômeros: São fluidos com função de melhorar ou facilitar o fluxo do material amolecido.
- d) Lubrificantes: São produtos utilizados com a finalidade de facilitar a saída das peças do molde.
- e) Corantes ou pigmentos: São materiais que conferem ao produto a cor desejada.
- f) Estabilizadores: São elementos que impedem a deterioração dos materiais quando expostos à ação das intempéries e dos raios ultra violeta.

Em função da qualidade da aplicação em que são empregados, os plásticos podem ser separados em plástico convencionais (commodities), de engenharia, de alta performance e de ultra-alta performance; os plásticos de engenharia podem ser reforçados com fibras de vidro ou com outro reforço fibroso; os plásticos podem ser rígidos, semi flexíveis ou semi rígidos.

Os plásticos convencionais ou plásticos de massa, são termoplásticos de uso geral que apresentam baixa resistência a temperatura e propriedades mecânicas limitadas, são normalmente empregados em aplicações como embalagens descartáveis. Representam o maior volume consumido e o menor custo. como por exemplo PE, PP e PS. Os Plásticos de Engenharia são materiais termoplásticos direcionados para aplicações mais nobres como engrenagens que requerem produtos com maior resistência ao desgaste e alta temperatura, possuem propriedades químicas e físicas superiores às dos materiais classificados como convencionais e o preço varia de 2 a 10 vezes. Como exemplo temos PC, PBT e PA. Já os plásticos de Alto desempenho são plásticos com resistência à temperatura e resistência química muito superiores à dos termoplásticos de engenharia. Estes materiais possuem custo relativamente alto e são usados em aplicações muito especiais. Como exemplo temos PEEK, PPS e PPA utilizados em coatings, equipamentos médicos, conectores e manifolds. (BRASKEM, 2002).

Figura 4 - Desempenho dos Plásticos.



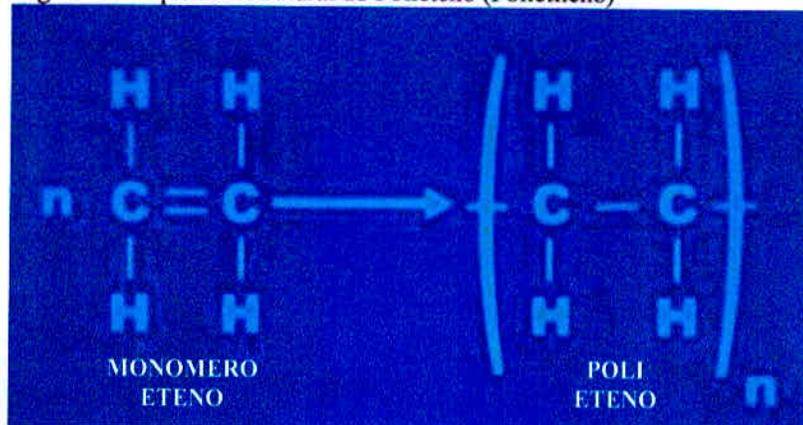
Fonte: SENAI, 2006.

2.2 Polímero

Polímero é o conjunto de reações que provocam a união de pequenas moléculas, por ligações covalente, para a formação das muitas cadeias macromoleculares que compõem um material polimérico. (INNOVA, 2013).

Com alto peso molecular (macromoléculas) estas possuem uma estrutura interna onde há a repetição de pequenas unidades chamadas meros (unidades de repetição); o termo polímero vem de: poli = muitas e meros = partes.

Figura 5 - Esquema Estrutural do Polieteno (Polietileno)



Fonte: O autor

Seguindo normas internacionais (geralmente em inglês), os polímeros são caracterizados por seqüências de letra (abreviaturas), que representam a sua estrutura química. Letras complementares (códigos), caracterizam a utilização de aditivos e propriedades básicas densidade ou viscosidade.

POLÍMEROS	ABREVIATURAS
Acrilonitrila-Butadieno-Estireno	ABS
Acetato de Celulose	CA
Acetato Butirato de Celulose	CAB
Acetato Propinato de Celulose	CAP
Álcool Polivinílico	PVA
Caseína	CS
Epóxi	EP
Etileno-Vinil-Acetato	EVA
Etileno-Propileno-Fluorado	FEP
Estireno-Acrilonitrila	SAN

Fenol-Formaldeído	PF
Nitrato de Celulose	CN
Melamina-Formaldeído	ME
Poliamida	PA
Estireno-Polibutadieno-Estireno	SBS
Policarbonato	PC
Poliacetato de Vinila	PVAC
Policloreto de Vinila	PVC
Policloreto de Vinila Clorado	CPVC
Policloreto de Vinilideno	PVDC
Polifluoreto de Vinilideno	PVF ₂
Polietileno Baixa Densidade	LDPE
Polietileno Alta Densidade	HDPE
Polietileno Ultra Alto Peso Molecular	UHMWPE
Polietileno Tridimensional (reticulado)	XLDPE
Polibutileno Tereftalato	PBT
Polietileno Tereftalato	PET
Polimetil – Metacrilato	PMMA
Polioximetileno (Poliacetal)	POM
Polipropileno	PP
Poliestireno de Alto Impacto	HIPS
Poliestireno Cristal (PS)	GPPS
Poliestireno Expandido	EPS
Politetrafluoretileno	PTFE
Polioxifenileno	PPO
Poliimida	PI
Poliisobutileno	PIB
Poliisopreno	PIS
Poliuretano (RIM, SMC, BMC, espumas,...)	PUR
Poliuretano Termoplásticos	TPU
Polivinil-Butiral	PVB
Poliéster (insaturado)	UP
Uréia-Formaldeído	UF
Polisulfona	PSu
Poliéter Sulfona	PES
Polisulfeto de Fenileno	PPS
Poliaril Sulfona	PAS
Poliamida-Imida	PAI

Poli-para-xilileno
Etileno-Tetrafluoretileno
Estireno-Acrilonitrila esteracrílico
Metacrilato Butadieno Estireno
Poli-etileno Clorado
Polibenzimidazol

PPX
ETFE
ASA
MABS
CPE
PBI

3 MÁQUINAS DE INJEÇÃO

Para acompanhar esta evolução, ou revolução, devido ao enorme crescimento do plástico a partir do século XX, máquinas de diversos tipos e tamanhos foram necessária.

Dentre as várias máquinas disponíveis no mercado o projetista pode escolher a injetora que mais adequada para a necessidade de sua empresa. Na escolha leva-se em conta o peso dos molde que serão utilizados, o espaço físico disponível, a capacidade de plastificação e injeção.

3.1 Características das Máquinas Injetoras

3.1.1 Máquina Injetora Horizontal

São máquinas nas quais o sistema de fechamento, os movimentos do molde ocorrem no eixo horizontal. A seguir, temos uma máquina injetora horizontal.

Figura 6 - Exemplo de Máquina Injetora Horizontal.



Fonte: O autor.

3.1.2 Máquina Injetora Vertical

São máquinas nas quais o sistema de fechamento e os movimentos do molde ocorrem no eixo vertical. A seguir temos a figura de uma máquina injetora vertical.

Figura 7 - Exemplo de Máquina Injetora Vertical.

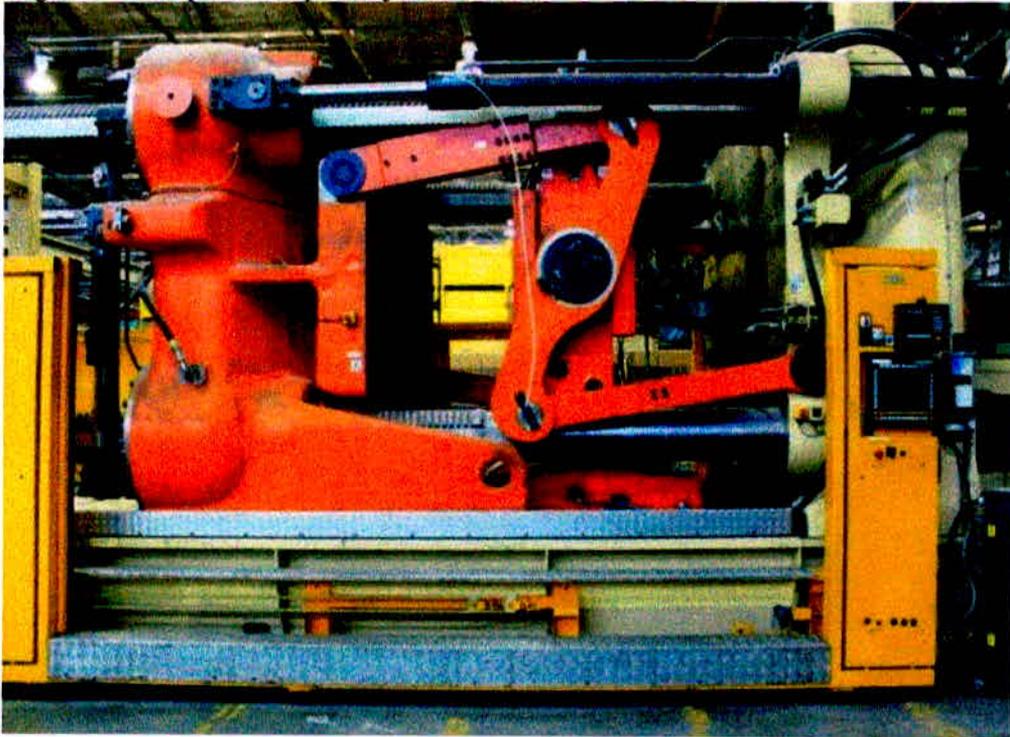


Fonte: O autor

3.1.3 Máquina Injetora Tandem

A máquina possui uma unidade de injeção lateral à unidade de fechamento, na qual são fixados dois moldes. A unidade de injeção alimenta os dois moldes ao mesmo tempo, duplicando a produção.

Figura 8 - Exemplo de Máquina Injetora Tandem.



Fonte: O autor.

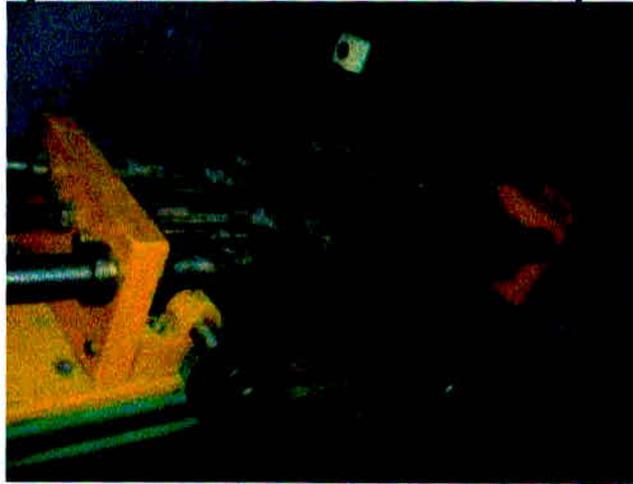
3.2 Unidades de Fachamentos ou Sistemas de Fechamento

O sistema de fechamento é responsável por abrir e fechar o molde sendo uma parte fixa e outra móvel, também é responsável por segurar o molde fechado durante a pressão de material no momento da injeção. A força de fechamento necessária pode ser obtida através dos seguintes sistemas:

3.2.1 Mecânico

Esse sistema funciona com alavancas ligadas em dois braços, que recebem o acionamento manual transmitindo a força para as alavancas que se deslocam de acordo com o movimento, abrindo ou fechando o molde. É um sistema antigo, para pequenas produções onde, todos os movimentos dependem do operador. (HARADA, 2004).

Figura 9 - Sistema de fechamento mecânico de uma injetora



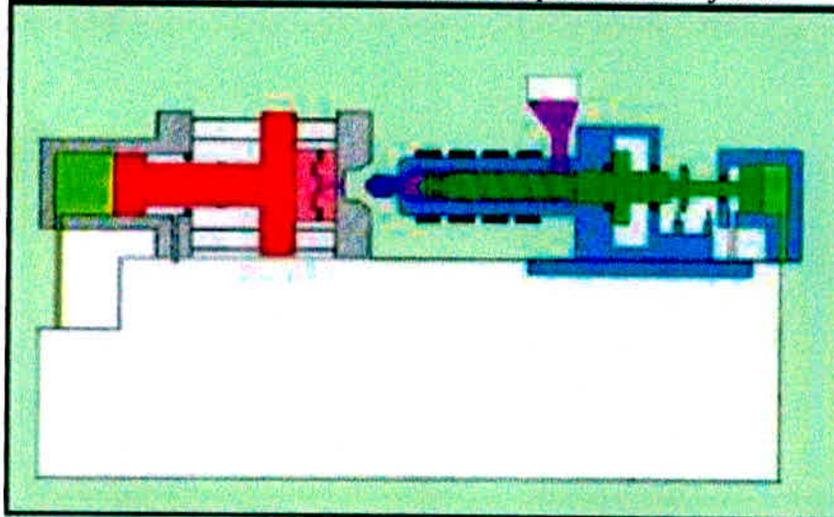
Fonte: O autor

3.2.2 Hidráulico de Pistão

Esse sistema funciona com pistão hidráulico de grande área. A força de fechamento é dada pela pressão do óleo, assim quanto maior a pressão maior a pressão aplicada no molde.

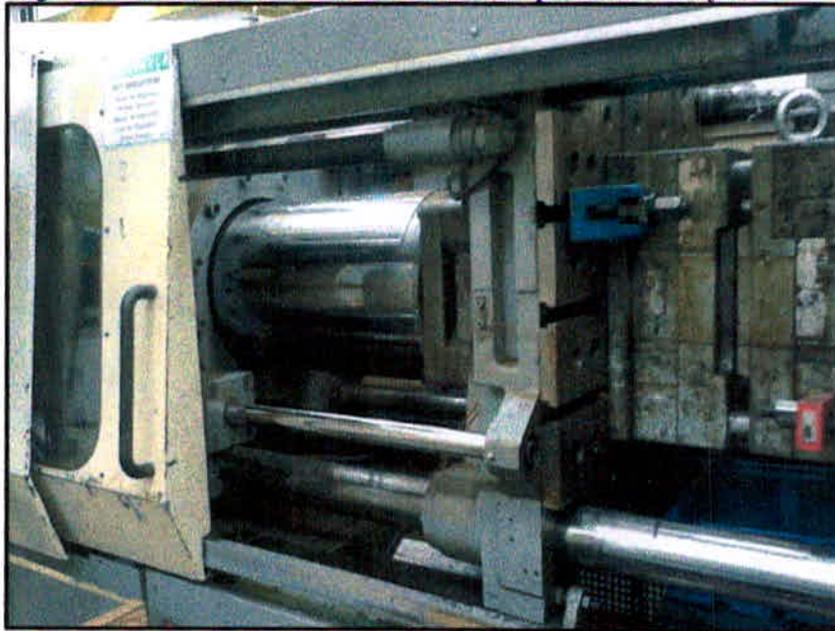
O fechamento hidráulico por pistão tem alta precisão em relação a outros tipos de fechamentos além de eliminar a necessidade de colunas. A desvantagem é o elevado consumo de energia e baixa velocidade de fechamento. (HARADA, 2004).

Figura 10 - Sistema de fechamento hidráulico de pistão de uma injetora.



Fonte: HARADA, 2004.

Figura 11 - Sistema de fechamento hidráulico de pistão de uma injetora.



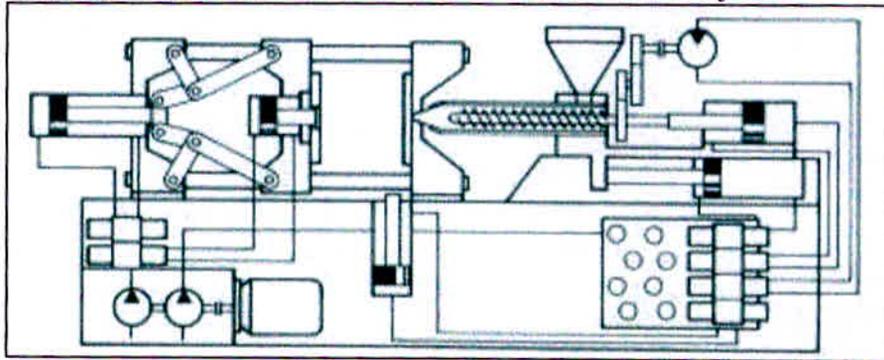
Fonte: O autor.

3.2.3 Hidráulico mecânico

A maioria dos fabricantes de máquinas injetoras utilizam esse sistema de fechamento por proporcionar ciclo mais rápidos a relação custo benefício é boa porem existe a possibilidade de quebra das colunas e o elevado trabalho de manutenção.

Funciona partindo de um cilindro e um pistão hidráulico de área bem reduzida em relação ao sistema com pistão, está ligado a um sistema de articulações (tesouras ou braçagens) que irão movimentar a placa móvel, fechando ou abrindo o molde. A pressão do óleo (pressão de fechamento), faz com que as articulações se travem, ocorrendo um "estiramento das colunas", gerando a Força de Fechamento. Na troca de moldes, existem catracas (nas maquinas mais antigas), ou botões (acionadas por um motor elétrico ou hidráulico), que movimentam todo o conjunto de fechamento da placa da máquina, para estabelecer um perfeito ajuste de travamento do novo do molde (Altura). (HARADA, 2004).

Figura 12 - Sistema de fechamento hidráulico mecânico de uma injetora.



Fonte: HARADA, 2004.

Figura 13 - Sistema de fechamento hidráulico mecânico de uma injetora.

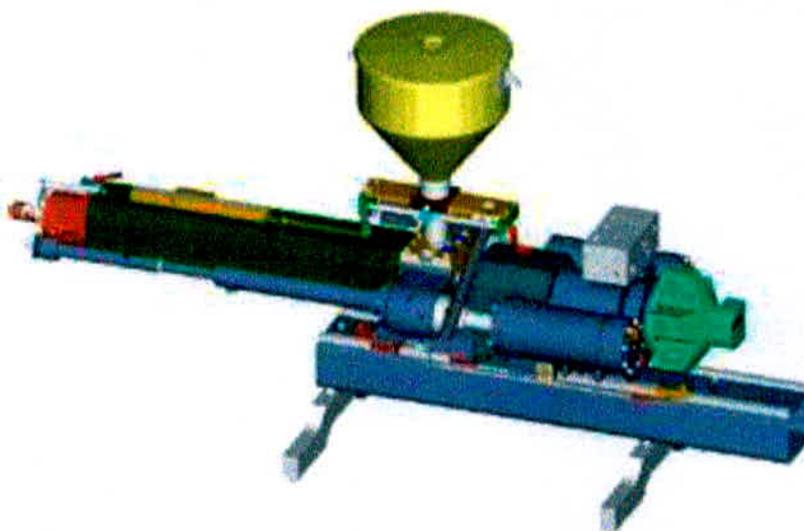


Fonte: O autor.

3.3 Unidades de Injeção

A unidade recebe o material no estado sólido em forma de grânulos ou pó e transporta até a ponta da rosca, durante o percurso, o material recebe aquecimento externo proveniente de resistências elétricas e um esforço de compressão e cisalhamento devido o movimento da rosca.

Figura 14 - Unidade de Injeção.



Fonte: FIALHO, 2005.

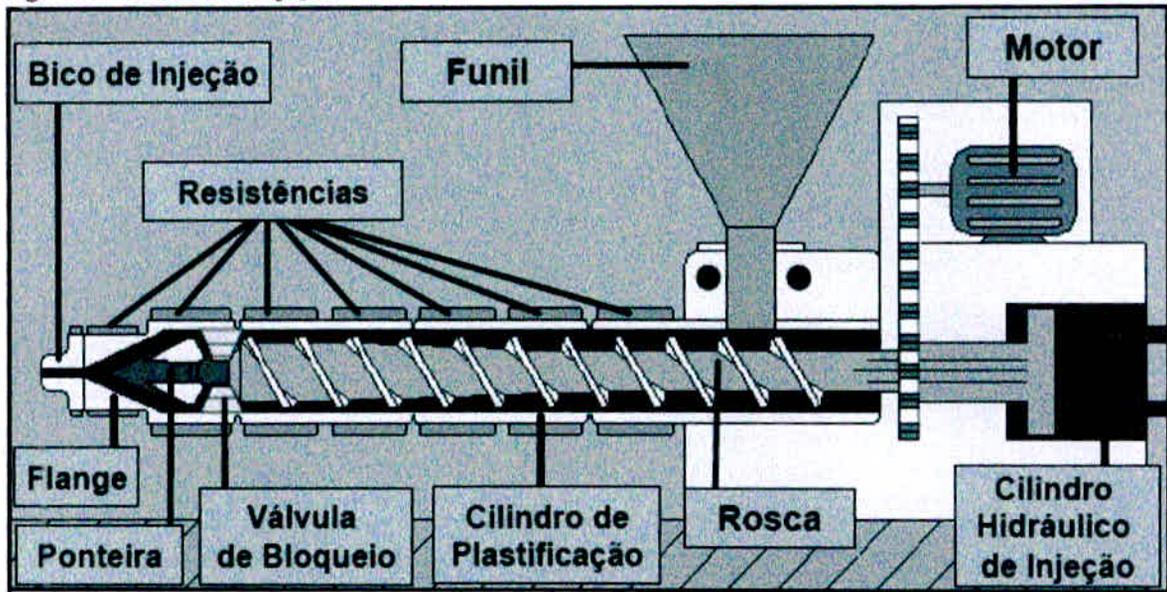
As principais funções da unidade de injeção são:

- a) Movimentar-se em sua base permitindo movimentos de avanço e recuo.
- b) Gerar pressão de contato entre o bico e a bucha do molde.
- c) Promover o movimento de rotação do parafuso permitindo a dosagem do material.
- d) Produzir movimento de avanço do parafuso durante a fase injeção.
- e) Fornecer a pressão de recalque.
- f) Produzir movimento de retorno do parafuso durante a fase de descompressão.

3.3.1 Elementos de um sistema de injeção

A unidade de injeção é composta de uma sequência de movimentos e engrenagens que juntos estabelecem um fluxo com o material.

Figura 15 - Unidade de Injeção.



Fonte: FIALHO, 2005.

- a) Funil de alimentação - É o depósito de material granulado para ser processado. Sua capacidade depende do tamanho da máquina injetora. Deve ser mantido sempre tapado para evitar que impurezas contaminem o material granulado.
- b) Cilindro de aquecimento - Recebe o material plástico no seu interior e transmite calor, promovendo a plastificação
- c) Rosca de plastificação - São muito semelhantes e possuem as mesmas funções que as roscas empregadas no processo de extrusão. Porém, além do movimento de rotação, as roscas de máquinas-injetoras devem possuir também um movimento de translação (na direção do seu eixo), atuando e avançando como um pistão para transportar o material já plastificado e dosado para o molde. A rosca deve poder recuar para efetuar a dosagem do material, à medida que o material plastificado se deposita à sua frente, sem passar pelo bico de injeção.

3.3.2 Rosca de Plastificação

Para se entender melhor como ocorre a homogeneização ou plastificação do polímero na rosca da injetora devemos fazer uma divisão da rosca em zonas, cada qual com sua função. Certamente que não existe uma fronteira onde a partir dela a rosca deixa de exercer uma função e passa para outra. O que ocorre, no entanto, são fenômenos passíveis de separação.

Figura 16 - Rosca de Plastificação.



Fonte: O Autor.

- a) Zona de alimentação - Nesta o polímero gradativamente deixa de ser grânulos ou pó e forma uma película de polímero fundido.
- b) Zona de transição ou zona de compressão - Nesta o polímero acelera a passagem do estado sólido para o estado fundido, (homogeneiza).
- c) Zona de controle de vazão ou de bloqueio - Esta tem como principal função estabilizar o fluxo.
- d) Anel de bloqueio - Evita o refluxo de material no momento da injeção.
- e) Ponta da rosca - Serve como tope para o anel de bloqueio.
- f) Bico de injeção - Permite a passagem do material do interior do cilindro para o interior do molde se que haja contato externo ou perdas.

3.4 Secagem do Material Termoplástico

A umidade é inerente ao material termoplástico que é caracterizado como higroscópico (capacidade de absorver umidade), neste caso é necessário secar ou desumidificar o material para evitar defeitos no produto como bolhas, manchas e espirros. A secagem do polímero tem ainda a vantagem de pré-aquecer o material, fornecendo uma temperatura de plastificação mais uniforme reduzindo as possibilidades de pontos de superaquecimento no cilindro e permitindo ciclos de moldagem mais rápidos.

O processo de estufagem deve ser feito entre 2 e 3 horas, a uma temperatura de 60°C a 180°C, dependendo do material. Alguns materiais, como a poliamida por exemplo, são fornecidos em sacos com barreira de alumínio, o que permite a utilização diretamente a partir

da embalagem. Porém podemos ter uma situação contrária, quando utilizamos uma poliamida moída (material reaproveitado) ou saturada (material que ficaram depositados em recipientes abertos), neste caso, o material pode demandar tempo de desumidificação igual ou superior a 12 horas.

Tabela 1 - Características Físicas de Materiais

Nome genérico	Breviaturas	Peso Especifico (g/cm ³)	Temperatura de Transformação (°C)	Temperatura Máxima de Resistencia no Serviço (°C)	
Termoplásticos	Acetato de Celulose	CA	1,34	184-230	60
	Acetato - Butirato de Celulose	CAB	1,22	160-220	70
	Poliamida (Nylon)	PA	1,15	180-290	100
	Cloreto de Polivinila Rigido	PVC	1,45	175-200	65
	Cloreto de Polinila Flexivel		1,45		
	Polimetilmetacrilato	PMMA	1,18	180-230	80
	Poliestireno	OS	1,04	180-210	80
	Acrilonitrila - Butadieno Estireno	ABS	1,05	180-250	80
	Acrilonitrila - Estireno	SAM	1,08	220-240	85
	Polietileno Baixa Densidade	PEBD	0,92	150-175	90
	Polietileno Alta Densidade	PEAD	0,96	185-220	105
	Polipropileno	PP	0,91	200-220	140
	Policarbonato	PC	1,2	240-290	130
	Polioximetileno (Acetal)	POM	1,4	175-190	95

Fonte: SENAI, 2006.

A estufagem pode ser realizada em três tipos de aparelhos diferentes: estufa de ar circulante, secador de ar forçado e desumidificador.

3.4.1 Estufa de ar circulante

São estufas tipo forno com varia bandejas, as quais são dispostas umas sobre as outras de modo que o ar circule entre as mesmas. Este equipamento é ideal para materiais que não são muito sensíveis a hidrólise (degradação por ação da água) e quando deseja-se secar pequenas quantidades de material. Neste o material deve ser distribuído uniformemente sobre a bandeja ficando entre 2,0 e 3,0 cm de altura para não comprometer o material que esta no fundo e a distancia entre as bandejas deve ser de no mínimo de 5,0 cm.

Figura 17 - Estufa de ar circulante.



Fonte: O autor

3.4.2 Secador de ar forçado

Neste equipamento existe um aquecedor elétrico que eleva a temperatura do ar ambiente e insufla na parte inferior do compartimento, entrando em contato com os grânulos retirando a umidade do mesmo.

Figura 18 - Secador de ar forçado



Fonte: O autor

3.4.3 Desumificador

Este equipamento é composto por um silo onde é armazenado o material a ser seco, células desumificadoras que retiram a umidade do ar e um aquecedor que é responsável pelo aquecimento do ar já seco, através de sílica, este que irá circular pelos grânulos da resina e retirar a umidade da mesma.

Figura 19 - Desumidificador

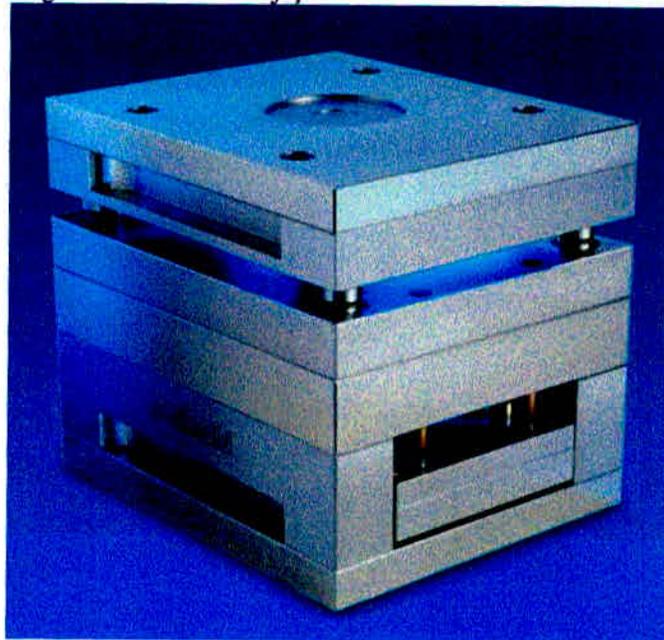


Fonte: O autor

4 MOLDES DE INJEÇÃO

O molde de injeção tem em suas cavidades o formato e as dimensões da peça desejada. É adaptado ao final da máquina de injeção e recebe em suas cavidades o material plástico fundido introduzido por meio de pressão. Para se obter um bom desempenho da peça, evitando inconvenientes posteriores que provoquem um aumento de custo, deve-se verificar se é possível moldar o produto na forma desejada, o material em questão e se a conformação e a determinação das medidas do produto são compatíveis com as exigências requeridas em sua aplicação. Há produtos que não necessitam de preocupações com o aspecto estético por não ser visíveis como reforços de para-choque, condicionadores de ar e equipamentos eletroeletrônicos.

Figura 20 - Molde de injeção



Fonte: O autor

Baseando-se no peso e no tamanho das peças é possível definir o tipo de máquina injetora ideal, como veremos no item 5 Desenvolvimento de novos processos de injeção.

4.1 Contração do Material

Entende-se por contração ou encolhimento, a diferença entre as dimensões da peça injetada, após alcançar o equilíbrio térmico em temperatura ambiente, e o tamanho da cavidade em que a peça foi injetada. Essa propriedade é característica do material plástico

que ao resfriar se, contrai resultando num produto final menor que o molde original. Assim o molde deve ser confeccionado a partir das dimensões de projeto levando em consideração a contração do material.

Tabela 2 - Tabela de Contração Materiais Termoplásticos mais Utilizados

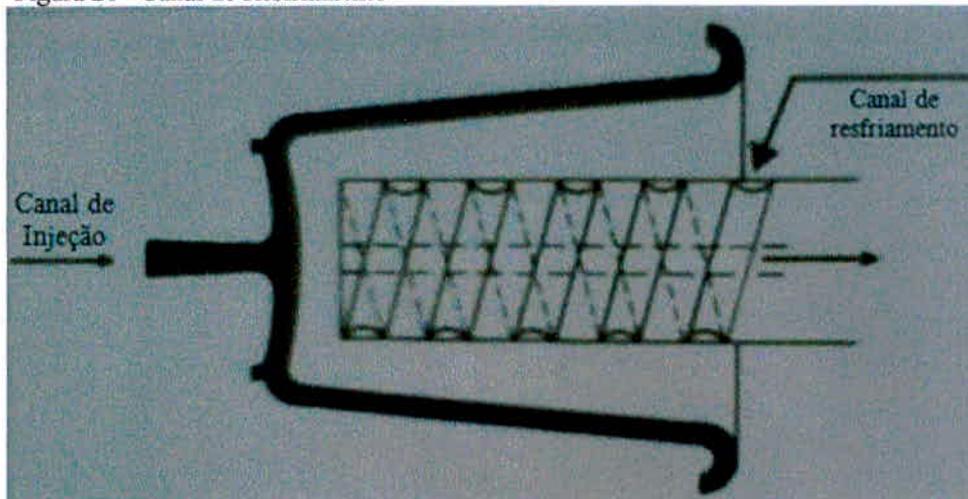
Materiais	Abreviaturas	% de Contração
Acetato de Celulose	CA	0,3 - 0,7
Acetato - Butirato de Celulose	CAB	0,2 - 0,5
Poliamida (Náilon)	PA	1,0 - 2,5
Cloreto de Polivinila (Rígido)	PVC	0,1 - 0,2
Cloreto de Polivinila (Flexível)	PVC	0,2 - 2,0
Metilmetacrilato	PMMA	0,2 - 0,8
Poliestireno	PS	0,2 - 0,6
Acilonitila - Butadieno - Estireno	ABS	0,3 - 0,8
Acilonitila - Estireno	SAN	0,2 - 0,5
Polietileno Baixa Densidade	PEBD	1,5 - 3,0
Polietileno Alta Densidade	PEAD	1,5 - 3,0
Polipropileno	PP	1,5 - 2,5
Polycarbonato	PC	0,5 - 0,7
Polioximetileno (Acetal)	POM	2,5

Fonte: Plascar, 2013.

4.2 Resfriamento do Molde

Após a injeção o produto deverá ser resfriado através da passagem de água corrente (mais utilizado) ou ar dentro de canais de refrigeração do molde , sendo que a entrada de água deverá ser o mais distante possível do canal de injeção a saída deverá estar o mais próxima possível do bico de injeção, uma vez que a peça dentro do molde deve começar a ficar em direção ao canal de injeção. (HARADA, 2004).

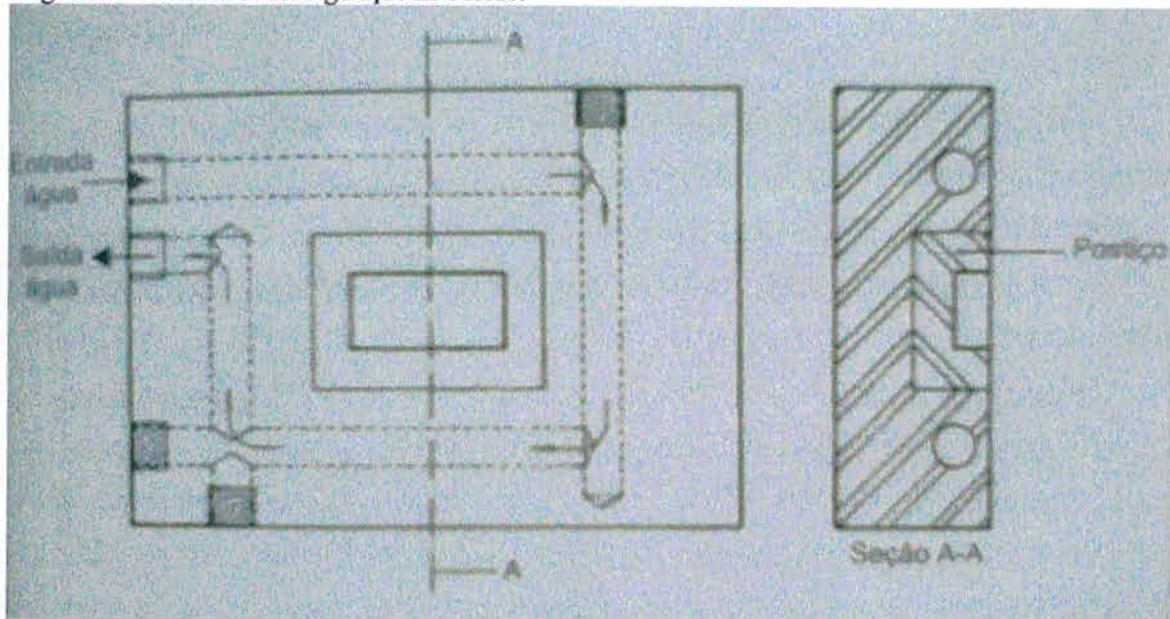
Figura 21 - Canal de Resfriamento



Fonte: HARADA, 2004.

A velocidade do resfriamento depende da temperatura do molde que, por sua vez, influencia no fluxo do material, na contração e na aparência do produto moldado. Assim, por exemplo, superfícies brilhantes são obtidas com alta temperaturas de molde utilizando água quente no sistema de refrigeração.

Figura 22 - Sistema de Refrigeração no Molde.

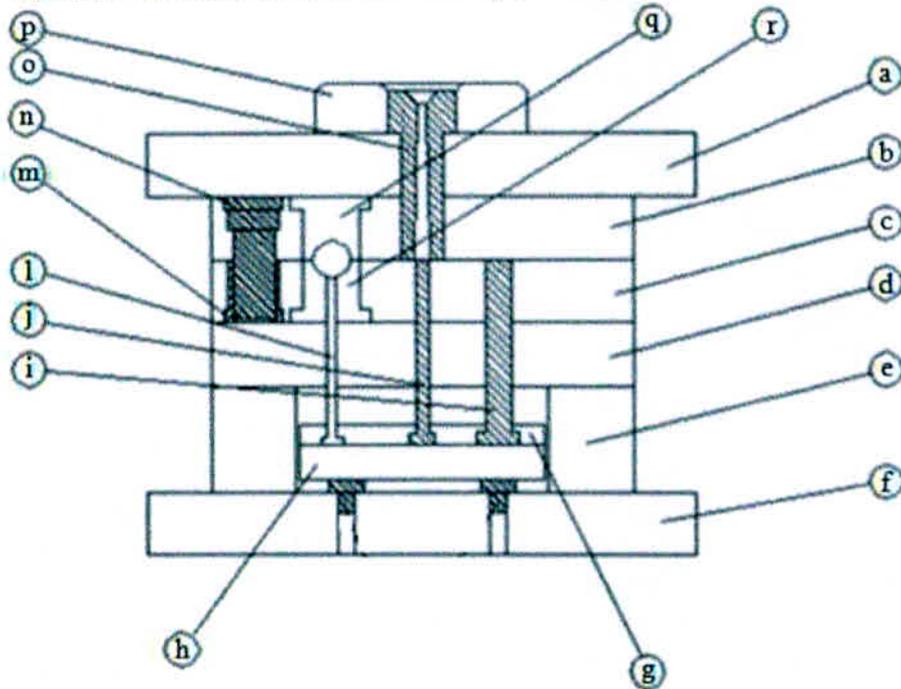


Fonte: HARADA, 2004.

4.3 Componentes de um Molde de Injeção

A constituição de um molde segue o princípio típico de montagem de placas de aço em determinada ordem, a fim de obter-se a estrutura básica do molde de injeção.

Figura 23 - Componentes de um molde de injeção simples.



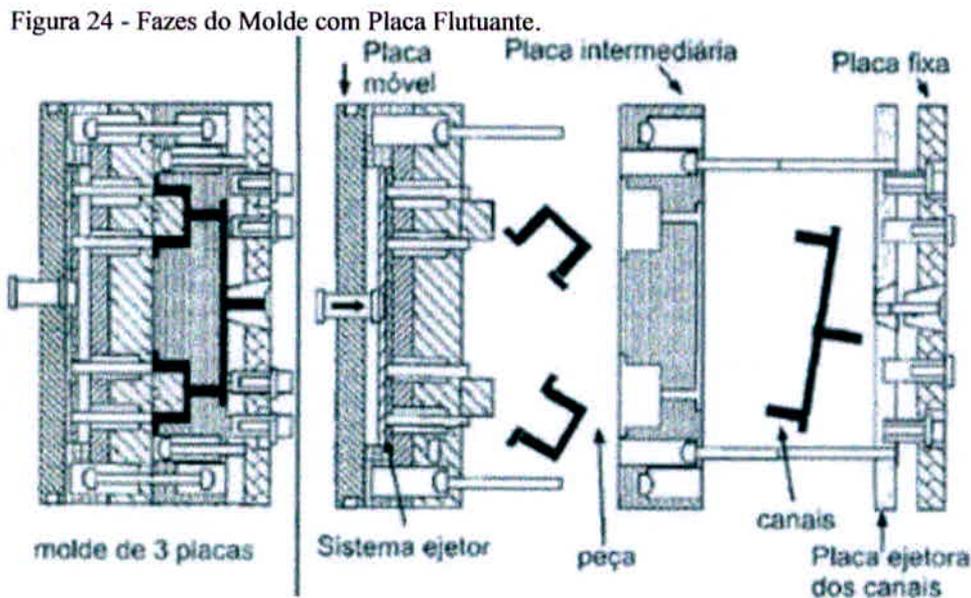
Fonte: O autor.

- a) Placa base superior. Serve para a fixação da parte (fixa do molde) na injetora.
- b) Placa da cavidade superior. É a placa onde se encaixam as cavidades.
- c) Placa de cavidade inferior. É a placa onde se encaixam os machos e, juntamente com o item "b", faz a linha de fechamento do molde.
- d) Placa suporte. É usada para suportar toda a pressão de injeção exercida no molde.
- e) Calço ou espaçador. É usado para dar espaço para o curso de extração.
- f) Placa base inferior. Serve para fixação da (parte móvel) do molde na injetora.
- g) Placa porta extratores. Serve para alojar os extratores.
- h) Placa extratora. É usada para acionar os extratores.
- i) Pino de retorno. Serve para retornar a placa extratora quando o molde se fecha.
- j) Extrator de canal de retenção (poço frio). Serve para extrair o canal de retenção.
- l) Pino extrator. Serve para extrair a peça que fica agarrada no macho após a abertura do molde.
- m) Bucha guia. Serve para guiar e centralizar a parte fixa com a parte móvel do molde.
- n) Coluna guia. Juntamente com o item 13 tem a mesma função.
- o) Bico de injeção. É usado para levar o material plástico na cavidade.
- p) Anel de centragem. Serve para centralizar o molde na máquina.
- q) Cavidade (matriz). É o composto que dá o formato externo da peça injetada.
- r) Macho. É o componente que dá o formato interno da peça injetada.

4.4 Molde com Placa Flutuante

Alem dos moldes de duas placas, uma do lado fixo e outra do lado móvel como visto anteriormente temos moldes com uma terceira placas do lado fixo que tem como finalidade proporcionar uma outra abertura e possibilitar a extração do canal de injeção.

Os moldes de três placas são ideais para cavidades múltiplas com injeção central ou para moldagem de produtos de grandes áreas e entradas múltiplas como: bandejas, painéis de carros, etc. Este sistema é utilizado juntamente com entrada tipo capilar e na maior parte dos moldes o canal deve ser retirado manualmente.

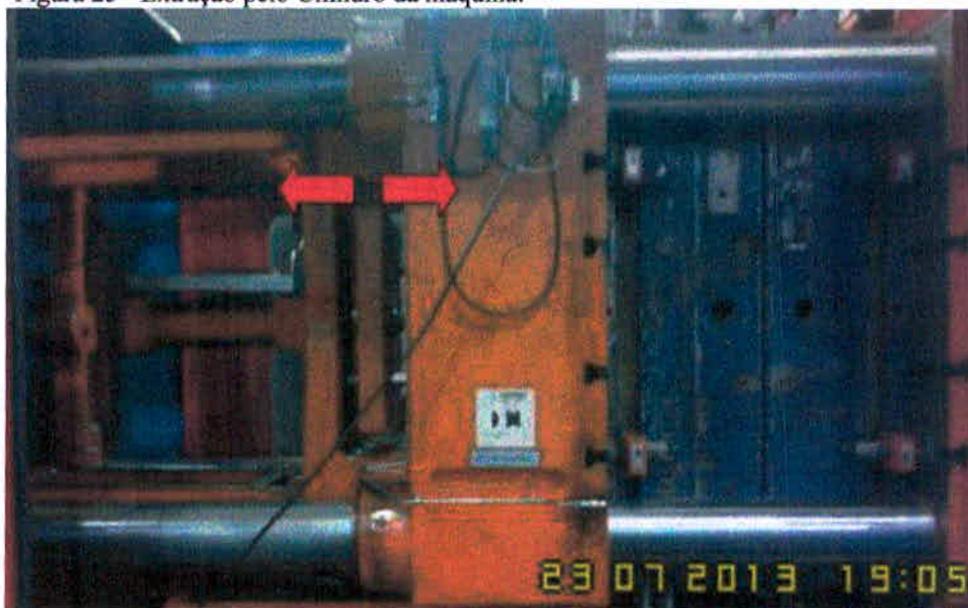


Fonte: HARADA, 2004.

4.5 Sistema de Extração

Existem vários modelos de sistema de extração em um molde de injeção, porém os mais utilizados são molas montadas entre a placa porta extratores e placa suporte onde a extração é iniciada por um cilindro de simples ação da própria máquina injetora que repassa o movimento a um varão acoplado ao molde, sendo seu retorno efetuado pelas molas.

Figura 25 - Extração pelo Cilindro da máquina.



Fonte: O Autor.

A extração pode também ser efetuada por cilindros hidráulicos fixados já na concepção do molde sendo que o mesmo além de efetuar a extração realiza o retorno a condição inicial do molde.

Figura 26 - Extração pelo cilindro no molde.



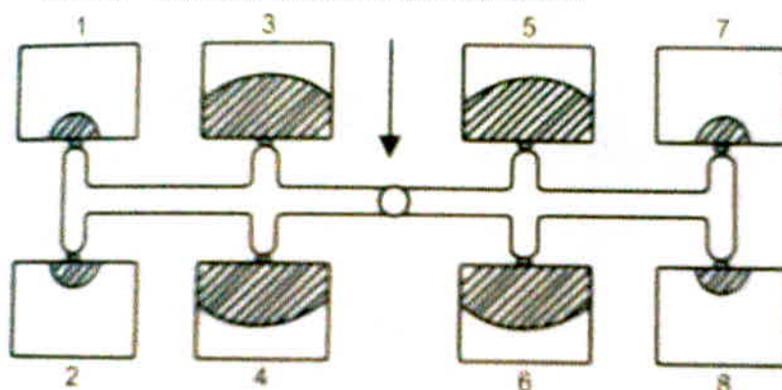
Fonte: O Autor.

4.6 Caverna de um molde

Na disposição das cavernas das caverna dentro do molde deve ser considerar os diferentes caminhos que o material injetado percorre para atingi-las.

Enquanto as cavernas de numero 3,4,5 e 6 estão cheias, as de numero 1,2,7 e 8 ainda estão praticamente vazias.

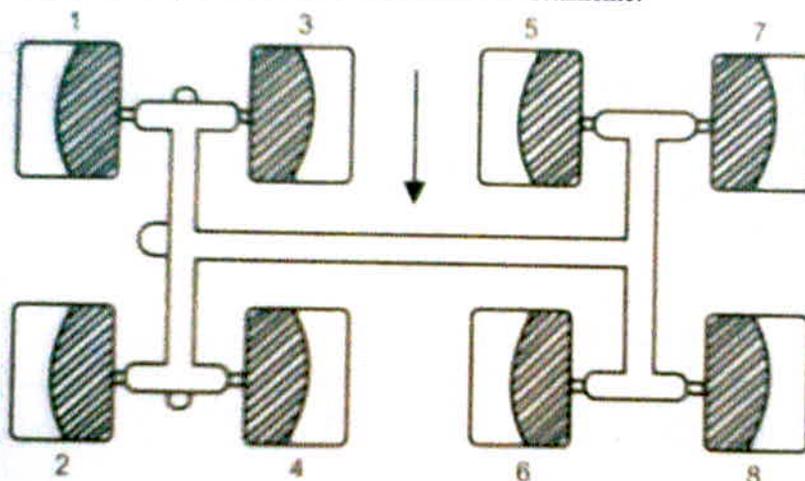
Figura 27 - Cavernas do molde distribuídas erradas.



Fonte: HARADA, 2004.

Neste caso, as cavernas terão diferentes propriedades em um mesmo molde. Para obter propriedades com características idênticas é necessário distribuir as cavernas da seguinte maneira.

Figura 28 - Cavernas do molde distribuídas corretamente.

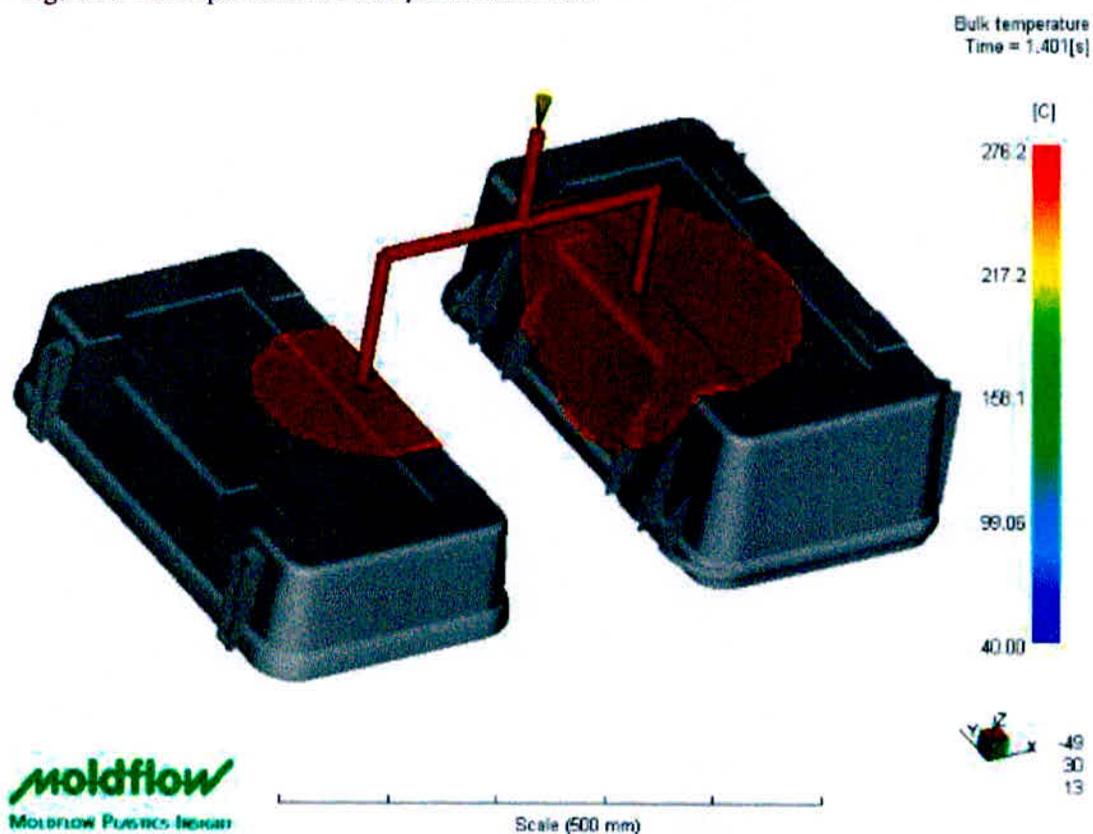


Fonte: HARADA, 2004.

No estudo do fluxo de material no molde, um dos softwares de simulação de injeção e modelagem de plásticos mais utilizados é o Moldflow, é um dos principais softwares do

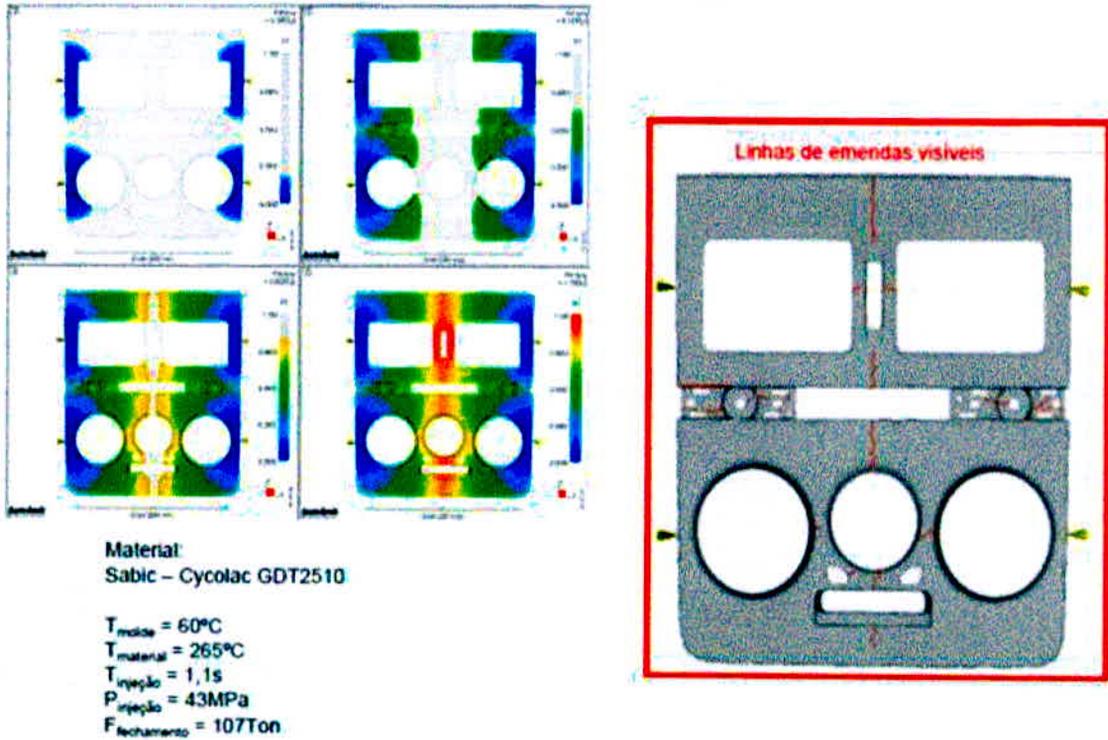
mercado, utilizado por milhares de empresas em todo o mundo. O módulo permite a simulação do preenchimento e recalque da peça, incluindo a análise de balanceamento de canais de deformação do produto. Através da análise de preenchimento é possível otimizar a posição do ponto de injeção e as condições de processo, analisando possíveis defeitos da peça como: linhas de emenda, aprisionamento de ar, degradação de matéria-prima e mal preenchimento.

Figura 29 - Exemplo de uma simulação no Moldflow.



Fonte: PLASTON, 2013.

Figura 30 - Exemplo de uma simulação de linhas de emenda no Moldflow.

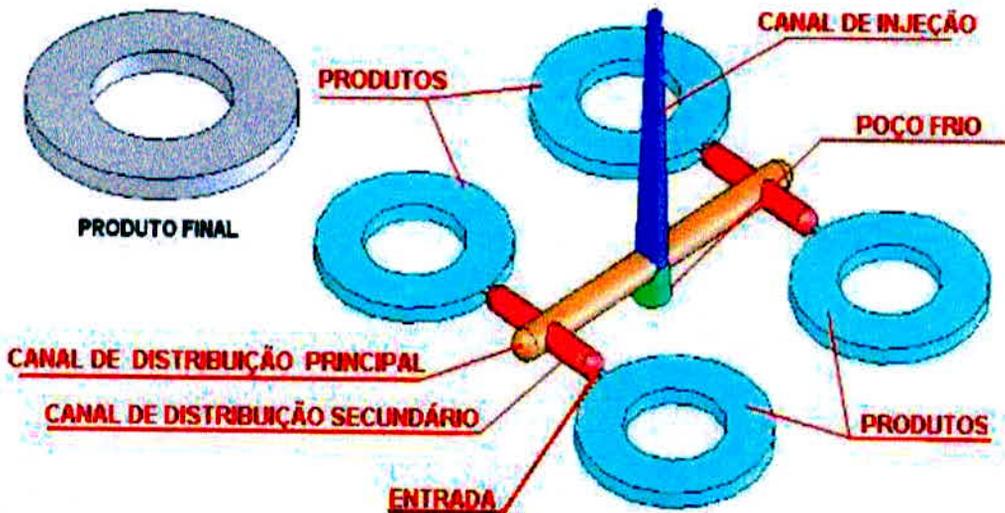


Fonte: O Autor.

4.7 Sistema de Alimentação

O fluxo do material do bico de injeção até as cavidades do molde é normalmente formada por canal de injeção da bucha, poço frio, canais de distribuição e estradas

Figura 31 - Sistema de Alimentação.



Fonte: HARADA, 2013.

4.8 Entradas ou Ponto de Injeção

O ponto de injeção é um canal ou orifício que liga o sistema de alimentação a cavidade do molde. Este deve estar em uma área pouco ou nada visível, em local de pouca sollicitação mecânica da peça e de preferência no centro da peça a fim de minimizar a distância que o material deve percorrer durante o preenchimento da peça. Deve-se levar em consideração o ar contido na cavidade pois o mesmo deve ser expulso durante o preenchimento, ou seja, o fluxo do material deve dirigido para as saídas de gases. A seguir serão relacionados vários tipos de pontos de injeção mais utilizados.

4.8.1 Entradas Direta

É utilizado em peças grandes e ou de paredes grossas, onde a máxima pressão de injeção é necessária. Perceba na figura abaixo que não existe canal de distribuição e que o canal de alimentação fica preso na peça. (Thomazi, 2013).

Figura 32 - Ponto de Injeção - Entrada Direta

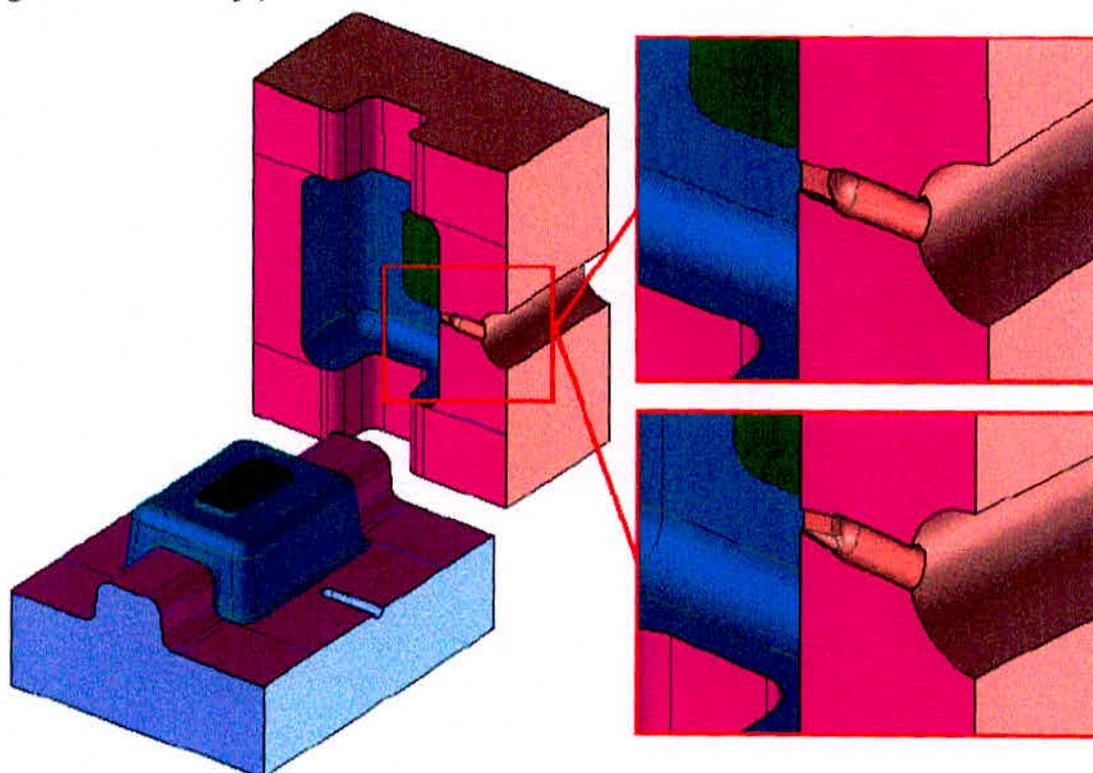


Fonte: THOMAZI, 2013.

4.8.2 Entrada restrita

É utilizada em alimentação lateral ou pelo centro, sendo adequada para materiais de fácil fluxo. Pode ser circular ou retangular. (Harada, 2013).

Figura 33 - Ponto de Injeção - Entrada Restrita

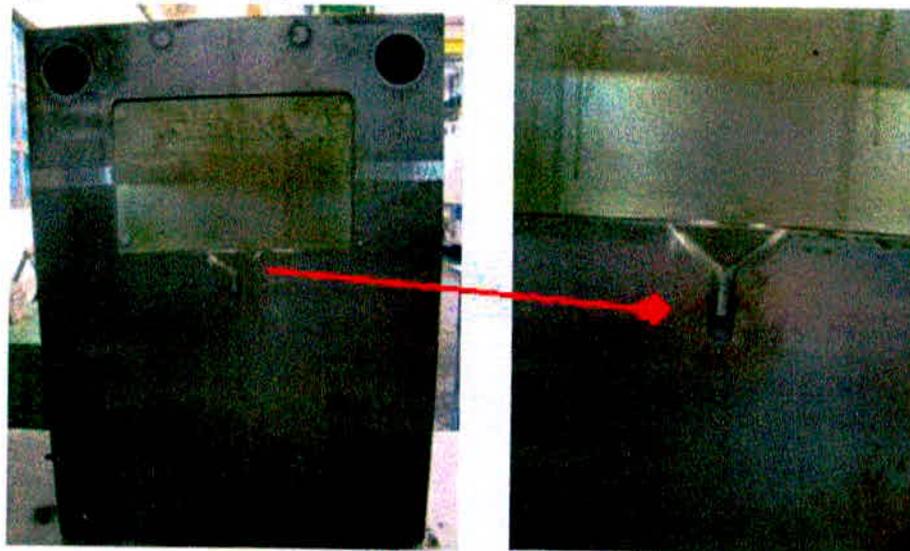


Fonte: THOMAZI, 2013.

4.8.3 Entrada em Leque

A entrada em leque é um tipo de entrada especial utilizado para peças achatadas com paredes finas.

Figura 34 - Ponto de Injeção - Entrada em Leque.

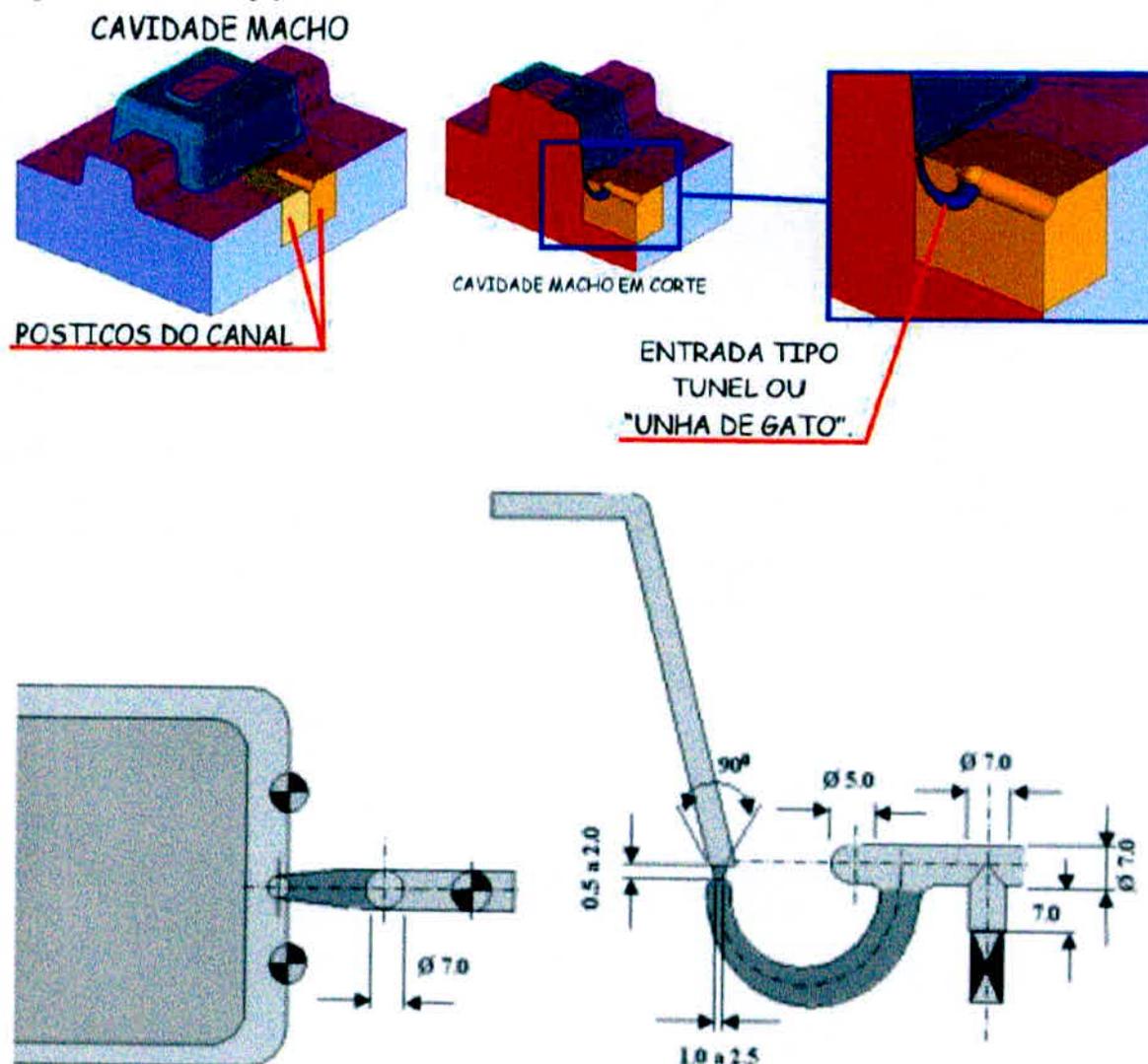


Fonte: O autor.

4.8.4 Entrada em Tunel ou "Unha de Gato"

Este tipo de entrada permite a separação do produto e do canal (desgalhamento) de forma automática. Não se utiliza este tipo de entrada para materiais rígidos e reforçados (com carga).

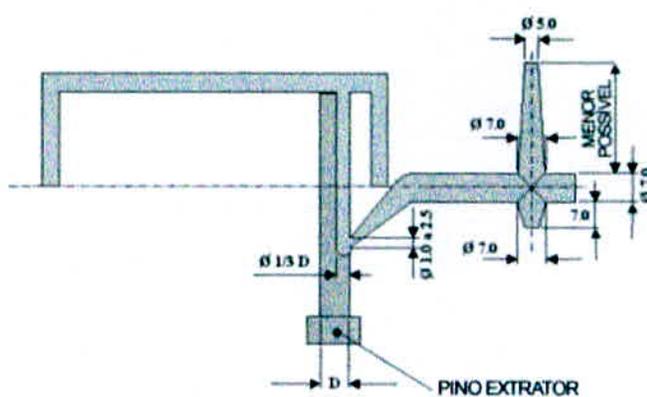
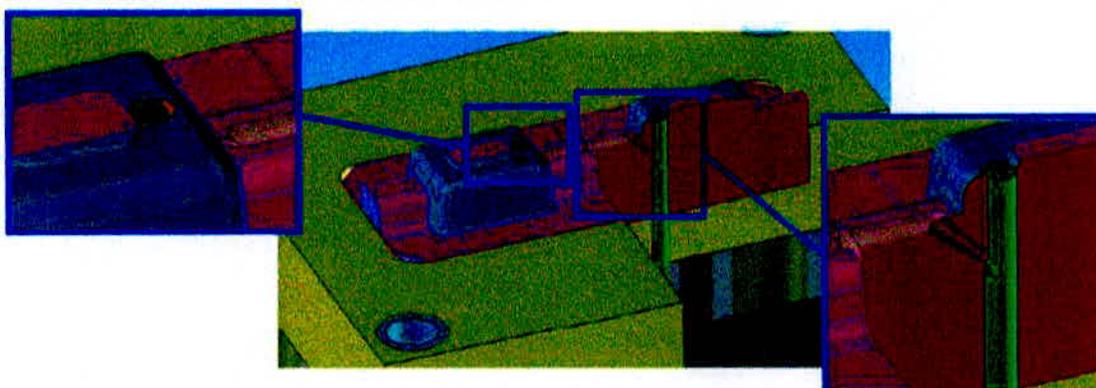
Figura 35 - Ponto de Injeção - Entrada em Tunel ou "Unha de Gato".



Fonte: Thomazi, 2013.

Derivado deste tipo de entrada existe a entrada em túnel pelo pino extrator, quando este não pode ser localizado próximo à peça. (Thomazi, 2013).

Figura 36 - Ponto de Injeção - Entrada em túnel pelo extrator.



Fonte: THOMAZI, 2013.

4.8.5 Entrada Submarina ou Submersa

Este tipo de entrada é muito utilizado pois permite a separação do canal e do produto (desgalhamento) de forma automática durante o processo de moldagem. (Thomazi, 2013).

Figura 37 - Ponto de Injeção - Entrada Submarina ou Submersa.



Fonte: O Autor.

4.8.6 Entrada em Capilar

Devido às suas pequenas dimensões, a entrada em capilar se solidifica rapidamente, permitindo ciclos rápidos e tensões reduzidas. O tamanho reduzido elimina a operação de remoção da entrada e permite seu corte automático em moldes com três placas (placa flutuante), e com canais quentes. A entrada em capilar deve estar localizada de tal maneira que o material ao entrar se choque imediatamente com um obstáculo, pois isso evita o "jateamento", que é a extrusão de um fio comprido dentro da cavidade, este se solidifica rapidamente e é empurrado pelo material subsequente provocando o aparecimento de marcas de fluxo e tensões devido ao cisalhamento entre o material novo e o fio solidificado. (Harada, 2013).

Figura 38 - Ponto de Injeção - Entrada em Capilar.

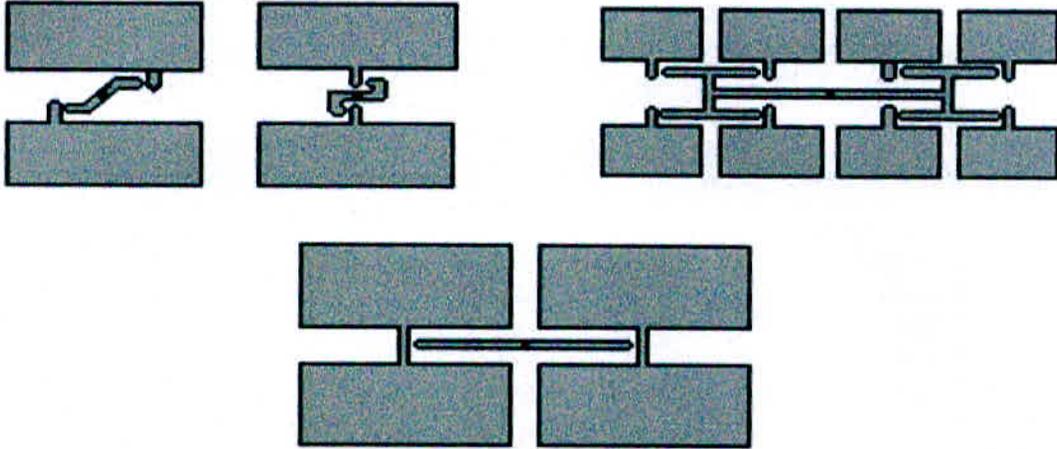


Fonte: O Autor.

4.8.7 Entrada em Aba

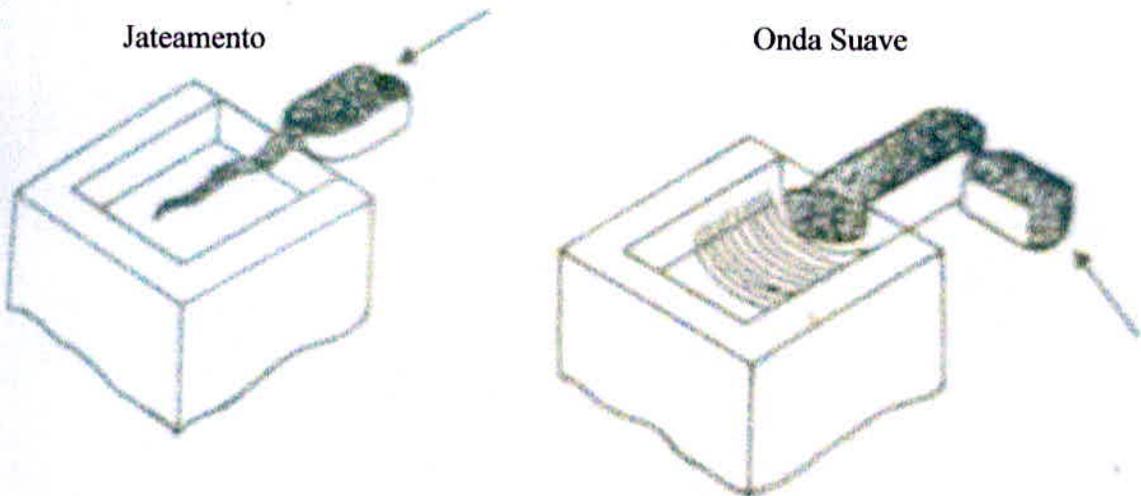
A entrada em aba é uma solidificação da entrada em capilar, é utilizada nos casos onde o material que entra não pode ser dirigido contra um obstáculo. Pode-se notar na figura 30, que a entrada em capilar ao lado da aba e, portanto, choca-se contra a parede oposta da mesma. Isso converte o jateamento inicial em uma massa compacta que posteriormente entra na cavidade na forma de uma onda suave.

Figura 39 - Ponto de injeção - Entrada em aba



Fonte: THOMAZI, 2013).

Figura 40 - Ponto de injeção - Entrada em aba (Jateamento x Onda Suave).

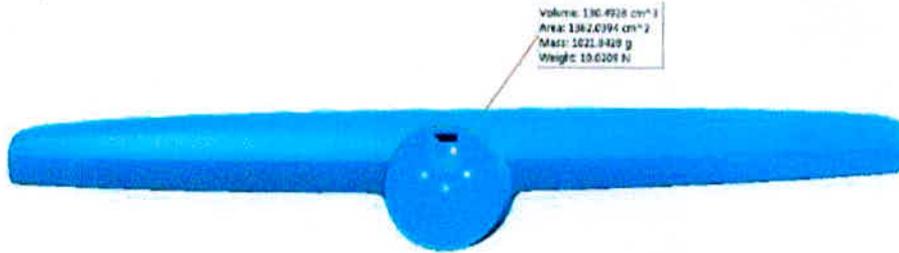


Fonte: (Harada, 2013).

5 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PROCESSOS DE INJEÇÃO

Na realização de um novo processo de injeção é necessário certo conhecimento técnico. Orçamentos iniciais são feitos para cotação e viabilidade do produto.

Figura 41 - Exemplo de informação da Área, Dimensões e Material do produto (Projeto: 326 3V Fiat)



Fonte: O Autor.

Com base na informação da área, dimensões e material do produto, inicia-se os cálculos da capacidade e tempo de injeção, utilizando os dados do Produto x Capacidade das máquinas.

Dados necessários:

- a) Dimensões da peça: Altura, Largura e Comprimento;
- b) Área da peça;
- c) Densidade do Material;

5.1 Definindo o tipo de Máquina pelas dimensões do molde

Deve ser verificado se ha passagem disponível entre as colunas, para permitir a montagem do molde, e o curso da placa móvel, a fim de garantir a extração do produto.

Figura 42 - Unidade de Fechamento – Máquina com Quatro Colunas



Fonte: O autor

5.1.1 Capacidade de Injeção

$$C_{ib} = C_{ia} \cdot \frac{p_b}{p_a} \cdot \frac{V_a}{V_b} \text{ [g]}$$

p: densidade

v: volume dos materiais "a" (PS) e "b" (TESTE)

Quantidade de material "b" que pode ser injetado é tomado com referencia o Poliestireno (PS), cuja densidade é 1g/cm³ a 23° C.

Quantidade máxima de material "b" que pode ser injetado por ciclo.

5.1.2 Capacidade de Plastificação

$$C_{pb} = C_{pa} \cdot \frac{c_a}{c_b} \cdot \frac{T_a}{T_b} \text{ ou } C_{pb} = w \cdot n$$

Quantidade máxima de material "b" que pode ser homogeneizado pela injetora em um período de tempo.

a) *C_{pa}*: especificado pelo fabricante tem como referencia o (PS)

b) *c*: calor específico

c) *T*: temperatura

d) n : número de ciclos por hora

e) w : peso injetado por ciclo

Sistema Internacional de Unidades

1 caloria = 4,1868 Joule (exatamente)

Tabela 3 - Características Físicas de Materiais

Material	Fator volumétrico	Peso específico (g / cm ³)	Calor Específico (kJ / g / oC)
ABS	1,8 – 2,0	0,98 – 1,04	0,35 – 0,40
CA	2,4	1,22 – 1,32	0,30 – 0,42
CAB	2,2	1,13 – 1,20	0,30 – 0,40
PA	2,0 – 2,1	1,07 – 1,17	0,4
PC	1,75	1,17	0,3
PEBD	1,84 – 2,3	0,89 – 0,92	0,55
PEAD	1,725 – 1,9	0,92 – 0,95	0,55
PMMA	1,8 – 2,0	1,15 – 1,18	0,35
POM	1,8 – 2,0	1,38	0,35
PP	1,92 – 1,96	0,89 – 0,91	0,46
PS	1,9 – 2,15	1,04 – 1,06	0,32
PVC – RÍGIDO	2,3	1,32 – 1,42	0,2 – 0,28
PVC – FLEXÍVEL	2,3	1,14 – 1,3	0,3 – 0,5
SAN	1,9 – 2,15	1,11	0,33

OBS: para o PVC, as propriedades são extremamente dependentes da formulação

Fonte: SENAI, 2006.

5.1.3 Pressão de Injeção

Pressão exercida pelo pistão sobre o material durante o preenchimento da cavidade.

$$P_{inj} = [bar] \text{ ou } [MPa]$$

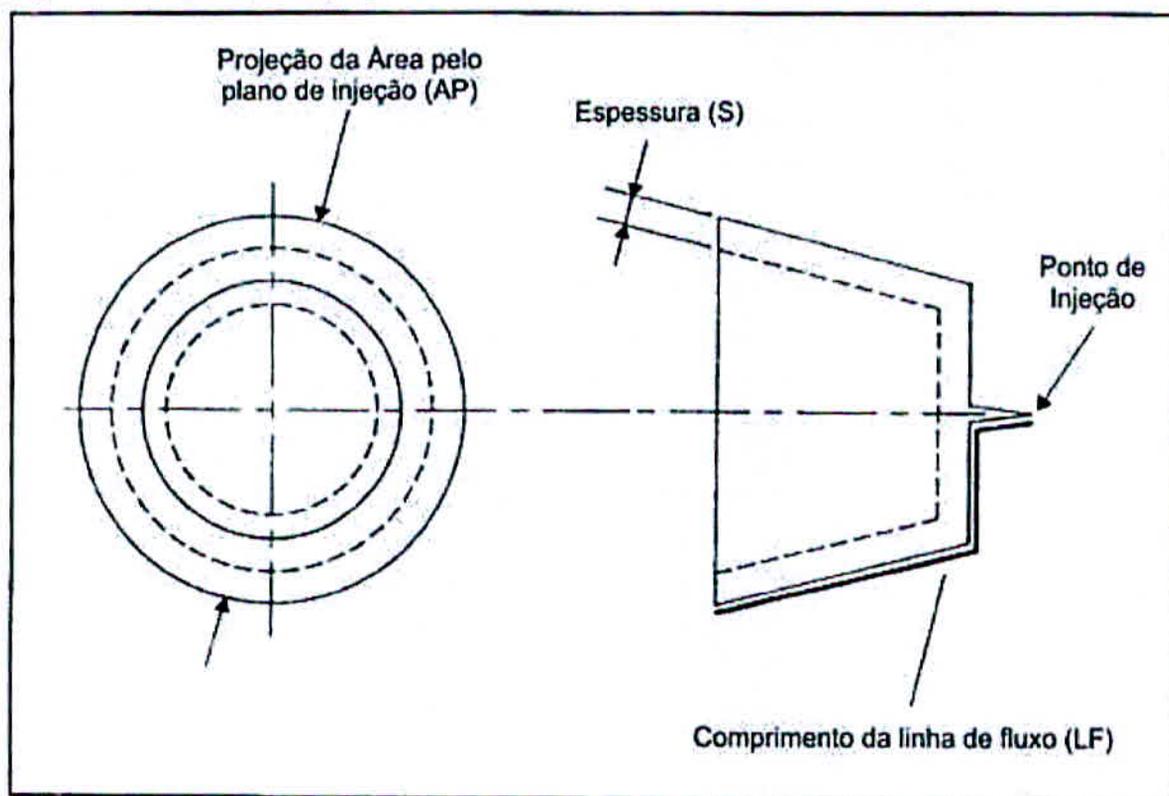
5.1.4 Pressão de Recalque

A pressão de pressurização comuta para a pressão de recalque assumindo valores inferiores evitando a geração de tensões internas.

5.1.5 Pressão de Fechamento

Toda injetora deve manter o molde bem fechado enquanto pressões de (injeção / pressurização e recalque) são exercidas. Essas pressões forçam a abertura das placas do molde e podem vazar material gerando rebarbas. A força de fechamento de uma injetora deve ser sempre superior à máxima pressão de processo. Para calcular a força de fechamento necessária deve-se conhecer a área da cavidade do molde onde o polímero fundido está exercendo pressão. Essa área pode ser a área projetada da cavidade no plano perpendicular à direção da pressão.

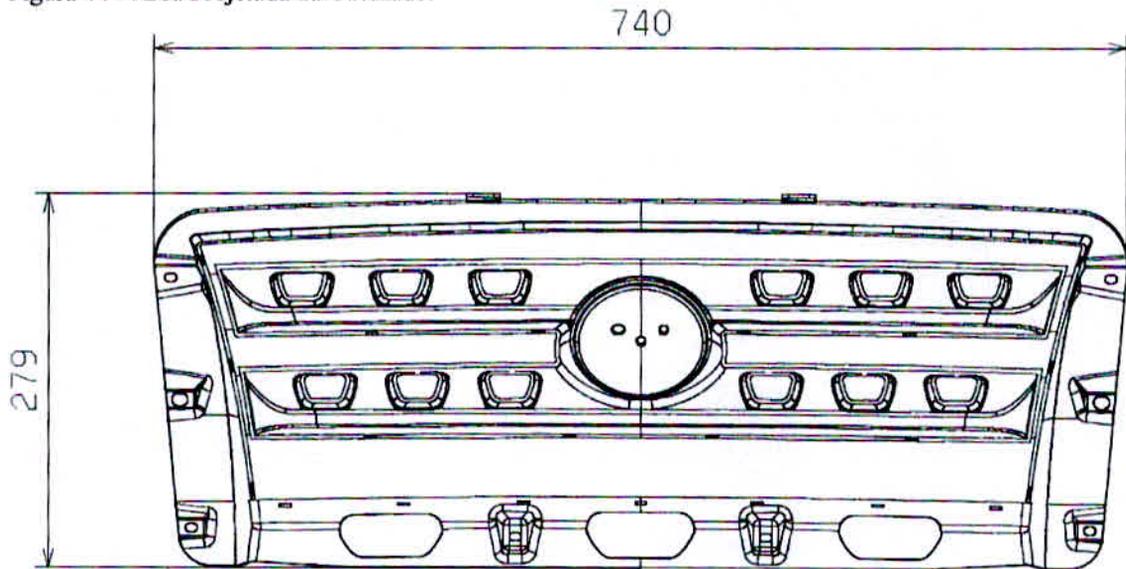
Figura 43 - Percurso do Fluxo, Espessura e Área.



Fonte: SANDRETTO do Brasil: Notas de Injeção

Exemplo de área projetada – grade do Pálio:

Figura 44 - Área Projetada da Cavidade.



Fonte: Plascar, 2013.

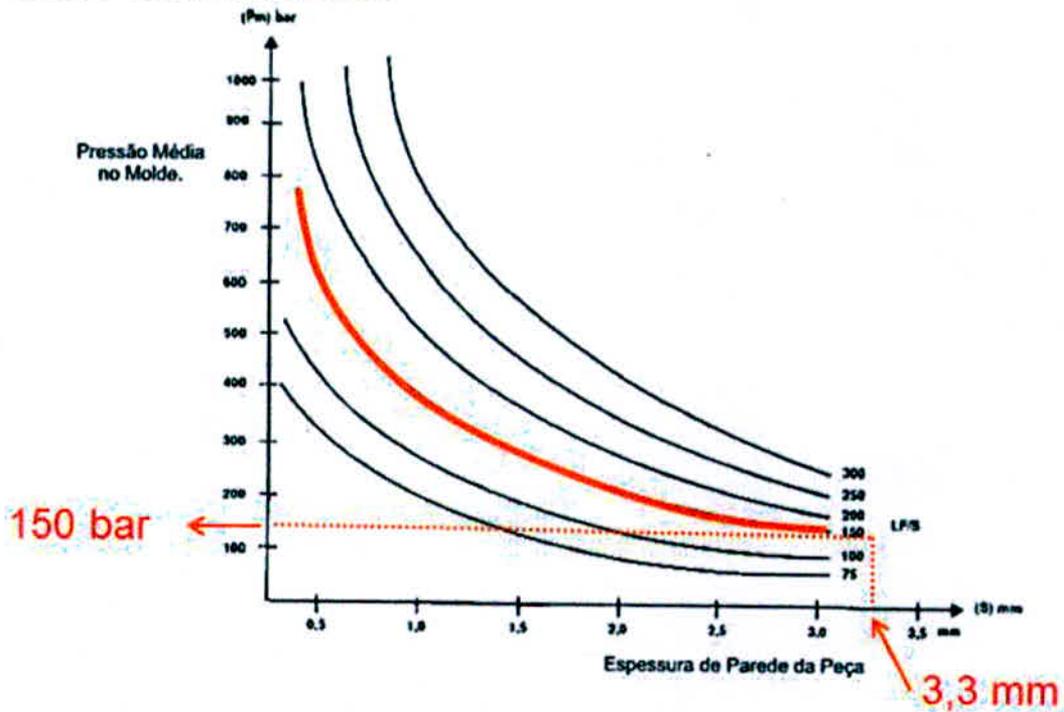
5.1.6 Pressão Média no Molde

Relação fluxo pela espessura.

$$\frac{LF}{S} = \frac{500}{3,3} = 150 \text{ a. d. m.}$$

Usando o ábaco tem-se a pressão média no molde:

Gráfico 1 - Pressão média no molde



Fonte: O Autor

Assim juntando os dados acima temos a pressão de fechamento usando a fórmula abaixo:

$$Ff = \frac{AP * PM * KM * Ncav}{1000}$$

- AP*: área projetada da figura sobre a placa móvel da injetora
- PM*: pressão média obtida pelo ábaco
- Ff*: força de fechamento
- KM*: constante relativa ao tipo de material usado
 - $KM = 1,0$ para PA, PE-HD, PE-LD, OS
 - $KM = 1,5$ para SAN, ABS, CA, POM, SB
 - $KM = 2,0$ para PC, PMMA, PPO, PVC
- Ncav*: número de cavidades do molde

Aumentar de 10 a 15% o valor da força de fechamento margem de segurança.

Figura 45 - Produto Injetado - GRADE DO RADIADOR SW ADVENTURE.



Fonte: O Autor

Figura 46 - Peça no Produto Final (Cliente Final) - PÁLIO SW ADVENTURE.



Fonte: Best Cars

6 PERIFERICO PARA AUMENTO DE PRODUÇÃO

6.1 Robos

O robô atualmente substitui algumas operações realizadas por operadores em situações de risco ou extremamente repetitivas, nestes casos a adequação do robô é fundamental para aumentar a produtividade, sem que o operador corra riscos desnecessários, podendo o mesmo ser direcionado a outras atividades mais interessantes.

6.1.1 Aplicação de Robos

O robô atualmente substitui algumas operações realizadas por operadores em situações de risco ou extremamente repetitivas, nestes casos a adequação do robô é fundamental para aumentar a produtividade, sem que o operador corra riscos desnecessários, podendo o mesmo ser direcionado a outras atividades mais interessantes. Com a utilização de robôs no processo de injeção temos ciclo contínuos sendo possível saber exatamente a quantidade de peças a ser produzida além de uma melhor estabilização do processo evitando manchas ou outros problemas que comprometam o acabamento do produto final. (FIALHO, 2005).

Figura 47 - Robô Utilizado em uma Máquina Injetora.



Fonte: O autor

6.1.2 Aplicação de Robos

- a) Extração em automático de peças que normalmente trabalham em semi automático.
- b) Separação peça x canal de injeção
- c) Extração de peças que se danificam na extração convencional
- d) Montagem de insertos
- e) Montagem de decoração “in-mold”
- f) Otimização do lay-out de fábrica
- g) Otimização da mão de obra
- h) Montagem de pallets

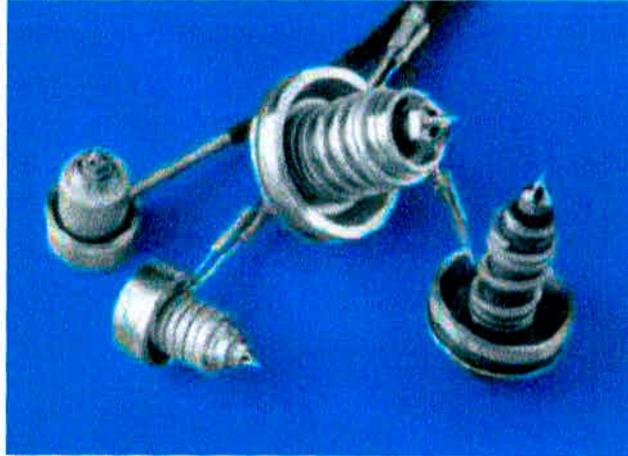
6.1.3 Vantagens na Aplicação

- a) Aumento da produção - Em um parque com mais de 900 robôs cartesianos instalados no Brasil, houve um mínimo de 15% de aumento de peças boas por turno de trabalho, sendo 20% um valor médio de ganho sobre a produção obtida em ciclos semi automático;
- b) Obtenção de tempo de ciclo constante - Com o uso dos robôs não ocorre variação de tempo de ciclo, problema normal quando a máquina depende do operador;
- c) Repetibilidade do processo - Com o tempo de ciclo constante, a qualidade do processo se mantém estável no tempo eliminando refugos e perdas, permitindo ainda refinamento da regulagem da injetora, otimização da temperatura da água e novas reduções do ciclo da máquina, o que resulta em mais ganhos de produtividade;
- d) Nivelamento de produtividade entre os turnos Possibilitando se obter nos turnos noturnos a mesma produtividade dos turnos diurnos. (FIALHO, 2005).

6.2 Sistema com Bico Quente

É utilizado em entradas capilar onde somente o bico é aquecido por resistências.

Figura 48 - Sistema Bico Quente.



Fonte: Best Cars.

6.2.1 Vantagens na Aplicação

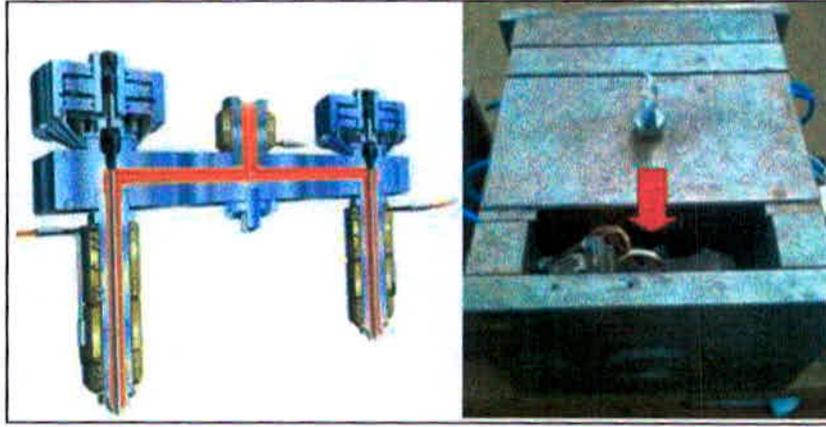
- a) Elimina o trabalho de rebarbação das peças injetadas;
- b) Aumento de produtividades
- c) Alto custo do sistema

6.3 Sistema de Câmara Quente

É um conjunto de elementos eletro eletrônicos que, quando estalados em um molde de injeção de termoplástico, mantém em seu interior o canal de injeção em estado plástico de fusão controlada.

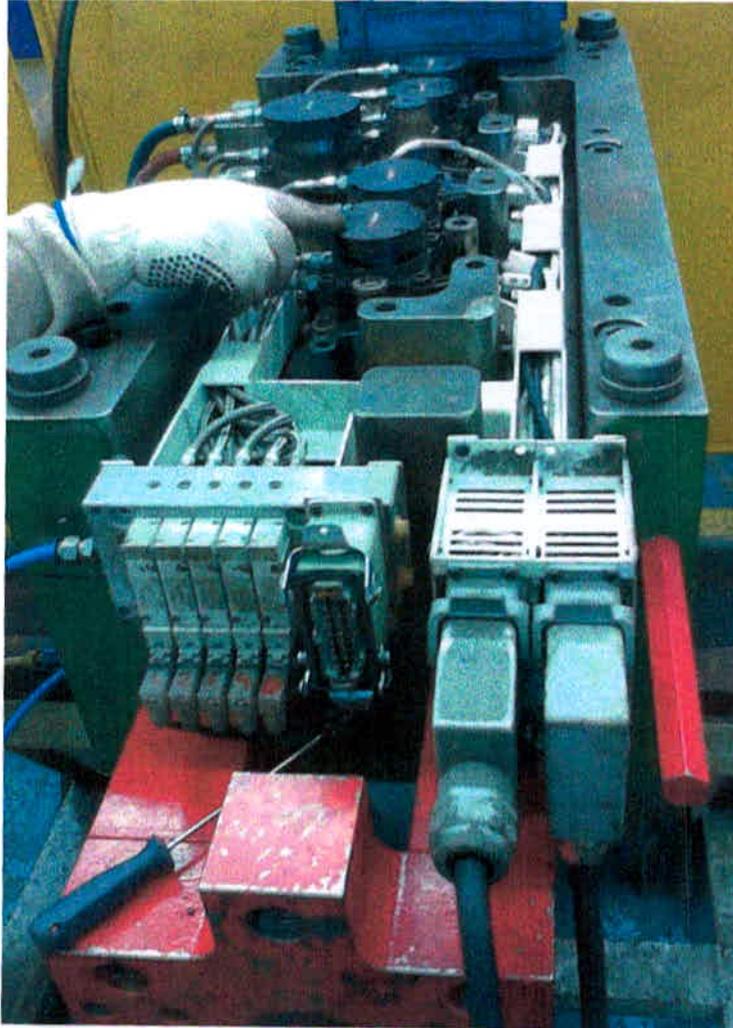
O Sistema de Câmara Quente é a forma mais eficiente de se otimizar a produção e melhorar a qualidade de um produto injetado. Este sistema é basicamente uma extensão do bico de injeção da máquina, funcionando como distribuidor do fluxo para cada uma das cavidades. Através de canais de distribuição constantemente aquecidos, é possível manter o material na mesma temperatura do cilindro da máquina injetora, livre de variações e sem os inconvenientes canais de alimentação (galhos).

Figura 49 - Sistema de Câmara Quente.



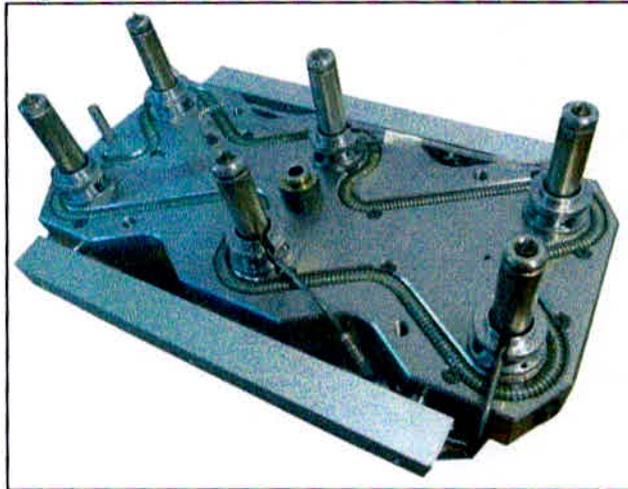
Fonte: O Autor.

Figura 50 - Sistema de Câmara Quente.



Fonte: O Autor

Figura 51 - Sistema de Câmara Quente.



Fonte: O autor

6.3.1 Vantagens na Aplicação

A utilização de sistemas de câmara quente pode oferecer diversas vantagens se comparado aos sistemas convencionais de canal frio, tais como:

- a) Redução do custo de mão de obra com a eliminação do corte ou separação de galhos (parte que solidifica dentro dos canais)
- b) Melhor controle da operação;
- c) Economia em matéria-prima com a inexistência de canais congelados (galhos);
- d) Economia em energia por não necessitar reciclar os canais;
- e) Ciclos mais rápidos, pois a cada ciclo o material somente preenche a cavidade, pois os canais quentes sempre ficam cheios. Os canais chegam a representar de 10 a 50% da massa utilizada em um ciclo de injeção;
- f) Otimização do ciclo de injeção pelo fato de necessitar resfriamento apenas na peça e não nos canais;
- g) Qualidade do injetado é superior por se poder controlar as propriedades reológicas e térmicas da massa polimérica;
- h) Projetos de moldes com canais quentes permitem maiores variações e maior flexibilidade;
- i) A eficiência da injetora aumenta, podendo utilizar máquinas menores ou aumentar o número de cavidades para a mesma máquina;
- j) Eficiência na transferência das pressões de injeção e recalque devido o polímero estar sempre fundido nos canais, mesmo durante o ciclo de resfriamento da peça;
- k) Fabricação de peça com baixo nível de tensões internas, e conseqüente baixo encolhimento. (HARADA, 2004).

7 CONCLUSÃO

O ciclo de renovação do parque de máquinas e moldes para injeção de plástico tem sido intenso, sendo feito em cinco anos, ultrapassando significativamente longos períodos de dez a quinze anos que eram necessários à sua evolução durante os anos de 1950 a 1980. Neste contexto, a tecnologia e construção de moldes de injeção de termoplástico ganha destaque pelos avanços conceituais e pelos ganhos de eficiência e produtividade.

Entretanto a expansão do parque industrial de plástico no Brasil foi mais veloz que a área de ensino técnico deixando os novos profissionais sem fontes de consulta e alguns até incapacitados para o mercado. Assim promovemos este trabalho com informações abrangendo desde a formação das moléculas poliméricas até a utilização do produto final, sendo uma obra desenvolvida para a consulta técnica de estudantes, engenheiros e especialistas em transformação de plásticos.

Não foi a intenção deste trabalho esgotar um assunto, mas sim caracterizar com o máximo de detalhes possível a amplitude e complexidade do processo de injeção de termoplásticos.

REFERÊNCIAS

HARADA, Júlio. **Moldes para Injeção de Termoplásticos: Projetos e Princípios Básicos**. São Paulo. Editora Artliber, 2004

INNOVA MANUAL DE INJEÇÃO. Varginha: Grupo Unis, 2013. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/Imagens/eInnova/Manual_de_Injecao.pdf>. Acesso em: 13 de março. 2013

MARTINS, Gilmar. **Manual Básico de Formação de Blendas Poliméricas**. São Bernardo do Campo. Editora G. B. Comercio de Materiais Didáticos LTDA, 2006

PREPARADOR e Regulador de Máquinas Injetoras de Plásticos. Núcleo de Tecnologia em Plásticos, Escola SENAI Mario Amato, 2006

RIBEIRO, Leandro. **Evolução Tecnológica e Automação das Máquinas Injetoras**: São Paulo. Centro Paula Souza, 2009

SANDRETTO do Brasil: Notas de Injeção, 2010.

TECNICAS para elaboração de trabalhos acadêmicos. Varginha: Grupo Unis, 2013. Disponível em: <<http://biblioteca2.unis.edu.br/manual-de-normalizacao-trabalhos-academicos/>>. Acesso em: 16 de maio. 2013

IMAGENS na revista eletrônica sobre carros e motos. Varginha: Grupo Unis, 2013. Disponível em: < <http://bestcars.uol.com.br/testes3/palio-adventure-locker-dualogic-1.htm/>>. Acesso em: 16 de março. 2013

IMAGEM na Plaston Group. Varginha: Grupo Unis, 2013. Disponível em: < <http://www.plaston.com/en/industrial-plastic-systems/technologies/moldflow-mpi/>>. Acesso em: 21 de setembro. 2013

_____. ASTM D 1600. Abreviaturas. Standard Terminology for Abbreviated Terms Relating to Plastics, 2013.