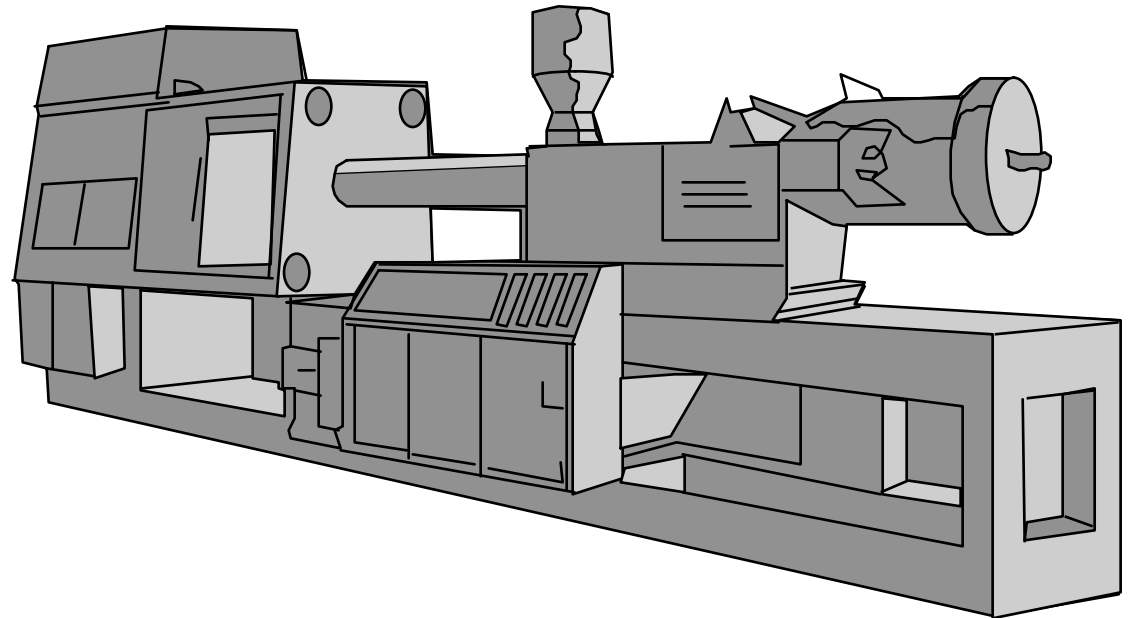

Projeto do Produto e do Processo

**Processos de Transformação em
Desenvolvimento de Produto
- Materiais Poliméricos -**

*Departamento de Engenharia de Produção
Escola Politécnica - USP*

- *Processos de fabricação para materiais poliméricos*
 - *Injeção*
 - *Extrusão*
 - *Sopro*
 - *Termoformagem*
 - *Rotomoldagem*

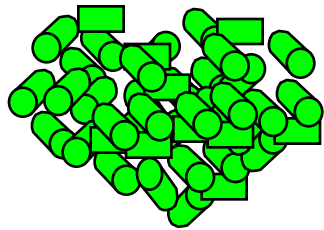


*Injetora para
termoplásticos*

Injeção

Definição

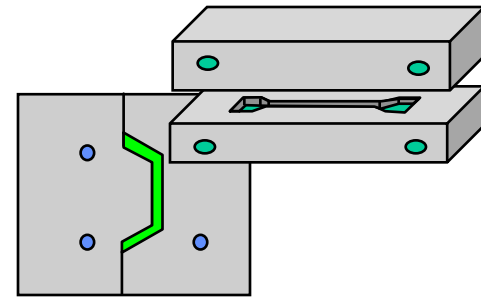
- *Processo que converte material polimérico sólido em líquido e então o injeta dentro de um molde com a configuração da peça*



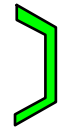
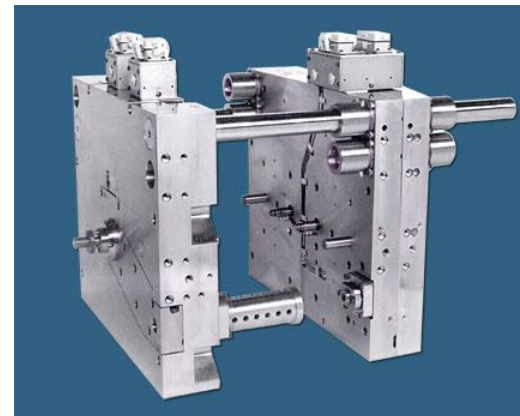
**Material polimérico
granulado**



**Material polimérico
líquido**



Molde



Peça



■ Injetoras horizontais e verticais



■ Equipamentos auxiliares

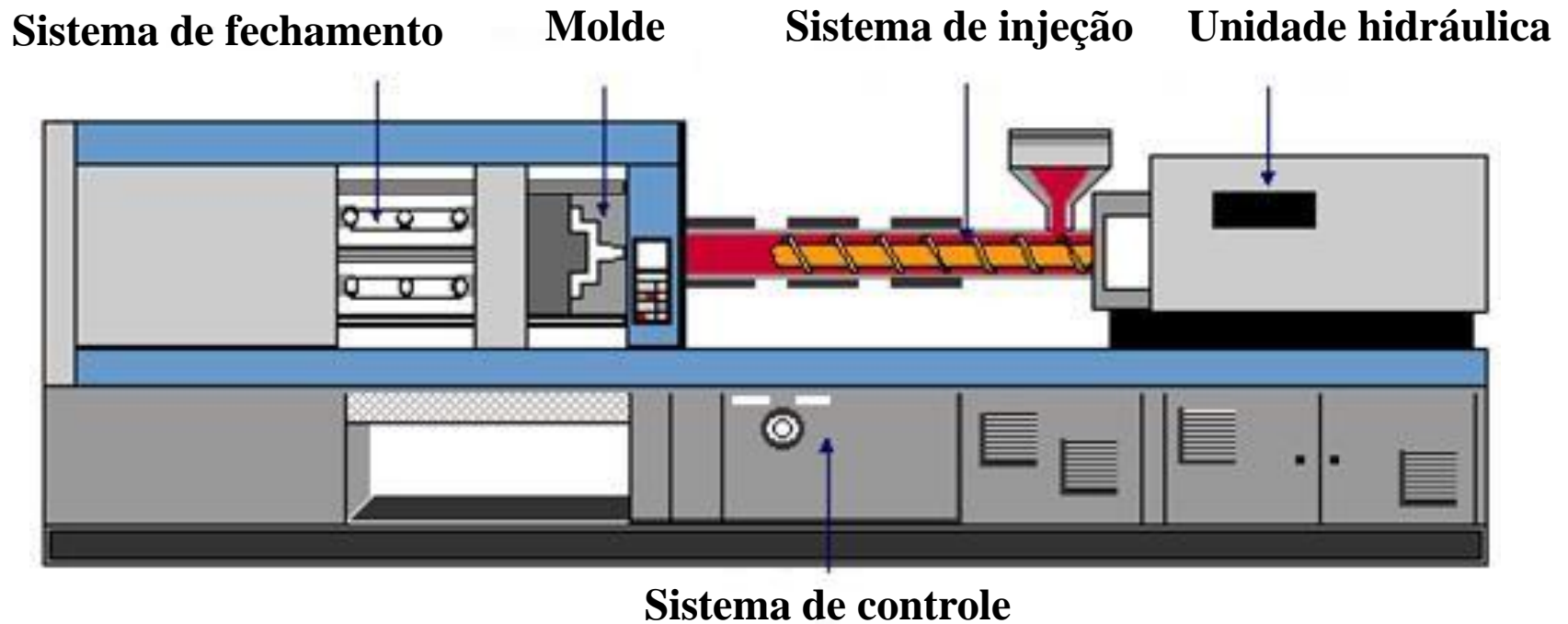
- Secadores
- Aquecedores
- Misturadores
- Robôs

■ Porte injetoras

- Pequeno: 10-100 ton
- Médio: 100-500 ton
- Grande: 500-10.000 ton

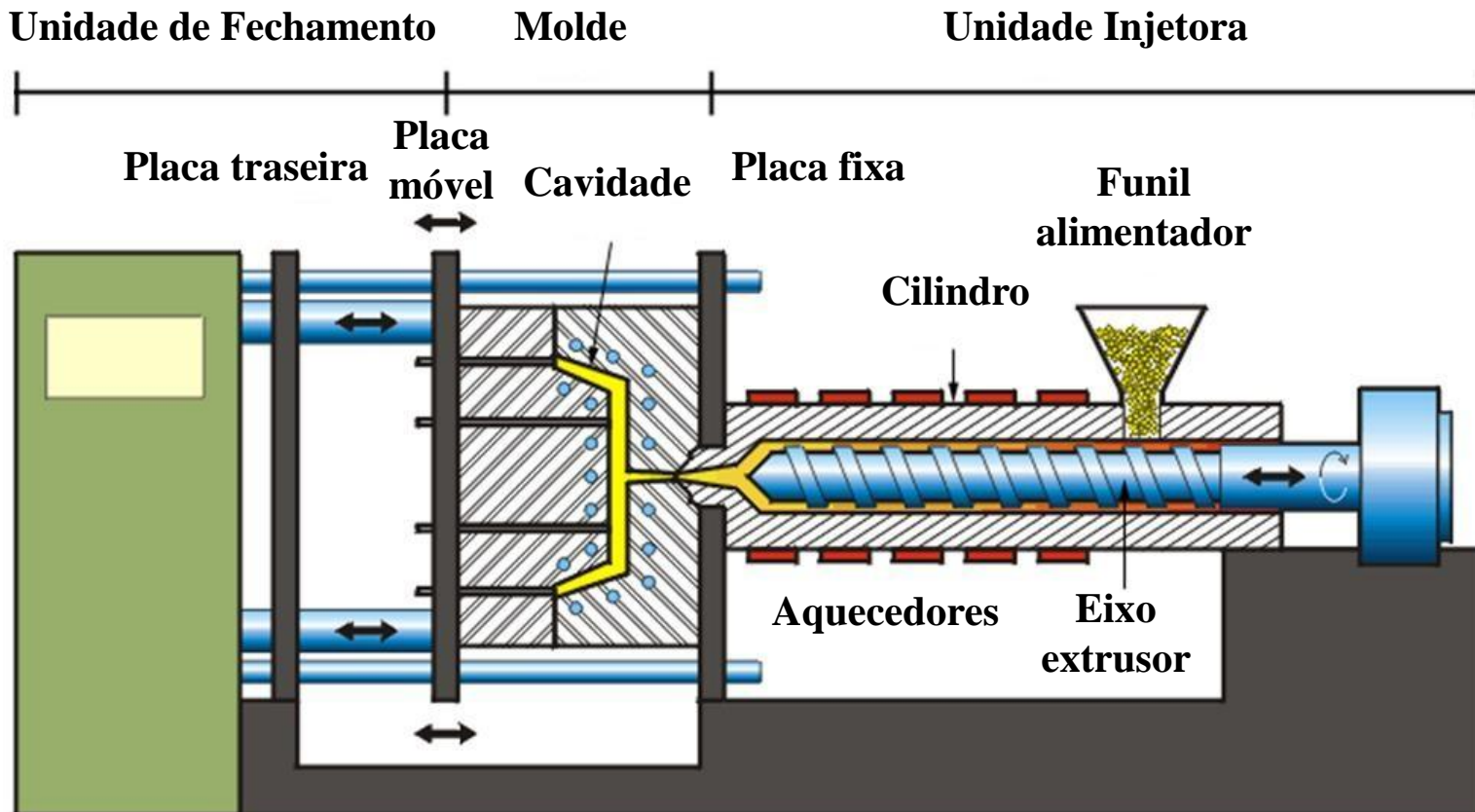
Injeção

Principais componentes



Injeção

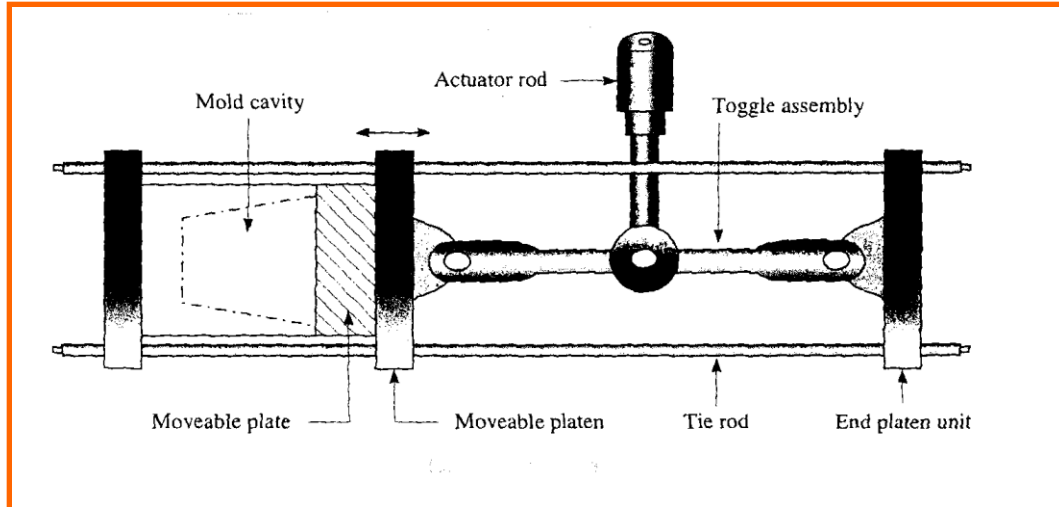
Principais componentes



Esquema de funcionamento de uma Máquina Injetora

Principais Componentes

Unidade de fechamento

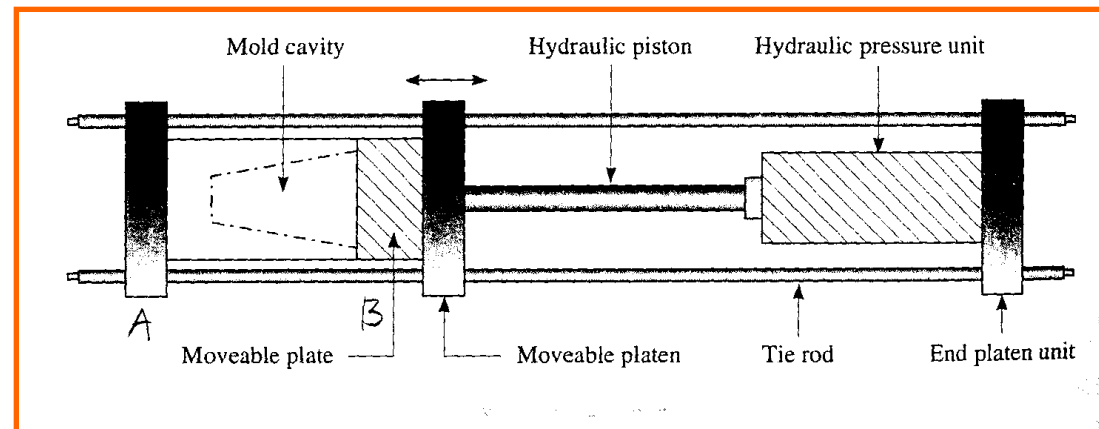


Sistema mecânico

Possui um sistema mecânico de alavancas que permite grande deslocamento da placa móvel c/ alta velocidade

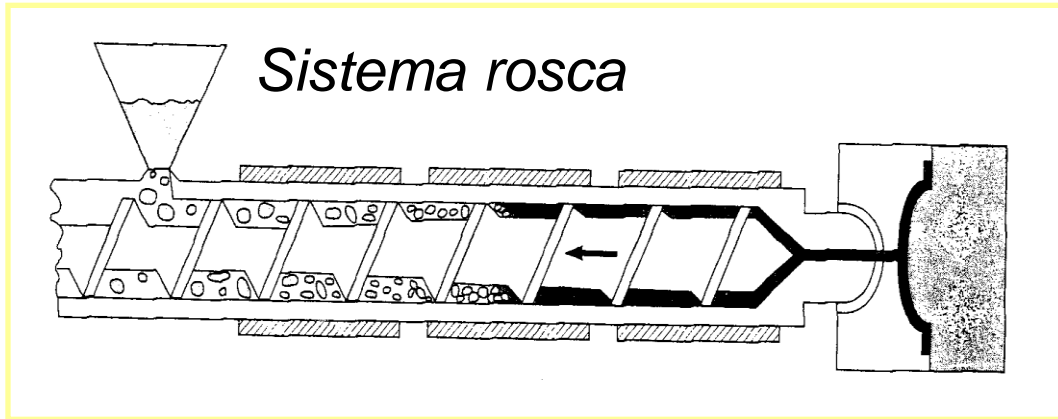
Sistema hidráulico

Possui sistema de acionamento hidráulico que permite maior controle sobre a pressão aplicada

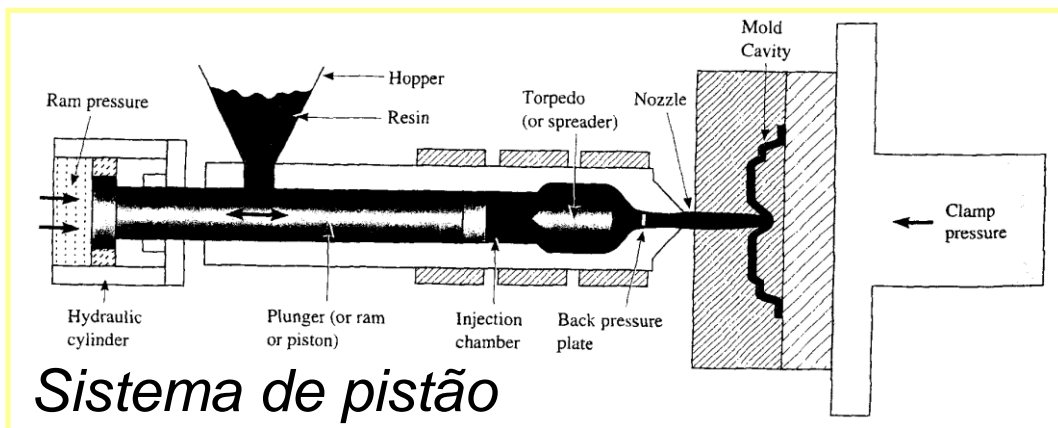


Principais componentes

Unidade injetora - princípios



O plástico granulado é derretido pelo calor dos aquecedores externos sendo forçado para o molde pelo eixo extrusor (rosca sem fim)



O plástico é pré aquecido no funil, alimentado dentro da câmara, e forçado para o molde por um pistão

Principais componentes

Unidade injetora - exemplo



Máquina Injetora com unidade de fechamento hidráulica

Principais componentes

Unidade injetora - parâmetros

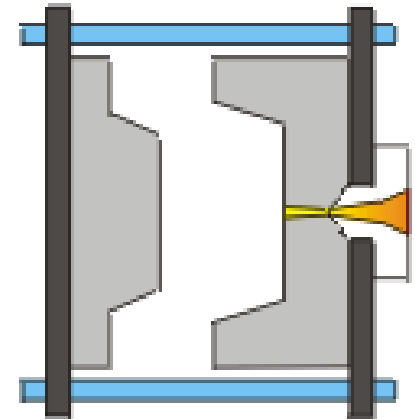


- *Velocidade do eixo*
- *Velocidade de injeção*
- *Pressão de injeção*
- *Temperatura do cilindro*
- *Temperatura do molde*
- *Força da unidade de fechamento*

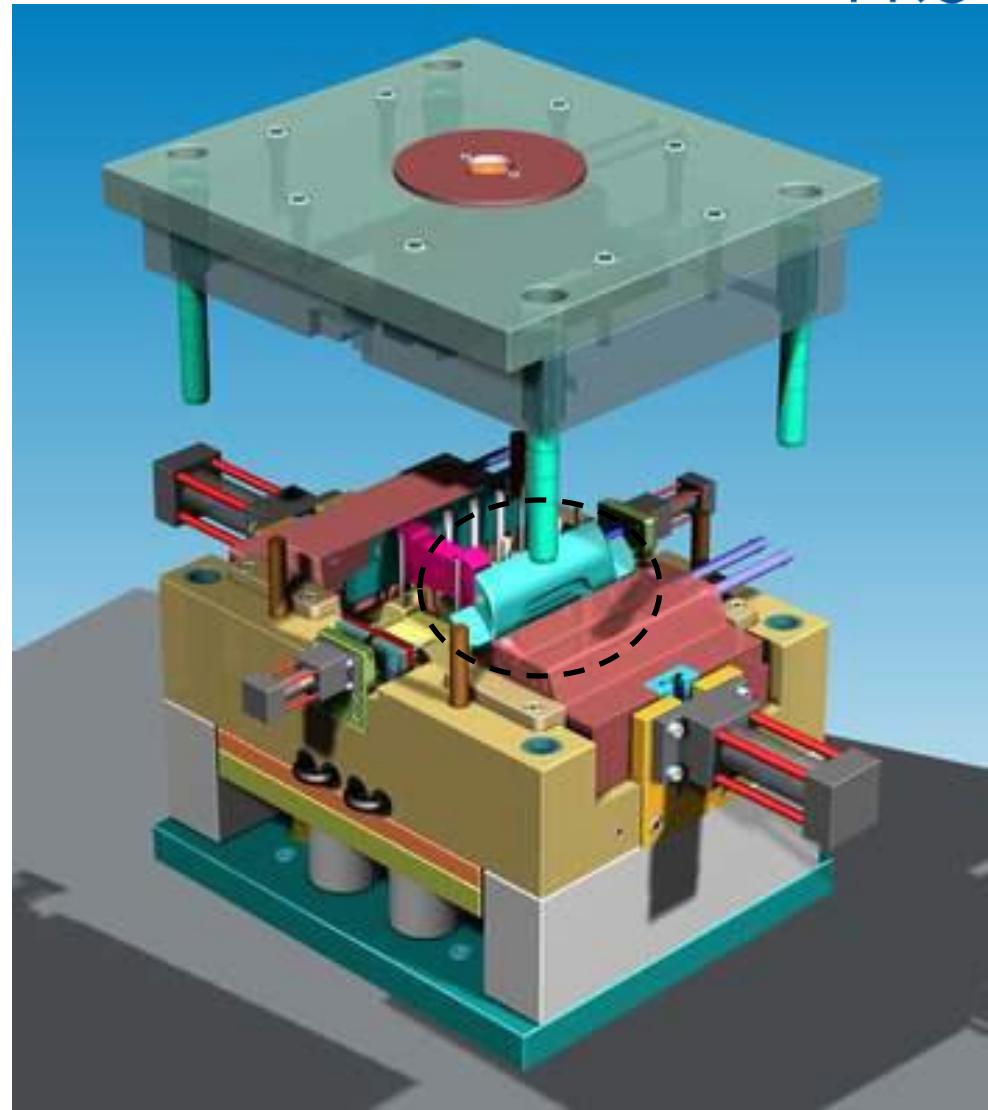
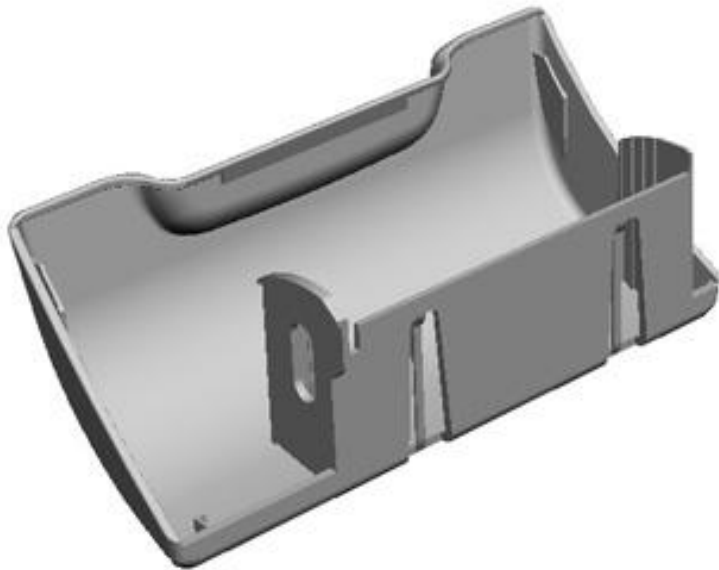
Principais componentes

Molde

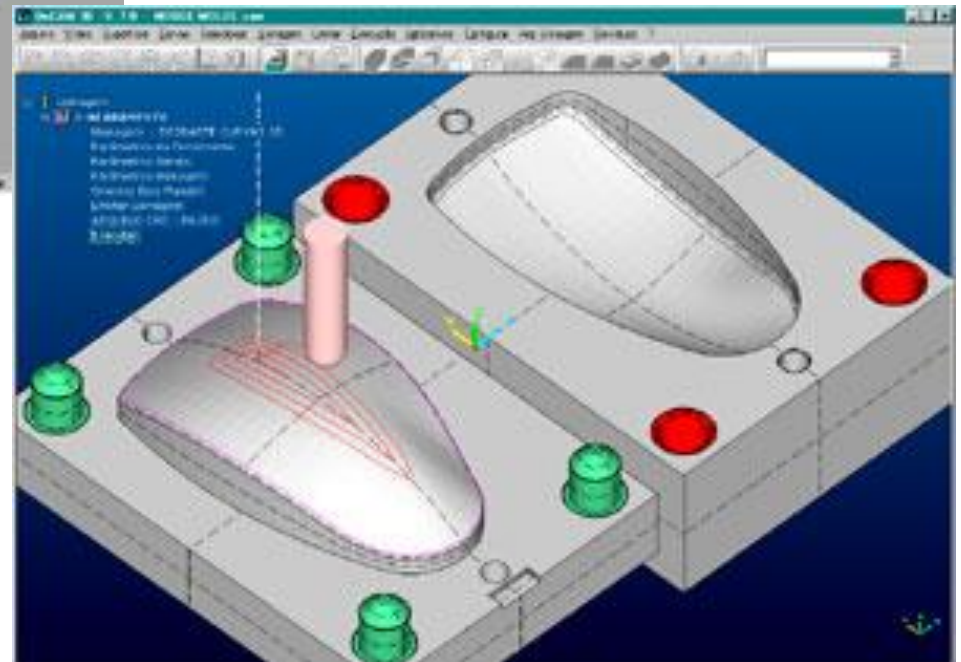
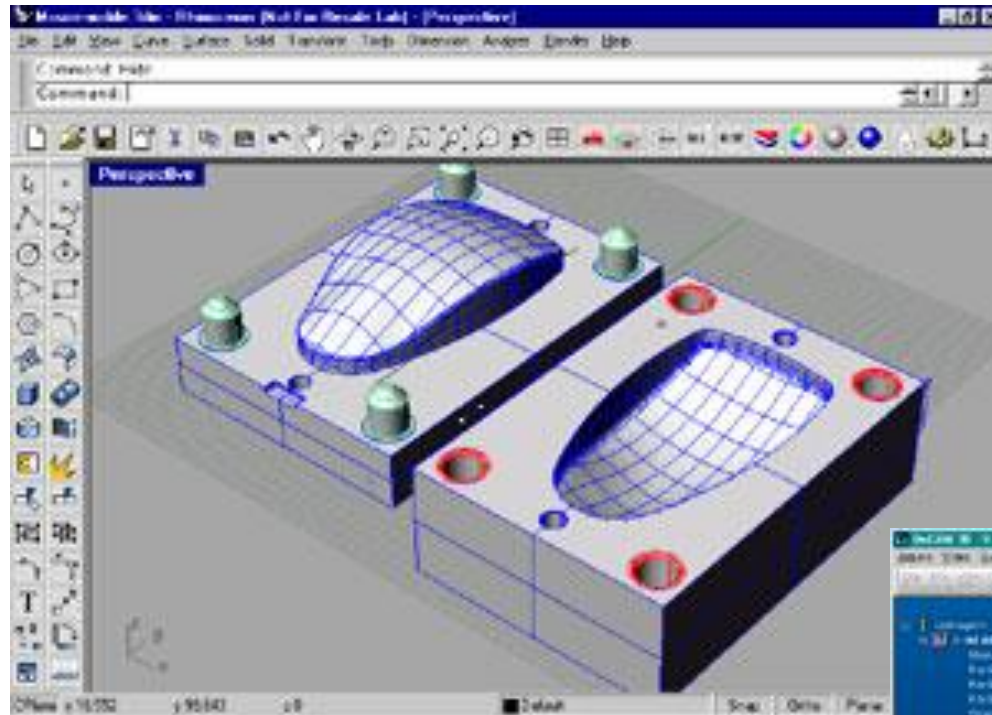
- *O molde é adaptado ao final da máquina e recebe em sua cavidade o material plástico fundido por meio de pressão*
 - *As cavidades do molde possuem as formas e dimensões do produto desejado*
 - *Fatores importantes no projeto do molde: peso, tamanho e desenho da peça para decidir qual a melhor localização para as entradas, número de cavidades etc.*



Principais componentes Molde - exemplos ilustrativos



Principais componentes Molde - exemplos ilustrativos



Injeção - características



Características	Valores
Peso (kg)	0,01 a 25
Espessura mínima (mm)	0,3 a 10
Complexidade (perfil)	Alta
Tolerância (mm)	0,05 a 1
Rugosidade superficial (μm)	0,2 a 1,6
Lote econômico	10 mil a 1 milhão

← *Materiais típicos: termoplásticos em geral*

Injeção - exemplos peças



Injeção - problemas potenciais

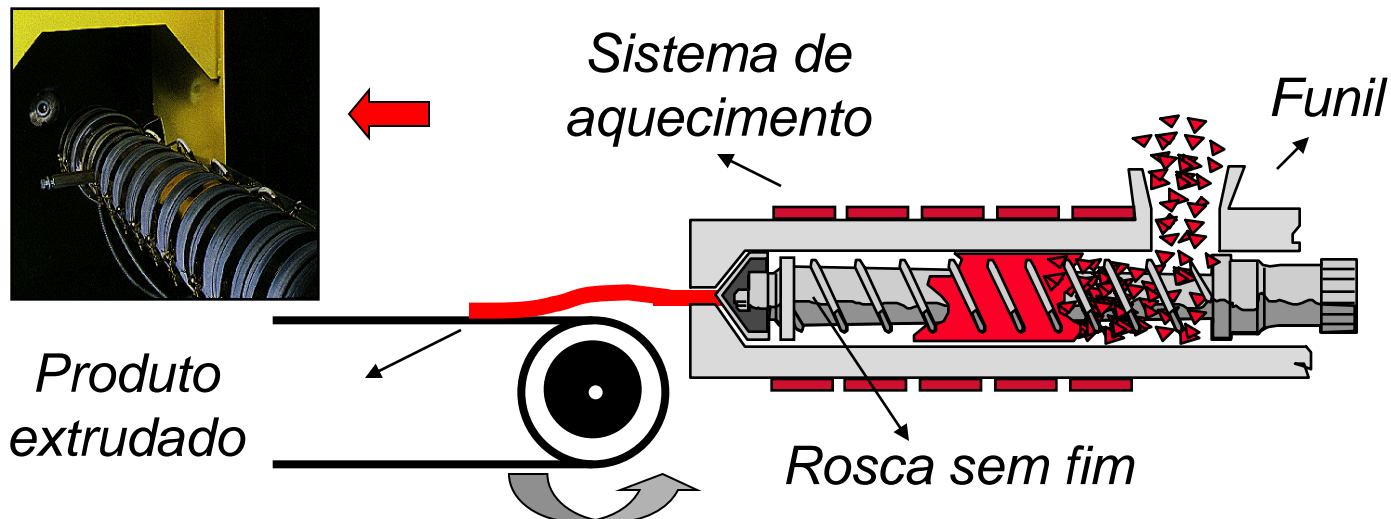


- *Rebarbas na peça*
- *Peça presa no molde*
- *Canais de alimentação presos ao molde*
- *Linha de solda com baixa resistência*
- *Delaminações do material na entrada do molde*
- *Injeção incompleta*
- *Empenamento excessivo*
- *Peças incompletas ou chupagem*
- *Marcas de fluxo e/ou defeitos de superfície*
- *Peças fracas ou quebradiças*
- *Quebra sob tensão ambiental (stress-cracking)*
- *Contração excessiva*
- *Baixo brilho*

Extrusão

■ Definição:

- *Processo que converte material polimérico granulado ou em pó que é pressionado por uma rosca sem fim em uma câmara*
- *Na câmara o material torna-se uma massa viscosa que é extrudado para um orifício (equivalente a apertar o creme dental)*



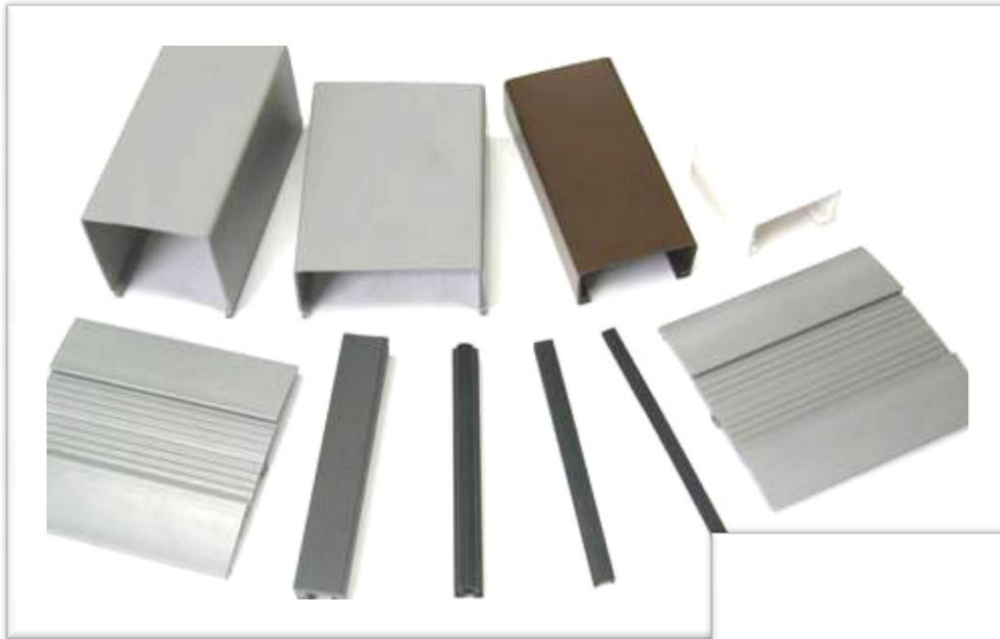
Extrusão - características

Características	Valores
Peso (kg)	1 a 1000
Espessura mínima (mm)	0,1 a 900
Complexidade (perfil)	Baixa
Tolerância (mm)	0,2 a 2
Rugosidade superficial (μm)	0,5 a 12,5
Lote econômico	10 mil a 1 milhão

← *Materiais típicos*

- *Materiais poliméricos em geral (termoplásticos)*

Extrusão - exemplos peças



Sopro

- **Definição:** processo que converte material polimérico para produzir peças ocas de parede fina a partir de fluxo de ar interno à peça. O processo é semelhante a fabricação de vidro (ex. garrafas)
- **Seqüência do processo**
 - O material plástico granulado é alimentado e aquecido
 - O material é inserido em uma câmara onde o ar é soprado internamente
 - O material é pressionado (pelo ar) nas paredes da cavidade do molde
 - A peça é então resfriada e solidificando-se

Sopro - características

Características	Valores
Peso (kg)	0,001 a 0,3
Espessura mínima (mm)	0,4 a 3
Complexidade (perfil)	Baixa
Tolerância (mm)	0,25 a 1
Rugosidade superficial (μm)	0,2 a 1,6
Lote econômico	1 mil a 10 milhões

← *Materiais típicos: poliéster (PET), policarbonato (PC), poliestileno de alta e baixa densidade (HDPE e LDPE), polipropileno (PP), acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e alguns tipos de PVCs*



Termoformagem

- **Definição:** processo de conformação de material polimérico em chapas contra um molde por vácuo ou mecanicamente



Características	Valores
Peso (kg)	0,003 a 50
Espessura mínima (mm)	0,25 a 6
Complexidade (perfil)	Baixa
Tolerância (mm)	0,5 a 1
Rugosidade superficial (μm)	0,3 a 1,6
Lote econômico	10 a 100 mil

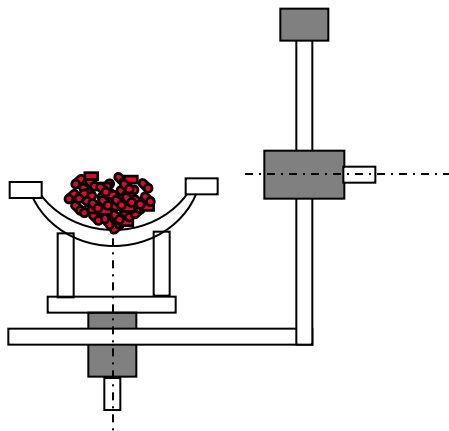
← **Materiais típicos:** poliéster (PET), policarbonato (PC), polipropileno (PP), acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), policloreto de vinila (PVC), poliestireno standard (PS)



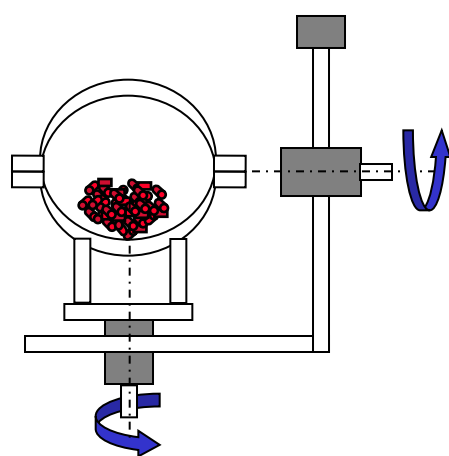
Rotomoldagem

- **Definição:** processo que envolve o emprego de rotação simultânea de material polimérico (aquecido) em dois eixos perpendiculares fazendo com o material depositar-se na superfície interna de um molde

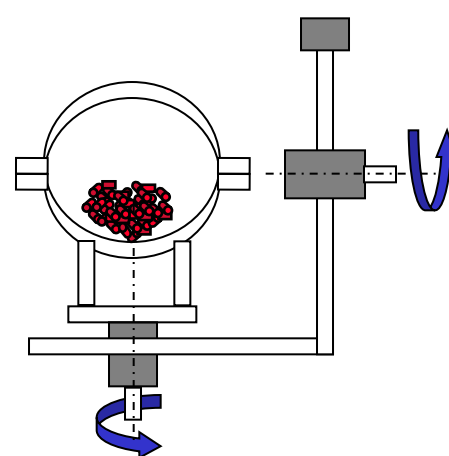
Alimentação do material no molde



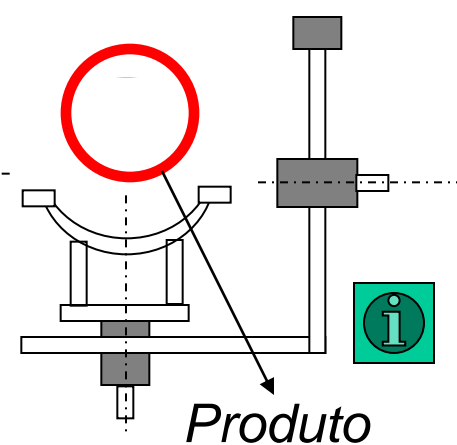
Rotação do molde e aquecimento



Rotação do molde e resfriamento



Retirada da peça do molde



Rotomoldagem

Características	Valores
Peso (kg)	0,1 a 50
Espessura mínima (mm)	2,5 a 6
Complexidade (perfil)	Baixa
Tolerância (mm)	0,4 a 1
Rugosidade superficial (μm)	0,5 a 2
Lote econômico	100 a 10 mil

← *Materiais típicos: termoplásticos em geral*