

# Laboratório de Manufatura

## Ensino prático e laboratorial

Design de Produto e Tecnologia  
Licenciatura em Engenharia Aeroespacial  
Liliana Pires  
Ricardo Torcato

Tecnologias de transformação de polímeros.  
Processo de moldação por injeção.

Agradecimento:  
Prof Martinho Oliveira - Sebenta de Materiais e Tecnologias



## Métodos de processamento de polímeros

**em regime contínuo**  
(extrusão, calandragem)



Extrusão

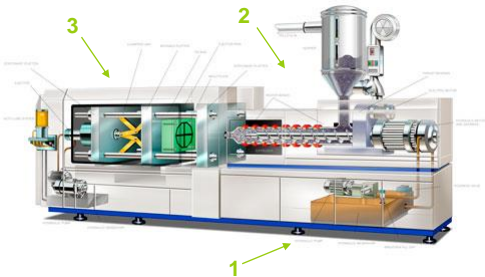
**em regime descontínuo**  
(injeção, moldação sopro,  
termoformação, transferência)



Moldação por  
injeção

Moldação por injeção

É um dos processos mais usados na conformação de termoplásticos para produção de peças com elevada qualidade e com tempos de ciclo reduzidos.



Os principais elementos componentes das máquinas de injeção são:

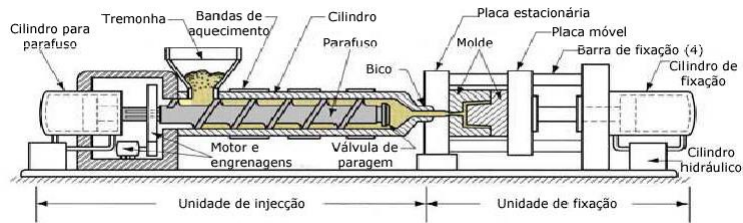
- 1. Unidade de potência
- 2. Unidade de plasticização ou de injeção
- 3. Unidade de fecho/fixação
- 4. Unidade de comando

Moldação por injeção



- ① Unidade de potência
- ② Unidade de plasticização
- ③ Unidade de fecho/fixação
- ④ Unidade de comando

Moldação por injeção



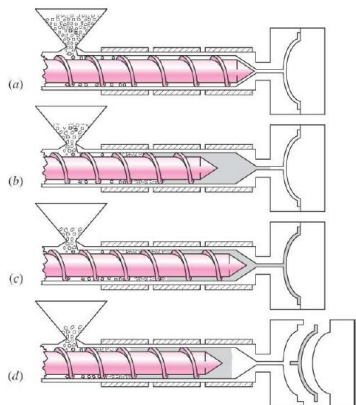
- 1. **Unidade de potência** (fornece energia adequada aos diversos atuadores da máquina, sistema de pressão hidráulica, bomba acionada por motor elétrico)
- 2. **Unidade de plasticização ou de injeção** (promove o transporte, aquecimento, plasticização e homogeneização do material desde a base da tremonha até ao bico de injeção)
- 3. **Unidade de fecho/fixação** (unidade de fecho responsável pela abertura e fecho do molde)
- 4. **Unidade de comando** (Permite a monitorização e controlo das diversas variáveis do processo)

LM

EA | Liliana Pires | 5

Resumo do processo de moldação por injeção :

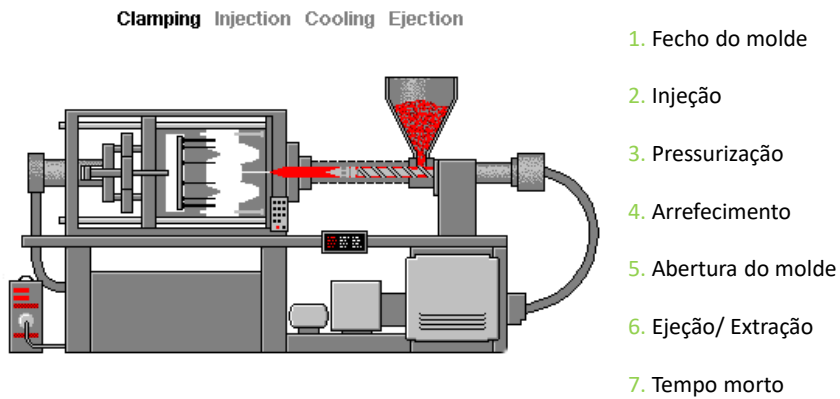
- 1º: A MP (grânulos) é introduzida através da **tremonha** num **cilindro de injeção**. Um **parafuso em rotação (fuso)**, permite o amolecimento (plasticização) contra as paredes aquecidas do cilindro.
- 2º: Quando o parafuso obtém uma quantidade suficiente de plástico fundido, o parafuso pára, e com um movimento do tipo "empurrão" **introduz o plástico fundido**, através de um **sistema de gitagem**, nas **cavidades do molde** fechado, relativamente frio.
- 3º: O parafuso mantém a pressão aplicada ao material, durante um curto intervalo de tempo, permitindo que este **solidifique e adquira a forma final**, sendo depois recolhido.
- 4º: O **molde é arrefecido com água**, de modo a baixar rapidamente a temperatura da peça de plástico.
- 5º: Finalmente o **molde é aberto e a peça extraída** por meio de ar ou pela ação de um sistema de extração.



LM

EA | Liliana Pires | 6

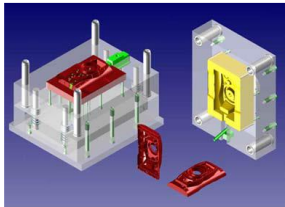
Moldação por injeção – ciclo de injeção



LM

EA | Liliana Pires | 7

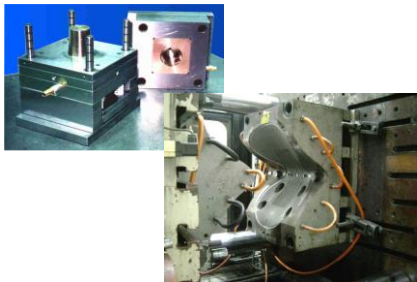
Moldação por injeção



Moldes - material: Aço, liga de cobre berílio, Alumínio

É necessário a existência de um **molde**, que define a geometria do produto final.

**Molde** - Ferramenta com duas partes mantidas fechadas (macho e cavidade) durante os períodos de injeção e arrefecimento, abrindo posteriormente para fazer a extração da moldação

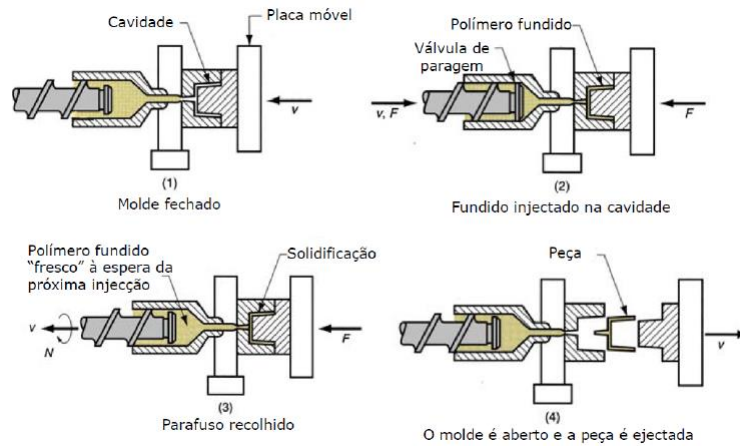


Máquina de injeção industrial

LM

EA | Liliana Pires | 8

## Moldação por injeção



**Vantagens:** produção de peças complexas em grandes qualidades com elevadas velocidades de produção

**Desvantagens:** elevado custo do equipamento - necessário produzir um elevado número de peças

LM

EA | Liliana Pires | 9

## Moldação por injeção: aspetos importantes

Controlo das seguintes variáveis do processo de injeção:

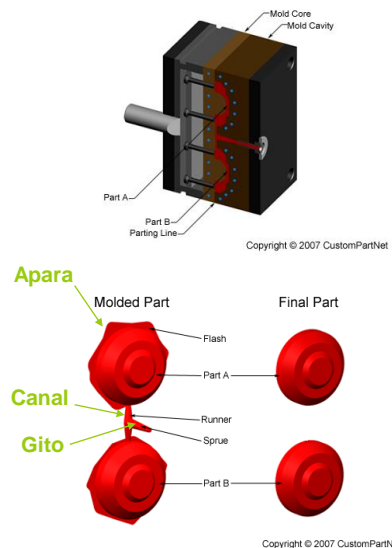
- Pressão de injeção
- Temperatura do cilindro
- Molde (aquecimento, arrefecimento, força de fecho, abertura do molde...)
- Tempo de ciclo
- Material (peso molecular, índice de fluidez (MFI), viscosidade)
- Peça (tipo de escoamento no ataque ou no gito, geometria da peça)

### Materiais

**Termoplásticos:** PS; ABS; PE; PP; PC; PMMA; PA

**Termoendurecíveis:** Resinas poliéster insaturadas; Resinas fenol-formaldeído

**Elastómeros:** Nitrilo; SBR; Poli-isopreno

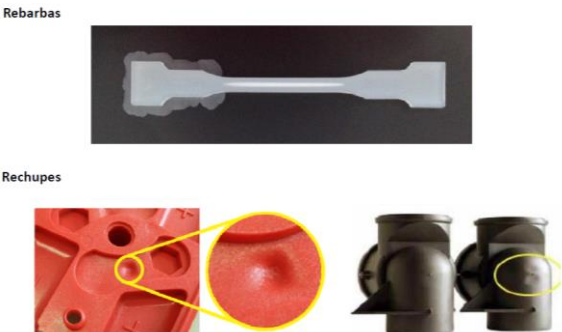


LM

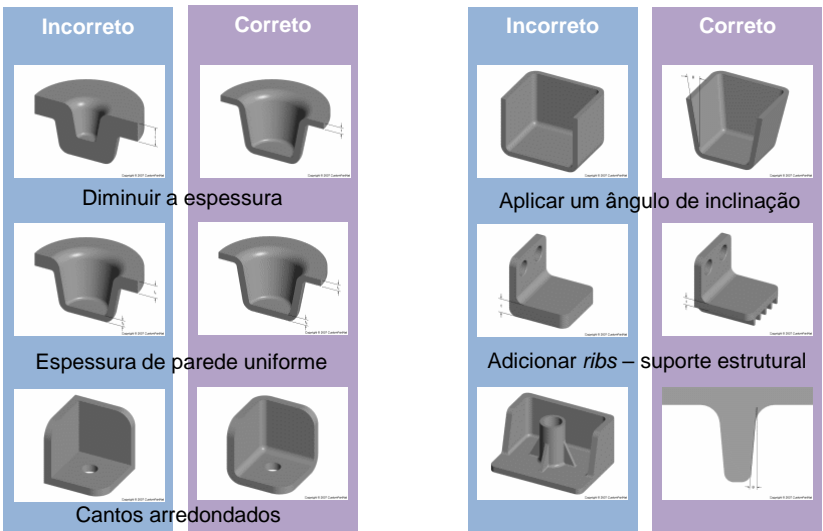
EA | Liliana Pires | 10

Moldação por injeção: principais parâmetros (pressurização)

- **Pressão de injeção** - pressão à qual o material é injetado para dentro do molde
- **2ª pressão ou pressão de compactação** - pressão aplicada até o gito solidificar e tem como funções: manter o material dentro do molde, minimizar os vazios e rechupes e garantir a estabilidade dimensional do material injetado
- **Contrapressão** - pressão aplicada no arrefecimento durante a dosagem do material e tem como função melhorar a homogeneização do material fundido (eliminação de bolhas de ar)



Moldação por injeção: aspetos importantes



## Aplicações



LM

EA | Liliana Pires | 13

## Injeção – vídeos

Vários processos de conformação de materiais plásticos  
<https://www.bpf.co.uk/plastipedia/processes/Default.aspx>

Injeção da LEGO  
<https://www.youtube.com/watch?v=y1Zhpdx-XtA>

Injeção da Tupperware  
<https://www.youtube.com/watch?v=jyiWGdzRMj0>

Injeção da cadeira Pantone e cadeira exterior  
<https://www.youtube.com/watch?v=xim1m2Bhvzc>  
[https://www.youtube.com/shorts/59ry\\_5sdwnU](https://www.youtube.com/shorts/59ry_5sdwnU)

Injeção de grades  
<https://www.youtube.com/watch?v=YQRT-Kliv3g>

Injeção - ENGEL  
<https://www.engelglobal.com/en/uk.html>

LM

EA | Liliana Pires | 14

Moldação por sopro via injeção

Os processos de moldação por sopro podem ser separados em 2 tipos:

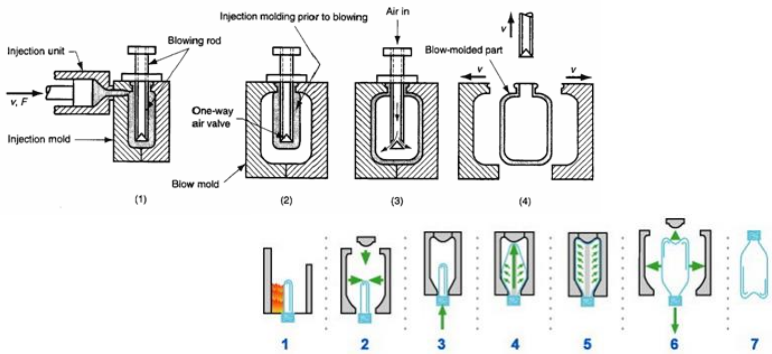
- moldação por sopro via extrusão.
- moldação por sopro via injeção



A principal **diferença** entre os processos de moldação por sopro via injeção e o processo via extrusão está relacionada com a **maneira de se produzir a pré-forma**.

Muito usado para conformação de PET.

Moldação por sopro via injeção



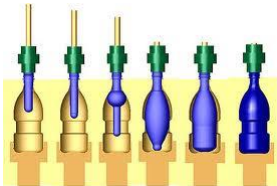
Resumo do processo:

1. O **pré-forma** é produzida através da **injeção** do material na **cavidade do molde em torno de um pino – pré-forma**
2. A pré-forma é transferida para um **segundo molde**. Fecho do molde e aquecimento.
3. Introdução de **ar comprimido** para **expandir a peça oca até a forma final**.
4. **Arrefecimento** e **extração** da peça soprada.



Moldação por sopro via injeção

Materiais:  
PET, HDPE, PC; PP; PS;



Aplicações:



LM

EA | Liliana Pires | 17

Moldação por sopro via injeção e via extrusão

	Vantagens	Desvantagens
Moldação por sopro via injeção	<p>Produtos sem rebarba, bom brilho e resistência (física e mecânica).</p> <p>Bom controlo de espessura do gargalo e da parede.</p> <p>Mais fácil de produzir objectos não-simétricos.</p> <p>Não há necessidade de acabamento.</p> <p>Adequado para pequenos recipientes. (muito usado para produção de vasilhame para indústria farmacêutica e cosmética)</p>	<p>Processo lento.</p> <p>Mais restrito no que concerne à escolha das matérias-primas.</p>
Moldação por sopro via extrusão	<p>Deforma lentamente.</p> <p>Altas velocidades de produção (ciclo mais curto).</p> <p>Maior versatilidade com respeito à produção.</p> <p>Adequado para recipientes de maior dimensão</p>	<p>Mais difícil de controlar a espessura da parede.</p> <p>Necessária a operação de corte (existência de rebarbas).</p>

LM

EA | Liliana Pires | 18

## Injeção – vídeos

Moldação por sopro via injeção

[https://www.youtube.com/watch?v=pN-MWbcE\\_vM](https://www.youtube.com/watch?v=pN-MWbcE_vM)

Moldação por sopro via injeção – garrafa desportiva de água, garrafa de coca-cola, garrafas

<https://www.youtube.com/watch?v=kNaTNINd13Y>

<https://www.youtube.com/watch?v=gKGkDRGdmM>

<https://www.youtube.com/watch?v=NE4c1gwzPb4>

[https://www.youtube.com/watch?v=eDoVB4u\\_syo](https://www.youtube.com/watch?v=eDoVB4u_syo)

Moldação por sopro via injeção – diversos recipientes, frasco cosmética

<https://www.youtube.com/watch?v=YBG81lBlc-o>

<https://www.youtube.com/watch?v=hjorqmWpvho>

Moldação por sopro via extrusão e via injeção – frasco para medicamentos

[https://www.youtube.com/watch?v=JiQq\\_61XR0M](https://www.youtube.com/watch?v=JiQq_61XR0M)

---

LM

EA | Liliana Pires | 19

## Injeção multi-material (co-injeção)

Moldação de **2 materiais (bi-material)** - injetados num mesmo ponto do molde. A moldação tem uma estrutura tipo sandwich, resultante do escoamento de um material no interior do outro.

Os 2 materiais têm de ser compatíveis (evitar delaminação na interface).

**Objetivos** do processo:

**a) Funcional**, quando se pretende encapsular um material com propriedades específicas.

**b) Reciclagem**, através da introdução de material reciclado na camada interior.

É um processo que requer moldes muito especializados. Existem vários tipos de moldação multi-material. Os mais importantes são:

- **SANDWICH**
- **MONOSANDWICH**
- **MULTICOMPONENTES**

---

LM

EA | Liliana Pires | 20

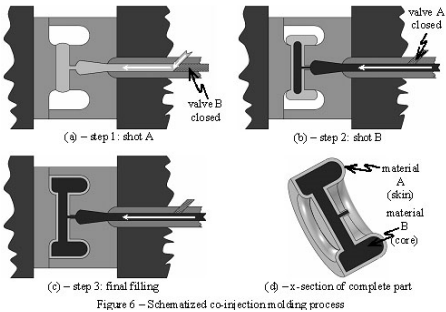
Injeção multi-material (co-injeção) - sandwich

Utiliza duas unidades de injeção e um dispositivo para fazer a comutação entre os dois fluxos.

Processo sequencial no qual dois materiais, da **pele (exterior)** e do **interior** são injetados sequencialmente num molde através de bicos especiais

Etapas:

- 1º material é injetado - uma pele contínua e o fundido remanescente forma o núcleo da peça.
- 2º material injetado procura o centro quente, e na sua maioria fundido, da peça onde está colocado o 1º material, que oferece uma menor resistência.
- Para terminar pode injetar-se outra vez o material da pele.

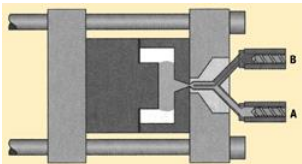


LM

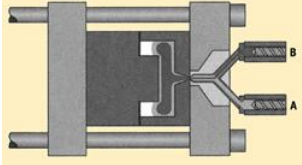
EA | Liliana Pires | 21

Injeção multi-material (co-injeção) - sandwich

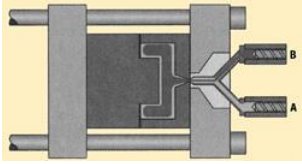
Injeção do 1ª material - pele



Injeção do 2ª material - interior



Opcional - Injeção do pele novamente



LM

EA | Liliana Pires | 22

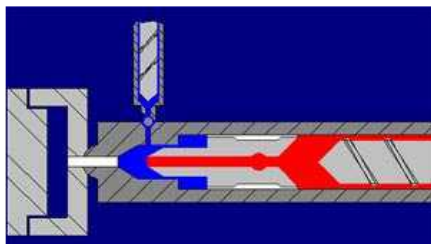
## Injeção multi-material (co-injeção) - monosandwich

Uma unidade de injeção para o material da camada interior

+

Uma extrusora que bombeia o material da camada exterior para a frente do primeiro material.

**A injeção dos dois materiais é efetuada em simultâneo.** Este processo tem a vantagem de não ter a comutação entre os dois fluxos durante o processo de injeção.



LM

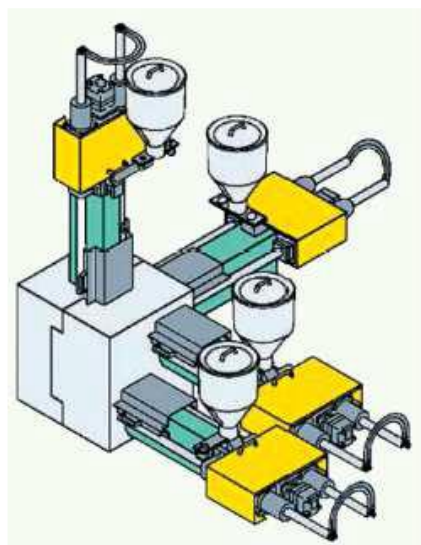
EA | Liliana Pires | 23

## Injeção multi-material (co-injeção) - multicomponentes

Fabrico de um produto com multicamadas.

Consiste em injetar/re-injetar alternadamente dois ou mais polímeros diferentes no molde.

O material fundido do núcleo vai sendo deslocado com a injeção do fundido "fresco".



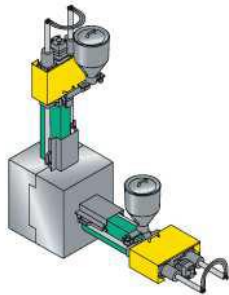
LM

EA | Liliana Pires | 24

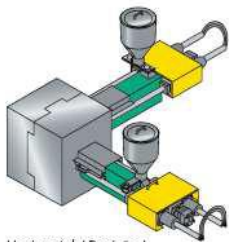
Injeção multi-material (bi-injeção)

Trata-se de um processo de injeção **simultânea de dois materiais em sítios diferentes** de um mesmo molde.

À medida que os materiais fluem no molde, vão se juntando ao longo de uma interface comum, sobrepondo-se.



Horizontal / Vertical

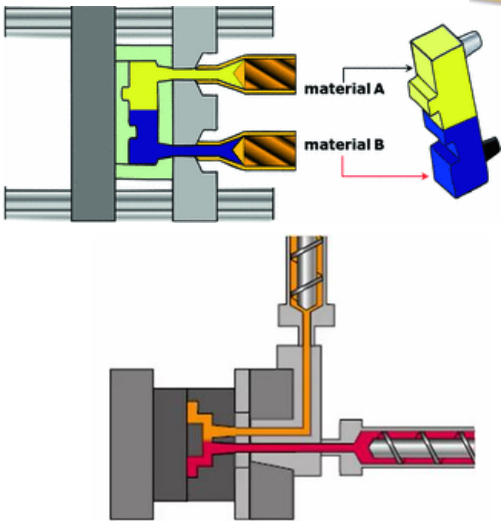


Horizontal / Posição L

LM

EA | Liliana Pires | 25

Injeção multi-material (bi-injeção)



LM

EA | Liliana Pires | 26

Injeção multi-material (bi-injeção)

Compatibilidade entre materiais:

Materials	ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA 66	PC	PE-HD	PE-LD	PMMA	POM	PP	PPO	PS-GP	PS-HI	PTMT	TPU	PVC-W	SAN	PSU
ABS	+	+	+				+	○	○	+		○	○	○	○	+			+	
ASA	+	+	+									○	+	+	-				+	
CA	+	+	○																	
EVA		+	○	+			+	+				+	+					-		
PA 6					+	+	○	○	○			○		○						
PA 66					+	+	○	○	○			○		○		+				
PC	+					○	+						○	-					+	+
PE-HD	○			+	○	○	+	+	○	○	-		○	+	+			-	○	
PE-LD	○			+	○	○	+	+	○	○	+		○	○				-	○	
PMMA	+						○	○	+	○	○	○	○	-				+	+	
POM							○	○	+	○										
PP	○	○		+	○	○	-	+	○	○	+	○	○	○	○			-	○	
PPO												○	+	+	+				○	
PS-GP	○			+			○	○	○	○	○	+	+	+	+			○	○	
PS-HI	○	-			○	○	-			-	○	+	+	+	+			○	○	
PTMT	+															+			+	
TPU					+		-	-			-						+	+	+	
PVC-W	-			-			○	+		○	○	○	○	○				+	+	+
SAN	+	+					+			+		○	○	○	+			+	+	+
PSU							+													+

+

Boa adesão

○

Má adesão

-

Não existe adesão

LM

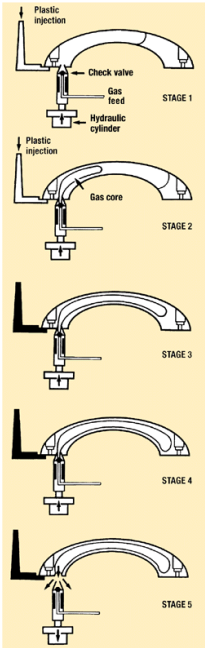
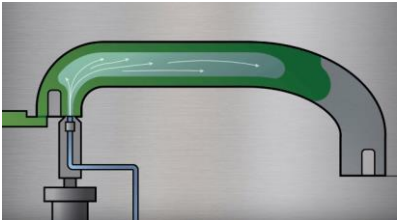
EA | Liliana Pires | 27

Injeção assistida com gás

Processo de injeção relativamente recente (década de 80).  
O molde é parcialmente preenchido com o fundido termoplástico. Com a ajuda de um gás (N<sub>2</sub>), a massa de fundido é pressionada contra as paredes do molde.

Etapas:

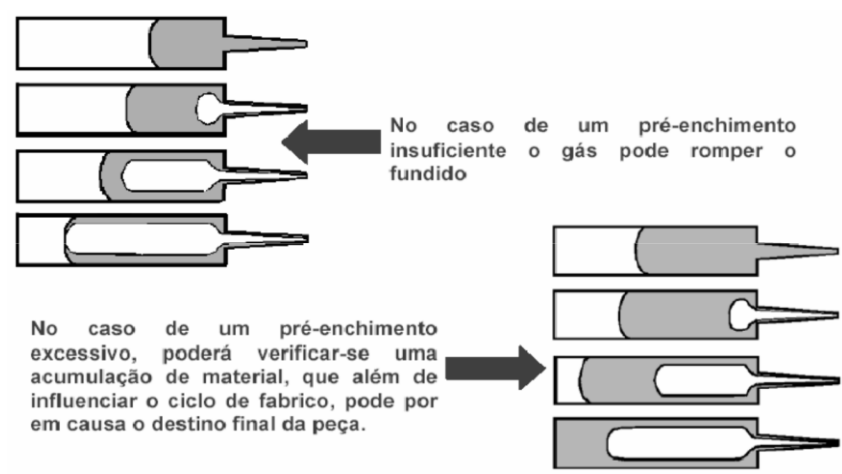
- a) Fecho do molde
- b) Injeção do plástico
- c) Injeção de gás através do plástico fundido**
- d) Manutenção da pressão de gás durante a solidificação do plástico**
- e) Redução da pressão de gás**
- f) Abertura do molde



LM

EA | Liliana Pires | 28

Injeção assistida com gás



LM

EA | Liliana Pires | 29

Injeção assistida com gás

A **injeção assistida a gás vs tecnologia de sopro**: Embora ambas as tecnologias originem vazios nos produtos, a injeção a gás origina produtos com cavidades menores e com espessuras muito maiores que aquelas existentes nos produtos obtidos por sopro.



LM

EA | Liliana Pires | 30

## Injeção assistida com gás

### Materiais mais frequentes:

ABS, ABS/PC, POM, HIPS, PA, PBT, PC, PEI, HDPE, PET, PP, PS, PVC

### Vantagens deste processo

- Economia de material
- Redução do nível de tensões internas
- Excelente acabamento superficial
- Menor quantidade de matéria-prima (plástico)
- Maior liberdade de design

### Principais Desvantagens:

- Custo de investimento em equipamento específico
- Custo operativo do consumo de gás
- Maior complexidade do processo

LM

EA | Liliana Pires | 31

## Variantes de Injeção – vídeos

### Injeção multi-material (co-injeção) - sandwich

<https://www.youtube.com/watch?v=SPdQXtdcWcg>

<https://www.youtube.com/watch?v=w9yH-0cx-f4>

<https://www.youtube.com/watch?v=iK-yMxyP3HQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=iK-yMxyP3HQ>

### Injeção multi-material (co-injeção) – monosandwich

<https://www.youtube.com/watch?v=DzNqKorCTZw>

### Injeção multi-material (co-injeção) – multicomponentes

<https://www.youtube.com/watch?v=qoP057yLcZY>

### Injeção multi-material (bi-injeção) – tampa de caixa, escorredor, escova de dentes

<https://www.youtube.com/watch?v=za10iRAWdw>

[https://www.youtube.com/watch?v=cV\\_nVJZpam8](https://www.youtube.com/watch?v=cV_nVJZpam8)

<https://www.youtube.com/watch?v=tr8eUKbT5Fw>

### Injeção assistida com gás

[https://www.youtube.com/watch?v=b\\_RPEWjsEmc](https://www.youtube.com/watch?v=b_RPEWjsEmc)

LM

EA | Liliana Pires | 32