



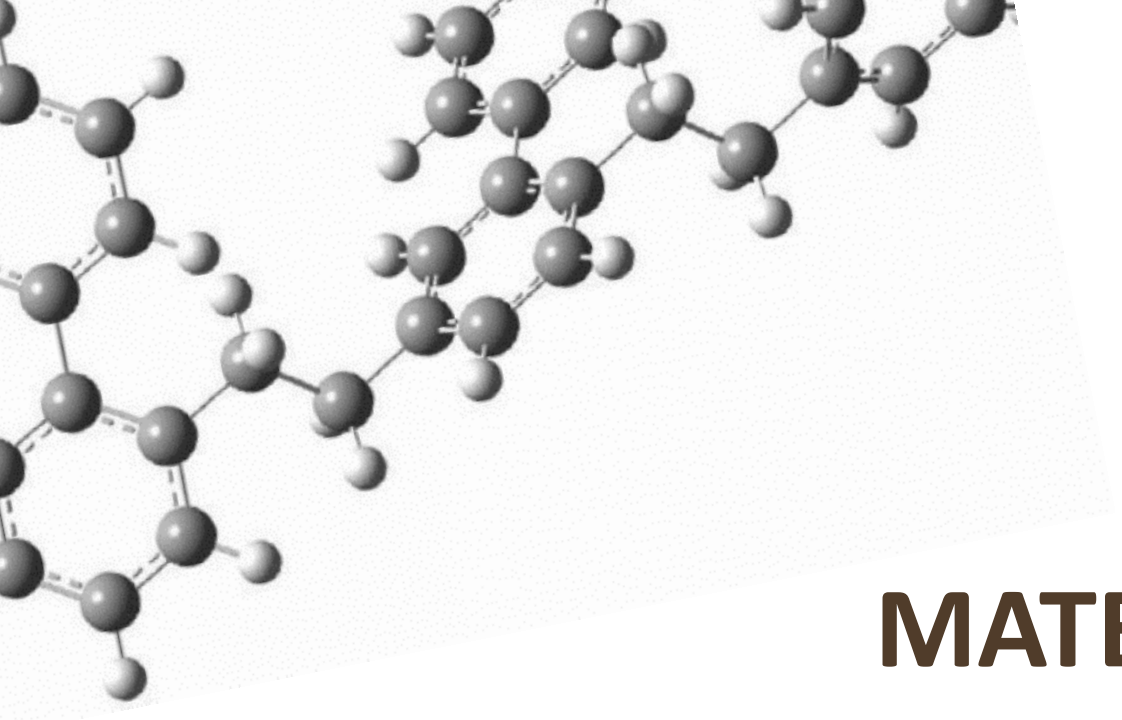
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DA ARQUITETURA  
CURSO DE DESIGN

# **Polímeros Termoplásticos: Principais tipos, características, aplicações e processos de transformação.**

Profa. Dra. Cyntia Santos Malaguti de Sousa

Prof. Dr. Tomás Queiroz Ferreira Barata

Estagiário docente: Fernando de Oliveira Linhares (doutorando)



# MATERIAIS POLIMÉRICOS

## Classificação dos materiais poliméricos

Tipos e aplicações dos polímeros

Processos de produção de polímeros

# SÍNTESE DA CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS POLIMÉRICOS

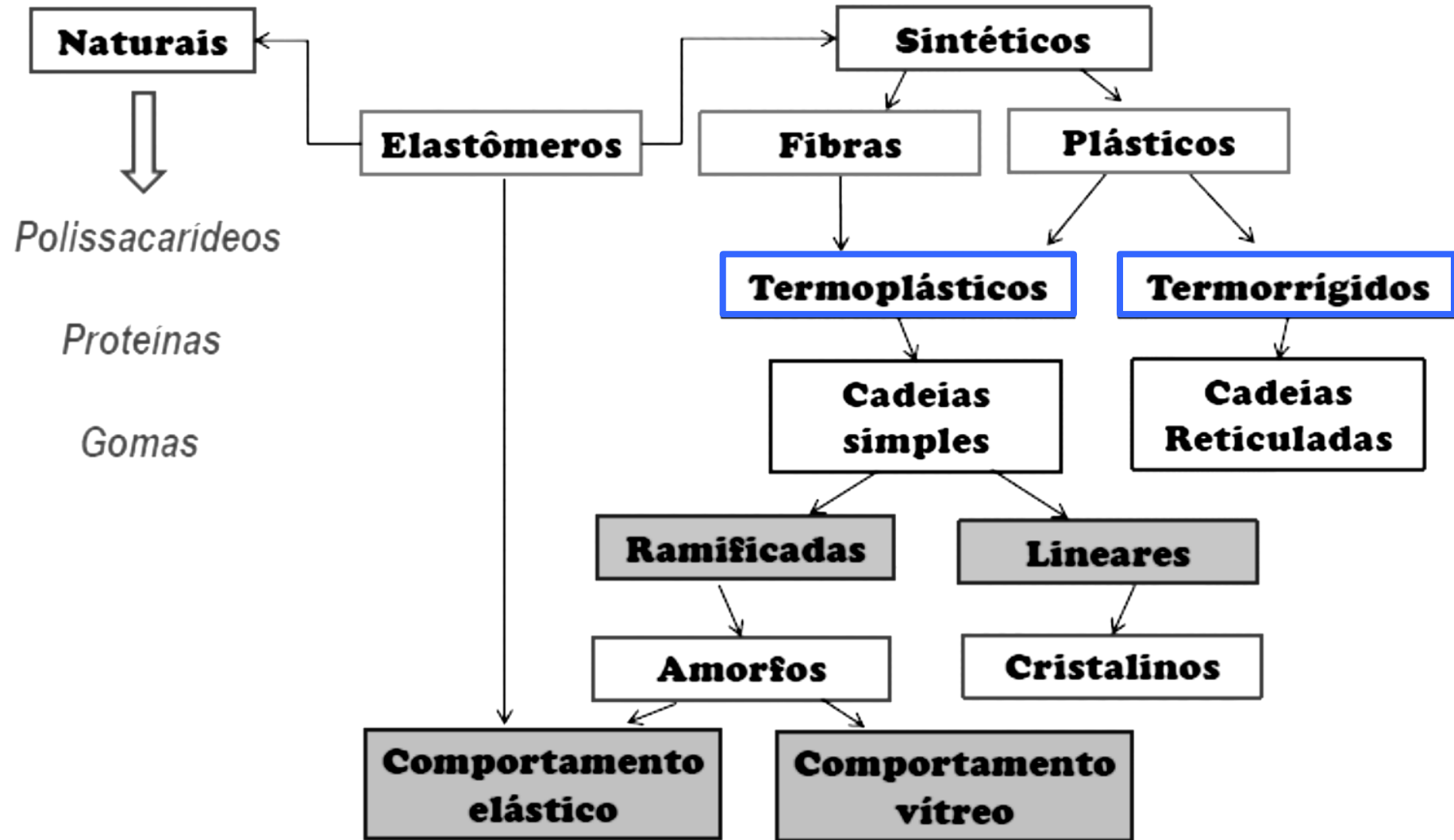


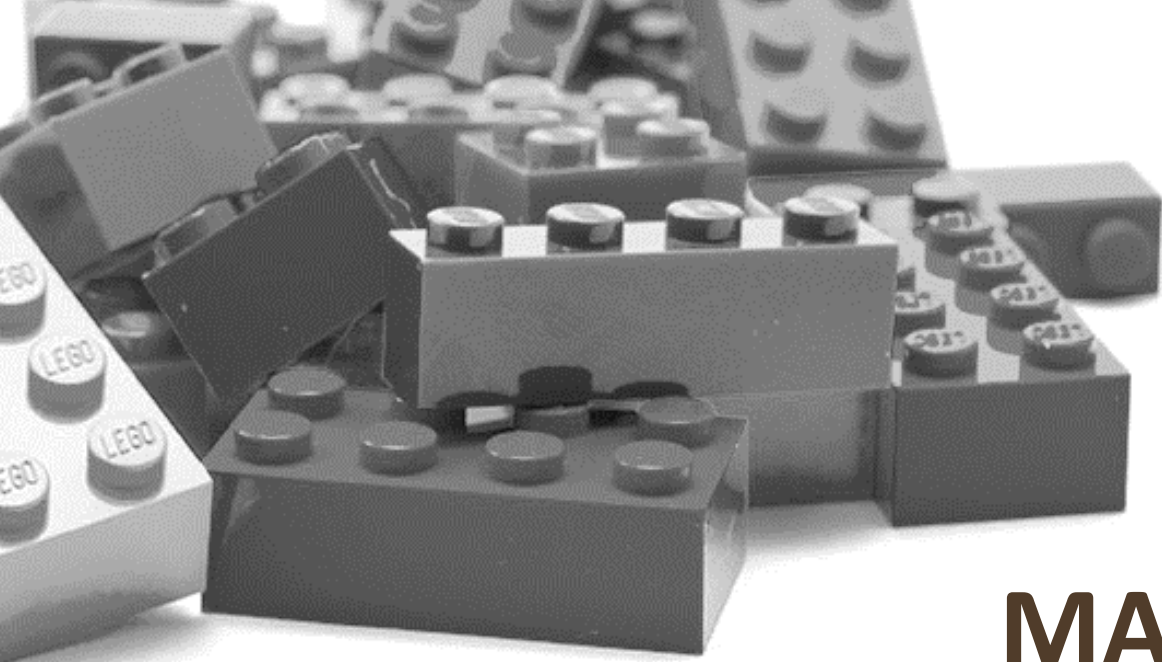
Figura 5 – Mapeamento dos tipos de materiais poliméricos

Fonte: Instituto de Macromoléculas IMA UFRJ



# CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS POLIMÉRICOS

1. Quanto à origem / ocorrência (naturais, naturais modificados e sintéticos)
2. Quanto ao tipo de estrutura química (Homopolímero e copolímero)
3. Quanto à forma da cadeia polimérica (Lineares, ramificadas, reticuladas)
4. Quanto à organização da cadeia polimérica (Amorfos e cristalinos)
5. Quanto ao comportamento térmico (Termoplásticos e termo rígidos)



# MATERIAIS POLIMÉRICOS

Terminologia

Classificação dos materiais poliméricos

**Termoplásticos**

Processos de produção dos polímeros

## Definições

Os termoplásticos caracterizam-se por, ao completar-se a polimerização, possuírem moléculas constituídas de cadeias predominantemente lineares, eventualmente apresentando ramificações.

Os **Termoplásticos** se caracterizam pelo “amolecimento” quando submetidos a ação do calor. Esta propriedade indica que são matérias recicláveis (Lima,2013)





## PRINCIPAIS TIPOS E NÍVEIS DE RECICLAGEM DOS TERMOPLÁSTICOS

- 1 - PET – Polietileno Tereftalato (Muito Reciclável)
- 2 - PEAD – Polietileno Alta Densidade (Muito Reciclável)
- 3 - PVC – Policloreto de Vinila (Menos Reciclável)
- 4 - PEBD – Polietileno Baixa Densidade (Reciclável)
- 5 - PP – Polipropileno (Reciclável)
- 6 - PS – Poliestireno (Não Reciclável)

# 1. PET - Polietileno Tereftalato

**Características:** Cristalinidade até 40 %, tem custo médio.

**Formação:** reação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol.

**Densidade:** 1,33 à 1,45 g/cm<sup>3</sup>

**Principais propriedades:** Termoplástico de baixo custo, elevada resistência mecânica, térmica e química, baixo coeficiente de atrito, macio e flexível, fácil processamento.

**Aplicações:** Embalagens para bebidas, refrigerantes, água mineral, alimentos, produtos de limpeza, condimentos;

**Reciclado:** presta-se a inúmeras finalidades: tecidos, fios, sacarias, vassouras.



Embalagens de água mineral



Garrafas plásticas em linha de produção em fábrica nos Estados Unidos (Foto: George Frey/Getty Images)



# 1. PET - Polietileno Tereftalato

A malha PET é um tipo de tecido produzido a partir da reciclagem de garrafas PET com outros materiais, como o algodão.

CAMISETAS 100% ECOLÓGICA



VISTA ESSA IDEIA!



Roupas esportivas com embalagens PET

## 2. PEAD – Polietileno de Alta Densidade (Muito Reciclável)

**Características:** Alta cristalinidade (em torno de 95%), atóxico, fácil pigmentação e processamento, tem baixo custo, pintura/impressão e colagem difíceis.

**Densidade:** 0,94 à 0,97 g/cm<sup>3</sup>

**Principais propriedades:** Termoplástico com elevada resistência a pressão e isolante, baixo coeficiente de atrito, macio e flexível, fácil processamento, pouca resistência a tração.

**Aplicações:** Utensílios domésticos, brinquedos, caixas d'água, embalagens para produtos químicos e alimentos, tubos.



Embalagens plásticas



Cadeira  
Gruver  
Polipropileno  
Cinza

## 2. PEAD – Polietileno de Alta Densidade (Muito Reciclável)



Tubos e conexões



Caixas d'água



Caixa DZ48

### 3. PVC – Policloreto de Vinila (Menos Reciclável)

**Características:** Baixa cristalinidade (de 5% a 15%), elevada resistência a chama, fácil pigmentação e pintura, tem baixo custo.

**Densidade:** 1,34 a 1,39 g/cm<sup>3</sup>

**Monômero:** Cloreto de Vinila

**Aplicações:** Perfilados, tubos e conexões para construção civil, flexíveis ou rígidos, conexões, filmes, laminados, revestimento de fios e cabos elétricos, poltronas e estofamentos de automóveis, partes automotivas, pisos, cortinas de banheiro, bolsas e roupas de couro artificial, adesivos e tintas.



Tubos rígidos e conexões  
Fonte: Tigre

### 3. PVC – Policloreto de Vinila (Menos Reciclável)



Bota de PVC  
Fonte: Pampeana Itablotas



Bolsa Satchel  
Fonte: Renner



Esquadrias de PVC I  
Fonte: Confiare PVC

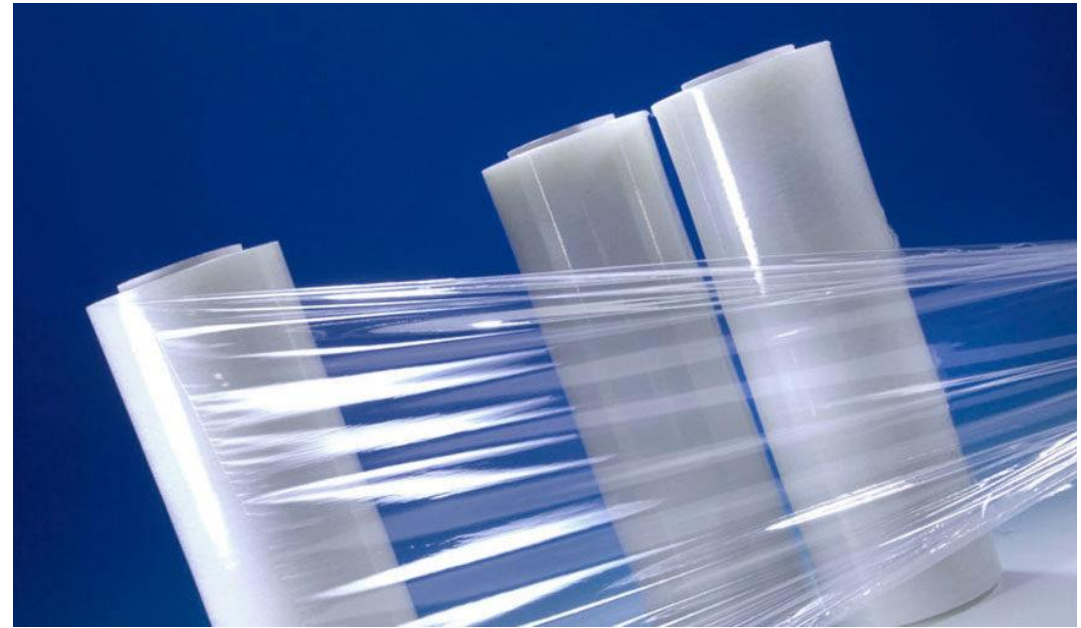
## 4. PEBD – Polietileno Baixa Densidade (Reciclável)

**Características:** Material semicristalino (em torno de 60%), atóxico, de fácil pigmentação e processamento, baixo custo, pintura/impressão e colagem difíceis.

**Densidade:** 0,92 a 0,94 g/cm<sup>3</sup>

**Principais propriedades:** Termoplástico de boa flexibilidade, elevada resistência ao impacto e aos ataques químicos, baixo coeficiente de atrito, macio, fácil processamento. O PEBD apresenta pouca resistência à tração e aos raios ultravioletas.

**Aplicações** - filmes e laminados, recipientes para uso doméstico, embalagens de produtos alimentícios, brinquedos e isolamento de fios elétricos.



## 4. PEBD – Polietileno Baixa Densidade (Reciclável)



Revestimento de fios elétricos



Squeezer de água



Embalagens plásticas

## 5. PP – Polipropileno (Reciclável)

**Características:** Material semicristalino (em torno de 60% a 70%), atóxico, fácil pigmentação e processamento, baixo custo, permite obtenção de pintura com brilho, impressão e colagem difíceis.

**Densidade:** 0,90 g/cm<sup>3</sup>

**Monômero:** Propileno (propeno)

**Principais propriedades :** fácil moldagem, elevada resistência térmica (em torno de 80<sup>o</sup> C, ótima facilidade de coloração, excepcional resistência a ruptura por fadiga, boa resistência ao impacto.

**Aplicações :** Recipientes, embalagens para produtos farmacêuticos, médicos, cosméticos e alimentícios, brinquedos, carcaças de eletrodomésticos, mobiliários, carpetes, partes de ferramentas, material hospitalar esterilizável, peças automotivas, utensílios domésticos.



Brinquedos  
Fonte: Leco Group



Peças automotivas  
Fonte: Jocar Acessórios



## 5. PP – Polipropileno (Reciclável)



Cadeiras Charles Eames com Braço



Poltrona Tramontina Oca



Cadeira Secretária Universitária

## 5. PP – Polipropileno (Reciclável)



### **Eclipse Floor Lamp**

Designer: Maurício Klabin

Materiais: cúpula em polipropileno, pés em aço, junções e discos em polietileno.



## 6. PS – Poliestireno (Não Reciclável)

**Características:** Cristalinidade muito baixa, amorfo, fácil pigmentação, fácil processamento e baixo custo.

**Densidade:** 1,05 a 1,07 g/cm<sup>3</sup>

**Principais propriedades:** transparência, elevada rigidez, estabilidade dimensional, resistência ao calor (amolece aos 90/95°C e funde a 140°C), baixa resistência ao impacto (quebradiço), resistente a água.

**Aplicações :** utensílios domésticos, eletroeletrônicos, refrigeração, embalagens.



Cabides em polietileno - PS



Jarras em Poliestireno – PS

## 6. EPS – Poliestireno expandido (Não Reciclável)

**Características:** semicristalino, geralmente comercializado em formas de blocos expandidos ou placas.

**Densidade:** máxima de  $0,80 \text{ g/cm}^3$

**Principais propriedades:** material rígido e quebradiço, leve, isolante térmico, apresenta-se como uma espuma moldada constituída por um aglomerado de grânulos.

**Aplicações:** Isolante térmico (recipiente para bebidas, refrigeração), embalagens descartáveis para alimentos, boias.



Embalagens alimentícias de Poliestireno - EPS



Placas de Poliestireno expandido – EPS

## 7. EVA – Etileno-vinil acetato (Difícil Reciclável)

**Características:** alta flexibilidade.

**Densidade:** de 0,92 a 0,94 g/cm<sup>3</sup>

**Principais propriedades:** Leve, com grande durabilidade, elevada resistência à quebra sobre tensão, baixo ponto de fusão (em torno de 73<sup>o</sup>C), muito resistente a impactos.

**Aplicações:** Placas expansivas para diversos segmentos (calçados, brinquedos, brindes), filmes em geral e adesivos.



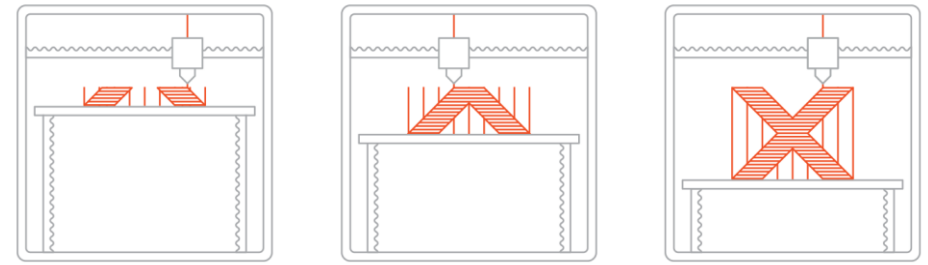
Pisos encaixados



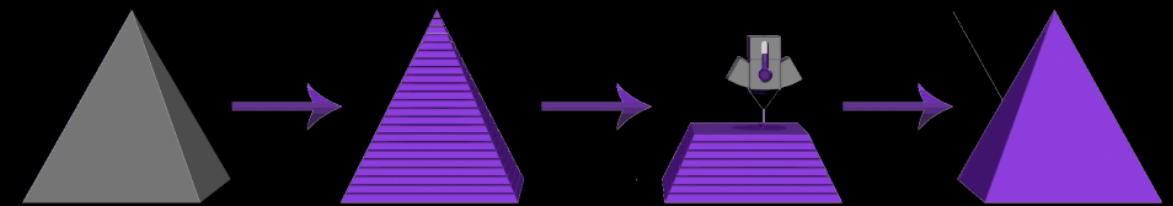
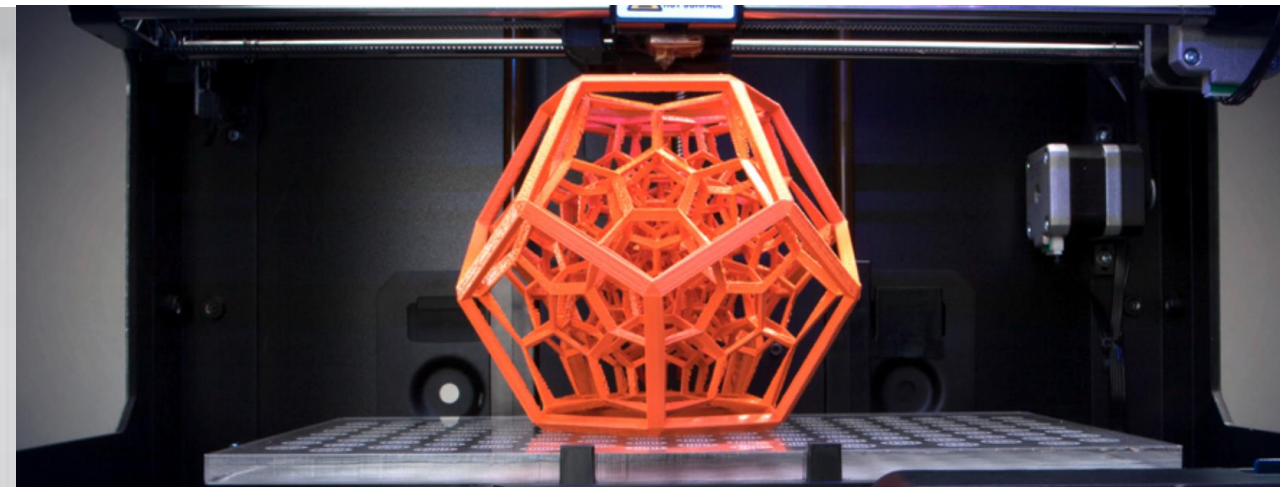
Step

## 8. Filamento para impressão 3D

Os filamentos para impressão 3D são compostos de polímeros termoplásticos (plásticos que atingem um estado pastoso quando aquecidos) e são produzidos na forma de um fio contínuo que é enrolado em um carretel para venda. Esse fio de plástico contínuo alimenta a impressora 3D e depois é derretido e expelido pelo extrusor, vindo a formar o objeto final



Impressão 3D FDM – Modelagem por Depósito de Material Fundido



Etapas da impressão 3D: modelagem virtual 3D, software fatiador e definição de coordenadas, produção na impressora 3D e conclusão do objeto.

## 8. Filamento ABS - Acrilonitrila Butadieno Estireno (Acrylonitrile Butadiene Styrene)

Os ABS são os mais antigos utilizados pela indústria para essas impressões 3D. Por ser derivado do petróleo emite um cheiro mais forte e é recomendado ser impresso em local ventilado.

Para imprimir filamento ABS, é necessário estar atento ao processo de warp (empenamento), quando o material encolhe e descola algumas camadas. Os itens impressos em ABS possuem alta resistência, durabilidade e são indicados para a construção de peças que tendem a sofrer impactos mecânicos.

Temperatura da mesa: Aquecida entre 95°C e 120°C.  
Temperatura do extrusor: Aquecido entre 225°C e 240°C.



<https://materialdistrict.com/material/>

### PRÓS

⊕ Rígido

⊕ Reciclável

⊕ Resistente aos impactos

⊕ Resistente a temperaturas de até 80°C

### CONTRAS

⊗ Difícil de imprimir

⊗ Resistência a baixas temperaturas

## 8. PLA – Ácido Poliático (Polylactic Acid)

O PLA é um material mais eco-friendly que o ABS, por ser biodegradável e de origens vegetais, de origem renovável. Não necessita de uma mesa aquecida para impressão e tão menos de altas temperaturas para a extrusão. Dessa forma, tem uma tendência menor a entupir a extrusora ou sofrer um empenamento, o que é propício para impressão de grandes peças.

O PLA é que não emite cheiro forte ou gases nocivos. Por possuir um tempo maior de resfriamento, as impressoras otimizadas para trabalhar com esse insumo possuem uma ventoinha direcional, para rapidamente resfriar o material e permitir a impressão da próxima camada. O PLA permite que as impressões tenham cores translúcidas, detalhadas com maior fidelidade, e também mais brilhantes e suaves do que as feitas com ABS.



PRÓS	CONTRAS
⊕ Biodegradável	⊗ Baixa resistência aos impactos
⊕ Mais fácil de imprimir	⊗ Resistência a baixas temperaturas
⊕ Deformação baixa	⊗ Pós-processamento difícil



## 8. Outros tipos de filamento

**PETG** - Os filamentos de copoliéster são capazes de suportar altos esforços de tração e apresentam uma alta durabilidade e resistência química, além de excelente adesão entre camadas.



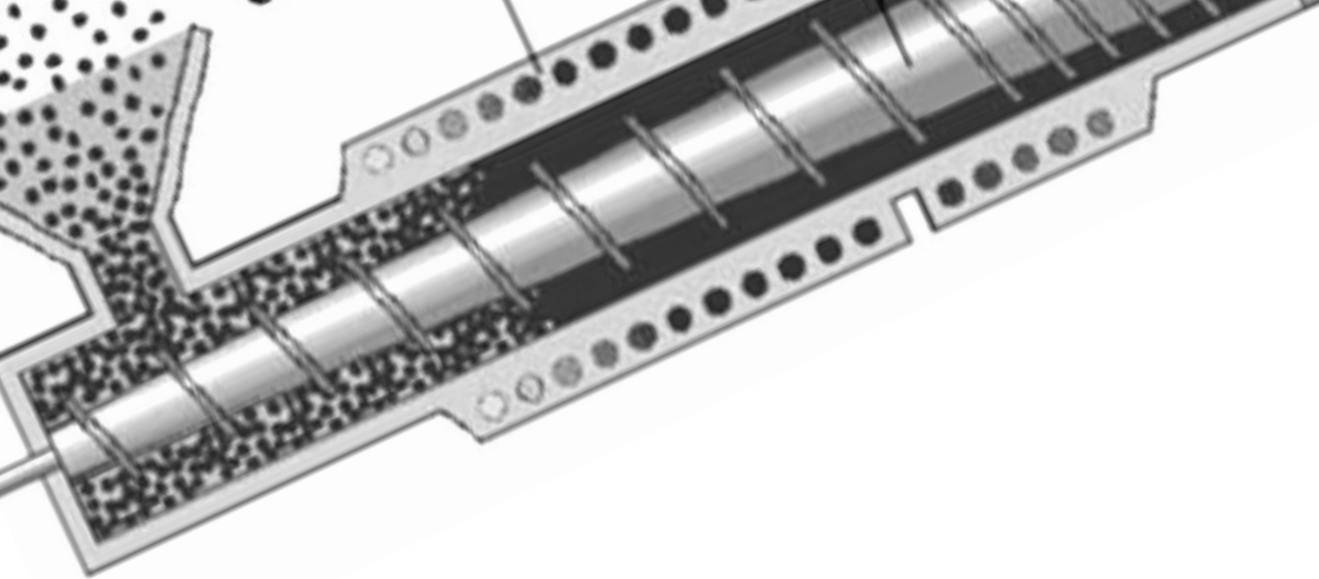
**ASA** - O filamento ASA (Acrilonitrilo Estireno Acrilato) é um termoplástico que combina a robustez mecânica, a resistência aos raios UV, a resistência à água e um grande acabamento.



**PP** (Polipropileno) O polipropileno (PP) oferece flexibilidade, excelente resistência à flexão e química e baixa densidade. Ideal para um grande número de aplicações industriais e para reduzir o peso em peças e componentes.



Batizado de "XXX", o protótipo é uma invenção do estúdio The New Raw,



# MATERIAIS POLIMÉRICOS

Terminologia

Classificação dos materiais poliméricos

**Processos de produção dos polímeros**

Aplicação dos polímeros

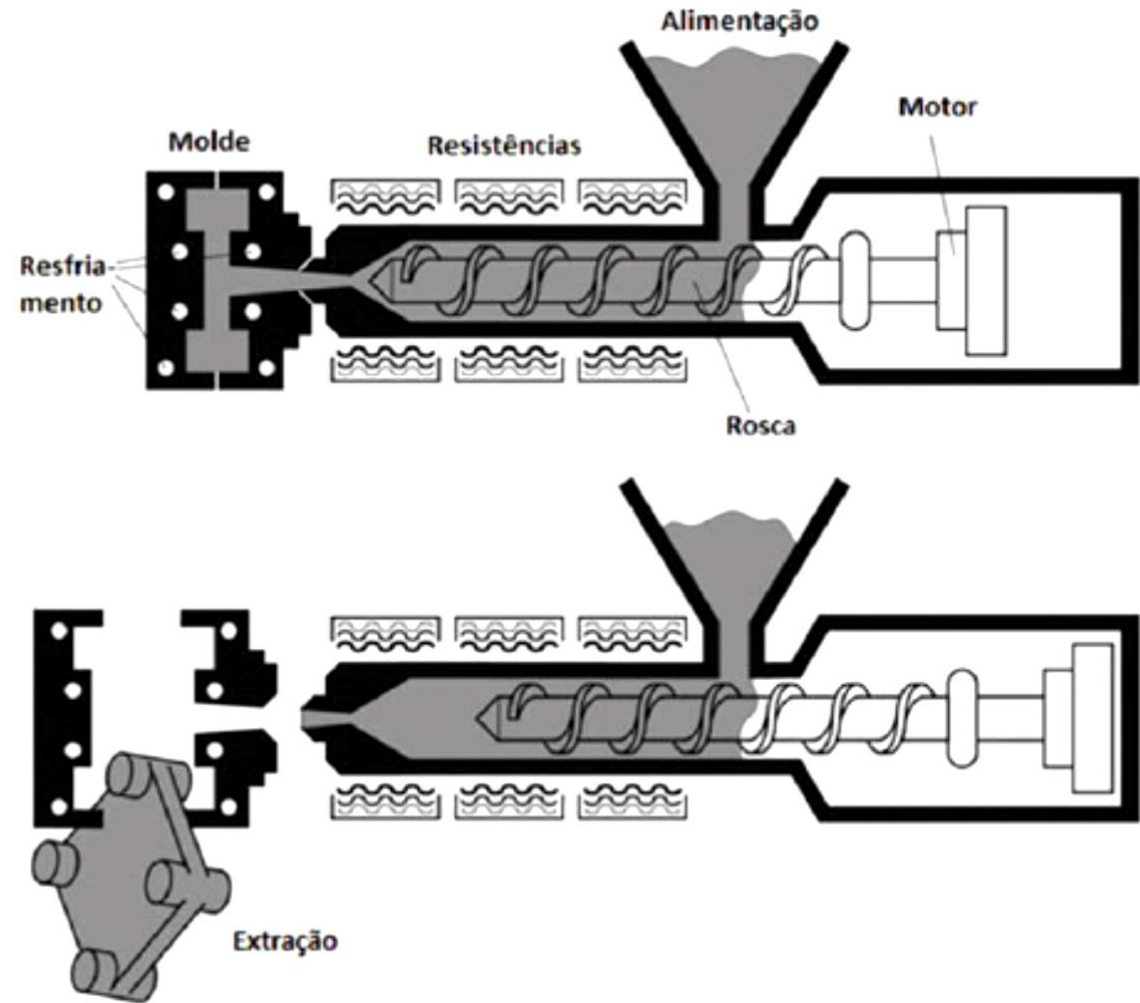
# PROCESSOS DE PRODUÇÃO DOS MATERIAS POLÍMEROS



Fonte: Braskem PICPlast

# Injeção |

As etapas do processo o material é depositado em um recipiente de alimentação da injetora, (**funil**), de onde é direcionado para dentro de um **cilindro** que contém um fuso (**rosca**) que o empurra, promovendo seu cisalhamento e **homogeneização**, contribuindo para sua plastificação



**Esquema do processo de produção por injeção**

Fonte: Plasticovirtual

## Injeção |

### Equipamentos por injeção de plástico

Fonte: plásticovirtual.com

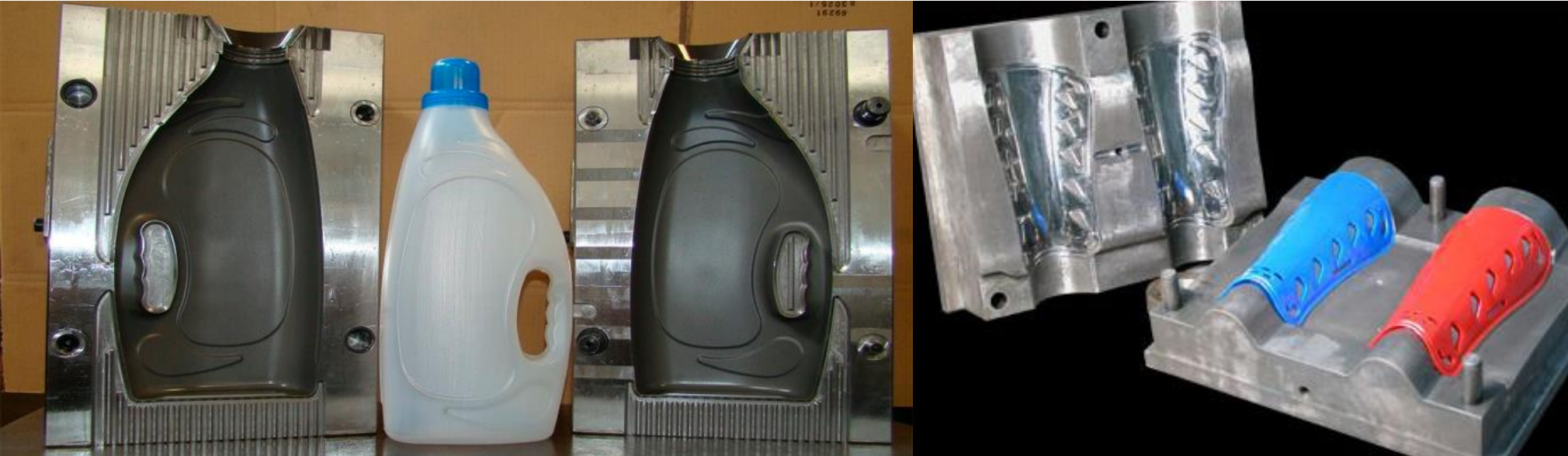


### Etapas de retirada do produto do molde

Fonte: Fonte:  
plásticovirtual.com

## Moldes e produtos por injeção de plástico

Fonte: plásticovirtual.com

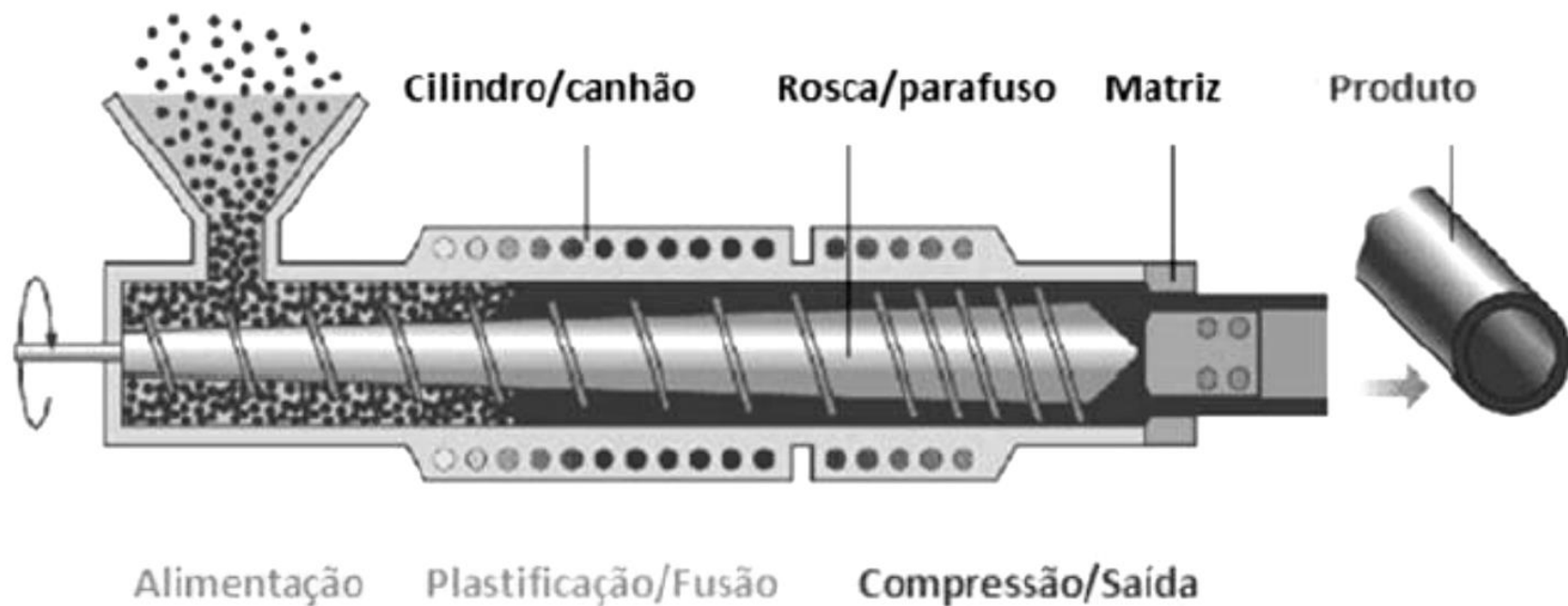


Os moldes para injeção de termoplástico são as unidades que dão forma a peça que será projetada

<https://www.injecao-de-plasticos.com.br/quais-os-tipos-de-moldes-para-injec%CC%A7a%CC%83o-de-termoplastico/>

## Extrusão |

consiste em forçar a passagem (controlada) do material granulado por dentro de um cilindro aquecido, (por roscas “sem fim”), que compactam e permitem a retirada de gases liberados no processo.



### Esquema de uma extrusora

Fonte: Miotto Tecnologia em Extrusão

Extrusora é um equipamento empregado na fabricação de **produtos contínuos** como filmes, perfis, tubos, monofilamentos, entre outros

## Equipamento extrusora para plástico

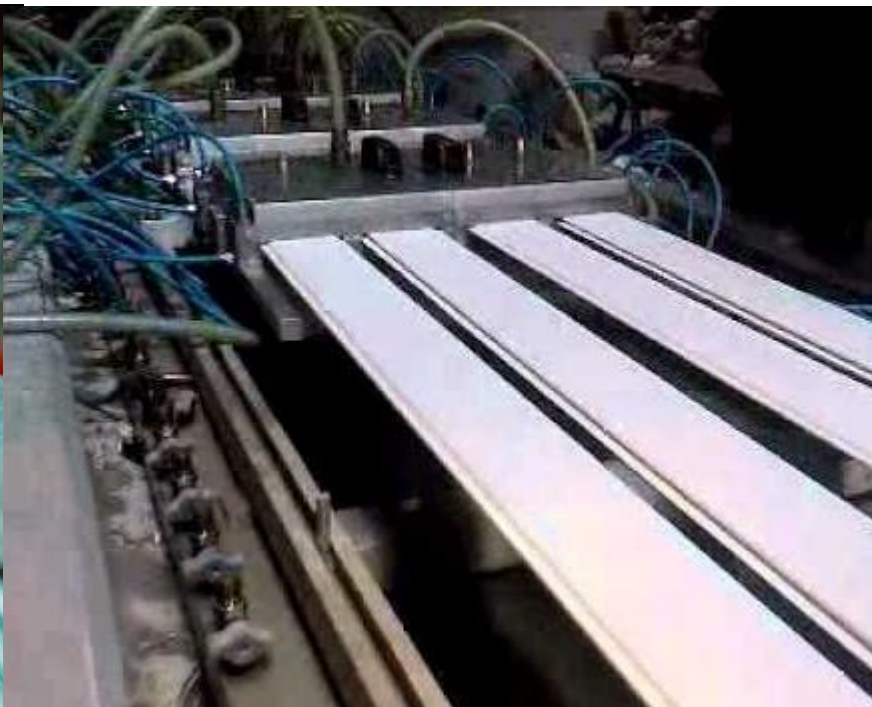
Fonte: [plasticovirtual.com](http://plasticovirtual.com)





# Produtos e perfis de plásticos extrudados

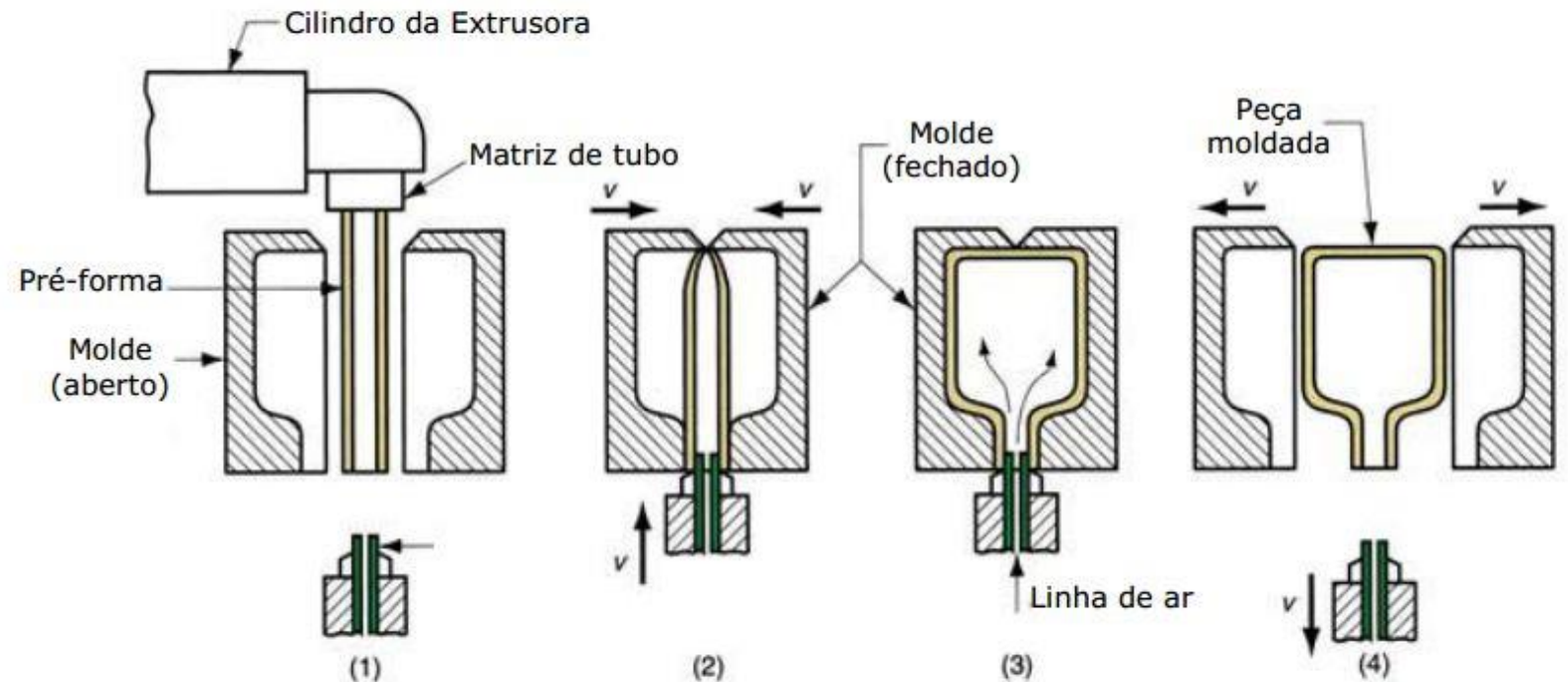
Fonte: plásticovirtual.com



<http://www.isoares.com.br/usinagem/produto.php?id=3>

## Extrusão-sopro |

O processo de sopro de peças plásticas por extrusão é essencialmente utilizado para produção de peças ocas fechadas através da aplicação de ar pressurizado no interior do molde de peças plásticas, permitindo a expansão da massa plástica até a obtenção da forma planejada.



### Processo de extrusora por sopro

Fonte: [plasticovirtual.com](http://plasticovirtual.com)

## Etapas do processo de extrusão por sopro

Fonte: <http://pt.petmouldfactory-ru.com/blow-mould/>



## Equipamento extrusora por sopro

Fonte: [plasticovirtual.com](http://plasticovirtual.com)



## Etapas do processo de extrusão por sopro

Fonte: <https://www.starkferramentaria.com.br/processos/25/moldagem-por-sopro>

O plástico aquecido é extrusado para o tubo oco, conhecido também como Parison



O molde fecha, e o parison é agarrado pelo molde



Um ar comprimido é soprado dentro do parison que infla instantaneamente



O parison preenche toda cavidade do molde



O produto é aparado e retirado do molde

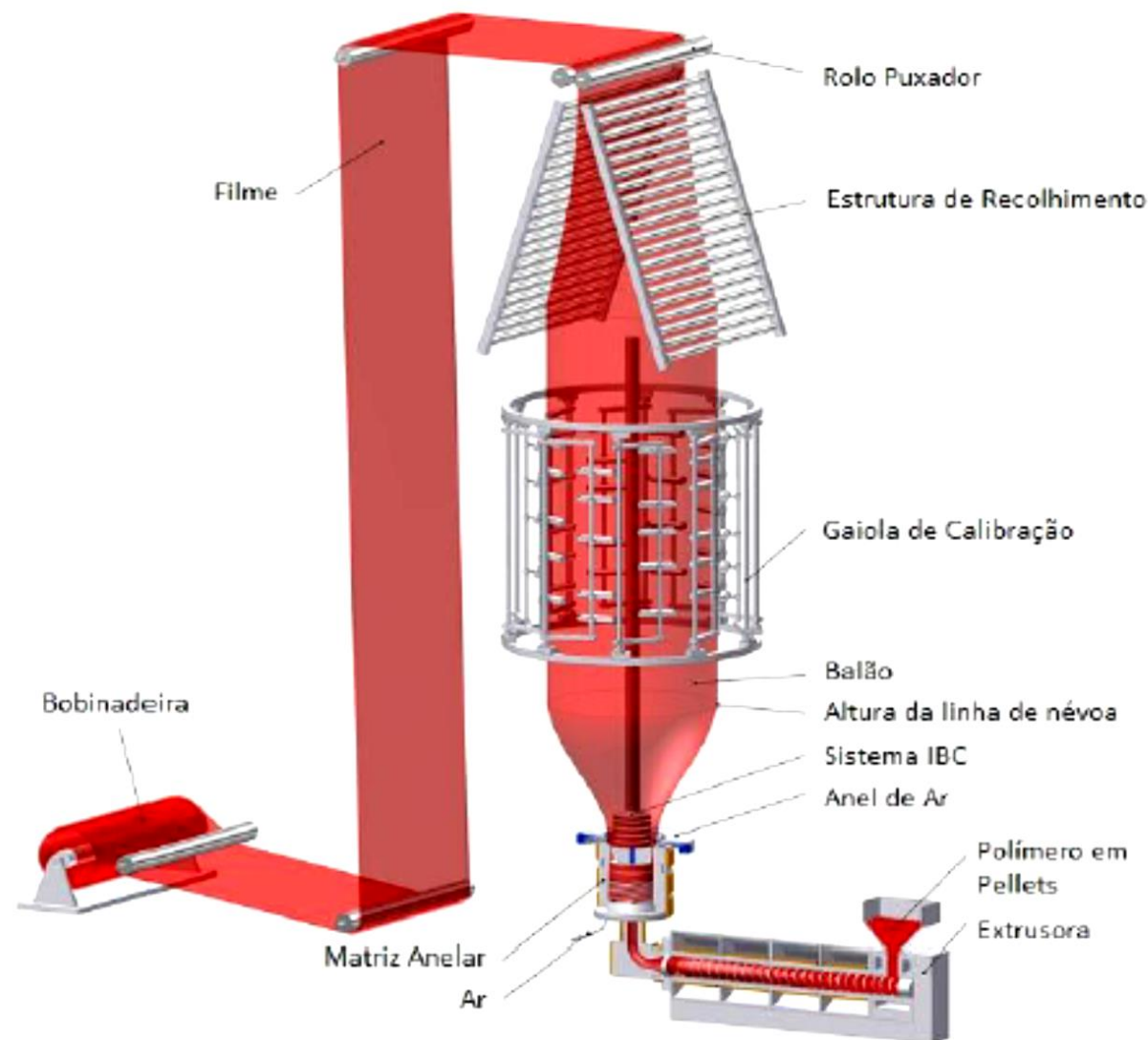


O produto acabado, pronto para reiniciar o processo da máquina



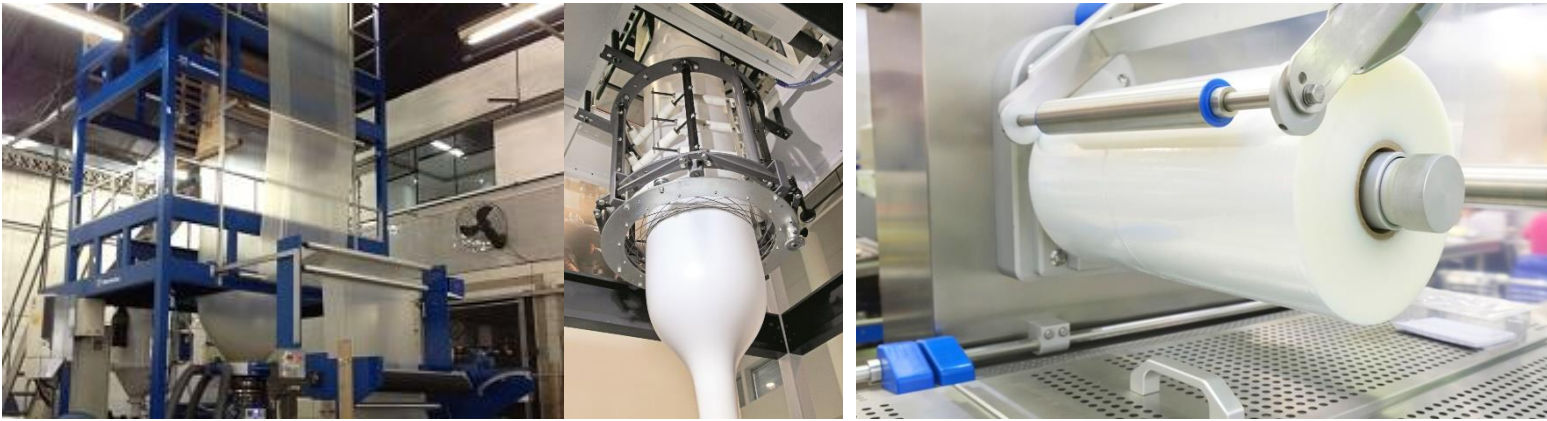
## Extrusão por filme tubular |

A extrusão de filme tubular é uma técnica utilizada para se produzir filmes plásticos. A moldagem se dá através de uma matriz anelar, onde o polímero passará em sua forma fundida, proveniente da extrusora, através de um anel e será soprado, atribuindo ao plástico a forma de um balão (Cantor,2006) .



**Processo de extrusão de filme tubular.**

Fonte: Kolarik (2012)



## Etapas do processo de extrusão por sopro

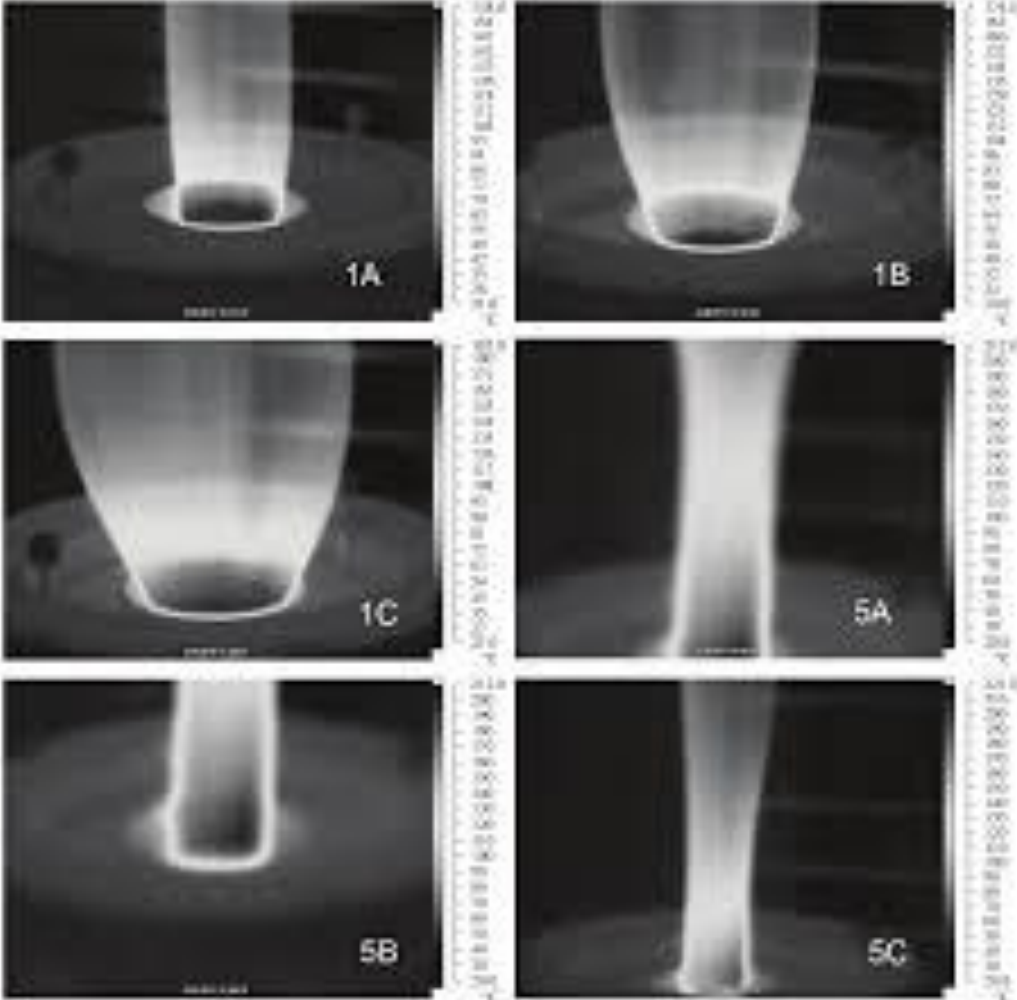
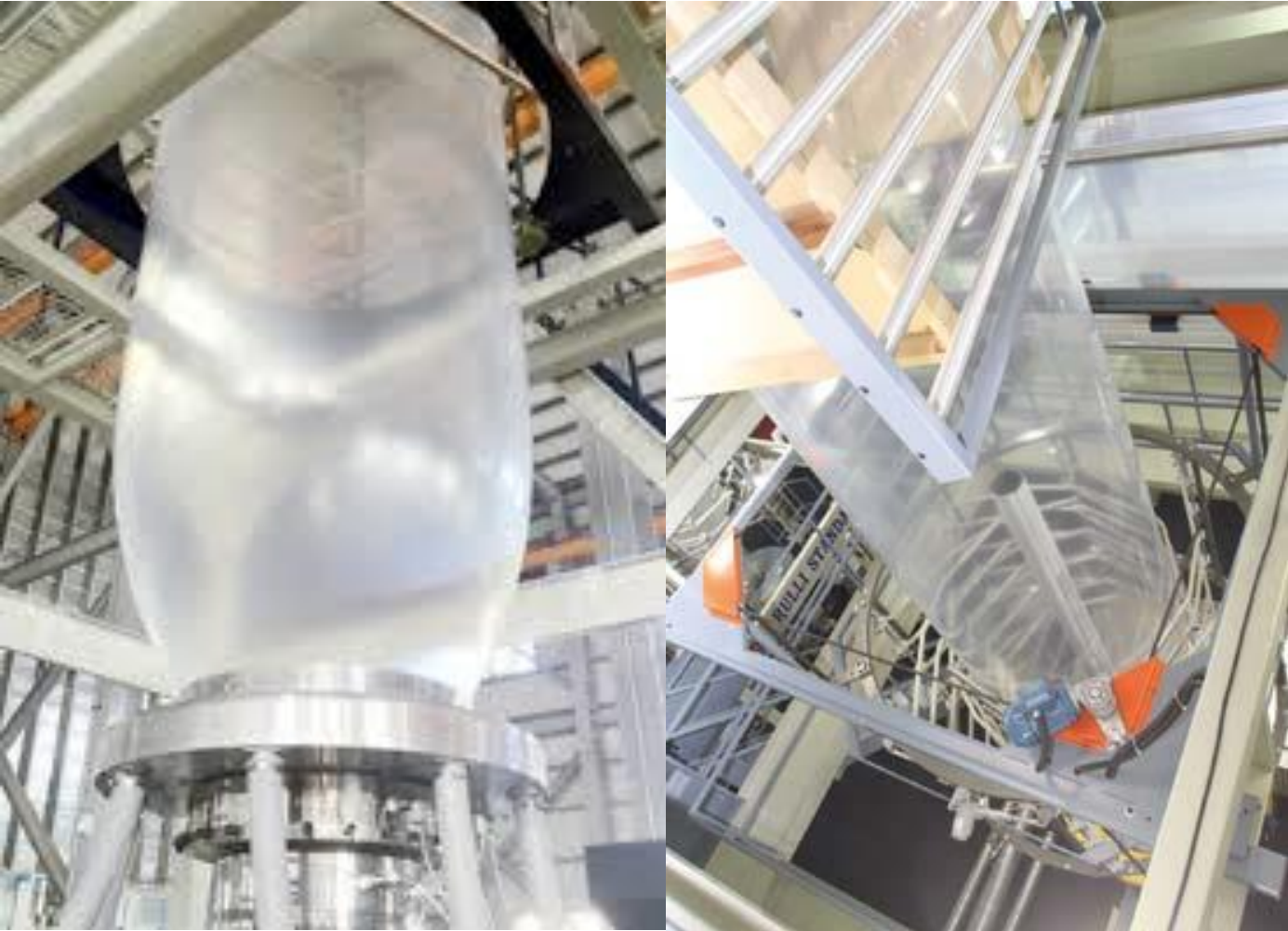
Fonte: <http://pt.petmouldfactory-ru.com/blow-mould/>

## Equipamento extrusora por filme tubular

Fonte: Flexototal



# Processo de extrusão por sopro

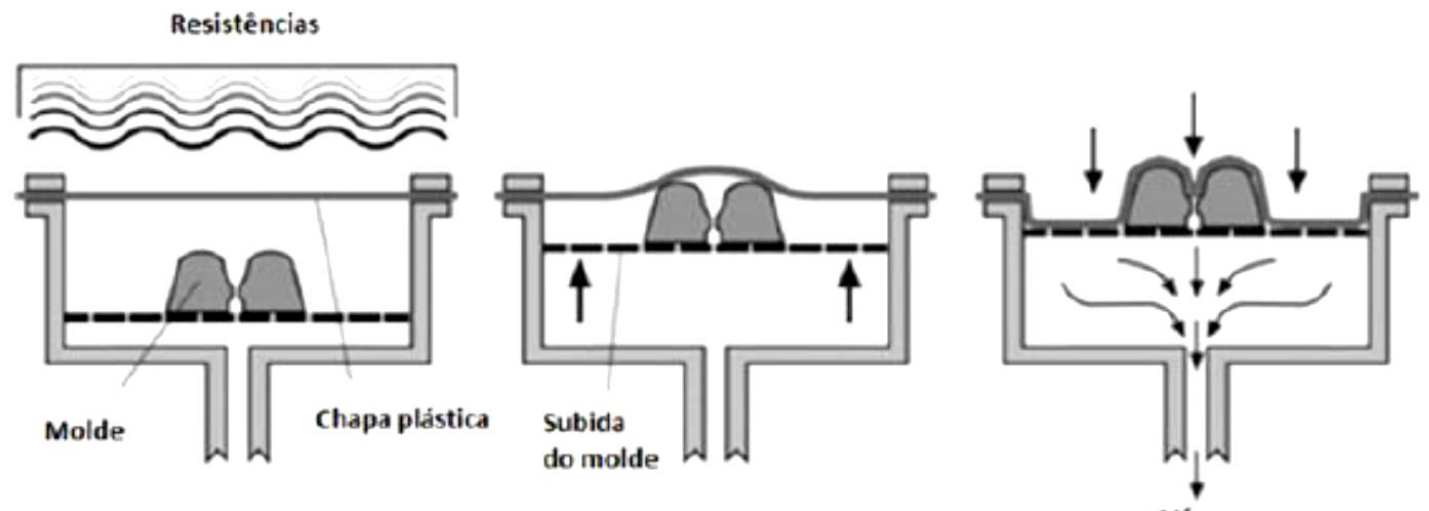


[https://www.google.com/search?q=Extrus%C3%A3o+por+filme+tubular%7C&client=firefox-b-d&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwioo-i6qtXsAhUnlrkGHYDcDJUQ\\_AUoAXoECAgQAw&biw=1107&bih=648#imgcr=Q6GqAGsfhIFnM&imgdii=Wp\\_3ruYp9Ny-xM](https://www.google.com/search?q=Extrus%C3%A3o+por+filme+tubular%7C&client=firefox-b-d&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwioo-i6qtXsAhUnlrkGHYDcDJUQ_AUoAXoECAgQAw&biw=1107&bih=648#imgcr=Q6GqAGsfhIFnM&imgdii=Wp_3ruYp9Ny-xM)

## Termo-formação a vácuo |

Processo de moldagem de peças a partir de laminados ou chapas.

Consiste no aquecimento da chapa sendo esta submetida ao vácuo o qual elimina o ar existente entre a chapa e o molde, permitindo assim que a chapa tome a **forma do molde**.



**Esquema de fabricação de peças por termoformação a vácuo**

Fonte: [plasticovirtual.com](http://plasticovirtual.com)





## Etapas do processo de termo-formação por vácuo

Fonte: plásticovirtual.com



## Equipamento de termo-formação a vácuo

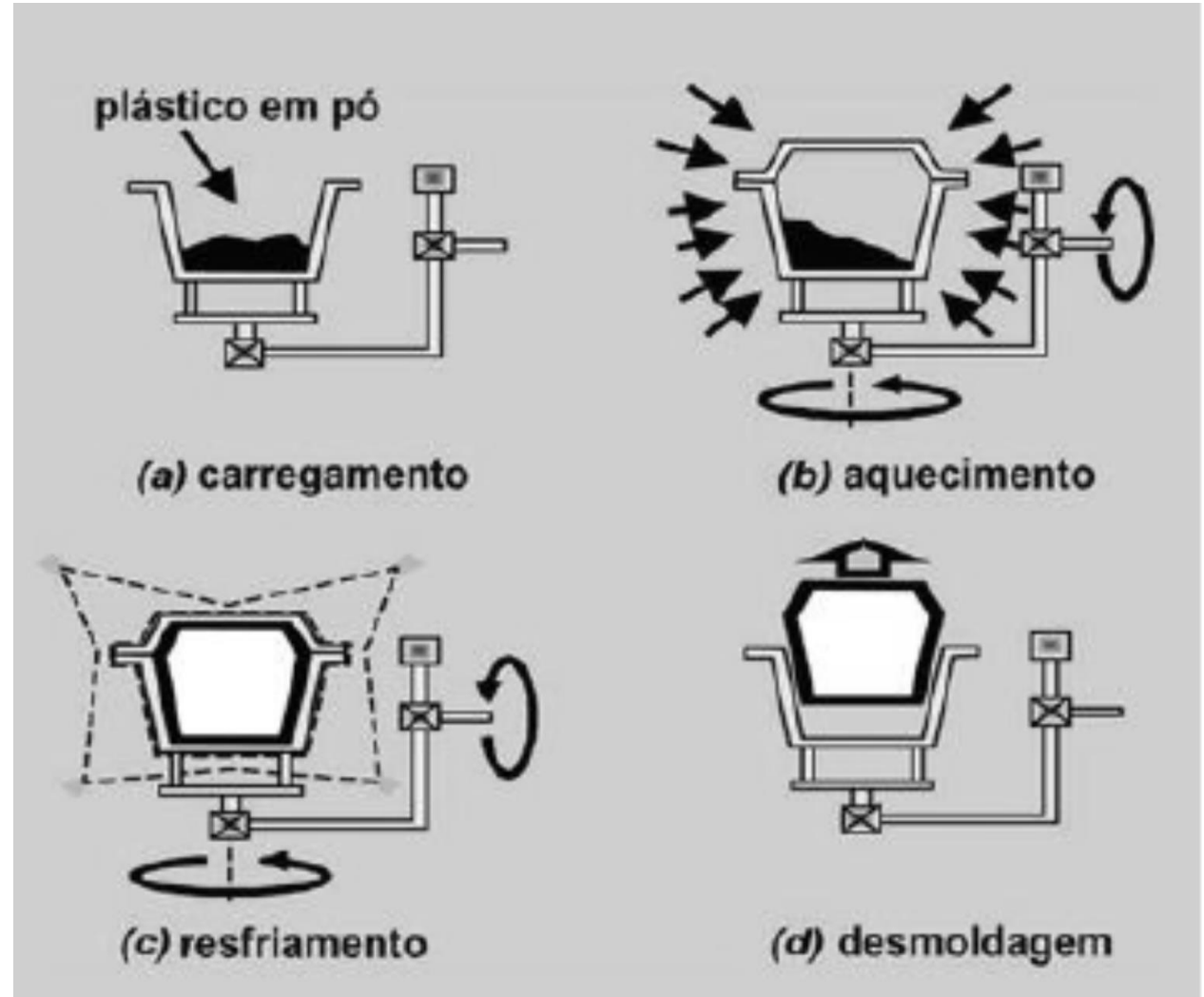
Fonte: Revista plastivo moderno

## Rotomoldagem |

Processo deve ser carregado em molde aquecido na forma de pó (para facilitar a fusão), este molde é então movimentado dentro de uma estufa a fim de que todo material fundido tome a forma do molde, o molde é então resfriado e a peça é desmoldada.

**Esquema de fabricação de peças por rotomoldagem**

Fonte: [plasticovirtual.com](http://plasticovirtual.com)





## Etapa de retirada do produto após a rotomoldagem

Fonte: plásticovirtual.com



## Equipamento fabricação de peças por rotomoldagem

Fonte: Revista plástico moderno

Como resolver a questão do ciclo de vida dos materiais poliméricos?



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. Materials and design: the art and science of material selection in product design. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2010.

BAXTER, M. Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos. São Paulo: Blucher, 2000.

BEYLERIAN, G. M.; DENT, A. Ultra materials: how materials innovation is changing the world. Kingdom: Thame & Hudson, 2007.

Franchetti S.M.; Marconato J.C., Polímeros Biodegradáveis – Uma solução parcial para diminuir a quantidade dos Resíduos Plásticos, Quim. Nova, 2006

FERRANTE, M.; WALTER, Y. A materialização da ideia: noções de materiais para design de produto. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

INTERNATIONAL COUNCIL OF SOCIETIES OF INDUSTRIAL DESIGN. ICSID. Definition of design. 2005. Disponível em: <<http://www.icsid.org/about/about/articles31.htm>> Acesso em: 20 nov. 2012.

LÖBACH, B. Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2001.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. A.; SILVA, S.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAPUAN, S. M. A knowledge-based system for materials selection in mechanical engineering design. Materials & Design, Surrey, v. 22, p. 687-695, 2001.

# Obrigado