



Reciclagem de Polímeros

Ticiane Valera

Roteiro

CONCEITOS GERAIS

RECICLAGEM

PROCESSAMENTO

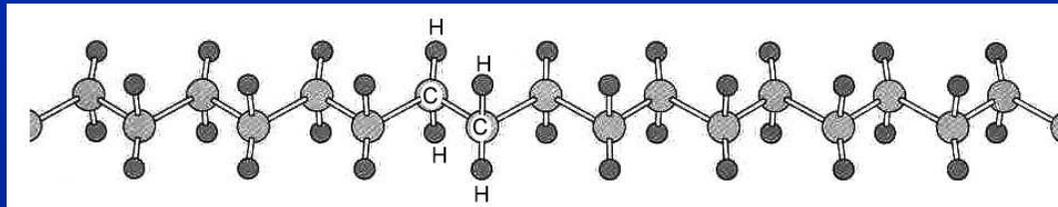
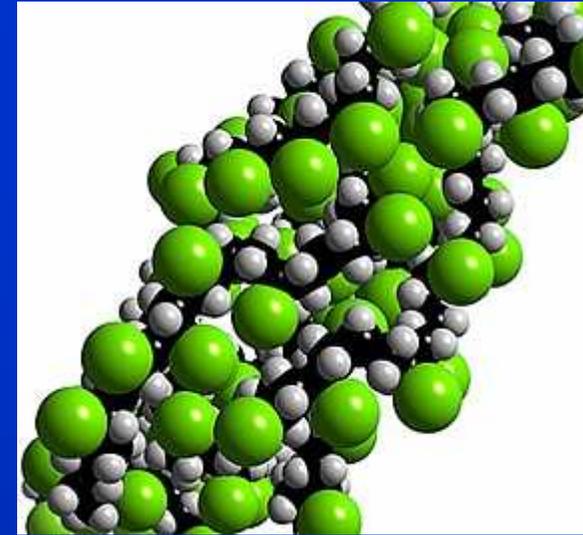
PROPRIEDADES

CONCEITOS GERAIS



POLÍMERO

✓ Material de alta massa molecular (acima de dez mil), cuja estrutura consiste na repetição de pequenas unidades (meros). Macromolécula formada pela união de moléculas simples, ligadas por ligação covalente

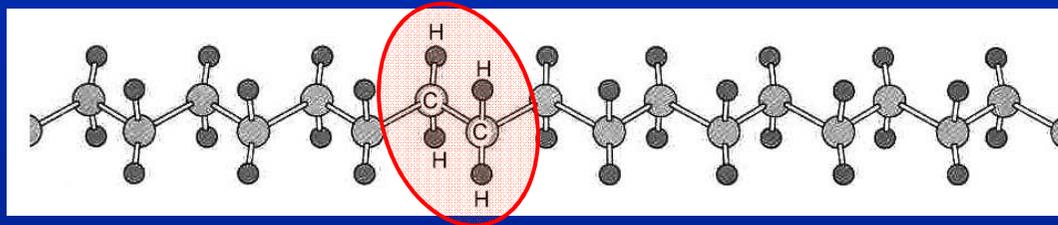
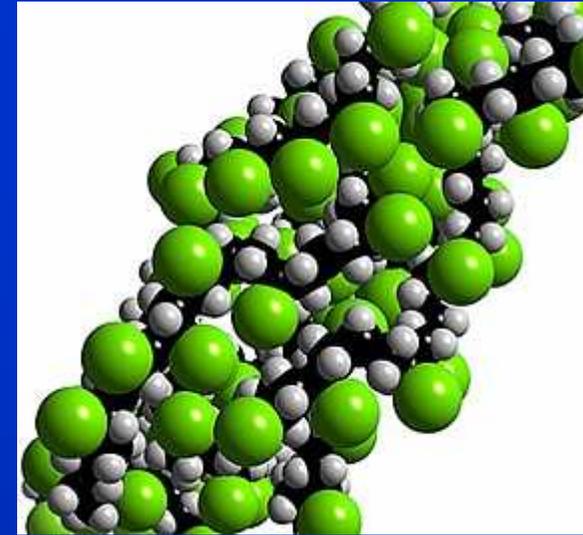


Macromoléculas é uma molécula de alta massa molecular, que não tem necessariamente em sua estrutura uma unidade de repetição

Monômero: molécula que dá origem ao polímero (bifuncional). Ex: eteno → etileno → Polietileno

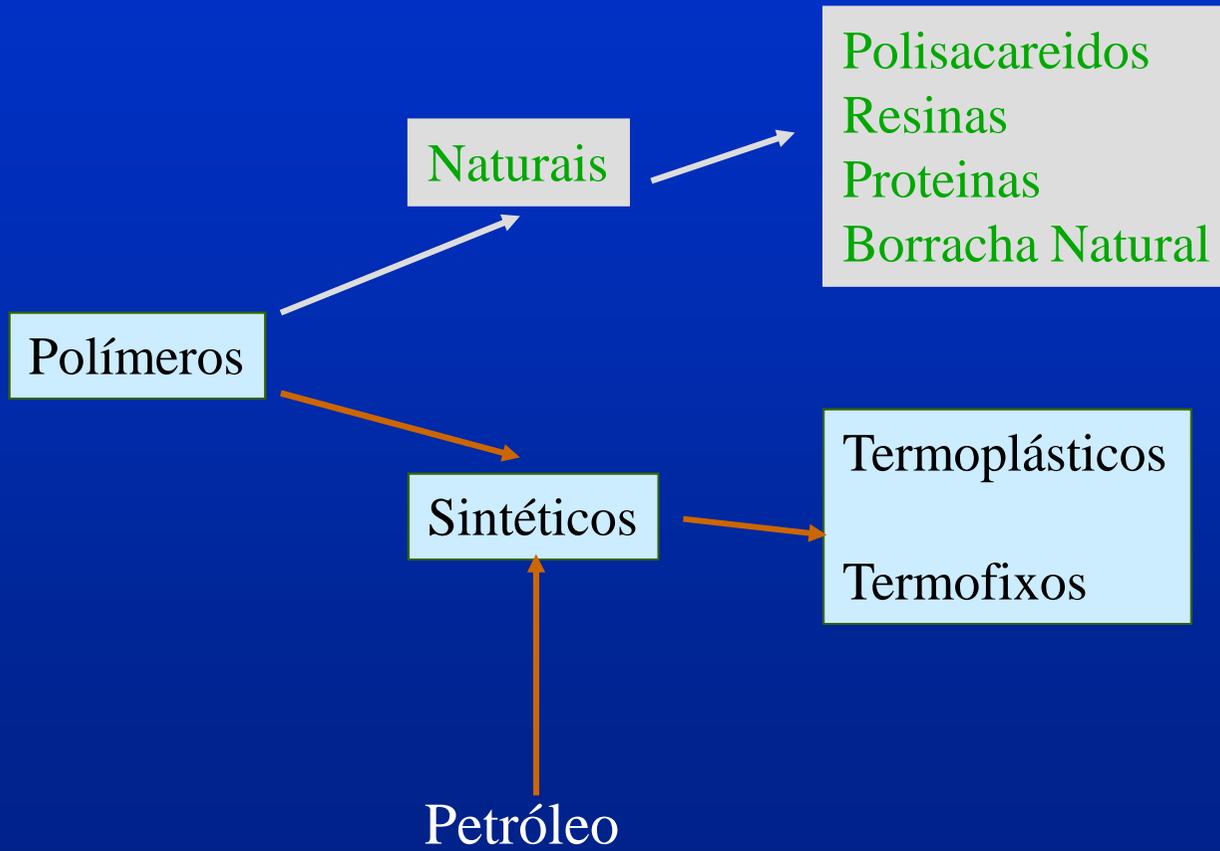
POLÍMERO

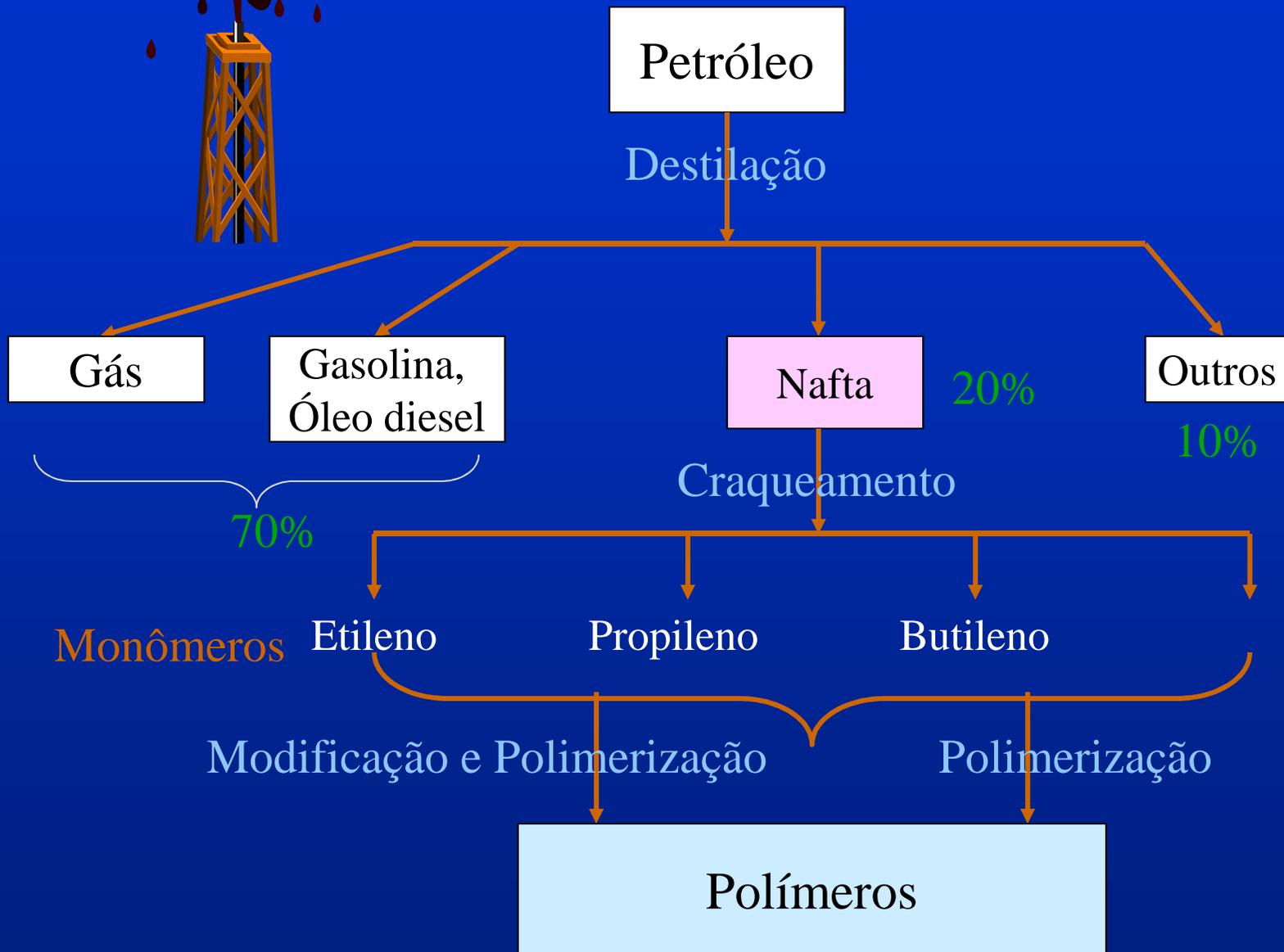
✓ Material de alta massa molecular (acima de dez mil), cuja estrutura consiste na repetição de pequenas unidades (meros). Macromolécula formada pela união de moléculas simples, ligadas por ligação covalente



Macromoléculas é uma molécula de alta massa molecular, que não tem necessariamente em sua estrutura uma unidade de repetição

Monômero: molécula que dá origem ao polímero (bifuncional). Ex: eteno → etileno → Polietileno





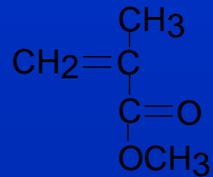
Exemplos de polímeros comerciais

Monômero

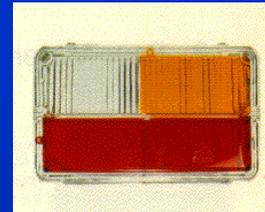
Nomenclatura

Aplicação

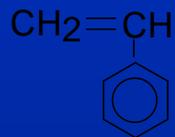
Nomenclatura



Metacrilato de metila
(2-metil-propenoato de metila)



Polimetacrilato de metila
(acrílico)



Estireno
(vinilbenzeno)



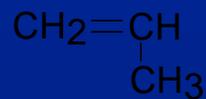
Poliestireno
(PS)



Etileno
(eteno)



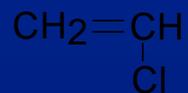
Polietileno
(PE)



Propileno
(propeno)



Polipropileno
(PP)



Cloreto de vinila
(cloroeteno)



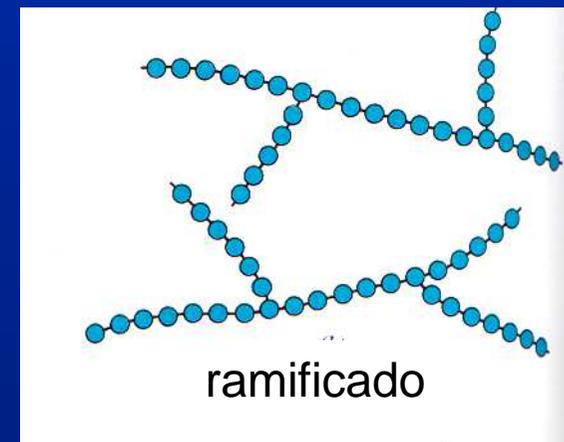
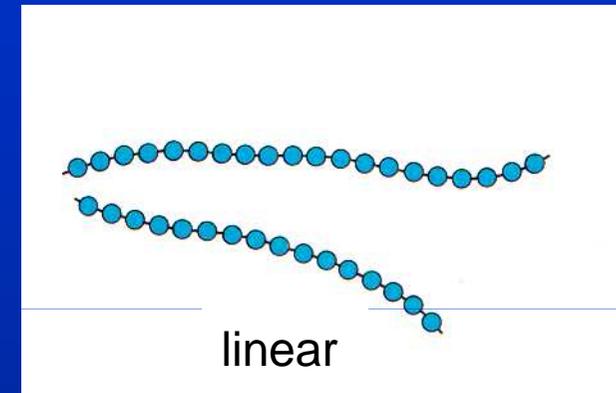
Policloreto de vinila
(PVC)

CLASSIFICAÇÃO:

Termoplásticos

- ✓ Amolece sob aquecimento, flui sob pressão, solidifica sob resfriamento, num processo reversível. É moldável e remoldável

Exemplos: Polipropileno PP, polietileno PE, poliestireno PS, ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno), PA "nylon", policarbonato PC, poliéster termoplástico PET



Termofixos

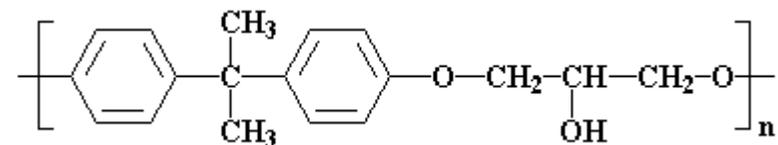


Sob aquecimento degrada, sofre reação de cura (ligações cruzadas), logo não pode ser refundido, remodelado de forma reversível. São infusíveis e insolúveis. Não fluem sob pressão e não amolecem.

Sua estrutura molecular é interligada

Compara-se a resina termofixa a um ovo. Uma vez cozido, essencialmente, permanece no mesmo estado

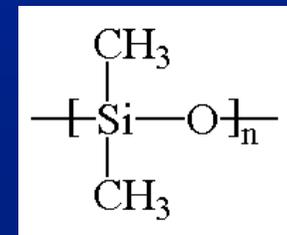
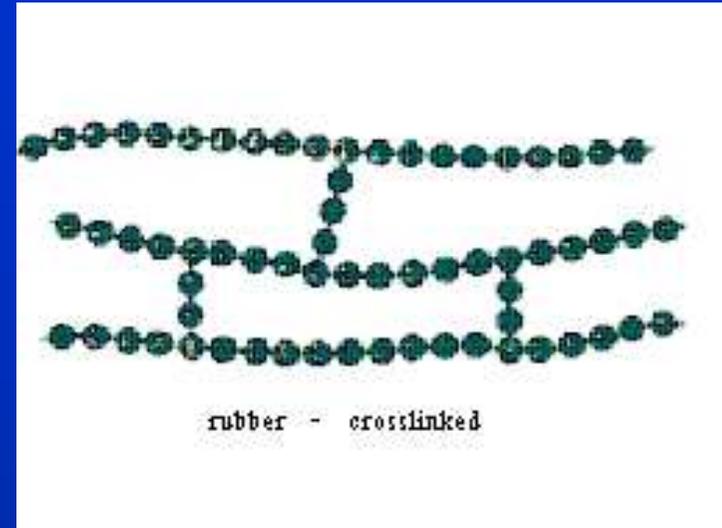
Exemplos: Resinas de poliéster insaturadas, éster - vinílicas, epóxis, uretânicas e fenólicas



Elastômeros

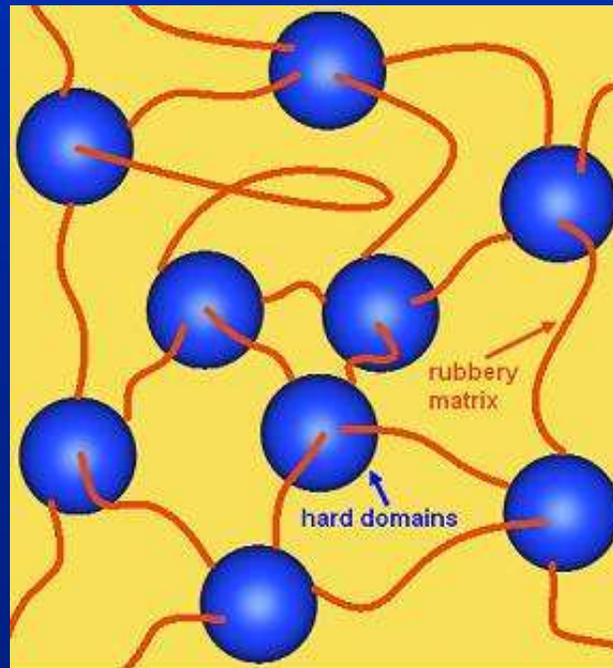
- Quando submetidos a tensão, os elastômeros se deformam mas voltam ao estado inicial quando a tensão é removida.

- Baixo módulo de elasticidade
- Polímero amorfo ou com baixa cristalinidade (obtida sob tensão)
- Altas deformações elásticas resultantes da combinação de alta mobilidade local de trechos de cadeia (baixa energia de interação intermolecular) e baixa mobilidade total das cadeias (ligações covalentes cruzadas entre cadeias ou reticuladas)



Elastômeros

- Copolímeros em blocos de duas unidades de monômeros A e B imiscíveis. A fase A (poliestireno) possui uma T_gA acima da temperatura de uso (rígido). A fase B (polibutadieno) possui um T_gB abaixo da temperatura de uso (mole). Os domínios de polibutadieno funcionam como se fossem ligações cruzadas.





RECICLAGEM

DEFINIÇÃO



- A revalorização dos descartes domésticos e industriais, mediante uma série de operações que permitem que os materiais sejam reaproveitados como matéria-prima para outros produtos
- Uma atividade moderna que alia consciência ecológica ao desenvolvimento econômico e tecnológico

TIPOS DE RECICLAGEM

▼ QUÍMICA

▼ ENERGÉTICA

▼ MECÂNICA

Reciclagem química

A reciclagem química reprocessa plásticos transformando-os em petroquímicos básicos: monômeros ou misturas de hidrocarbonetos que servem como matéria-prima, em refinarias ou centrais petroquímicas.

O objetivo da reciclagem química é a recuperação dos componentes químicos individuais para serem reutilizados como produtos químicos ou para a produção de novos plásticos.

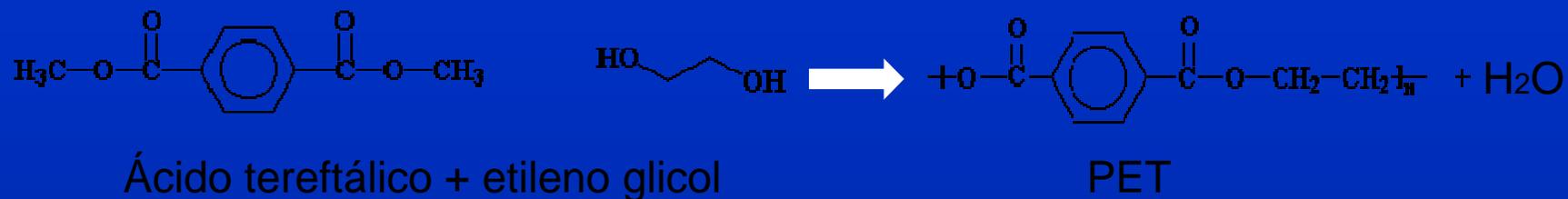
Essa reciclagem permite produzir plásticos novos com a mesma qualidade de um polímero original.

Pouco utilizada no Brasil. Japão e Europa.



Reciclagem química

Despolimerização:

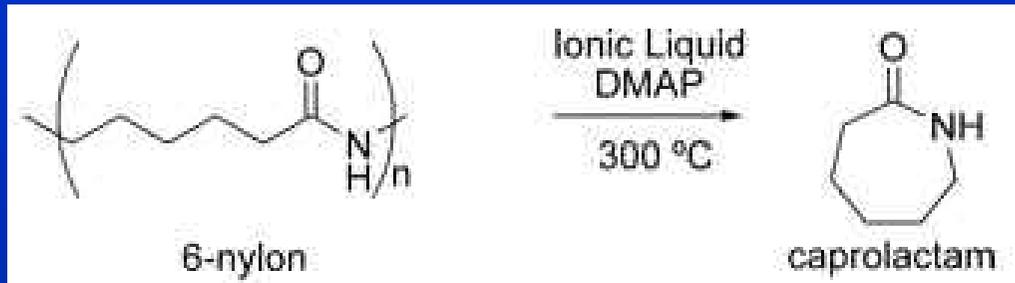


- ✓ Solvólise (hidrólise, alcóólise (ou metanólise), glicólise), para poliamidas, poliésteres e poliuretanas.
- ✓ Métodos térmicos (pirólise à alta temperatura, hidrogenação e gaseificação)
- ✓ Métodos térmicos/catalisador (para poliolefinas)

Reciclagem química

Exemplo:

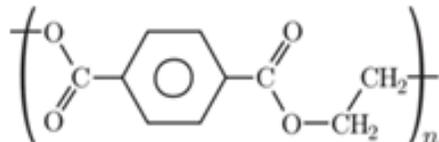
Reciclagem do Nylon-6 (despolimerização por solvólise)



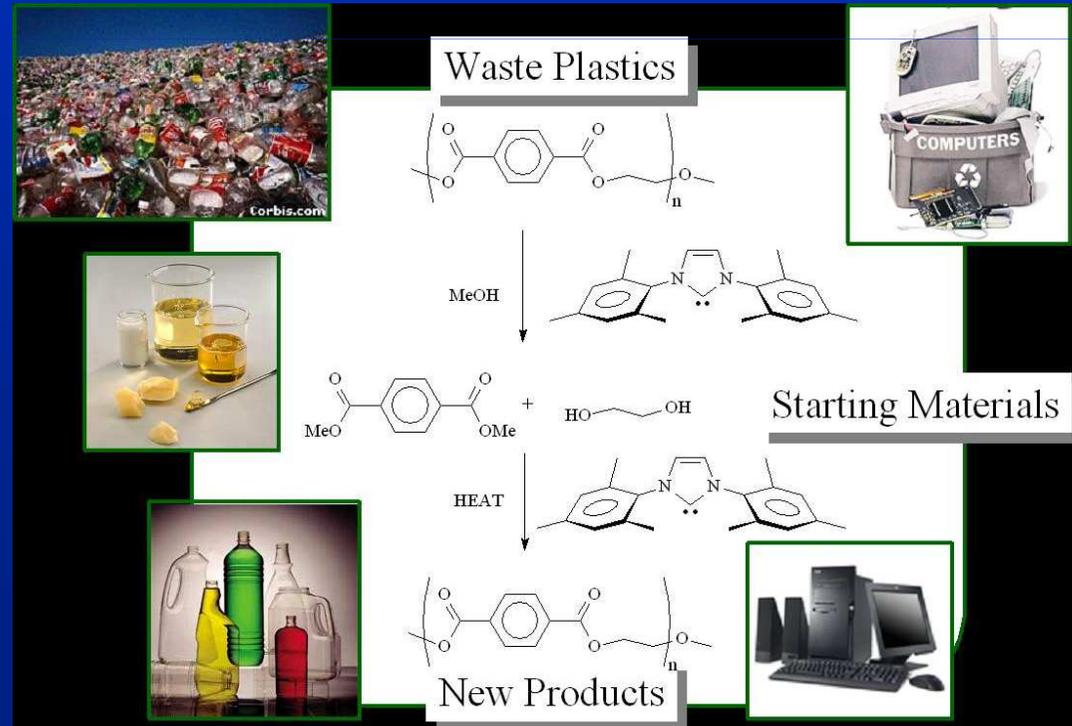
An Efficient Method to Depolymerize Polyamide Plastics: A New Use of Ionic Liquids
Akio Kamimura, Shigehiro Yamamoto, Organic Letters. July 5 2007. Vol. 9 (13), 2533 -2535

Com líquido iônico: substância iônica que funde a temperatura ambiente

PET (por hidrólise)



Chemical structure of polyethylene terephthalate





Reciclagem química

✓ Pirólise à alta temperatura (degradação sem oxigênio ou ar):
Problema: monômero, gases e óleos (principal)

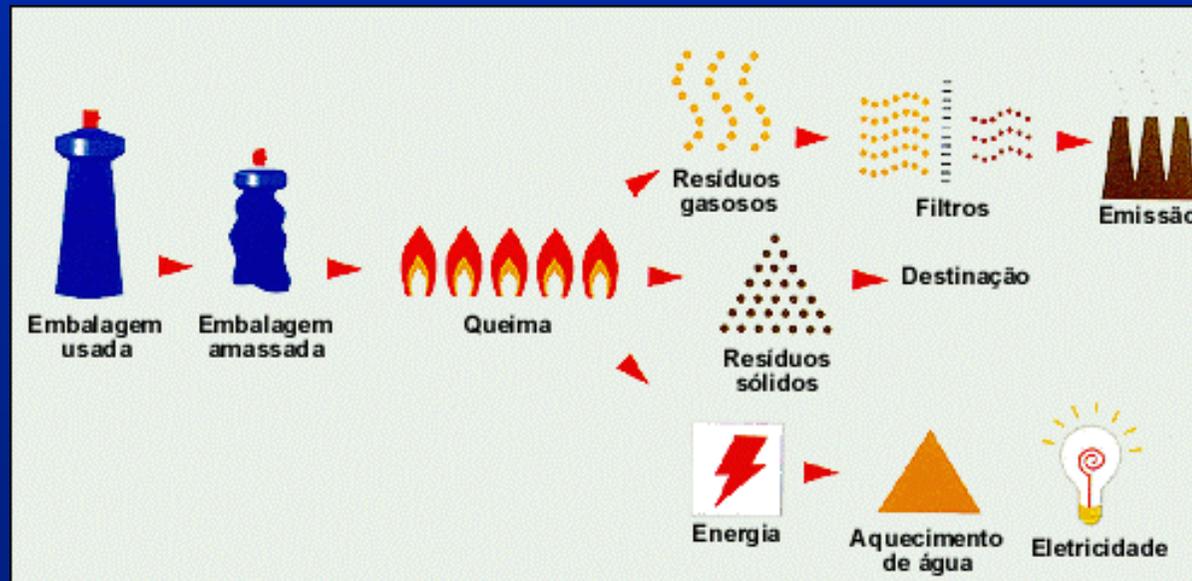
Reação endotérmica (alta quantidade de energia)

✓ Gaseificação: pirólise e oxigênio (não ocorre combustão completa) → **pneus** → negro de fumo, CO, H₂ e pouco CO₂, H₂O, óleo (condensação de vapor de gases)

✓ Hidrogenação: quebra de cadeia térmica (originando radical livre) depois hidrogênio → hidrocarbonetos leves (metano, etano, etc) → **resina fenólica e epoxi**

Reciclagem energética

Reciclagem Energética é hoje uma realidade e uma importante alternativa no gerenciamento do lixo urbano. É a tecnologia que transforma lixo urbano em energia elétrica e térmica, um processo amplamente utilizado no exterior (Estados Unidos, Europa, Japão) e que aproveita o alto poder calorífico dos polímeros para uso como combustível (incineração). Cuidado: liberação de produtos como HCl e HF. Exemplo: incineração de pneu 280W/ton (Alemanha, >carvão)



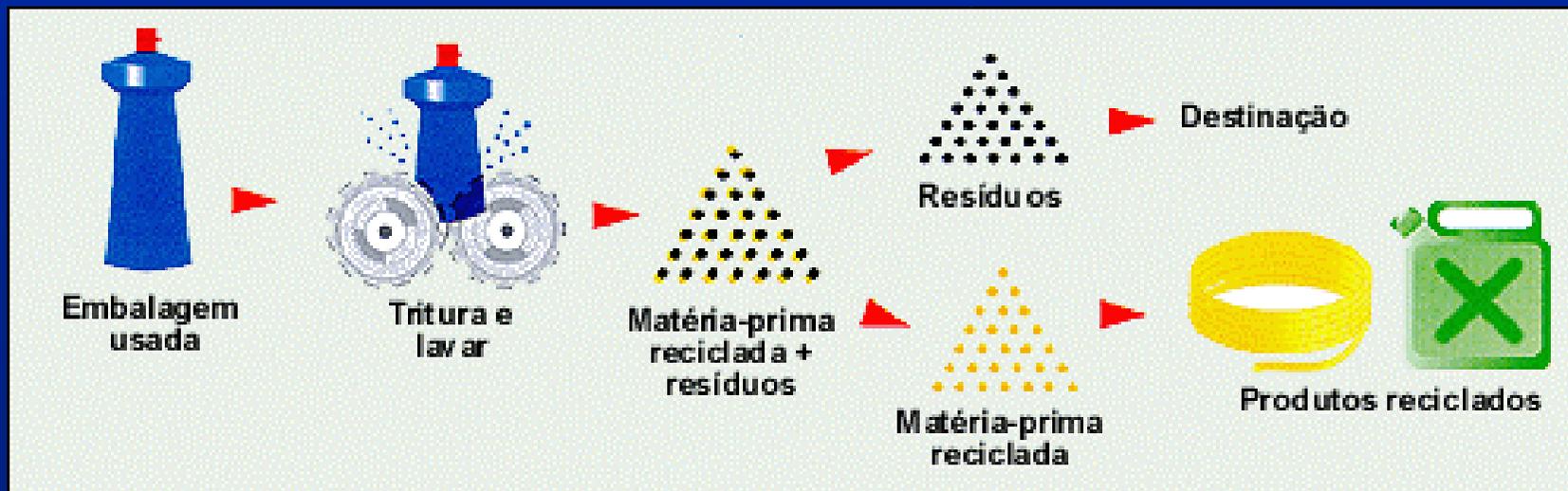
Reciclagem Mecânica

A reciclagem de materiais descartados compreende basicamente as seguintes etapas:

Coleta e Separação
Triagem por tipos de materiais (papel, metal plásticos, madeiras, etc.)

Revalorização
Etapa intermediária que prepara os materiais separados para serem transformados em novos produtos

Transformação
Processamento dos materiais para geração de novos produtos a partir dos materiais revalorizados.



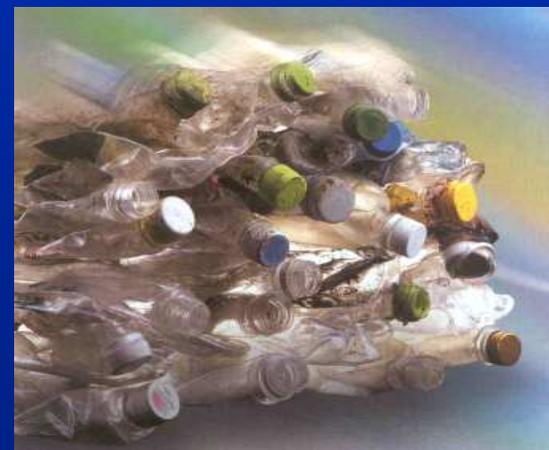
Reciclagem Mecânica

- 1) separação do resíduo polimérico,
- 2) moagem,
- 3) lavagem,
- 4) secagem,
- 5) reproprocessamento
- 6) transformação do polímero em produto acabado

Objetivo: produto acabado com propriedades equivalentes a do material virgem

O processo mecânico pode ser dividido em:

1. COLETA E SEPARAÇÃO



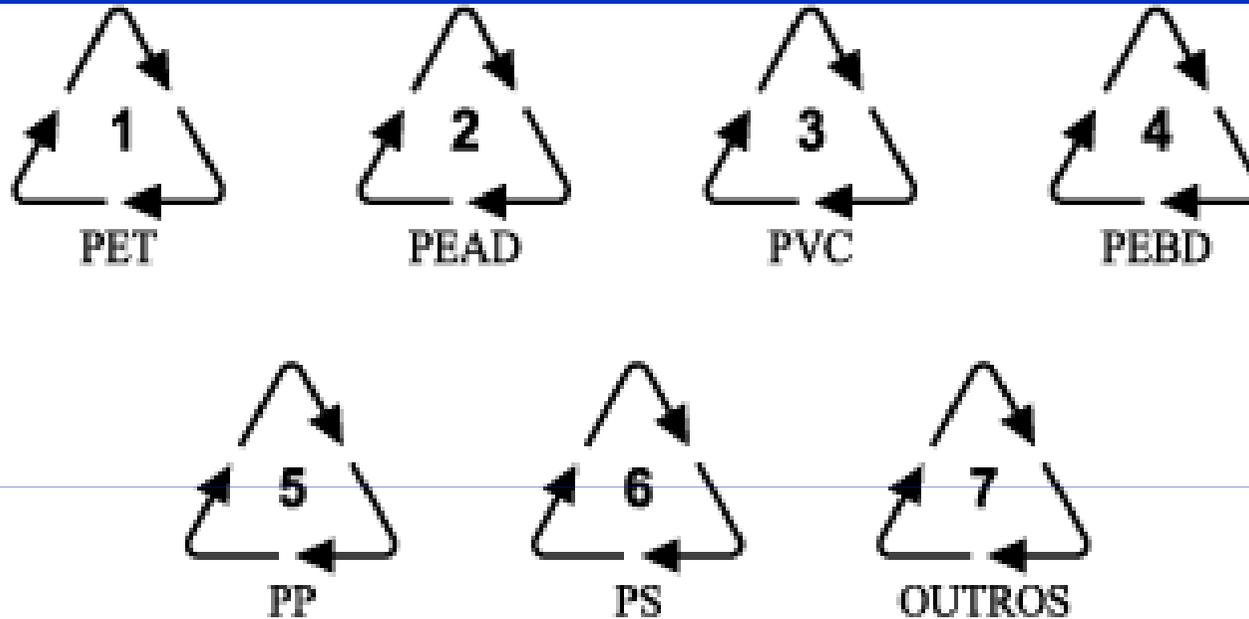
SEPARAÇÃO:

Retirada de contaminantes como
metais e vidro

Manual ou automatizada.

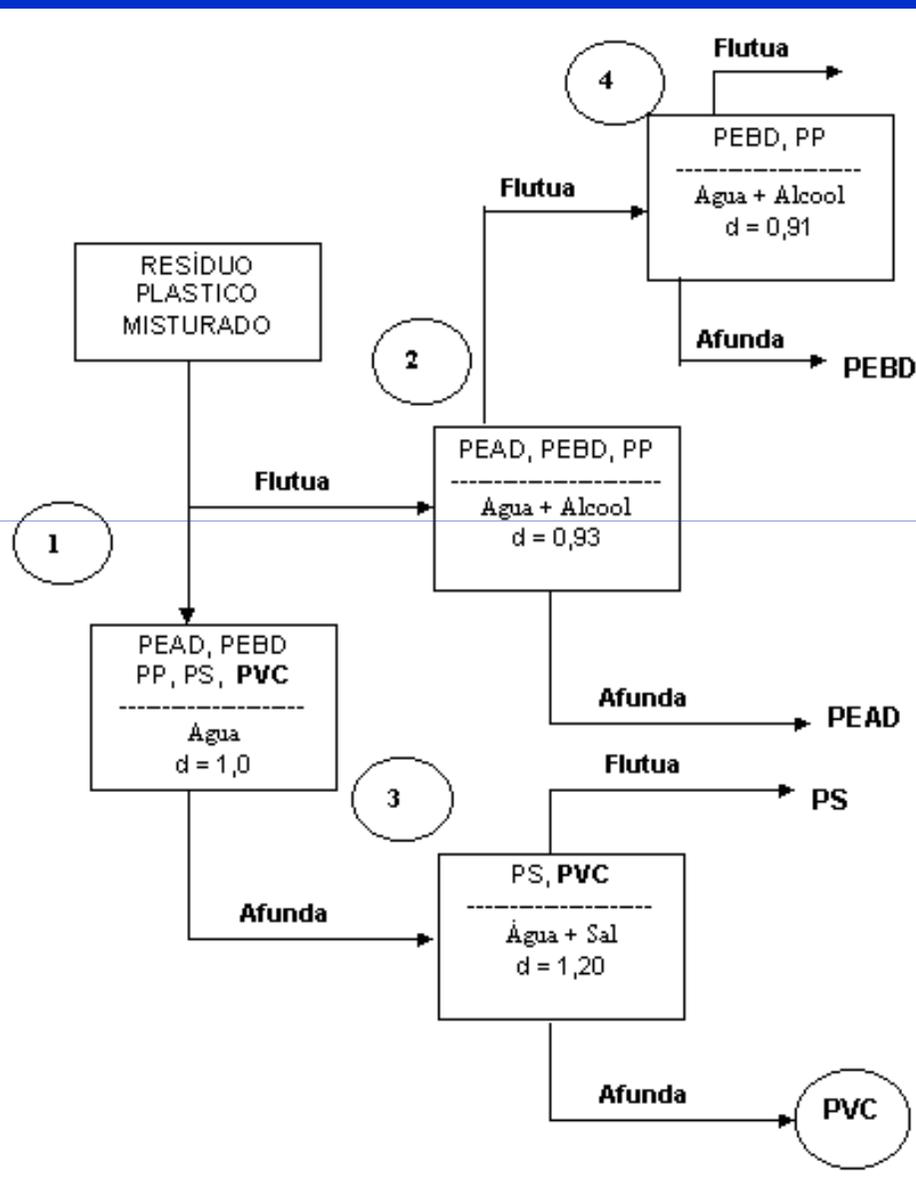
Identificação dos polímeros

SIMBOLOGIA



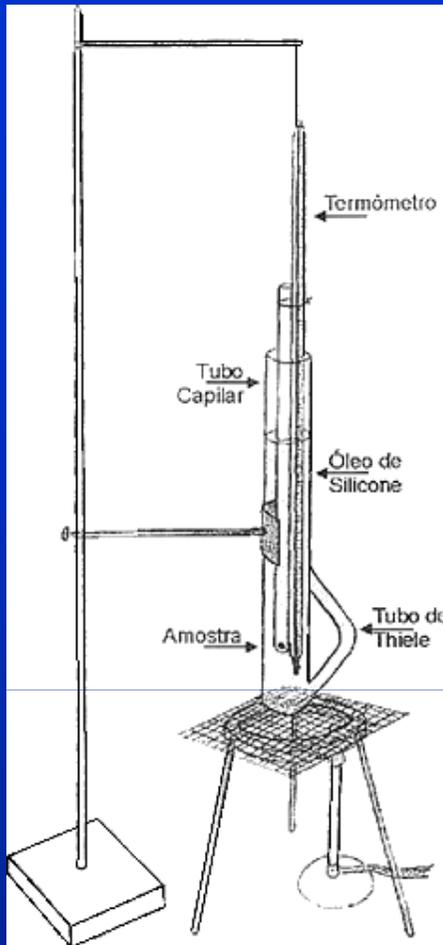
- 1 - Politereftalato de etileno
- 2 - Polietileno de alta densidade
- 3 - Policloreto de vinila
- 4 - Polietileno de baixa densidade
- 5 - Polipropileno
- 6 - Poliestireno
- 7 - Outros

Por densidade



Resina	Características da Chama e Comportamento do Polímero	Odor	Temperatura de Fusão ou Amolecimento (°C)	Densidade (g/cm³)
PVC Rígido	Amarela, vértice verde. Auto-extinguível	"Cloro"	210	1,38-1,45
PVC Flexível	Amarela, vértice verde. Auto-extinguível	"Cloro"	150	1,19-1,35
SAN	Amarela, crepita ao queimar, fumaça pouco fuliginosa. Polímero amolece e borbulha	Estireno	130	1,08
Poliétileno de Baixa Densidade	Azul, vértice amarelo. Polímero pinga como vela	Vela	110	0,89-0,93
Poliétileno de Alta Densidade	Azul, vértice amarelo. Polímero pinga como vela	Vela	130	0,94-0,98
Polipropileno	Azul, vértice amarelo. Polímero pinga como vela	Agressivo	165	0,85-0,92
Poliestireno	Amarela, crepita ao queimar, fumaça fuliginosa - carbono. Polímero amolece e pinga	Estireno	230	1,04-1,08
ABS	Chama semelhante à do poliestireno. Polímero amolece e pinga	Borracha queimada e monômero de estireno	175	1,04-1,06
PET	Amarela. Polímero incendeia e se contrai	-----	255	1,38-1,41
Acetato de Celulose	Amarela. Polímero incendeia	Ácido acético	230	1,25-1,31
Acetato Butirato de Celulose	Azul faiscando. Polímero incendeia	Manteiga rançosa	180	1,15-1,25
Poliacetel	Azul, sem fumaça, com centelha. Cuidado ao cheirar	Formaldeído	175	1,42-1,43

Temperatura fusão / chama



Glicerina
(290°C)



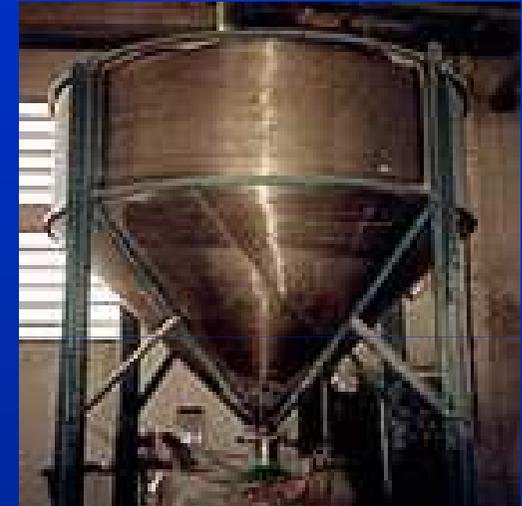
Resina	Características da Chama e Comportamento do Polímero	Odor	Temperatura de Fusão ou Amolecimento (°C)	Densidade (g/cm ³)
PVC Rígido	Amarela, vértice verde. Auto-extinguível	"Cloro"	210	1,38-1,45
PVC Flexível	Amarela, vértice verde. Auto-extinguível	"Cloro"	150	1,19-1,35
SAN	Amarela, crepita ao queimar, fumaça pouco fuliginosa. Polímero amolece e borbulha	Estireno	130	1,08
Poliétileno de Baixa Densidade	Azul, vértice amarelo. Polímero pinga como vela	Vela	110	0,89-0,93
Poliétileno de Alta Densidade	Azul, vértice amarelo. Polímero pinga como vela	Vela	130	0,94-0,98
Polipropileno	Azul, vértice amarelo. Polímero pinga como vela	Agressivo	165	0,85-0,92
Poliestireno	Amarela, crepita ao queimar, fumaça fuliginosa - carbono. Polímero amolece e pinga	Estireno	230	1,04-1,08
ABS	Chama semelhante à do poliestireno. Polímero amolece e pinga	Borracha queimada e monômero de estireno	175	1,04-1,06
PET	Amarela. Polímero incendeia e se contrai	-----	255	1,38-1,41
Acetato de Celulose	Amarela. Polímero incendeia	Ácido acético	230	1,25-1,31
Acetato Butirato de Celulose	Azul faiscando. Polímero incendeia	Manteiga rançosa	180	1,15-1,25
Poliacetal	Azul, sem fumaça, com centelha. Cuidado ao cheirar	Formaldeído	175	1,42-1,43

2.REVALORIZAÇÃO

O produto pós-consumo é moído, ganhando valor no mercado



Material moído



Silo de armazenagem

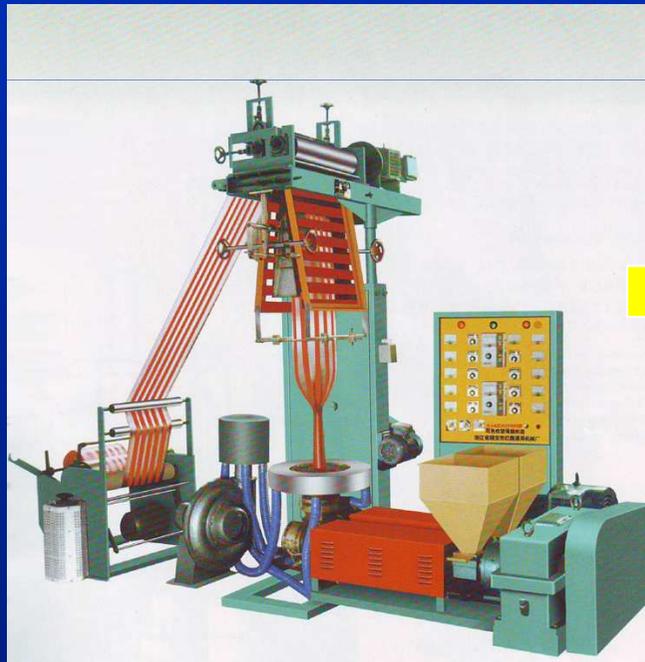
Há possibilidade de valorizar ainda mais o material reciclado produzindo grãos (pellets)

Produto mais condensado, otimizando o transporte e o desempenho na transformação



3. TRANSFORMAÇÃO

Os flocos, ou o granulado será transformado num novo produto, fechando o ciclo. Os transformadores utilizam material reciclado para fabricação de diversos produtos, como garrafas para produtos não alimentícios



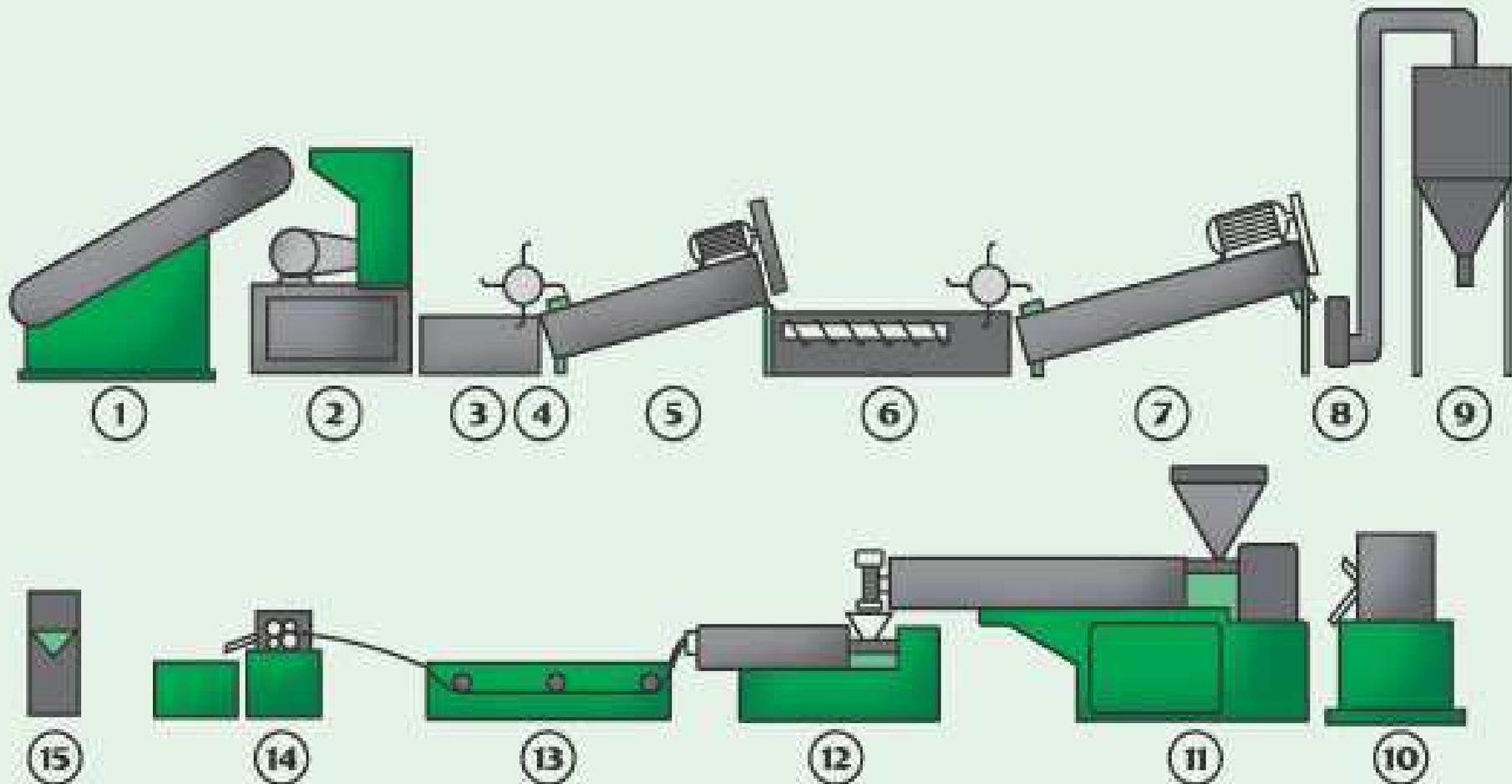
RECICLAGEM MECÂNICA

Um processo representativo da reciclagem contínua de plásticos para produzir matéria-prima reciclada é composto por uma série de operações unitárias

- Ruptura dos aglomerados plásticos coletados,
- seleção manual,
- redução de tamanhos,
- lavagem/filtragem/enxague
- separação
- centrifugação/secagem ar quente,
- extrusão/granulação,
- silo/empacotamento do produto final.

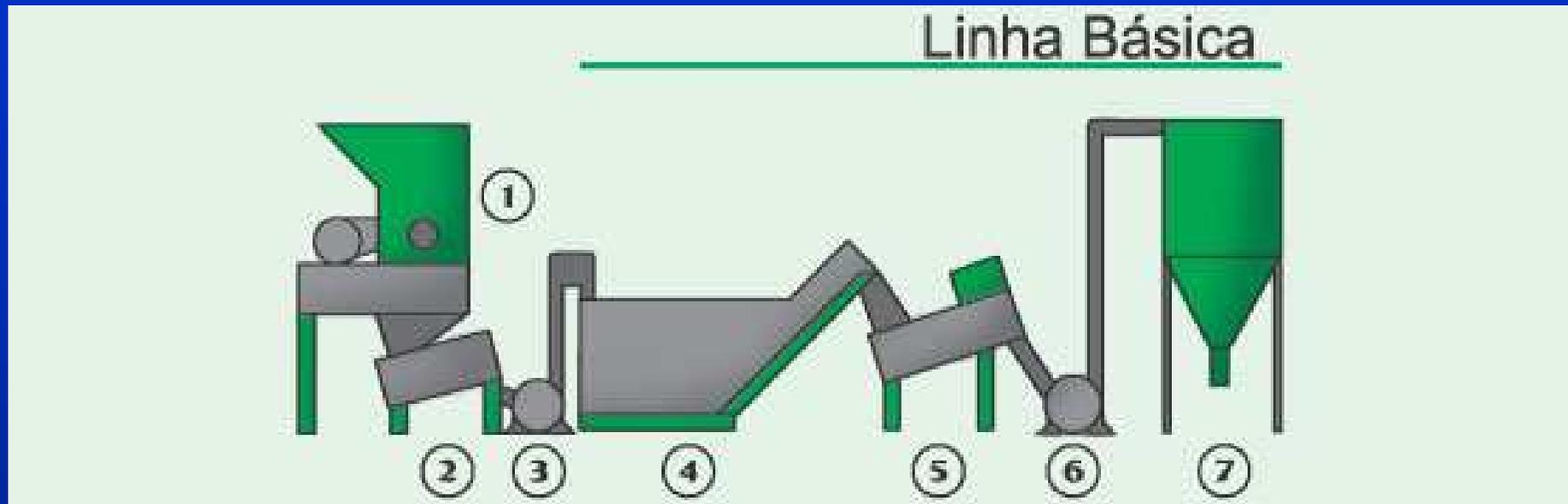


Linha de reciclagem PP e PE



1 Esteira Transportadora - 2 Moinho - 3 Agitador - 4 Roda Transportadora - 5 - Lavadora - 6 Transportador - 7 Secadora - 8 Ventoinha - 9 Silo - 10 Aglutinador - 11 Extrusora 1 - 12 Extrusora 2 - 13 Resfriamento - 14 Granulador - 15 Ensacador

Linha de Reciclagem PET



1 Moinho - 2 Lavadora - 3 Ventoinha - 4 Tanque de flotação - 5 Secadora - 6 Ventoinha - 7 Silo

TRITURADORES

UNO DUE TRE

(eixos)

- *COM UM RESOLVE
- *COM DOIS É MELHOR
- *COM TRÊS É DEMAIS...

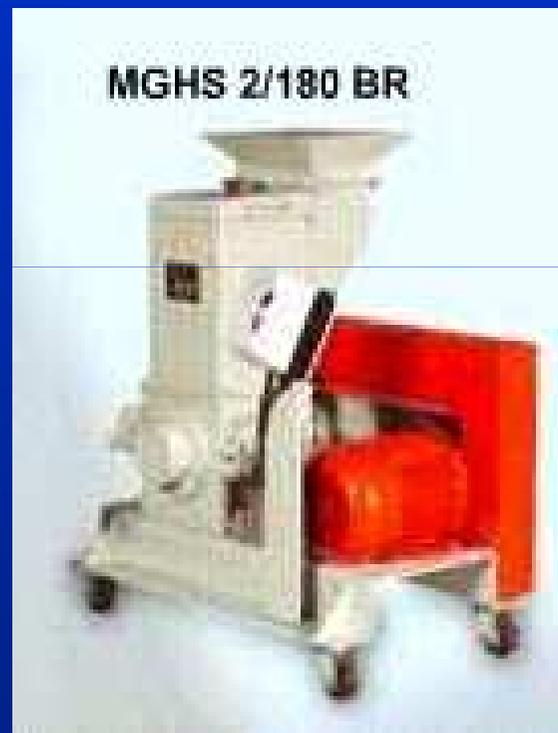


SATRIND
do Brasil
TRITURAÇÃO SEM LIMITE



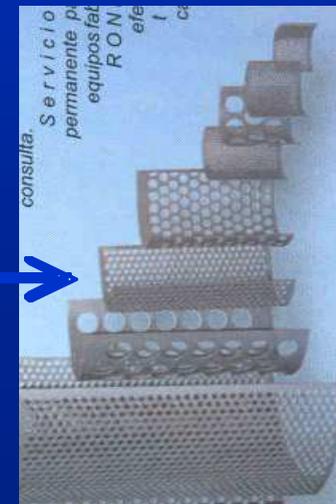
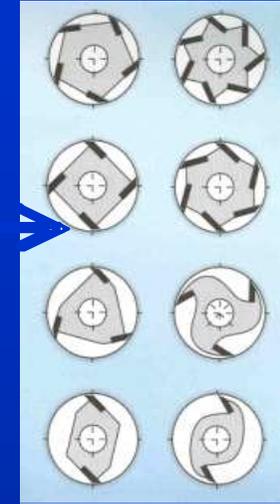
Fonte: Revista Plastico Moderno No. 335, 2002

MOAGEM



Fonte: SEIBT Máquinas para plástico Ltda.

Facas rotativas - Peneiras



Fonte: Moinhos PRIMOTÉCNICA

Fonte: Moinhos RONE

Tanque de flotação (densidade)



Fonte: Kie Máquinas e Plásticos

LAVAGEM - SECAGEM



Lavadora e secadora (centrífuga)

LAVAGEM - SECAGEM



Centrifugal Jet cleaning

Tempo ciclo: 60 sec

0.5-2.5 m³/h para limpar 500 – 600 Kg/hr

**Fonte: Warema High-Speed
Cleaner HSC 500**



Capacidade: 50 – 400 Kg

Potência de aquec.: 4 – 18 Kw

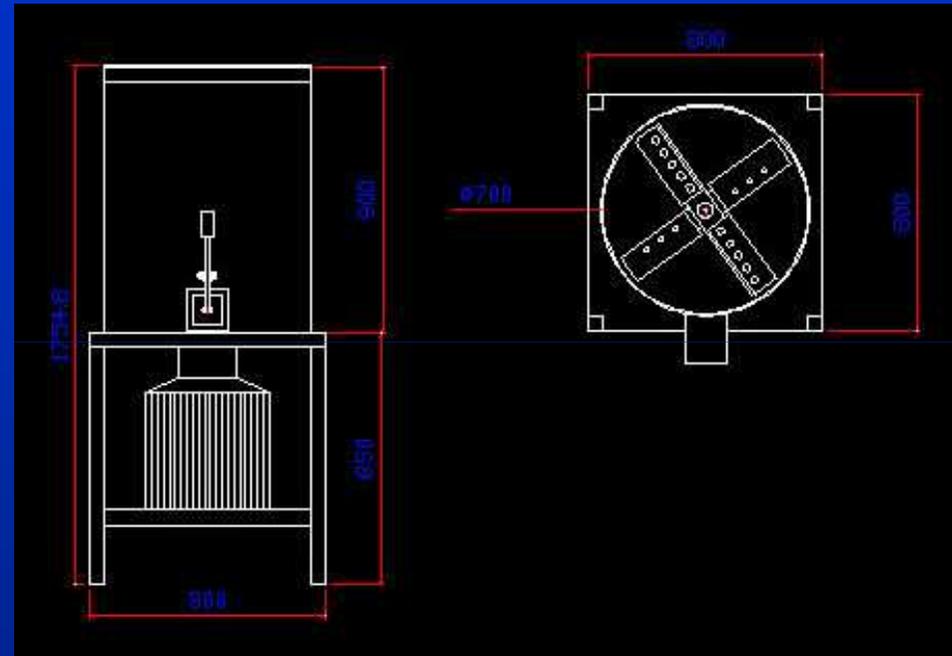
Potencia de sopro: 200 – 400 w

Temp. Secagem: Até 140°C

Fonte: Secador HAW CHIN

Outros Equipamentos

Aglutinador



Fonte: Moinhos RONE e comercializador de máquinas Ltda.

Outros Equipamentos



Extrusora

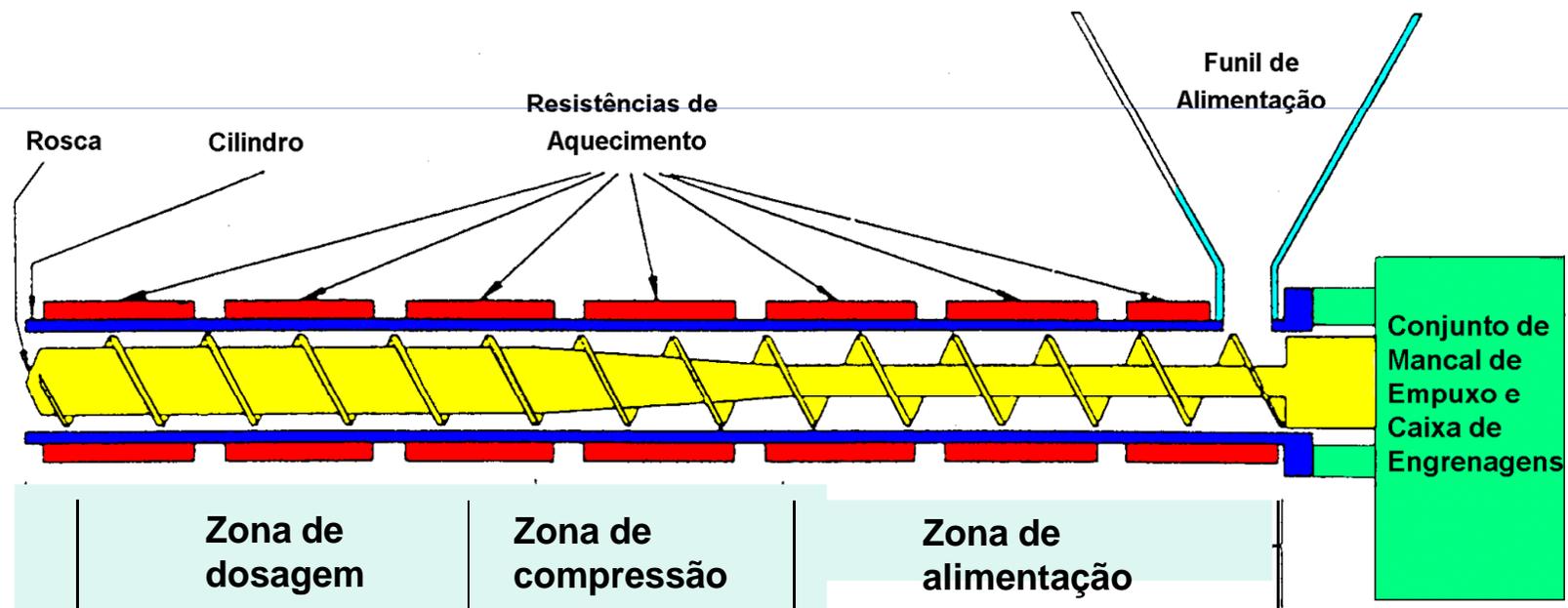


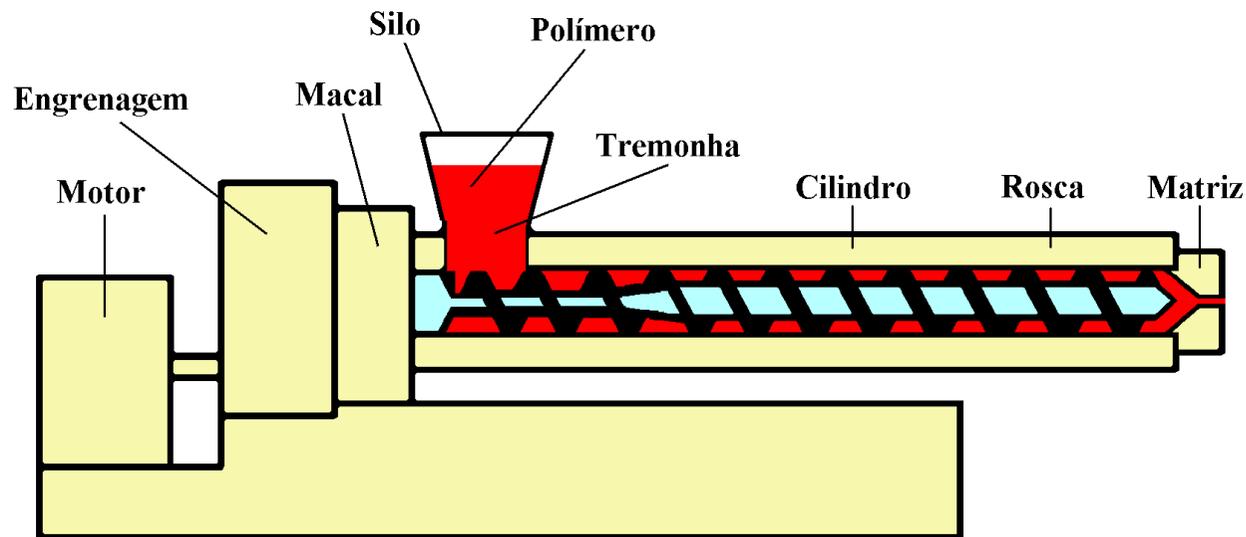
Granulador

Extrusora



Extrusora de Rosca Simples Plastificante





Alimentação

Transporte
de sólidos

Fusão

Bombeamento

Para se controlar o processo de fusão deve-se obedecer as seguintes relações:

- velocidade de transporte de material na Z1 = ou > veloc.fusão, Z2
- Velocidade de fusão, Z2 = ou > velocidade de bombeamento
- Senão: trabalha em “vazio”

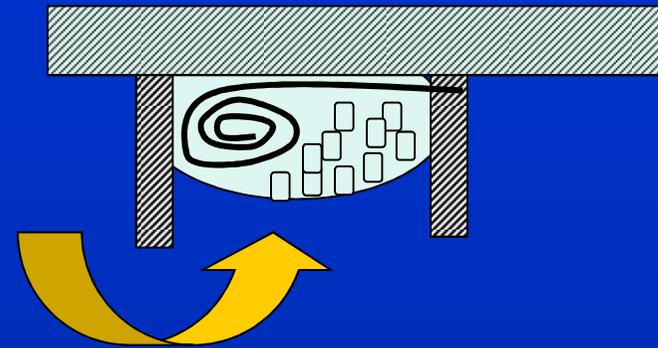
Extrusora Plastificante

Fusão: material em contato com parede do cilindro é recolhido pela rosca.

Aumento de polímero fundido e mistura. Processo de compactação de material e redução da altura do filete (reduzir volume disponível para o polímero): \uparrow pressão \uparrow atrito (calor) e preenchimento total da rosca com expulsão do ar entre os grânulos.

Zona de dosagem ou bombeamento: zona responsável pela quantidade de material enviada para o cabeçote. (Zona de arraste: mov. para frente do fundido e Zona de restrição: corrente de retorno causada por restrições como o cabeçote e filtros.

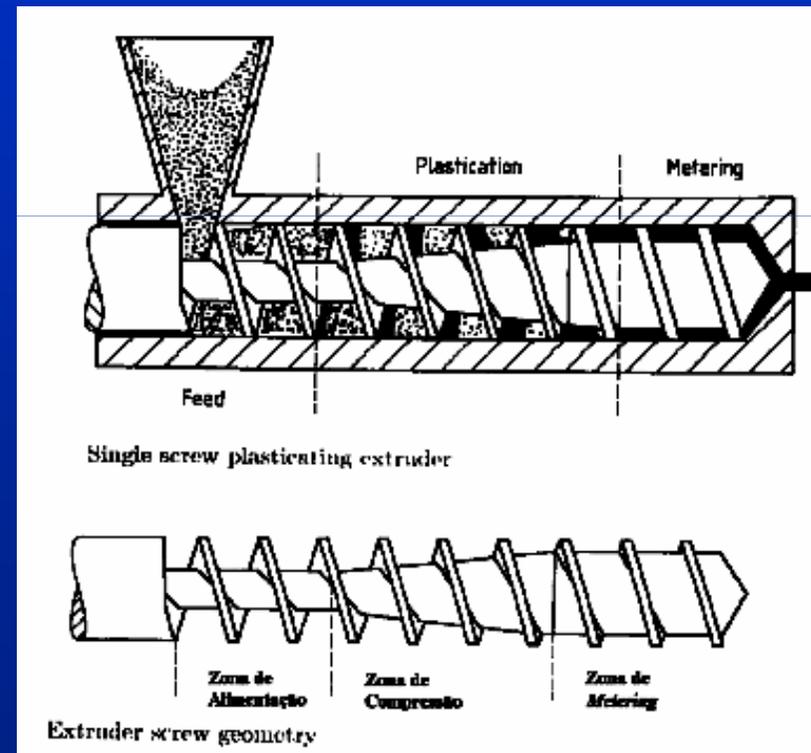
Cabeçote ou filtros: fluxo segue, na direção do cabeçote.



Extrusora Plastificante

Algumas extrusoras tem também uma função de Desgaseificação:

- ✔ Zona de alimentação
- ✔ Zona de compressão
- ✔ Zona de dosagem
- ✔ Descompressão (saída de voláteis)
- ✔ Zona de Compressão
- ✔ Zona de dosagem



EXTRUDADO

EXEMPLO

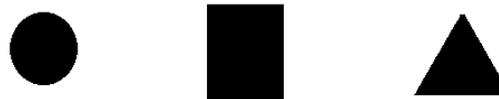
FILMES



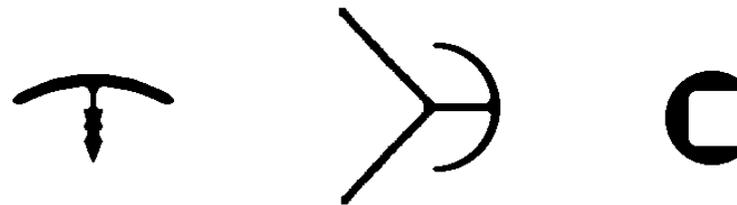
PLACAS



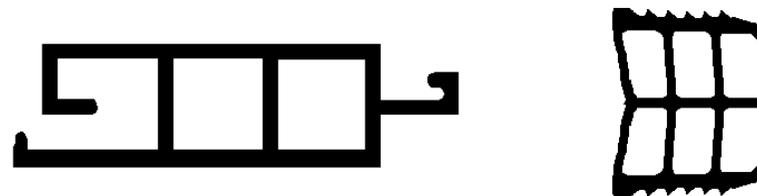
PERFIS
FECHADOS



PERFIS
ABERTOS



PERFIS DE
CÂMARA
OCA



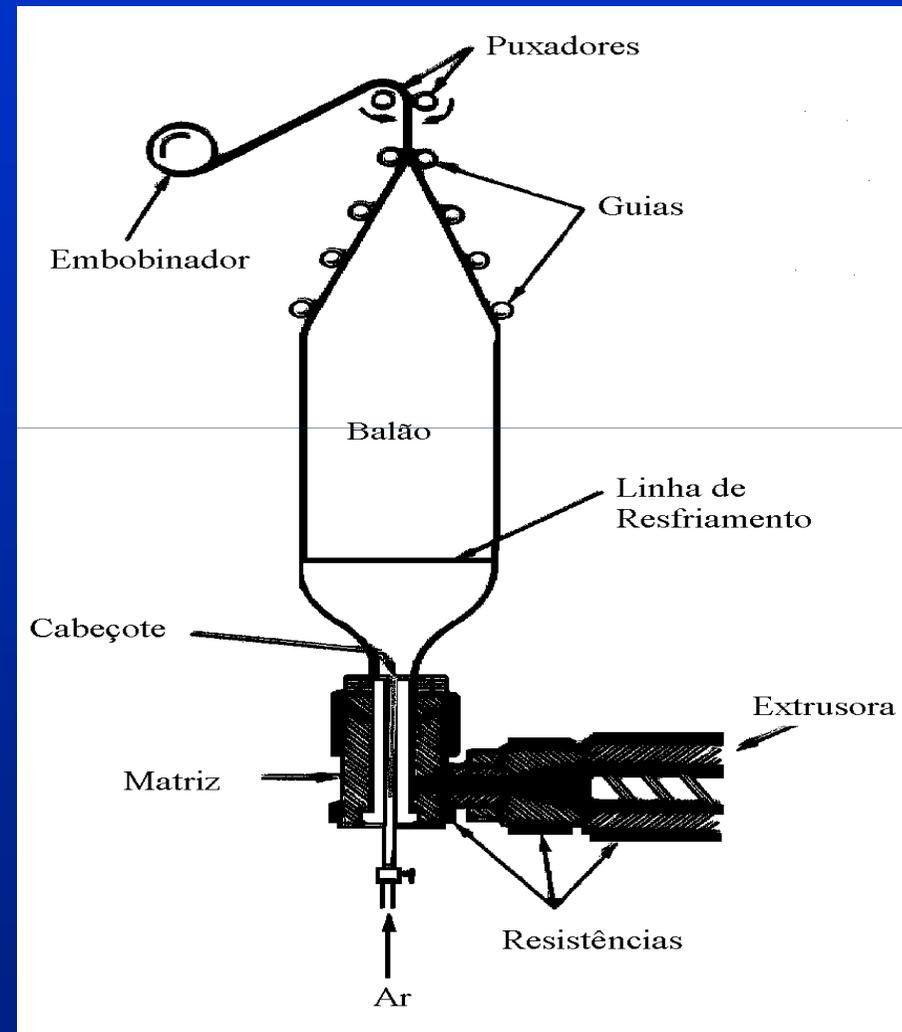
TUBOS



Extrusão de filmes

Na extrusão de filmes e películas pelo processo tubular, o material é extrudado através de um jato de ar soprado e resfriado por outro jato de ar cuja temperatura é controlada. O filme é depois achatado entre dois roletes de tração e é bobinado.

Ex. Fabricação de sacos plásticos.



PROCESSO DE INJEÇÃO



● Aprobado o ISO-9001 & CE-MARK
certificado pela AMTRI VERITAS.

Tipos de Produtos

- Máquinas de Injetoras Termo-plásticos com força de fechamento de 60 à 3000 toneladas.
- Máquinas de Injetoras Termo-fixos com força de fechamento de 60 à 220 toneladas.
- Máquinas de Injetoras Termo-plásticos Co-Injeção com força de fechamento de 140 à 220 toneladas.
- Máquinas de Injetoras Termo-plásticos tipo Sandwich com força de fechamento de 110 à 260 toneladas.
- Máquinas de Injetoras Termo-plástico para PET-Preforma com força de fechamento de 140 à 320 toneladas.



AUTO MODEL FT-90



AUTO MODEL FT-180



AUTO MODEL FT-420



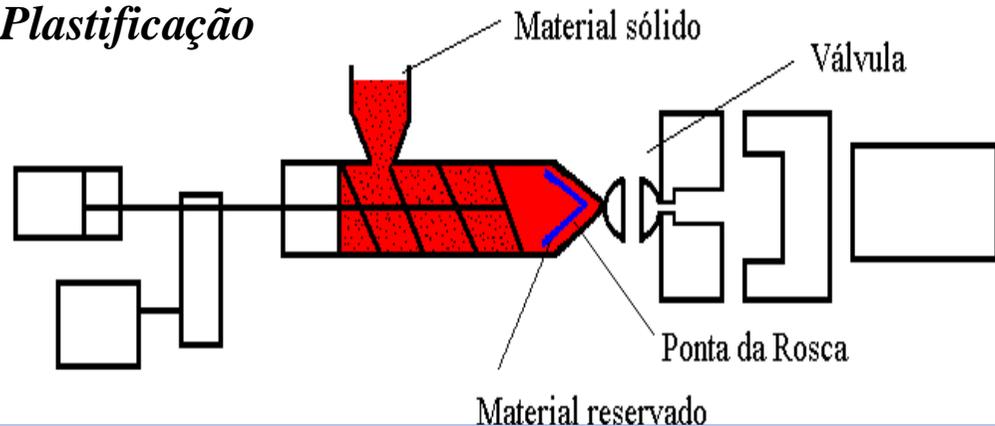
AUTO MODEL HT-860



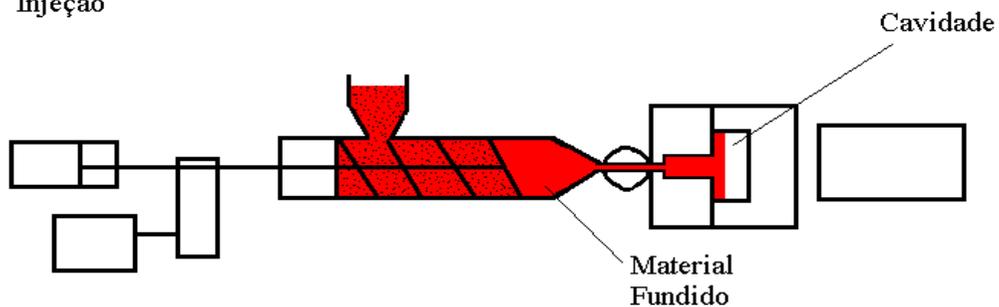
AUTO MODEL FCS-3000

Moldagem por injeção

Plastificação



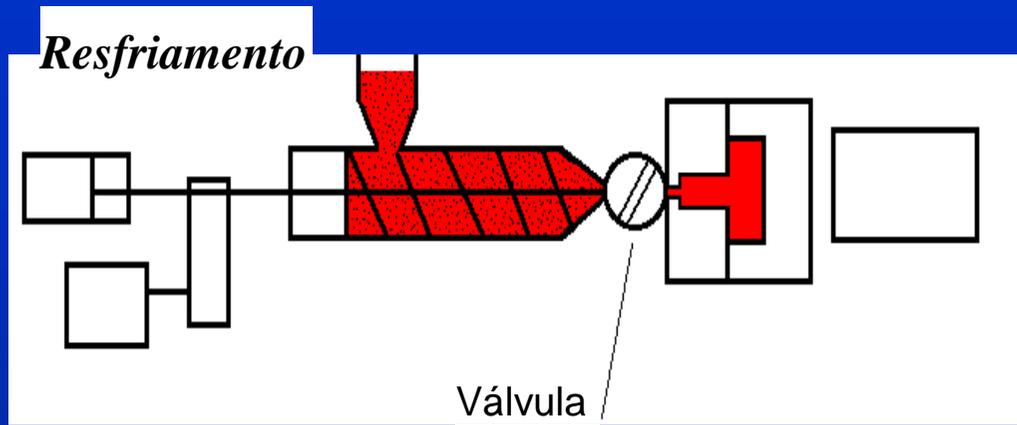
Injeção



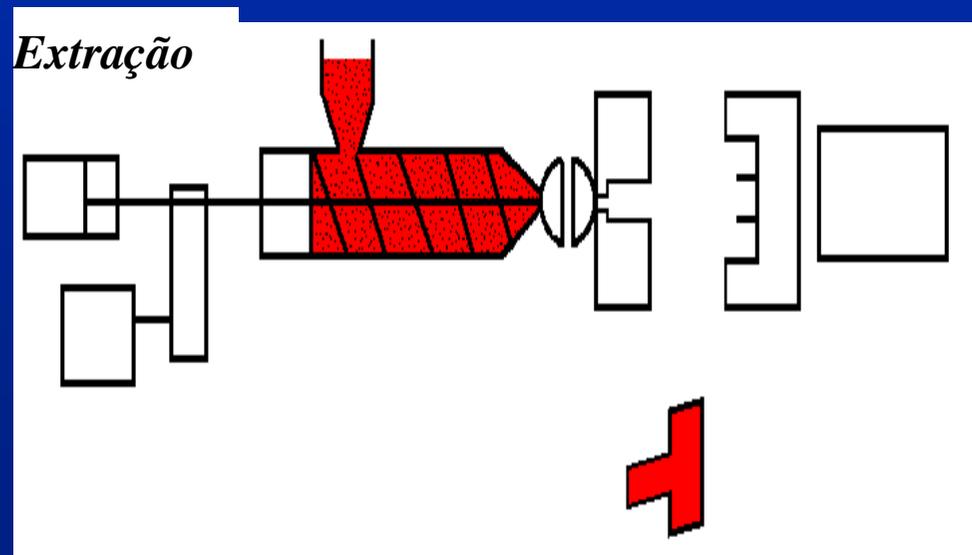
Durante a plastificação o material é transportado da tremonha até a frente da rosca.

- O molde é fechado, a válvula é aberta e o polímero é empurrado para dentro do molde pela rosca que serve de êmbolo.
- Após a injeção, uma grande pressão é aplicada para compensar a retração dimensional no molde por resfriamento. Esta pressão é chamada pressão de recalque.

Moldagem por injeção



O polímero resfria-se dentro do molde até uma temperatura abaixo da T_g (polímeros amorfos) ou abaixo da T_f (polímeros semicristalinos).



- Objeto solidificado é extraído do molde com pinos extratores
- Um novo ciclo pode começar.

Moldagem de uma pré-forma num molde

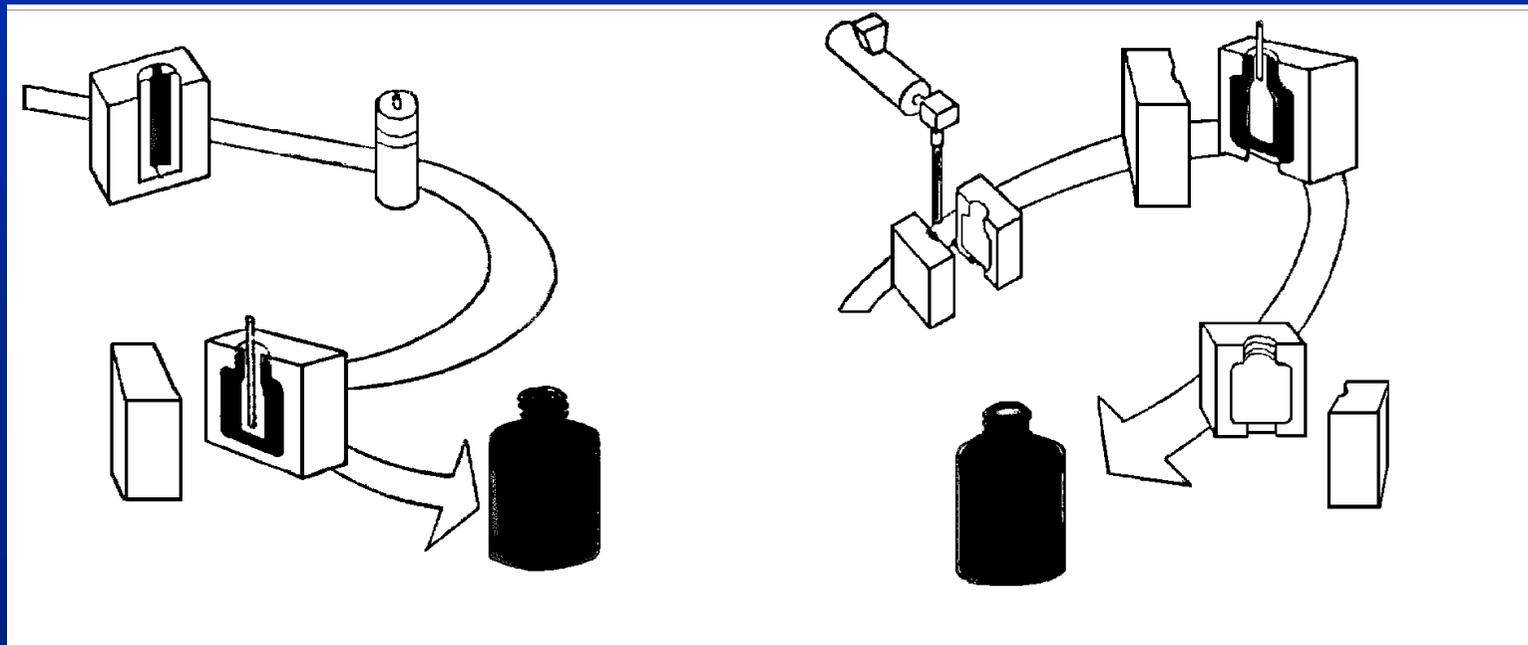
Sopro

Consiste na expansão de um tubo aquecido (núcleo) por meio da injeção de ar até que ele entre em contato com o molde e esfrie.

O núcleo é formado por injeção ou extrusão no interior de um molde bipartido.

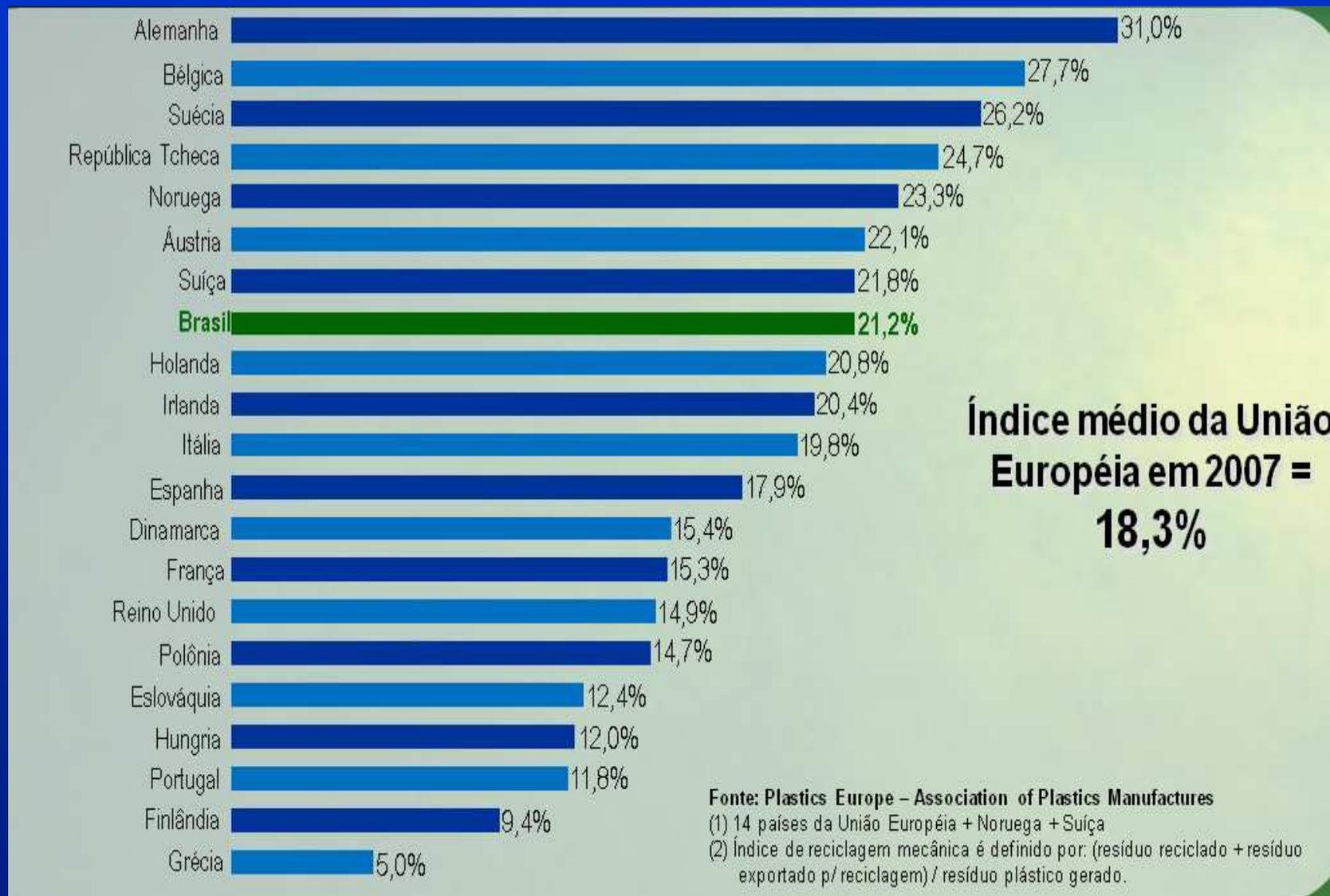
Uma vez frio, o molde é aberto e o recipiente produzido é retirado.

Serve para produzir recipientes.



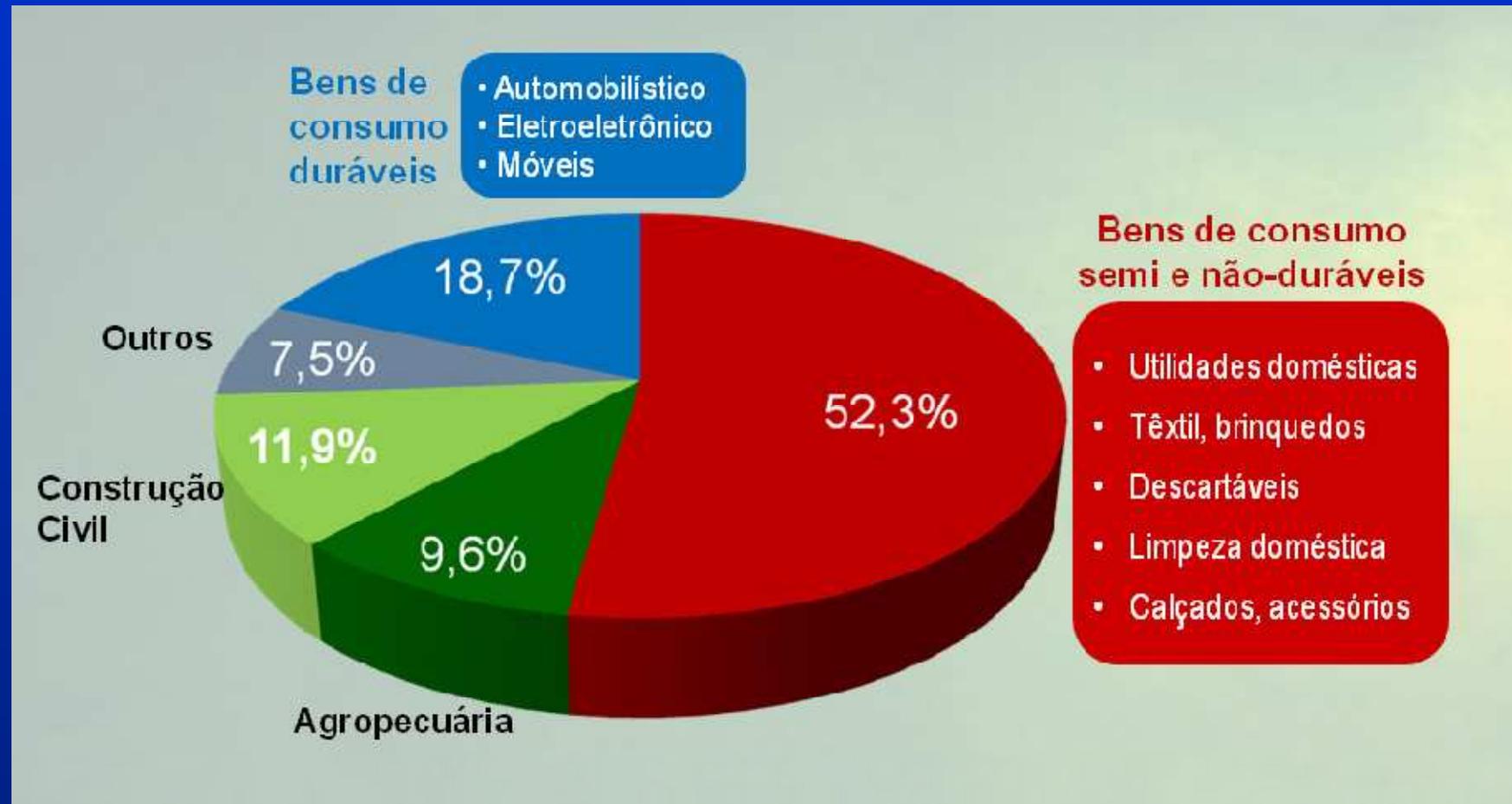
Exemplo de fabricação de uma garrafa usando a técnica do sopro.

Reciclagem Mecânica (pós-consumo)



Fonte: Plastvida.

Distribuição do Segmento de Mercado de Plástico no BRASIL



Fonte : Plastvida Ano base: 2007

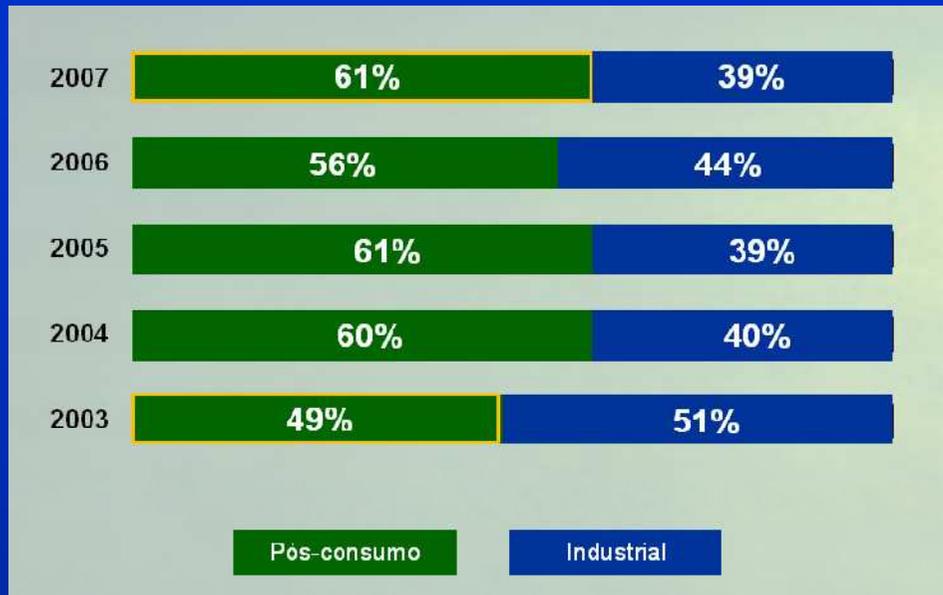
Reciclagem mecânica no Brasil



Reciclagem mecânica no Brasil

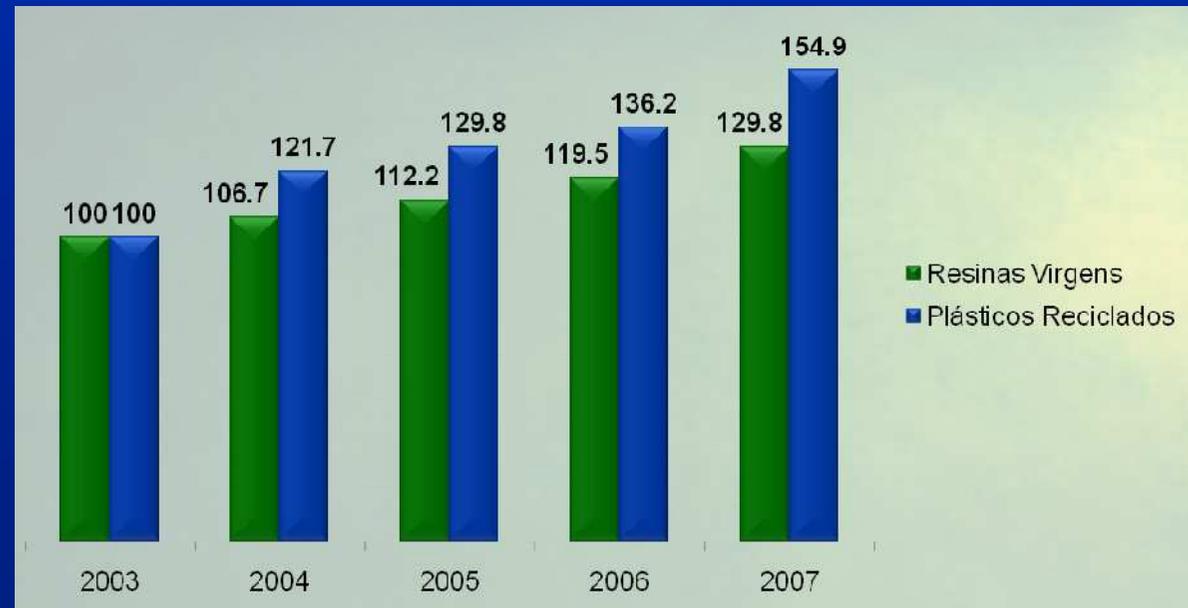


Reciclagem mecânica no Brasil



Reciclagem de plásticos: pós-consumo e resíduo industrial

Consumo de resina virgem e reciclada (BRASIL)



Aplicação para material reciclado (mecânico) no Brasil

Resina	Aplicação	Reciclagem
 1 PET	Garrafas para refrigerante, água, óleo comestível, molho para salada, anti-séptico bucal, xampu	Fibra para carpete, tecido, vassoura, embalagem de produtos de limpeza, acessórios diversos
 2 PEAD	Garrafas para iogurte, suco, leite, produtos de limpeza, potes para sorvete, frascos para xampu	Frascos para produtos de limpeza, óleo para motor, tubulação de esgoto, conduíte
 3 PVC	Filmes estiráveis, berços para biscoitos, frascos para anti-séptico bucal, xampu, produtos de higiene pessoal, <i>blister</i>	Mangueira para jardim, tubulação de esgoto, cones de tráfego, cabos
 4 PEBD	Filme encolhível, embalagem flexível para leite, iogurte, saquinhos de compras, frascos <i>squeezable</i>	Envelopes, filmes, sacos, sacos para lixo, tubulação para irrigação
 5 PP	Potes para margarina, sorvete, tampas, rótulos, copos descartáveis, embalagem para biscoitos, xampu	Caixas e cabos para bateria de carro, vassouras, escovas, funil para óleo, caixas, bandejas
 6 PS	Copos descartáveis, pratos descartáveis, pote para iogurte, bandejas, embalagem para ovos, acolchoamento	Placas para isolamento térmico, acessórios para escritório, bandejas
 7 OUTROS	Embalagem multicamada para biscoitos e salgadinhos, mamadeiras, CD, DVD, utilidades domésticas	Madeira plástica, reciclagem energética

Fatores que impulsionam a Reciclagem Mecânica

- Custo da separação, coleta, transporte, armazenamento e preparação do resíduo, antes do processamento
- Quantidade de material disponível
 - Proximidade da fonte geradora com o local onde o material será reciclado
- Custo do processamento do produto
- Características e aplicações do produto resultante
- Demanda do mercado de material reciclado

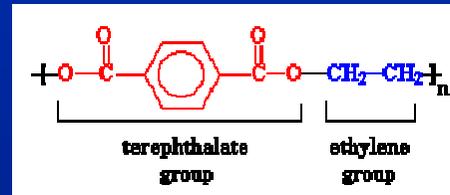
Como melhorar o índice de reciclagem no Brasil

- A federação e os estados devem legislar em favor da reciclagem
- Os municípios devem coletar 100% do lixo urbano e organizar esquemas de coleta seletiva
- Tirar os trabalhadores dos lixões, trazendo - os para cooperativas organizadas
- As indústrias devem investir em informação e tecnologia
- Desenvolver os mercados para os produtos reciclados
- Levar ao público o conhecimento sobre a reciclabilidade dos materiais

Desenvolvimentos tecnológicos

Reciclagem química do PET:

adesivo poliuretânico (diols(**HO-R-OH**) combinados com diisocianatos (**NCO-R'-NCO**) para ser aplicado na colagem das diferentes camadas de filmes que compõem as embalagens flexíveis, empregadas para acondicionar alimentos como batata frita e salgadinhos (Unicamp)



Reciclagem de embalagens Tetrapak: 5% de alumínio, 20% de plástico (PE) e 75% de papel

<http://www.youtube.com/watch?v=JSSjtut9pdU>

<http://www.youtube.com/watch?v=LW-ySmlV3c8&feature=related>



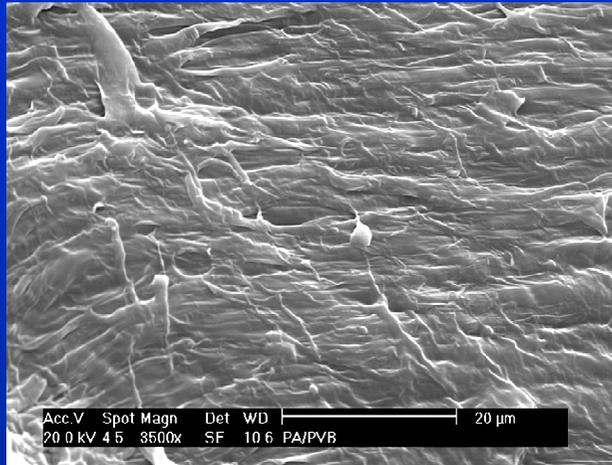
PP e PE metalizado

Desenvolvimentos tecnológicos

Reciclagem mecânica:

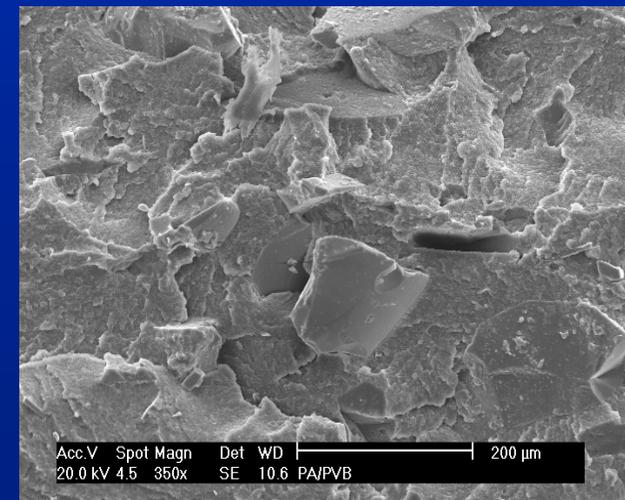


Desenvolvimentos tecnológicos

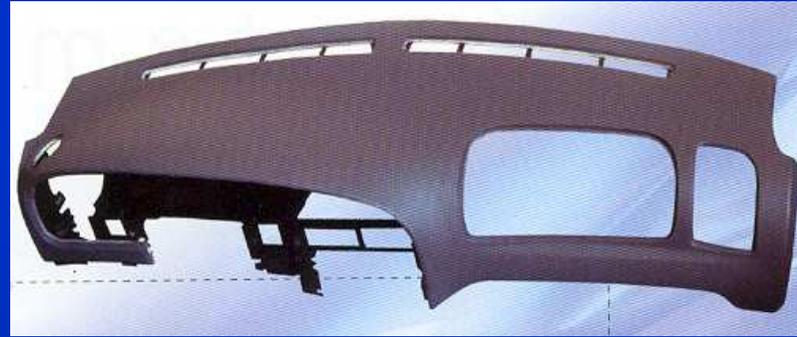


Propriedade	PA-6 / borracha	PA-6 / borracha	PA-6 / borracha / carga mineral
Módulo de elasticidade	1000	500	2500
Resistência à tração no ponto de escoamento (MPa)	39	34	45
Resistência ao impacto Izod com entalhe (kJ/m ²)	82	80	7
Temperatura de fusão (°C)	222	222	222

Propriedade	PA-6 / PVB R1 (60:40) 1E	PA-6 / PVB R2 (60:40) 1E	PA-6 / PVB (80:20) + vidro 1E
Módulo de elasticidade	1091	1136	2178
Resistência à tração no ponto de escoamento (MPa)	37	36	36
Resistência ao impacto Izod com entalhe (kJ/m ²)	103	99	28
Temperatura de fusão (°C)	221	220	221



PA-6 / filme de PVB



PA-6 / filme de PVB + vidro particulado



Desenvolvimentos tecnológicos

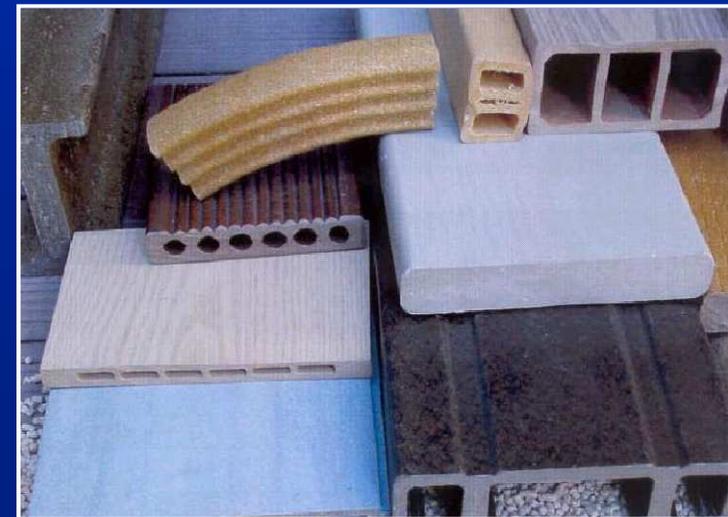
MADEIRA PLÁSTICA

Material plástico que apresenta propriedades finais semelhantes à madeira

Projeto nacional, utiliza embalagens descartadas como fonte de matéria-prima: o PEAD.

Contém farinha de madeira ou fibra de madeira (até 50%) dispersa em matriz polimérica

PE é o polímero mais utilizado, seguido de PP, PVC e PS



Desenvolvimentos tecnológicos

MADEIRA PLÁSTICA

- Coleta e separação das embalagens
 - Moagem
 - Extrusão do perfil
 - Resfriamento
 - Acabamento
-
- Processamento: os aditivos e a farinha de madeira, ou fibra de madeira, são misturados ao polímero fundido (fusão delimitada a 200-220°C). Depois se obtém o perfil através da passagem da massa por um molde



Desenvolvimentos tecnológicos

MADEIRA PLÁSTICA



- Vendas em 2007 superiores a US\$ 5 bi (EUA)
- 66% destinados a construção de decks e cercas, 30% voltada para janelas e portas
- Mercado fora dos EUA e Europa é muito pequeno ainda

Consultar:

institutodopvc/reciclagem/200.htm

ticiane.valera@poli.usp.br

hwiebeck@usp.br

Bibliografia consultada

PMT-2100 Introdução à Ciência dos Materiais para Engenharia

<http://www.plastivida.org.br/2009/Default.aspx>

Márcia Aparecida da Silva Spinacé, Marco Aurelio De Paoli, Quim. Nova, Vol. 28, No. 1, 65-72, 2005.

Ana Magda Piva e Hélio Wiebeck, Reciclagem do plástico, Editora Artliber, 2004.

Sara Hulse, Plastics product recycling, Rapra Technology, 2000.

WOOD PLASTIC COMPOSITE (WPC)