

**SMC**

**BMC**

**Moldes – Conceitos Gerais**

**SMC de Baixa Pressão**

Reginaldo Murari - Novembro de 2010

# Parcerias



**menzolit<sup>®</sup>** +





Fundada em **1993**, a **F.B.Mix** dedica-se, **exclusivamente**, à fabricação de **BMC** e **SMC**, com equipe especializada, qualificação ISO e instalações próprias. Também presta consultoria de projeto/implantação de sistemas produtivos de peças e componentes em BMC e SMC a clientes no Brasil e Mercosul.



Empresa especializada em termofixos e parceira da F.B.Mix, com um Acordo de Transferência de Tecnologia e Uso de Marcas para o Brasil.

Fundada em **1948**, até **2007** incluía a **Menzolit-Fibron** (líder mundial na prensagem de peças de SMC. Vendida para não concorrer com seus próprios clientes), e **Menzolit Compounds Group**, líder mundial em pesquisa e produção de compostos **BMC** e **SMC**, com dezenas de patentes nestas, inclusive em **SMC de Baixa Pressão**



Criada em **2003** tendo como proposta desenvolver aplicações para os produtos em **SMC/BMC** e **PULTRUDADOS** acompanhando as fases de projeto, protótipos, construção de ferramentas e dispositivos, try-outs, desenvolvimento de embalagens, aprovação final do produto e Folha de Processo dos Projetos acompanhados.



# SMC e BMC

# SMC (Sheet Moulding Compound) e BMC (Bulk Moulding Compound)

O **SMC** e **BMC** foram inventados nos **anos 60** quando Engenheiros Químicos descobriram que algumas resinas de poliéster não saturadas podiam ser manipuladas para "engrossarem" (antes da cura ou ligação cruzada) partindo de uma substância líquida, melada e pegajosa e chegando a um material mais espesso e assemelhado ao couro.



# Características

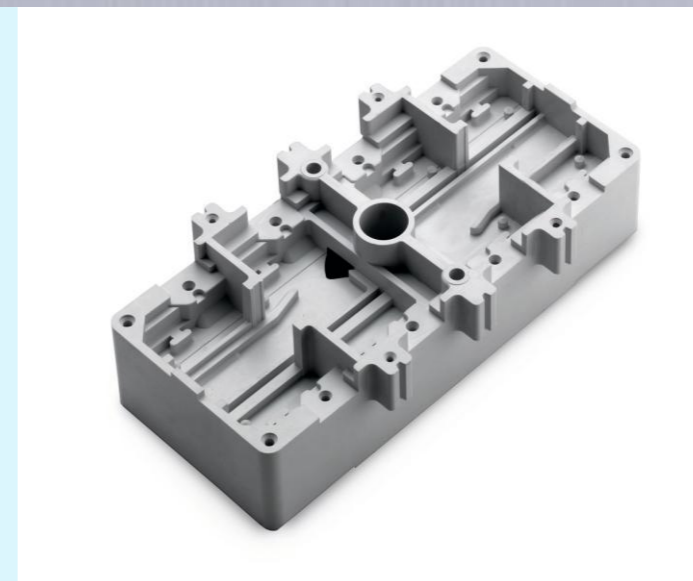
- Baixo peso
- Facilidade de pintura
- Facilidade de rebarbação
- Integração de partes
- Isolamento acústico
- Isolante térmico
- Isolante elétrico
- Liberdade de design
- Permite insertos metálicos pré ou pós moldagem
- Pode ser pigmentado
- Precisão dimensional
- Propriedade de auto extinção
- Resistente à corrosão
- Resistente à óleo
- Resistente à temperatura
- Resistente à raios UV
- Superfície classe A

# Aplicações



# Elétrico

- Gabinetes
- Disjuntores
- Suporte de Pára-Raios
- Porta Escovas
- Isolamento de Eixos



# Eletrodoméstico

## Base do Ferro Elétrico



# Metrô, móveis escolares e Estádios

- Assentos do metrô
- Carterias escolares
- Assentos de estádios



# Automotivo

## Defletores de faróis



# Automotivo

## Componentes Funcionais

Tampa de válvulas

Headlight

Pára-sol

Spoiler

## Corpo

Portas

Porta malas

Teto

Capô

Defletores de ar



## Elementos Estruturais

Caixa de estepe

Front Ends

Bumper



# Caminhões

## Componentes Funcionais

Teto

Caixa de Ferramentas

Tampa da Caixa de Ferramentas

## Corpo

Portas

Teto

Degrau e Pára-lama

Defletores de ar

Painéis Frontais e Laterais

## Elementos Estruturais

Caixa do Cárter

Piso da Cabine

Bumper



# Setor Agrícola

## Corpo

Painéis Frontais e Laterais

Portas

Teto

Degrau



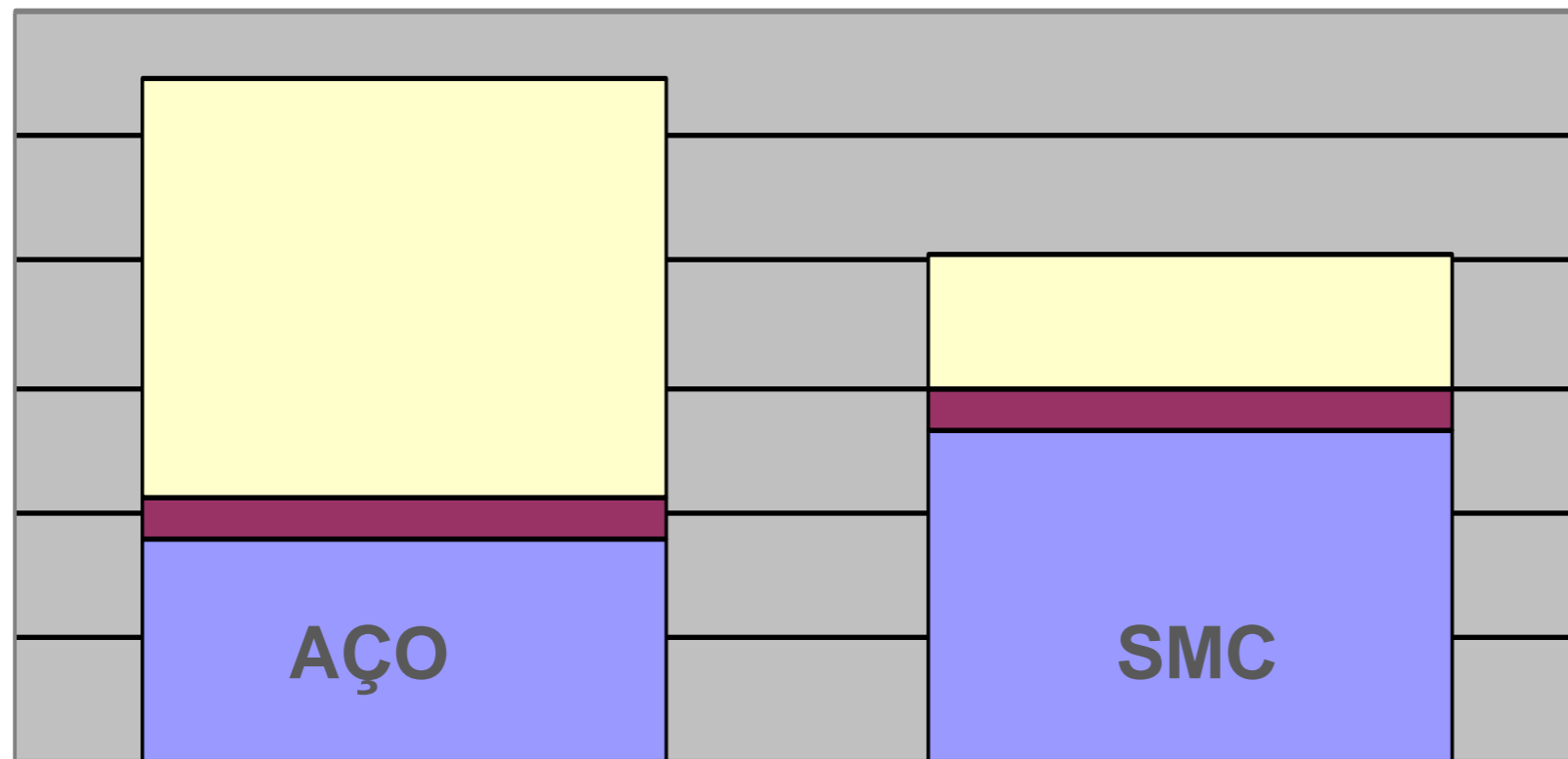
# SMC x Aço



# Comparativo de Custos

## Capô Classe "A"

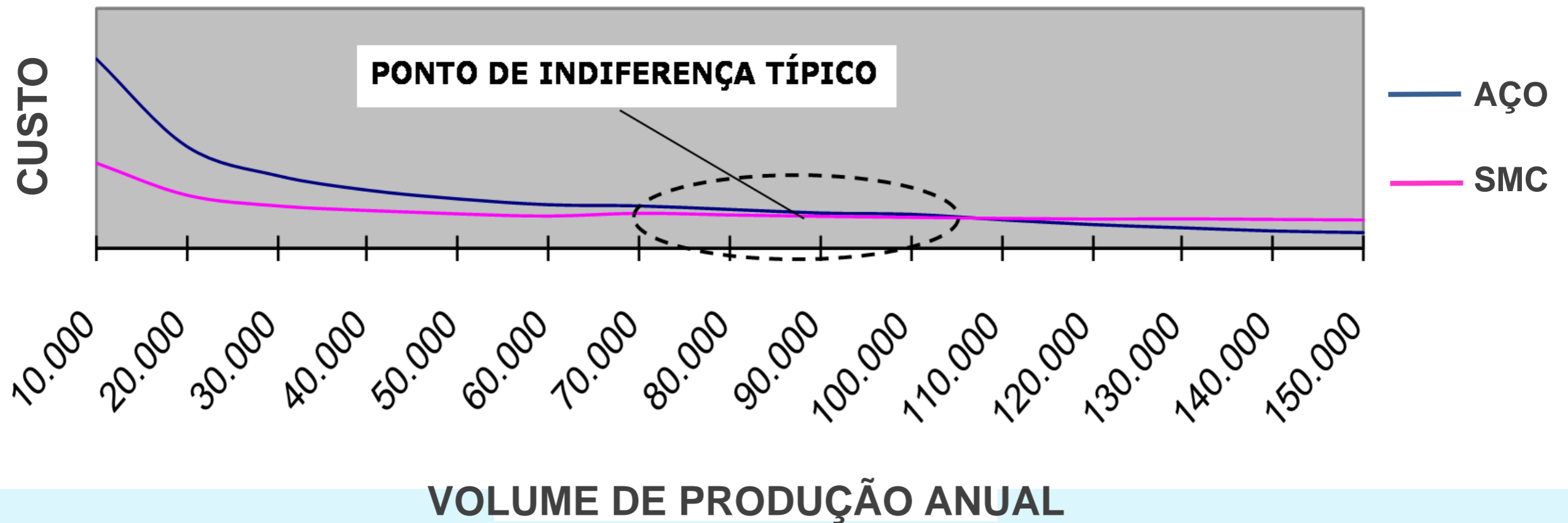
CUSTO POR PEÇA /  
UNIDADES ANUAIS



- FERRAMENTAL
- M.O. DIRETA
- MATERIAIS DIR.

# Comparativo de Custos

## CUSTO TOTAL DO AÇO x SMC



# Comparativo de Redução de Massa

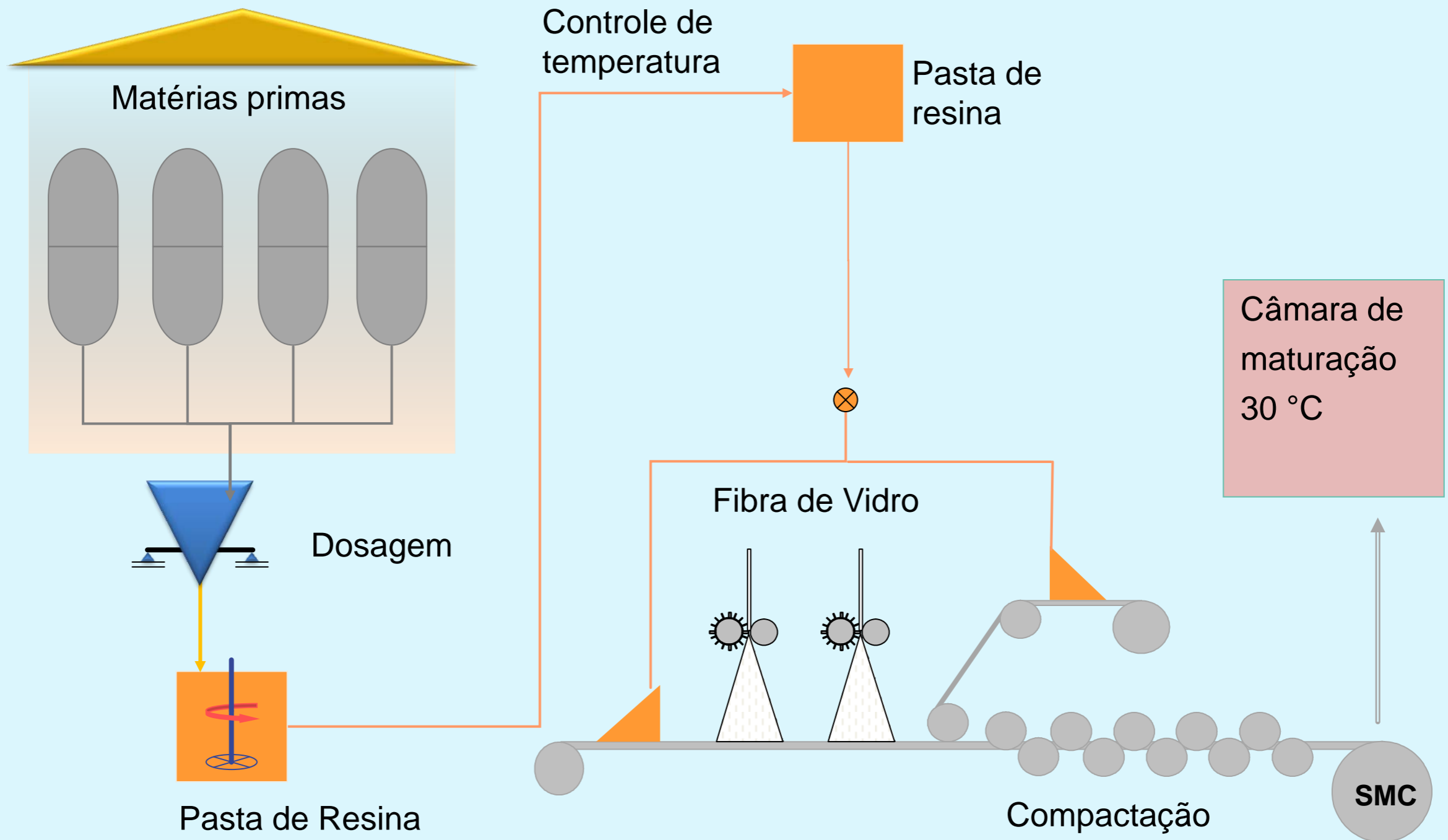
| APLICAÇÕES                                | SMC (kg)      | AÇO (kg)      |
|---|---------------|---------------|
| Capô do motor                             | 13,62         | 18,16         |
| Tampa do porta mala                       | 13,62         | 18,16         |
| Piso porta-malas c/ porta-estepe          | 9,08          | 12,26         |
| Portas (direita e esquerda)               | 13,62         | 18,16         |
| Paralamas dianteiros (direito e esquerdo) | 13,62         | 18,16         |
| Paralamas traseiros (direito e esquerdo)  | 6,81          | 9,08          |
| Caixa de rodas dianteiras                 | 5,45          | 7,26          |
| Caixa de rodas traseiras                  | 5,45          | 7,26          |
| Tampa do carter e comandos                | 4,54          | 5,90          |
| Painel frontal com grade                  | 4,54          | 5,90          |
| Reforço do painel frontal                 | 3,63          | 4,99          |
| Teto                                      | 3,63          | 4,99          |
| Spoiler                                   | 3,63          | 4,99          |
| Suporte da placa de identificação         | 0,91          | 1,36          |
| Porta do combustível                      | 0,41          | 0,45          |
| <b>TOTAL kg</b>                           | <b>102,60</b> | <b>137,08</b> |
| <b>Redução de peso (kg)</b>               | <b>34,48</b>  | <b>0,00</b>   |
| <b>Redução SMC x AÇO (%)</b>              | <b>25,15%</b> |               |

| VOLUME ANUAL | AÇO  | SMC  |
|--------------|------|------|
| 10.000       | 2,19 | 1,00 |
| 30.000       | 0,84 | 0,50 |
| 50.000       | 0,57 | 0,40 |
| 70.000       | 0,49 | 0,41 |
| 90.000       | 0,41 | 0,38 |
| 110.000      | 0,33 | 0,35 |



**SMC** 1,85kg/dm<sup>3</sup>

# Processo de produção do SMC

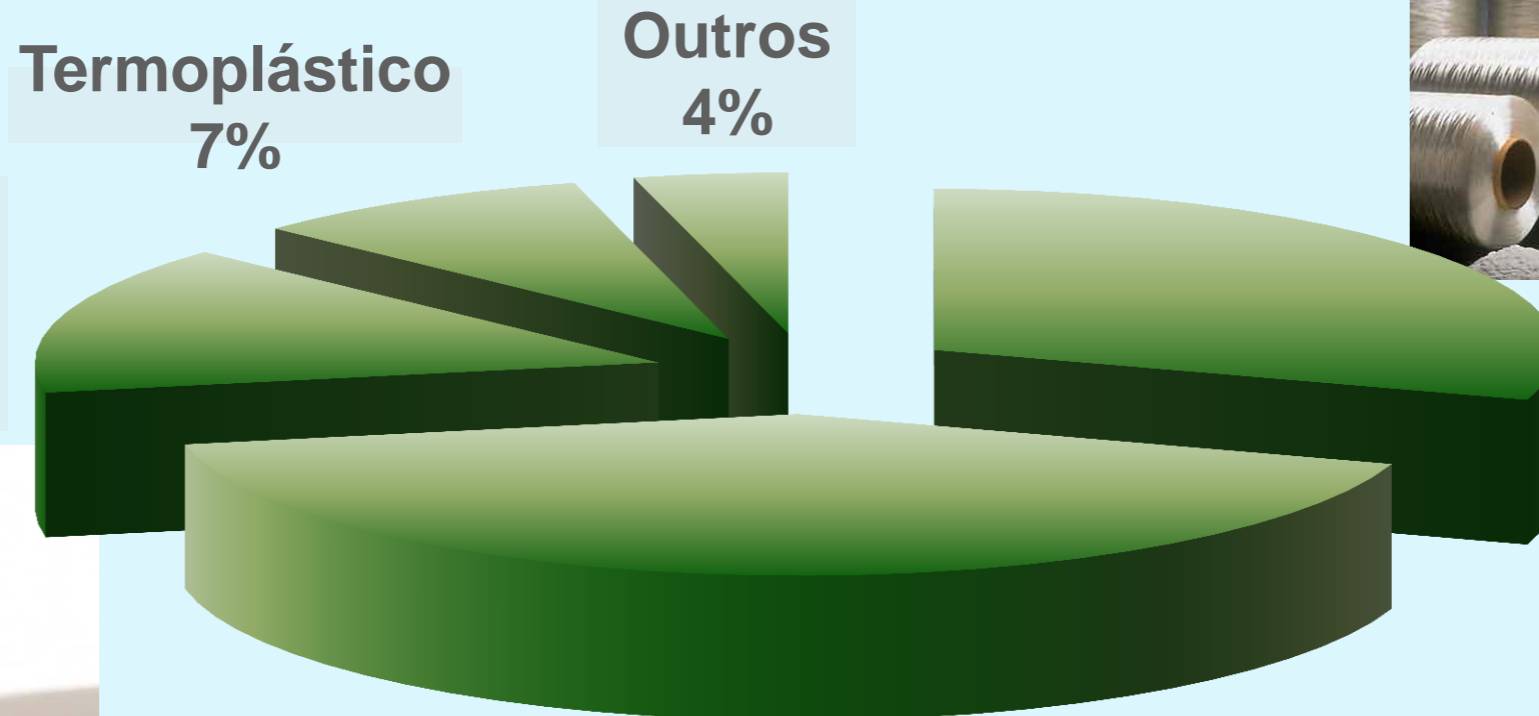


# Formulação típica de SMC

Peso Específico: 1,85 kg/dm<sup>3</sup>



Fibras de vidro  
30%



Resina  
Poliéster  
20%



Cargas  
30%

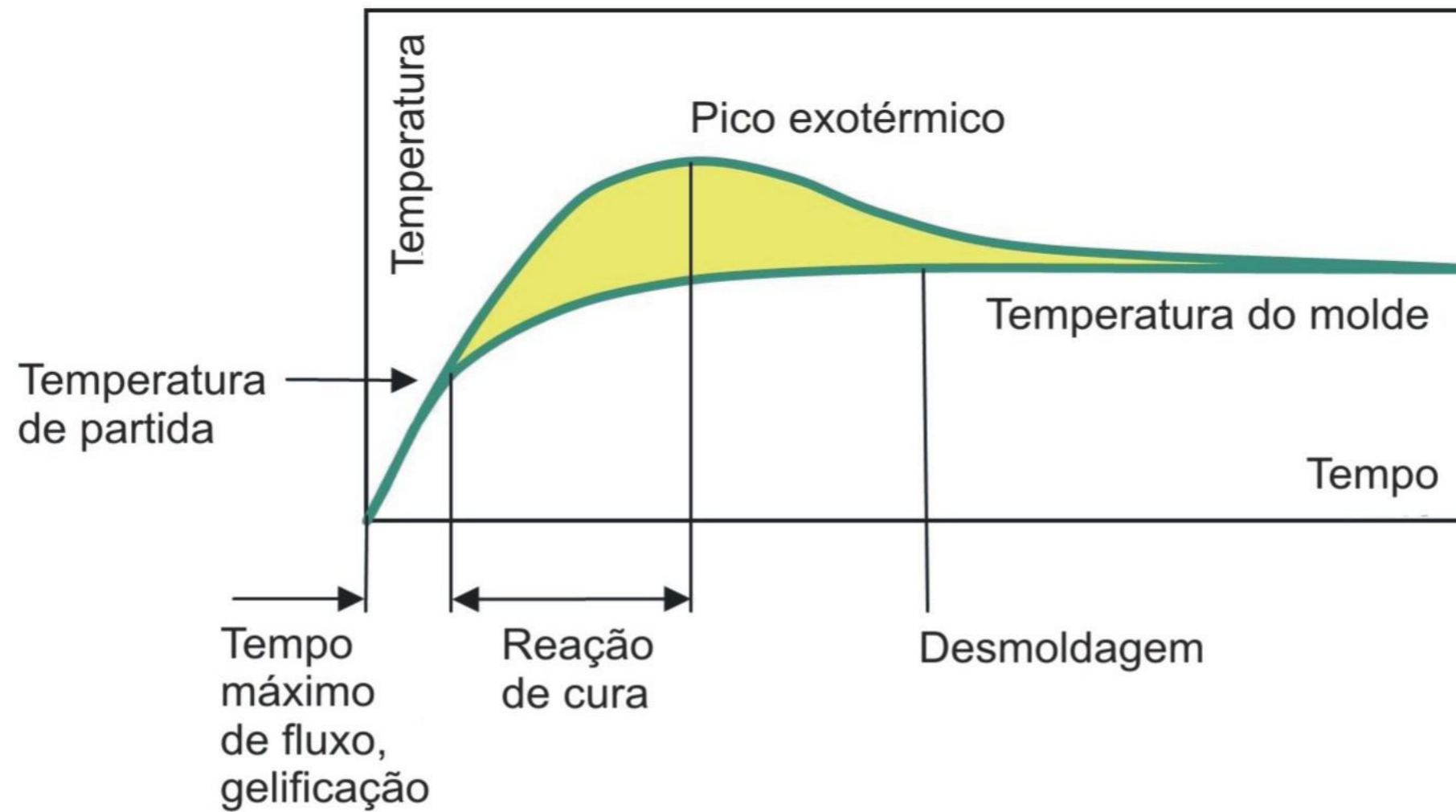


# Viscosidade e maturação do SMC x tempo

Este processo de espessamento começa imediatamente após a mistura de resina espessante na linha de produção de SMC e geralmente continua pelos próximos **3 dias**.

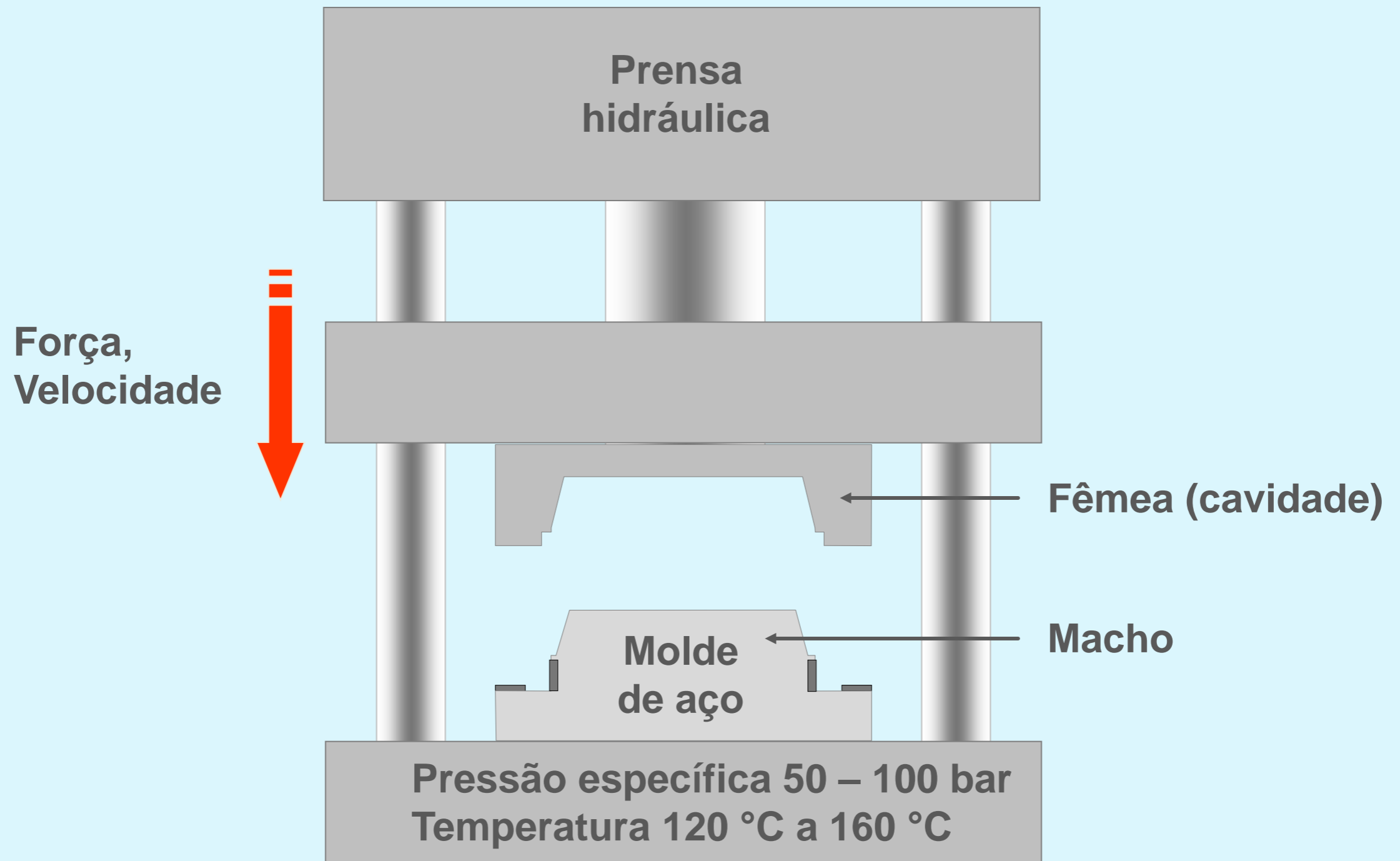
É importante que durante esta fase de espessamento a temperatura do armazenamento fique em um nível constante (30°C) para assegurar um espessamento consistente.

# Cura do SMC (Temperatura x Tempo)

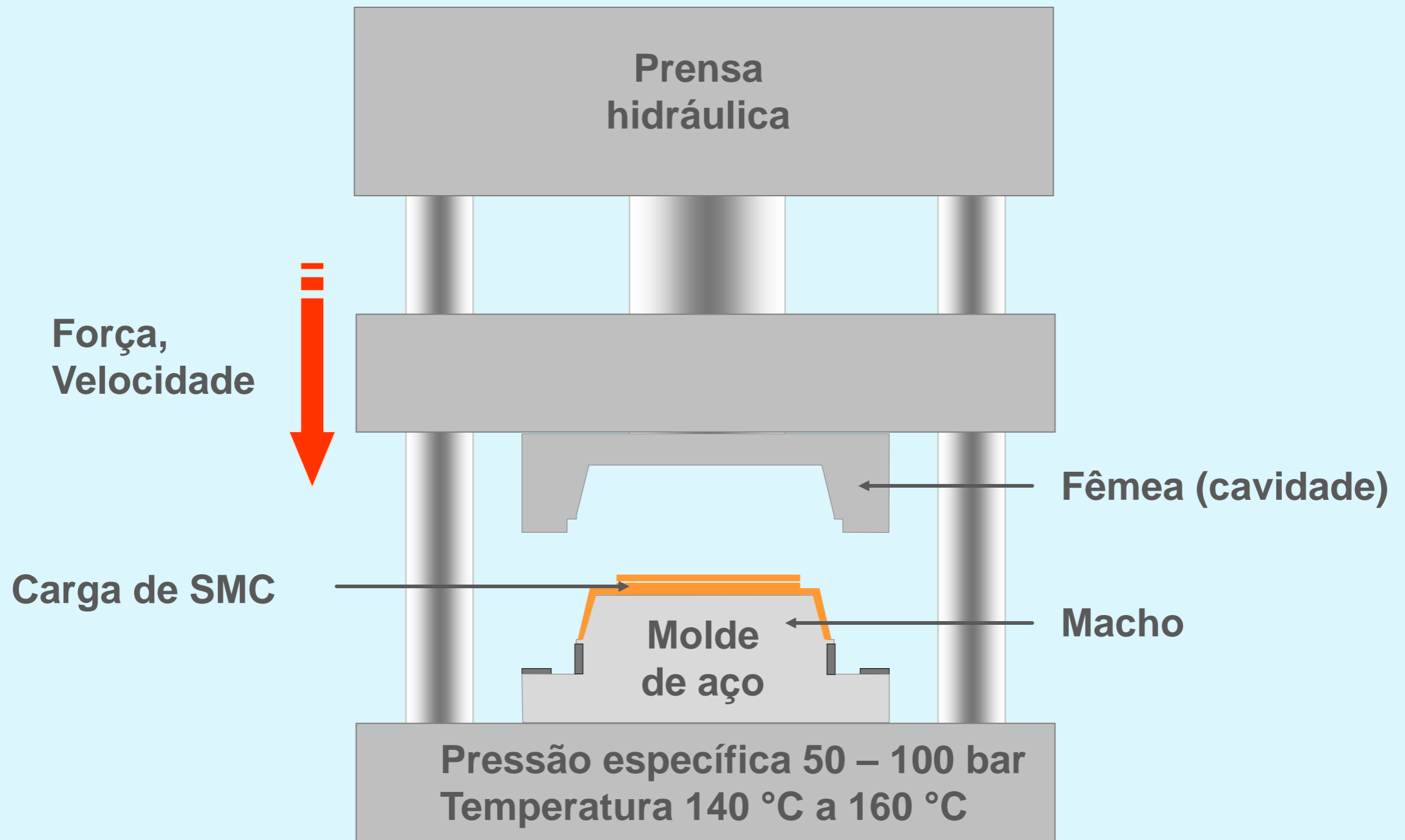




# Processo padrão de moldagem do SMC



# Processo padrão de moldagem do SMC



# Propriedades

| SMC Série                     |  |                    |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|--|--------------------|------|------|------|------|------|
| Característica                | Norma                                  | Unidade            | SXC  | SXD  | SXE  | SXF  | SXJ  |
| Resistência à Flexão          | ASTM D-790                             | Kg/cm <sup>2</sup> | 1100 | 1250 | 1400 | 2000 | 3000 |
| Resistência à Tração          | ASTM D-638                             | Kg/cm <sup>2</sup> | 420  | 560  | 700  | 900  | 1200 |
| Resistência à Compressão      | ASTM D-695                             | Kg/cm <sup>2</sup> | 1400 | 1650 | 1900 | 2000 | 2200 |
| Resistência ao Impacto        | ASTM D-256                             | Kg.cm/cm           | 38   | 65   | 82   | 95   | 120  |
| Densidade                     | ASTM D-792                             | g/cm <sup>3</sup>  | 1,75 | 1,75 | 1,73 | 1,70 | 1,70 |
| Contração                     | ASTM D-955                             | %                  | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Dureza                        | ASTM D-2583                            | Barcol             | 40   | 45   | 45   | 45   | 45   |
| Absorção de Água              | ASTM D-570                             | %                  | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| HDT # 18,6 kg/cm <sup>2</sup> | ASTM D-648                             | °C                 | 204  | 204  | 204  | 204  | 204  |
| Rigidez Dielétrica            | ASTM D-635                             | Kv/mm              | 13   | 13   | 13   | 13   | 13   |
| Auto Extinção                 | De acordo com a necessidade do Cliente |                    |      |      |      |      |      |
| Resistência à UV              | De acordo com a necessidade do Cliente |                    |      |      |      |      |      |
| Cor                           | De acordo com a necessidade do Cliente |                    |      |      |      |      |      |

**Fibra de vidro: 13 mm de comprimento**

**X = G** (uso Geral), **A** (Auto extingüível) ou **L** (Low Profile)



**menzolit**<sup>®</sup> +



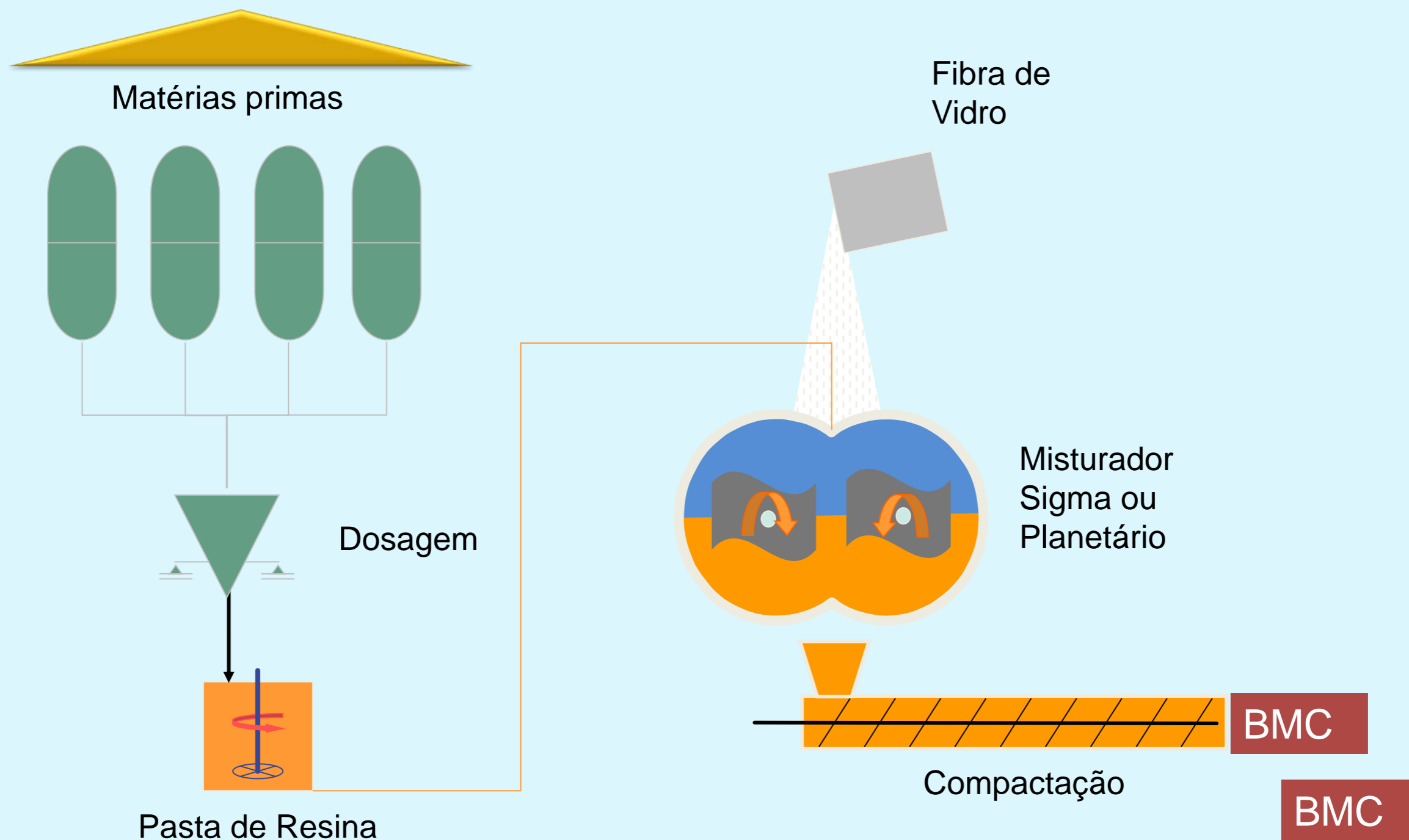
**BMC 1,75kg/dm<sup>3</sup>**



**menzolit<sup>®</sup>** +

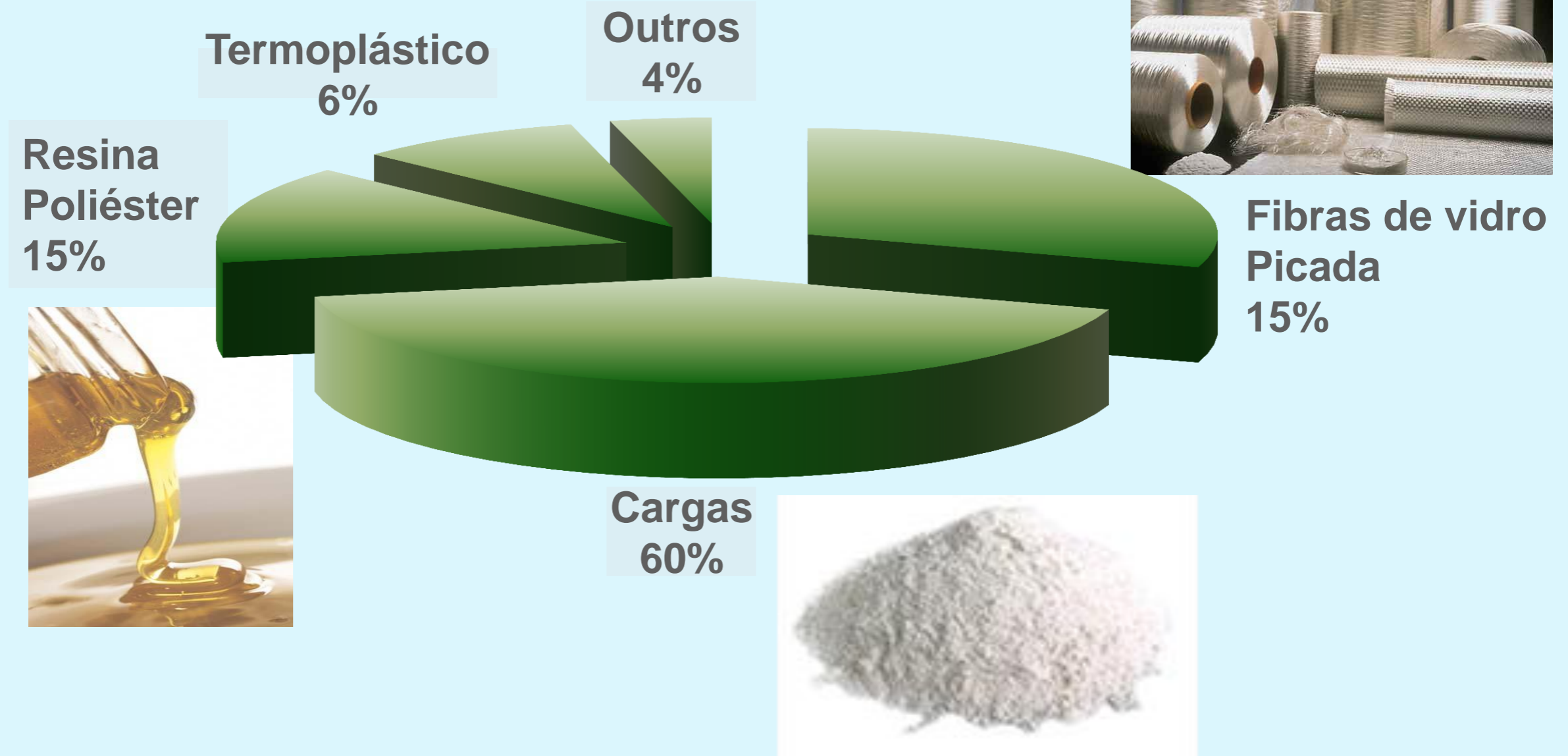


# Processo de produção do BMC

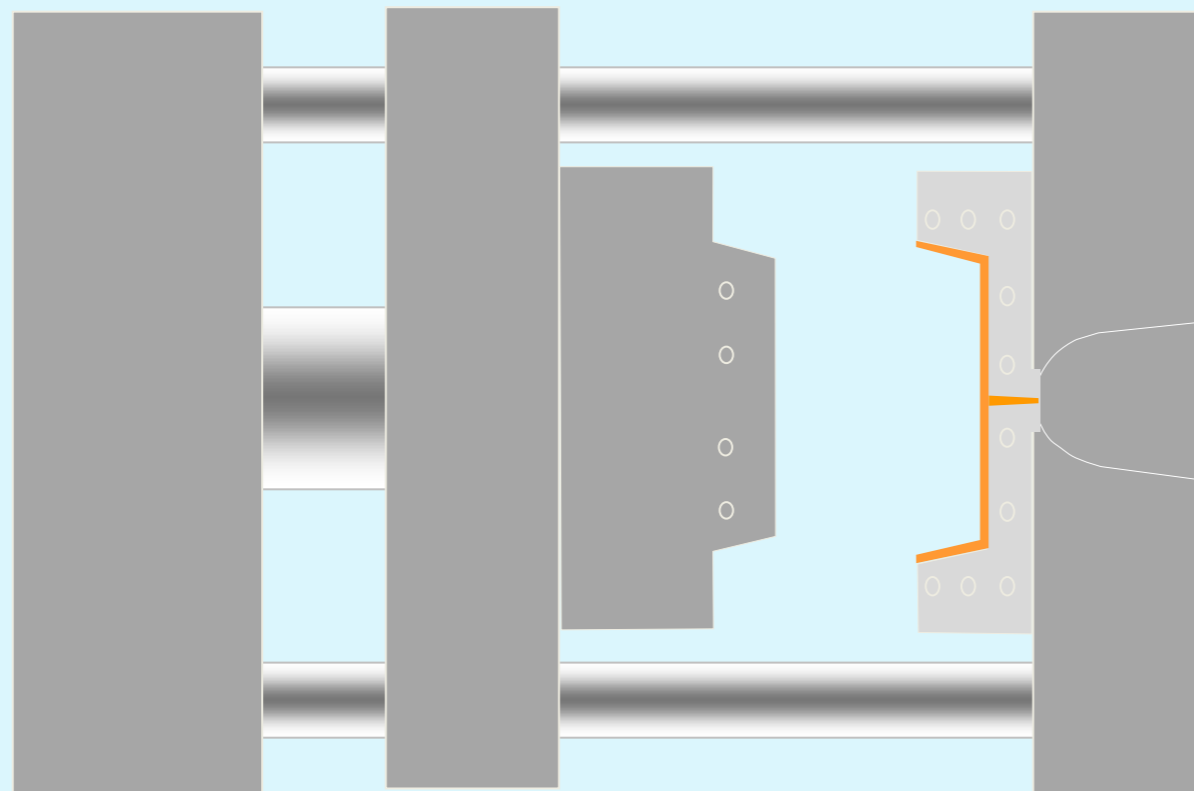


# Formulação típica de BMC

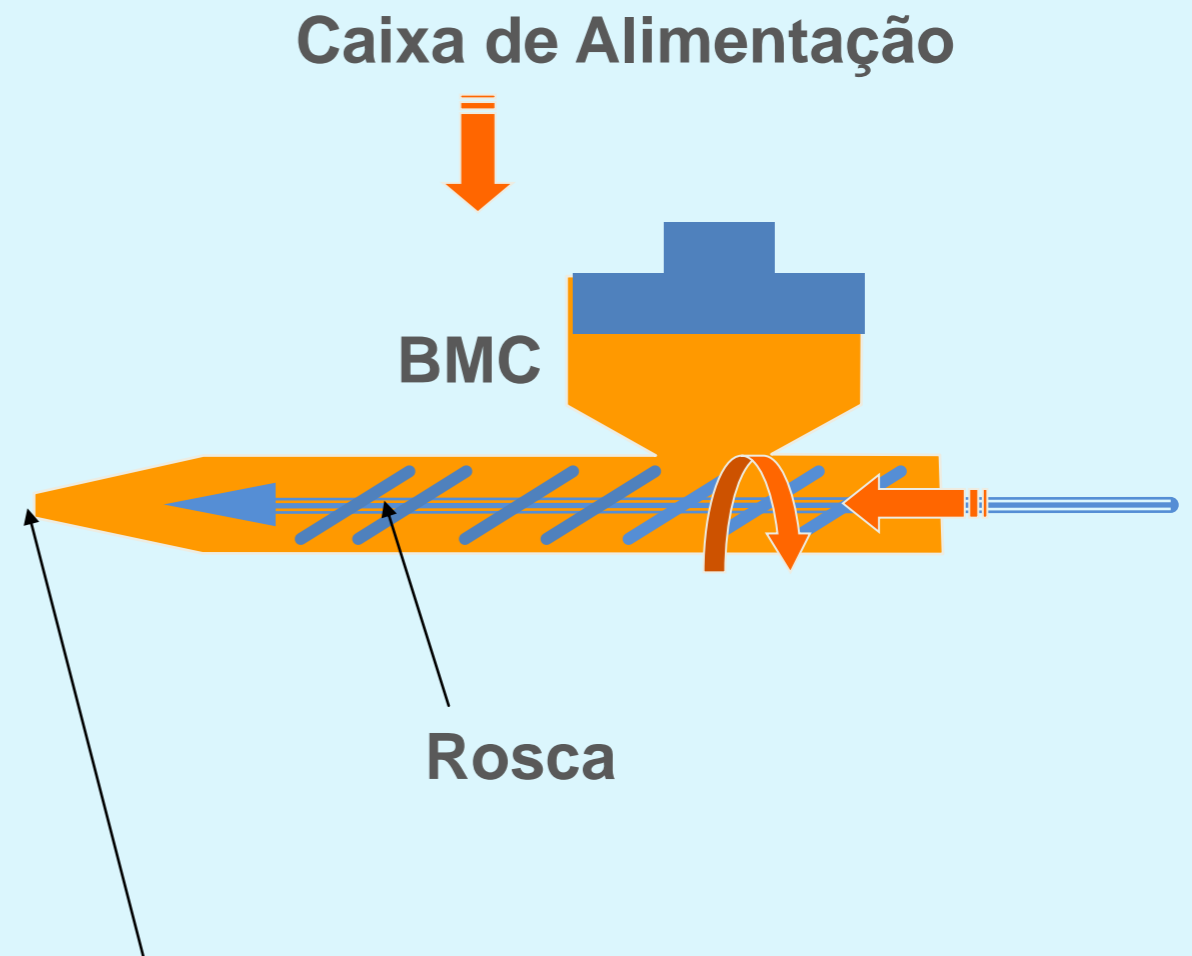
Peso Específico: 1,75 kg/dm<sup>3</sup>



# Processo padrão de injeção do BMC



Pressão específica 100 – 100 bar  
Temperatura 140 °C a 160 °C



Bico de Injeção  
Resfriado

# Propriedades

| BMC Série                     |  |                    |         |         |         |      |      |
|-------------------------------|--|--------------------|---------|---------|---------|------|------|
| Característica                | Norma                                  | Unidade            | BXA/EXA | BXB/EXB | BXC/EXC | BXD  | BXE  |
| Resistência à Flexão          | ASTM D-790                             | Kg/cm <sup>2</sup> | 430     | 600     | 700     | 900  | 1000 |
| Resistência à Tração          | ASTM D-638                             | Kg/cm <sup>2</sup> | 180     | 250     | 300     | 400  | 450  |
| Resistência à Compressão      | ASTM D-695                             | Kg/cm <sup>2</sup> | 1000    | 1150    | 1300    | 1400 | 1450 |
| Resistência ao Impacto        | ASTM D-256                             | Kg.cm/cm           | 14      | 16      | 22      | 27   | 30   |
| Densidade                     | ASTM D-792                             | g/cm <sup>3</sup>  | 2,00    | 1,95    | 1,90    | 1,85 | 1,85 |
| Contração                     | ASTM D-955                             | %                  | 0,15    | 0,15    | 0,15    | 0,15 | 0,15 |
| Dureza                        | ASTM D-2583                            | Barcol             | 40      | 45      | 45      | 45   | 45   |
| Absorção de Água              | ASTM D-570                             | %                  | 0,20    | 0,20    | 0,20    | 0,20 | 0,20 |
| HDT # 18,6 kg/cm <sup>2</sup> | ASTM D-648                             | °C                 | 204     | 204     | 204     | 204  | 204  |
| Rigidez Dielétrica            | ASTM D-635                             | Kv/mm              | 13      | 13      | 13      | 13   | 13   |
| Auto Extinção                 | De acordo com a necessidade do Cliente |                    |         |         |         |      |      |
| Resistência à UV              | De acordo com a necessidade do Cliente |                    |         |         |         |      |      |
| Cor                           | De acordo com a necessidade do Cliente |                    |         |         |         |      |      |

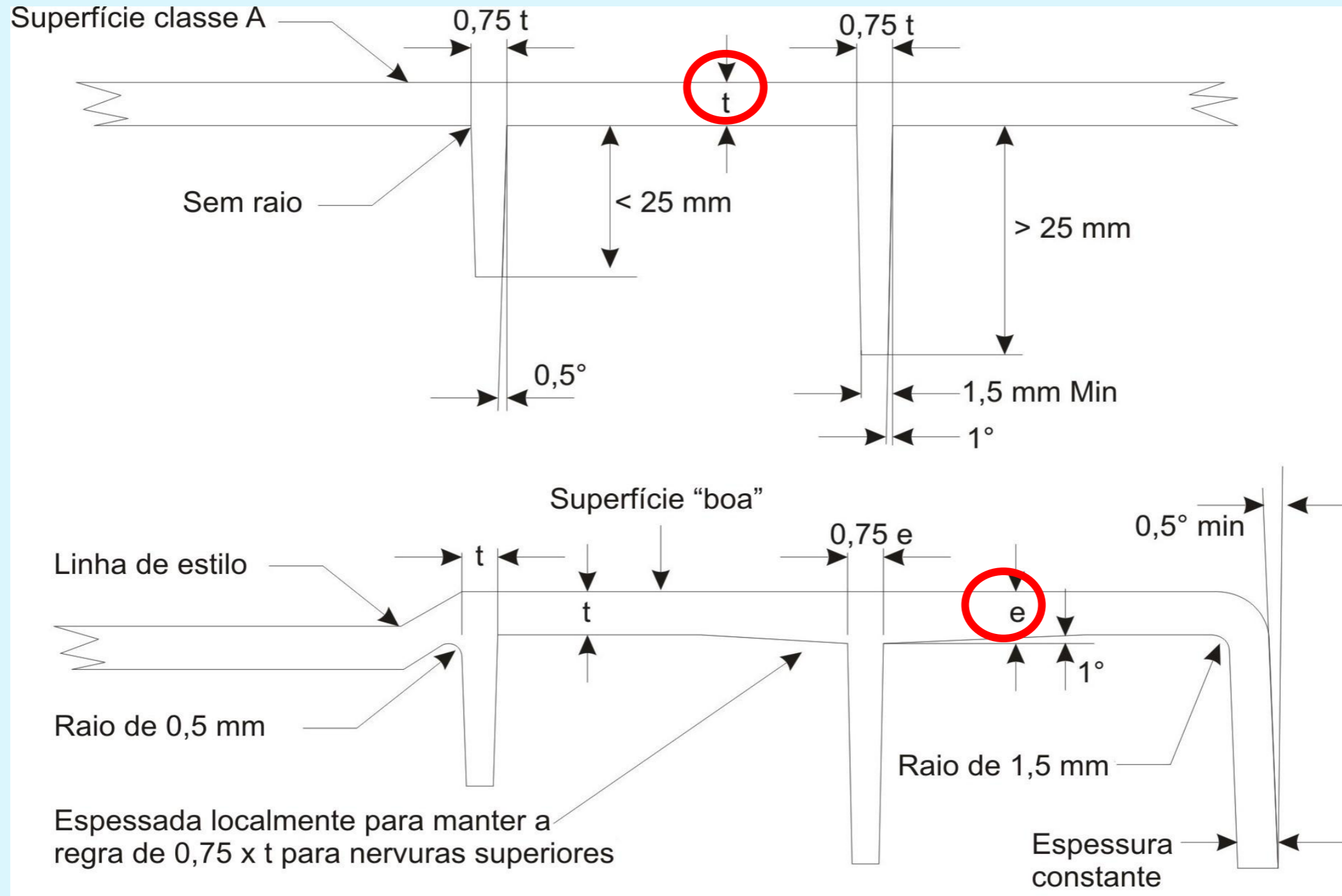
**Fibra de vidro: 6 mm de comprimento**

**X = G** (uso Geral), **A** (Auto extingüível) ou **L** (Low Profile)

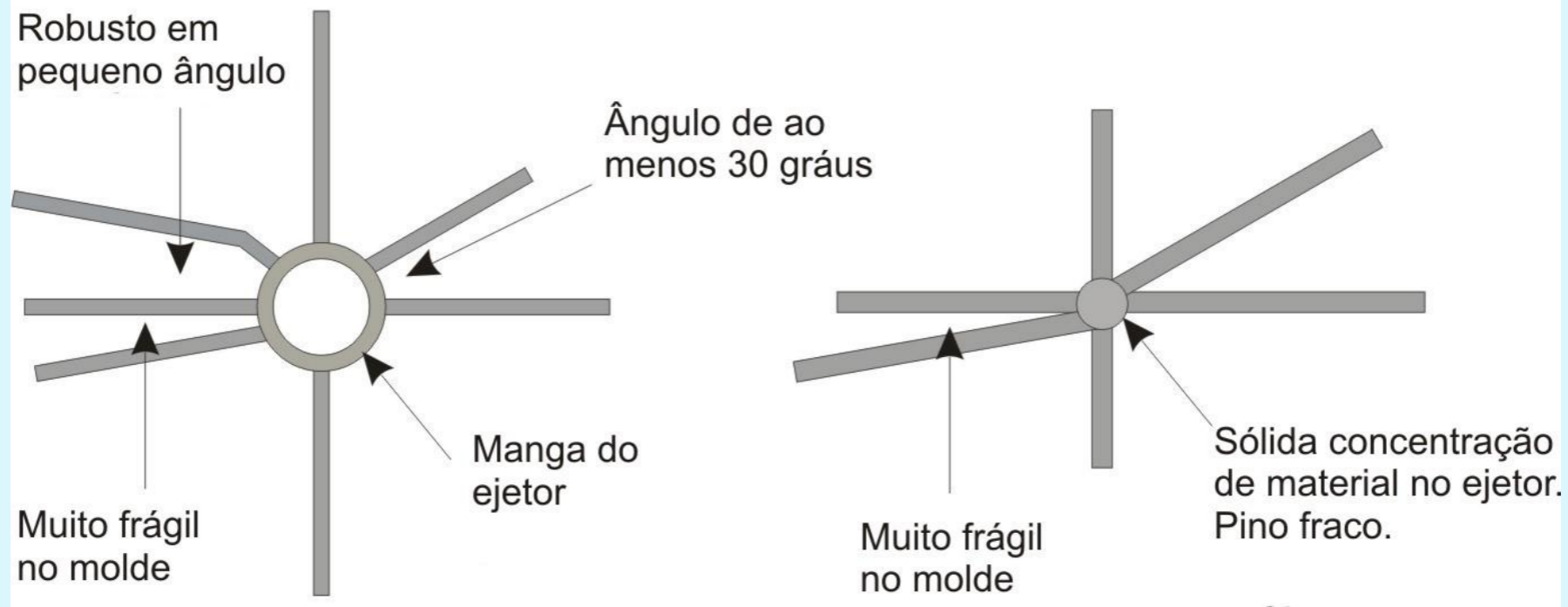
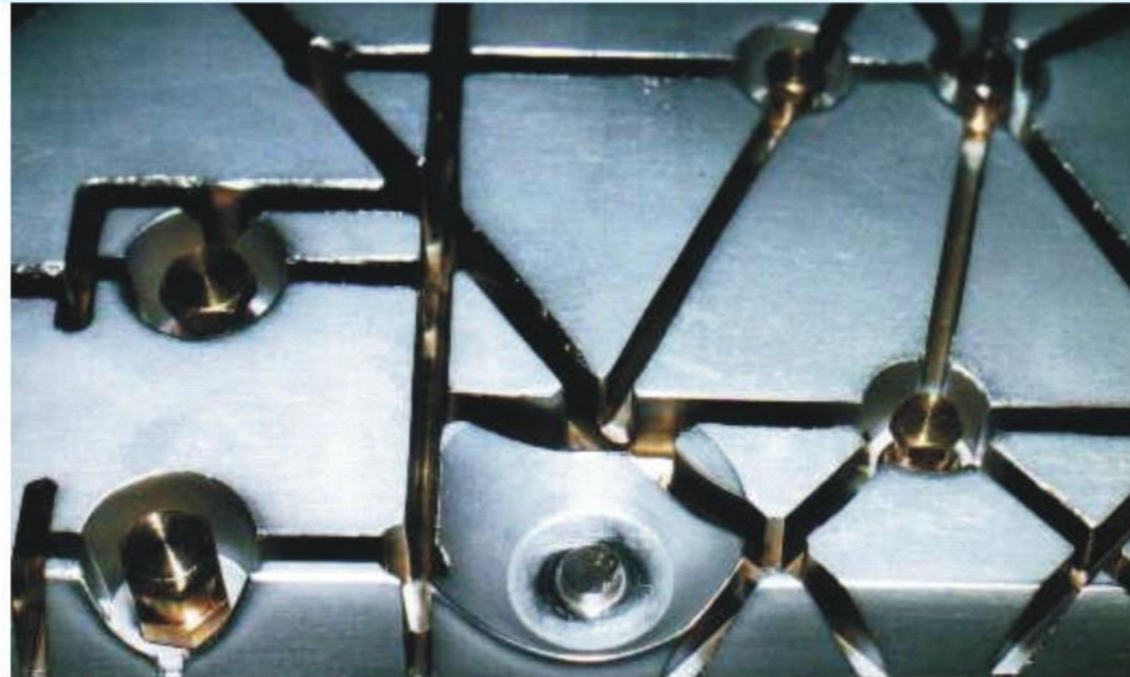


# Projeto do Produto

# Nervuras estruturais

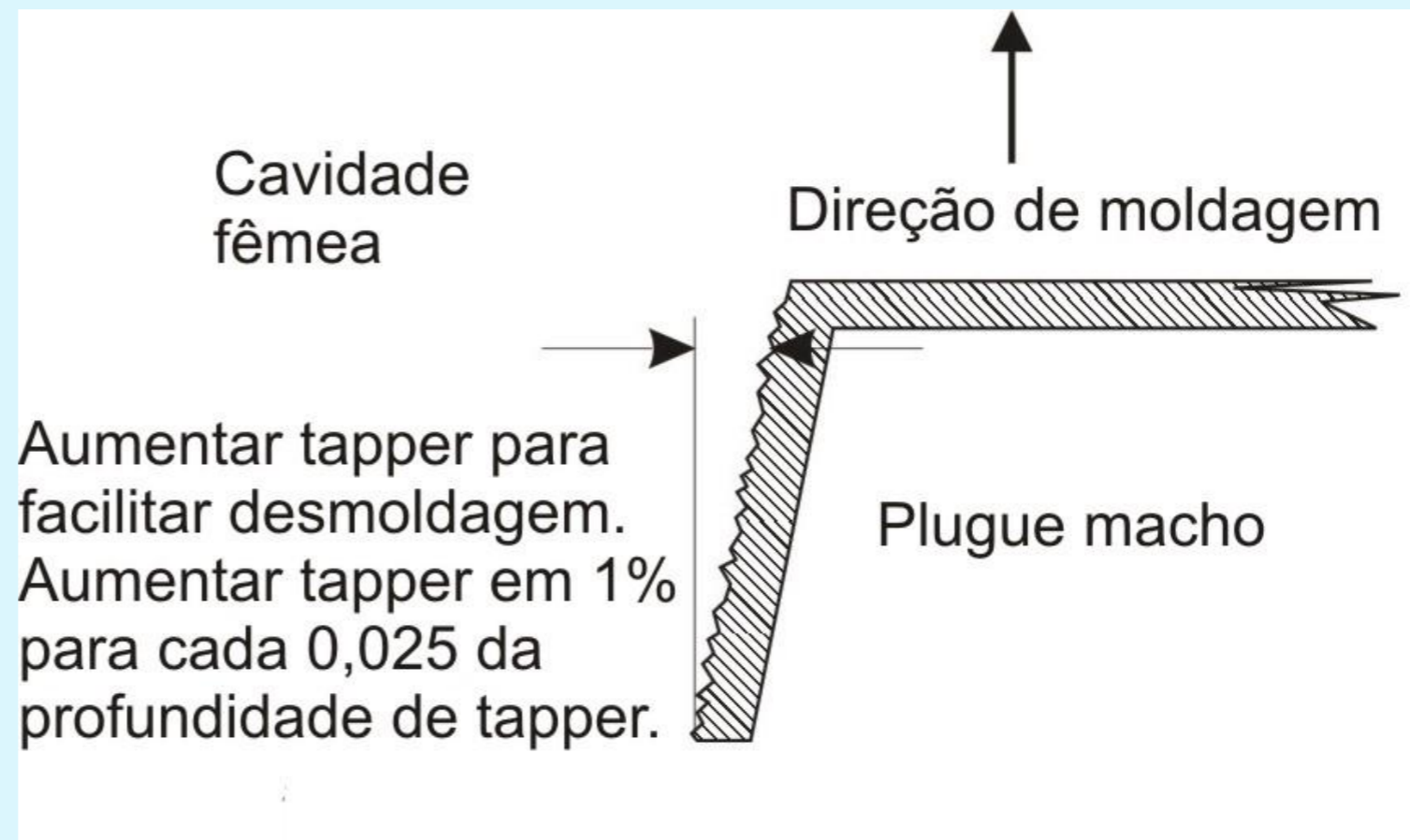


# Nervuras estruturais



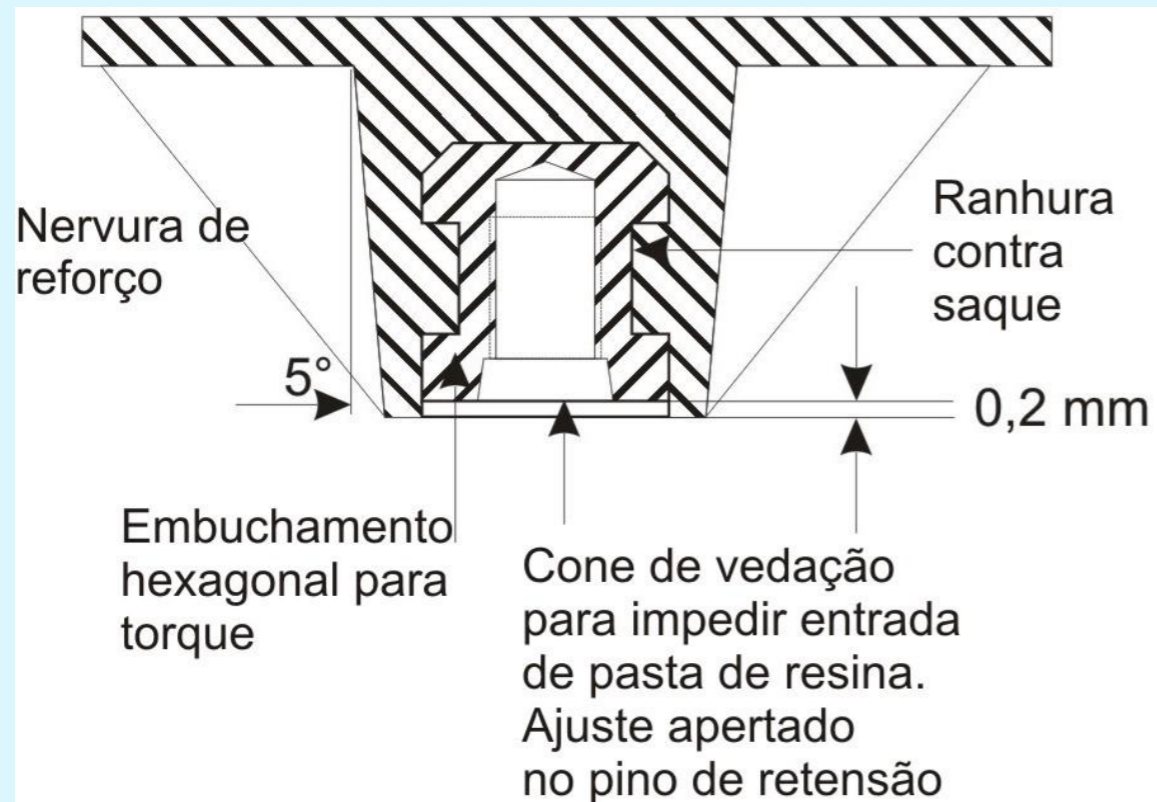
# Ângulo de saída (Tapper) e Textura

- A regra geral para o **ângulo de saída** é:  
Quanto mais baixo o encolhimento, menor o ângulo de saída.
- A regra geral para **textura lateral** é:  
Para cada 0,0025 mm de profundidade da textura, aumente o ângulo de saída em 1°



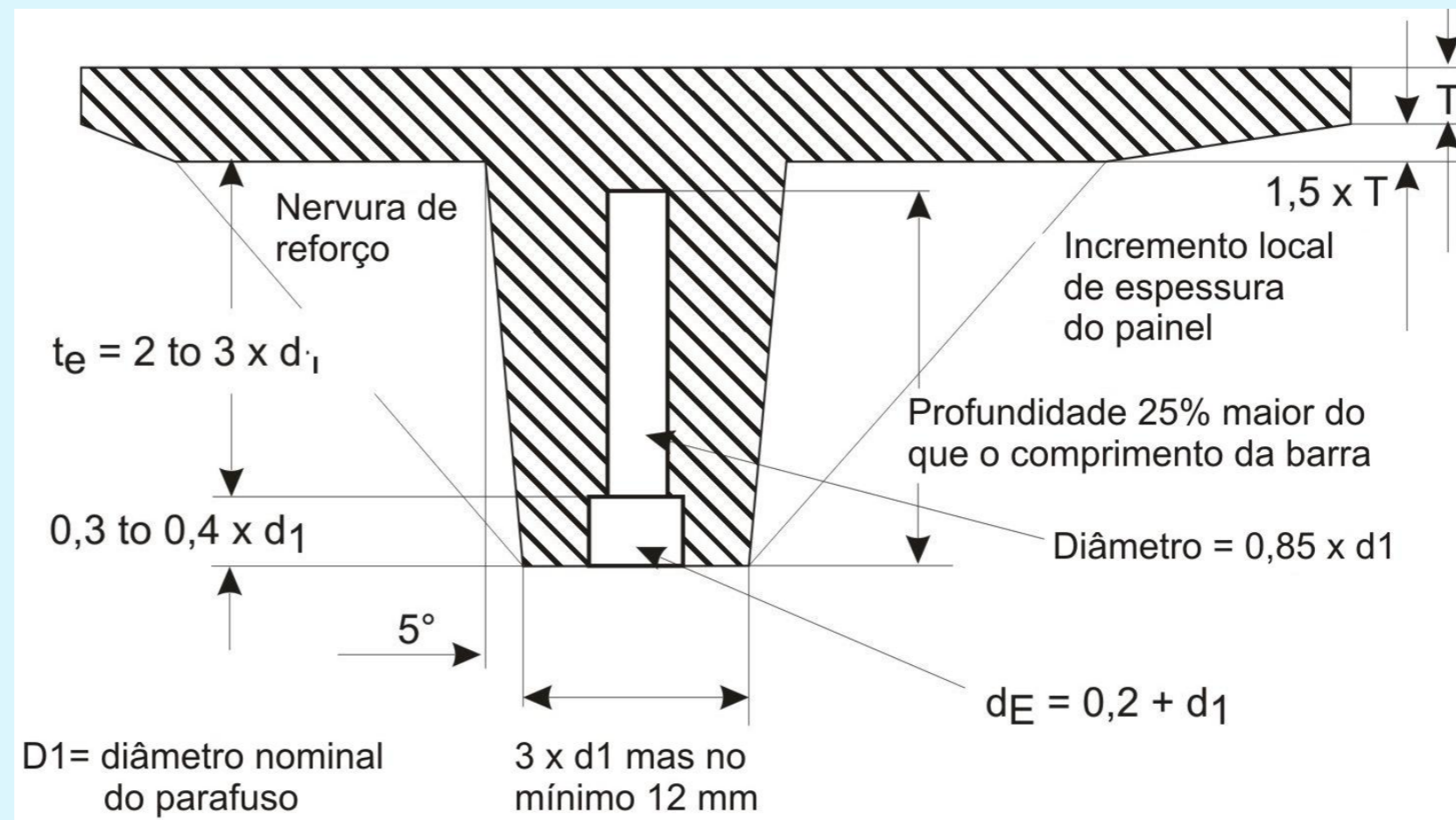
# União e fixação

Insertos e buchas podem ser integrados na moldagem para se usar parafusos ou porcas para o propósito de fixação.

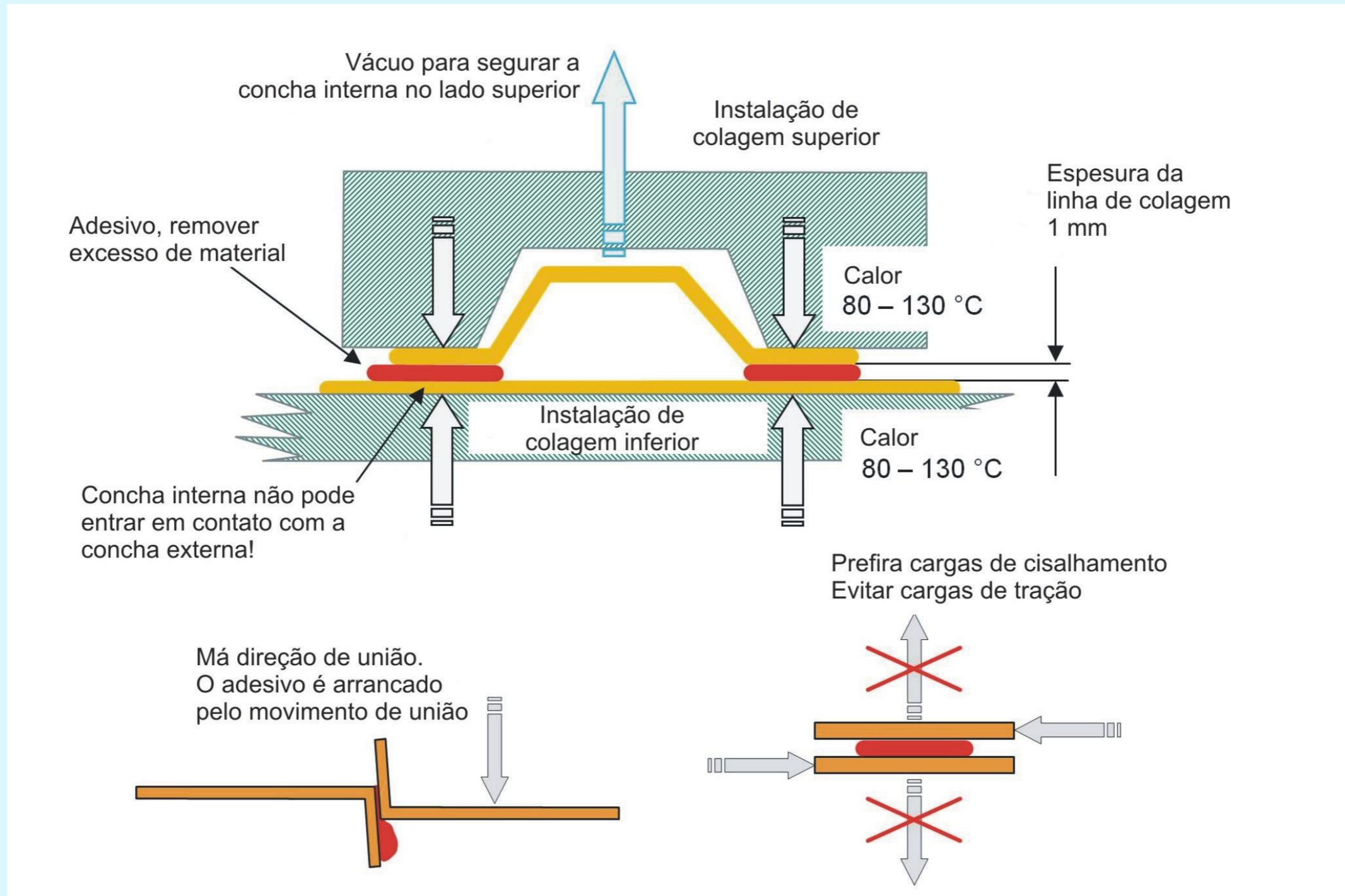


# União e fixação

É possível utilizar insertos e buchas auto atarraxantes como uma montagem pós-moldagem, assim como, para propósito de fixação; sua vantagem é o não alongamento do ciclo de moldagem.



# Colagem

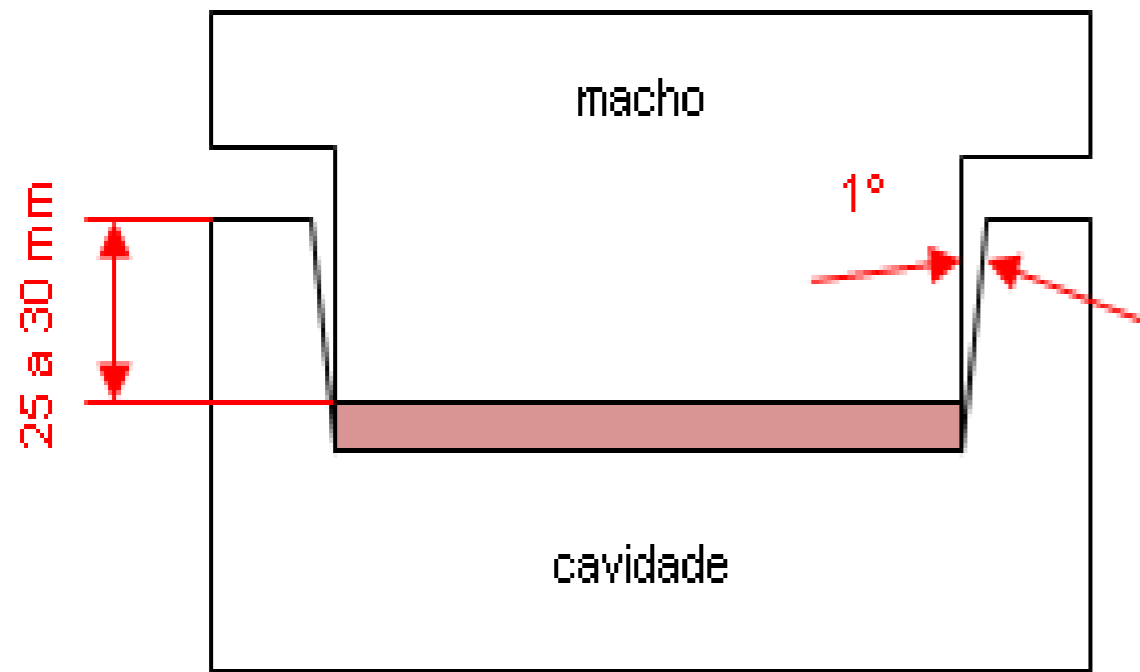


# Projeto do Molde

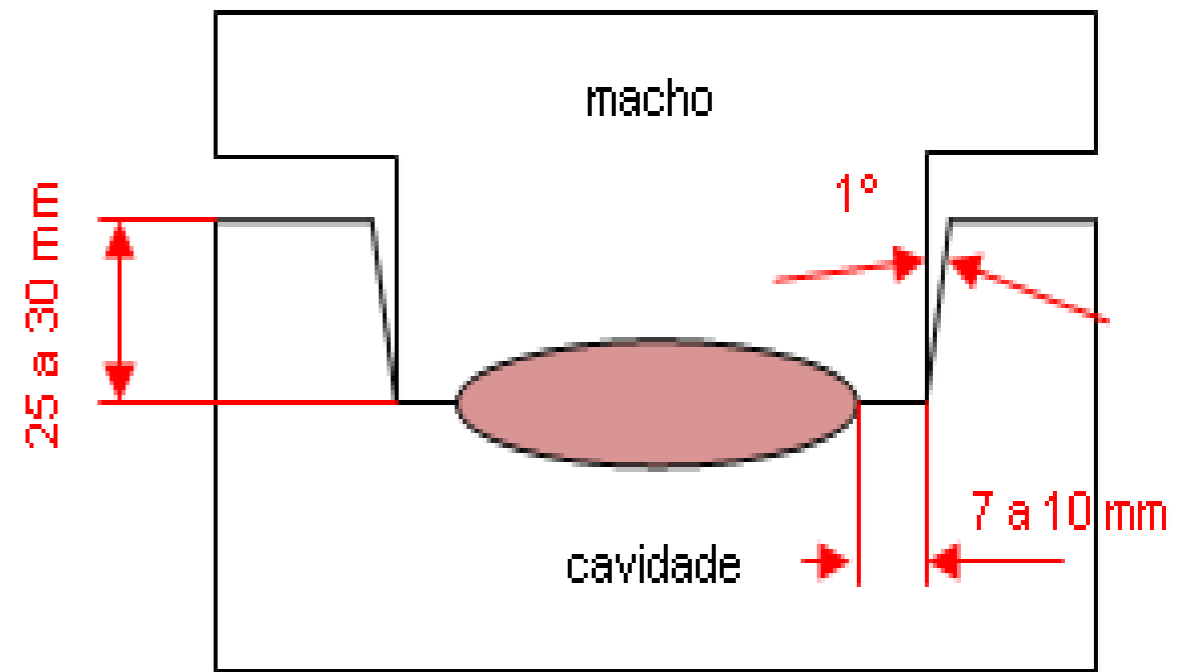


# Tipo de Fechamento

Vertical



Misto (Vertical + Horizontal)



# Molde de Injeção

Para o dimensionamento da pressão necessária considera-se 100kg/cm<sup>2</sup> de área projetada do produto (não considerar paredes verticais).

Nesse caso, deve-se levantar a área total projetada do conjunto a ser moldado considerando peças + canais e multiplicar por 100 kg/cm<sup>2</sup>. Isso resultará na **força de fechamento** do molde a ser confrontado com a força de injeção na tabela da injetora.

O molde necessita de um anel de alinhamento na placa a ser fixada na base fixa da injetora e o tipo de **fechamento é horizontal**.

# Molde de Transferência

O dimensionamento da pressão é o mesmo do molde de injeção bastando adicionar no cálculo da área, a área do pote de transferência. A pressão no êmbolo deverá ser de  $100\text{kg/cm}^2$ .

Na parte inferior da bucha de transferência, deve-se usinar uma janela que permita a limpeza do êmbolo com o molde montado na prensa. A posição dessa janela pode ser entre a placa ejetora e a placa base inferior quando a extração estiver acionada.

Aqui também o tipo de fechamento do molde é **horizontal**.

# Molde de Compressão

Para o dimensionamento da pressão necessária considera-se 100kg/cm<sup>2</sup> de área projetada do produto (não considerar paredes verticais).

Nesse tipo de molde, o fechamento pode ser vertical ou misto conforme figura já apresentada.

# Característica Gerais

- Contração Pós Moldagem: 0,1%
- Angulo de saída mínimo: 30 minutos
- Acabamento Superficial: Polido - Rugosidade 1 micron
- Superfície de Moldagem: Preferencialmente Cromo Duro  
Dureza 1000 HV - Camada 15 a 20 micra
- Recomenda-se a existência de Placas Isolantes Superior e Inferior
- Considerar Colunas Guias para Placa Ejetora
- Material da Cavidade e Macho:  
P-20 Pré Temp. 32 HRC, H-13 ou *AISI 420* (\*)
- Material do Porta-Molde: SAE 1045 ou SP300

# Característica Gerais

- Material do Êmbolo de Transferência: Latão
- Bucha de Transferência: VC-130 Temp, Revenir e Retificar 50HRC
- Folga entre Bucha e Êmbolo de Transferência: 0,1mm no diâmetro
- Material das Guias: Bronze Grafitado, Âmpco 21 ou Bronze Tm65
- Extração no molde pode ser a da prensa/injetora ou o molde pode ter auto-extração com placa de resfriamento
- Aquecimento pode ser a vapor, óleo térmico ou resistência elétrica (com folga de 0,2mm no diâmetro em relação ao furo)
- O importante é que tenha um circuito bem distribuído para garantir a homogeneidade no aquecimento.

# Dicas

- Cavidade e Macho: Postiçados  
Menos material nobre, Rapidez na confecção, Menos custo
- Aquecimento Elétrico (prever manutenção e tomadas múltiplas)
- Termopares em regiões estratégicas para o importante controle de temperatura superficial
- Não poupar trabalho para a ferramentaria em relação à furação de aquecimento
- Gavetas são bem vindas no lugar de postiços removíveis

# Dicas

- Procurar padronizar parafusos e usinagens de raios (se possível, consulte a ferramentaria para ver o que já existe em estoque)
- Não poupar pinos extratores
- Negociar sempre que possível com o responsável pelo produto alguma alteração que reduza custos e trabalhos na construção do molde (Eletroerosão devido a cantos vivos, etc)
- Ser aberto a sugestões mesmo depois do projeto concluído



# Molde Protótipo

# Prototipagem

Pelo fato do SMC/BMC exigirem um processo muito agressivo ao molde (alta temperatura, alta pressão e abrasividade excessiva) é difícil construir um molde protótipo que tenha seu custo muito menor do que o do molde definitivo.

Pode-se tentar trabalhar com SAE 1045 ou Alumínio (que tem custo de material maior mas de usinagem reduzido), além de simplificar os componentes de guias, extração e aquecimento.

O mais recomendado, se possível, é usinar macho e cavidades já no material definitivo que poderá ser aproveitado no molde de produção.

# Processo

# Prensa hidráulica

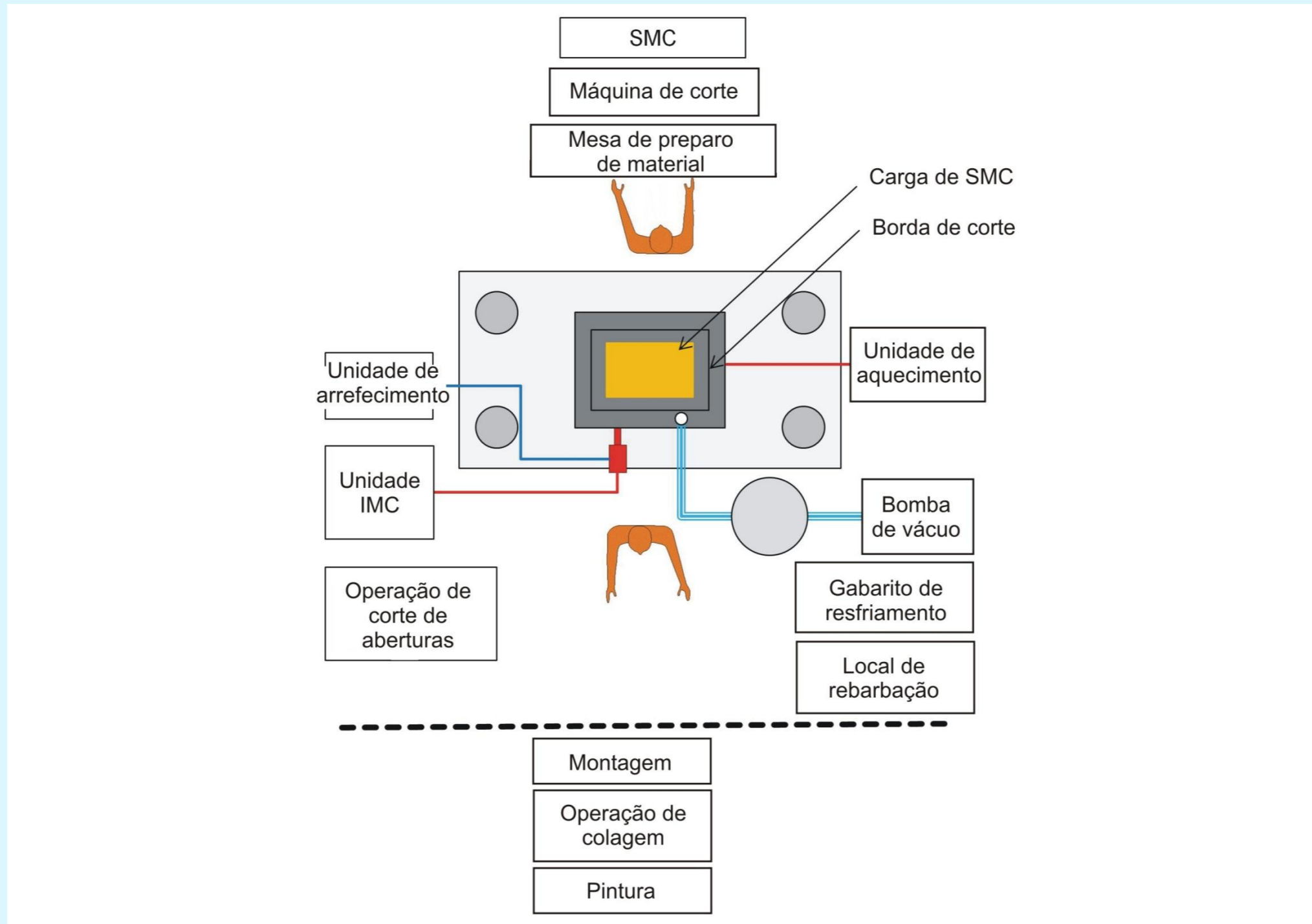
Para moldagem de peças grandes com boa qualidade superficial, o controle do paralelismo do martelo da prensa é muito importante.

O Projeto estrutural deve atender as normas DIN 8650 (Paralelismo) e DIN 8651 (Perpendicularismo).

A Unidade Hidráulica deve prever: Válvula Monitorizada de Fluxo Cruzado, conforme Norma EN-693, do PPRPS Nível 4 (Programa de Prevenção de Riscos em Prensas e Similares).



# Exemplo de lay-out de moldagem de SMC



# Dicas para o Processo de Produção

Definir mesa ao lado da prensa para pesagem e carregamento do BMC/SMC e outra do lado oposto para rebarbação, limpeza e embalagem.

A mesa de rebarbação deve ter a face superior revestida de borracha e ter rasgos longitudinais para o pó e rebarbas caírem. Embaixo da mesa pode haver um coletor com exaustão.

O bico de ar pode ser prolongado e curvo na extremidade para melhor limpeza da cavidade durante a produção.

Nas 4 primeiras peças do início da produção, utilizar cera de carnaúba como desmoldante.

# Dicas para o Processo de Produção

É recomendado a desmontagem, limpeza e lubrificação (graxa para altas temperaturas) a cada 5.000 ciclos de moldagem.

Varões para limpeza das cavidades devem ser de latão.

A rebarbação é mais fácil e rápida quando feita logo após a moldagem da peça.



# SMCLP

## SMC de Baixa Pressão



# O que é

SMC de Baixa Pressão possui muita similaridade com o SMC padrão, e nos referimos a baixa pressão se a pressão de moldagem (específica dentro do molde) ficar em torno de 10 a 40 bar, o que permite uso de prensas com mesas de grandes dimensões e forças mais baixas.

- Material muito próximo do SMC padrão
- A fluidez é muito boa, sendo possíveis protuberâncias e nervuras, inicialmente limitadas a altura de aproximadamente 40 mm.

# Vantagens

- Menor custo do ferramental (material e usinagem)
- Prensa hidráulica menos robusta (menor custo)
- Ideal para peças grandes e de pouca tiragem
- Solução ideal para uma peça em RTM que necessite evoluir para tiragens mais elevadas, com melhor regularidade superficial, melhor repetibilidade e menor custo por peça
- Solução ideal como uma “ponte” entre o RTM e o SMC padrão.

# Tipos de ferramentas

- ❑ Carcaça de níquel apoiada por uma grade de aço e concreto polimérico, com os tubos de aquecimento fixados na carcaça de níquel, recomendado para geometria com texturas, detalhes finos ou se são necessários vários moldes.
- ❑ Carcaça de aço, apoiada por uma grade de aço, é uma solução limitada a uma peça de geometria plana/rasa.
- ❑ Blocos de alumínio fundido permitem moldes de baixo peso, podendo ser fácil e rapidamente usinados em geometrias intrincadas, mas vida útil e dimensões são limitadas.
- ❑ **O aço fundido é uma solução das mais robustas, permitindo bom aquecimento, usinagem reduzida e boa durabilidade.**
- ❑ Em todos os casos recomenda-se colunas e guias laterais.

# SMCLP

## Aplicações

# Aplicações de SMC de Baixa Pressão

Historicamente já foram desenvolvidos:

- Painéis laterais para ferrovia utilizando um núcleo de espuma
- Painéis de carroceria do revolucionário Renault Espace 1a. série
- Defletor de ar dos caminhões Volvo
- Defletor de ar das cabinas-leito dos caminhões IVECO
- Peças para a indústria eletro/eletrônica

# Renault Espace

O Renault Espace iniciou sua produção utilizando painéis de carroceria feitos de SMC de Baixa Pressão.



Dado o enorme sucesso mundial desta primeira “Minivan” e sua grande vendagem, a nova geração mudou para o SMC padrão.

# Defletor de ar do Volvo

Peso: 35 Kg

Área projetada: 3,7 m<sup>2</sup>

Força de moldagem: 1.500 tons

Pressão específica: 40 bar



# Teto do IVECO

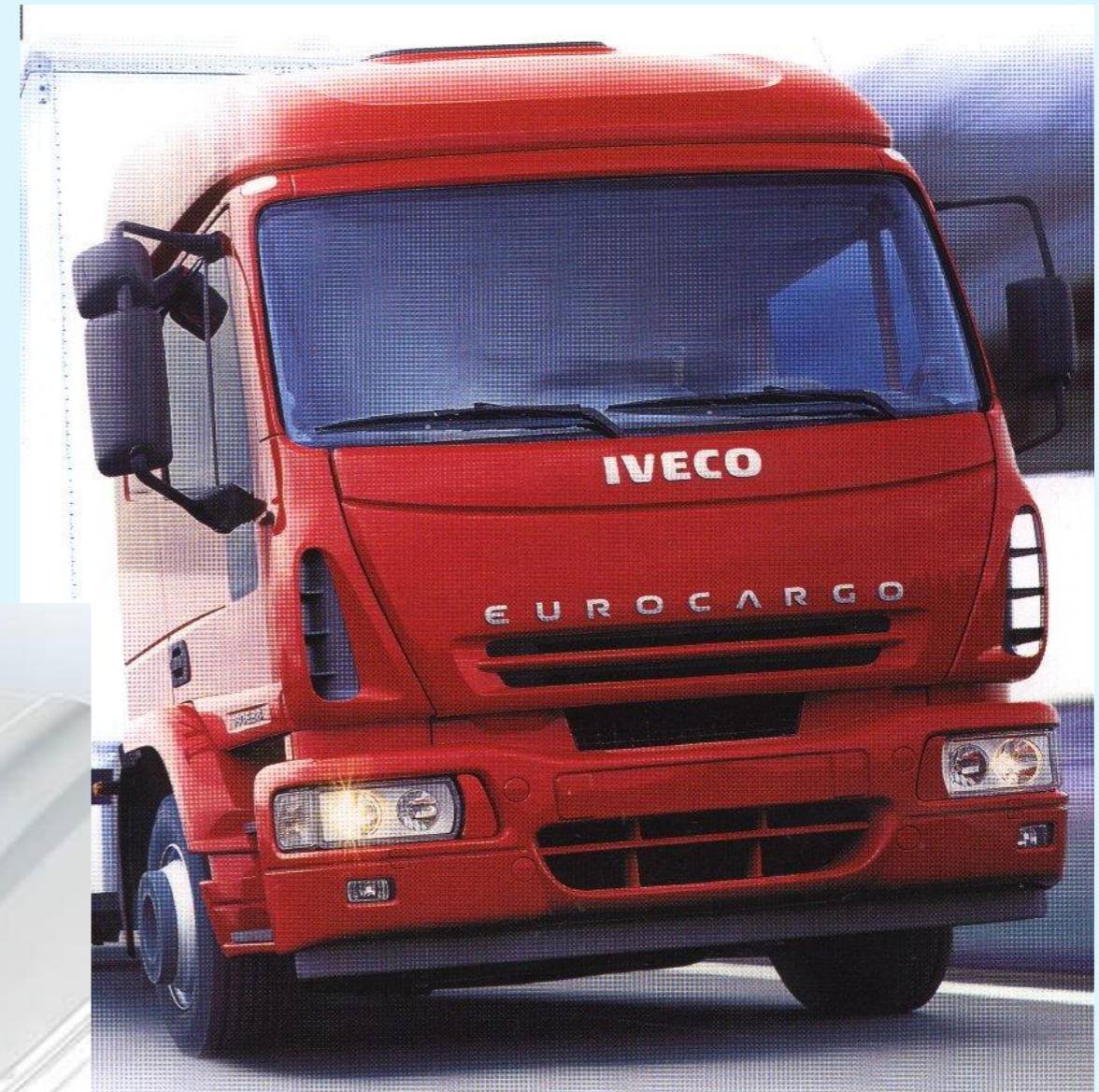
Peso : 65 kg

Dimensões: 2,25 x 1,75 x 0,67 m

Área projetada : 4 m<sup>2</sup>

Força de moldagem : 1.400 Tons

Pressão específica: 35 bar





# SCM x SMCLP



**menzolit<sup>®</sup>** +



## SMC Padrão

- Pressão: 100 Bar
- Médias a Grandes Tiragens
- Detalhes altos (maiores que 50mm)
- Molde mais robusto
- Tempo de usinagem do molde considerável
- Grande durabilidade do molde
- Prensas Robustas
- Preço / kg da peça competitivo
- Excelente acabamento
- Alta resistência estrutural
- Alta resistência à temperaturas

## SMC de Baixa Pressão

- Pressão: 10 a 40Bar
- Baixas e Médias Tiragens
- Detalhes mais baixos (até 40mm de altura)
- Molde cerca de 1/3 mais barato
- Tempo de usinagem do molde cerca de 1/4 a menos
- Boa durabilidade do molde
- Prensas cerca de 1/3 mais econômicas
- Preço / kg da peça ligeiramente maior
- Acabamento pode chegar a Classe "A"
- Alta resistência estrutural
- Alta resistência à temperaturas

**Gratos pela atenção**



**menzolit<sup>®</sup>** +

