

Projeto de molde para peça automóvel injetada com dois materiais poliméricos distintos

Autor: Luís Miguel de Azevedo Ferreira da Silva

- Objetivos;
- Empresa IGM;
- Veículo e localização das peças;
- Receção e análise dos ficheiros das peças a produzir;
- Requisitos do cliente;
- Polímeros utilizados;
- Desenho preliminar;
- Pontos de injeção;
- Modelação dos elementos de gravação;
- Desenho final;
- Seleção de materiais;
- Estimativa de custos;
- Conclusões;

Objetivos

- Assegurar as dimensões requeridas para as peças;
- Garantir a otimização mecânica;
- Assegurar um dimensionamento correto do molde de acordo com a máquina a injetar;
- Minimizar o tempo de ciclo de injeção do produto;
- Cumprir tudo o que está especificados no caderno de encargos do cliente final;
- Maximizar o tempo de vida do útil do molde;
- Minimizar as intervenções de manutenção;
- Assegurar a qualidade da peça.

Empresa

IGM – A Indústria Global de Moldes, S.A. pertence ao grupo Simoldes e situa-se na zona industrial de Santiago da Riba Ul, concelho de Oliveira de Azeméis, distrito de Aveiro.



Empresa especialista em execução de moldes para a indústria automóvel.

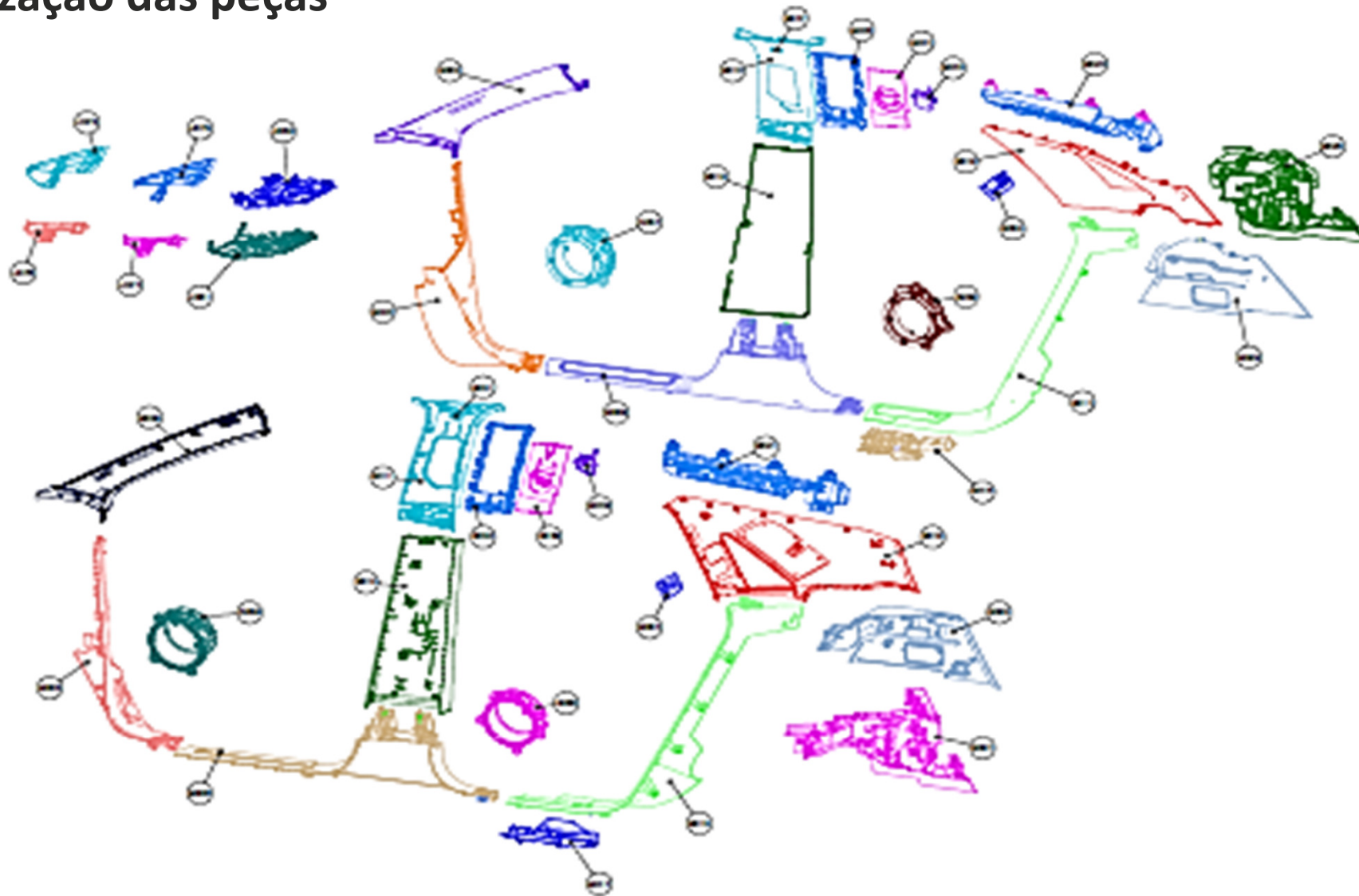
Veículo



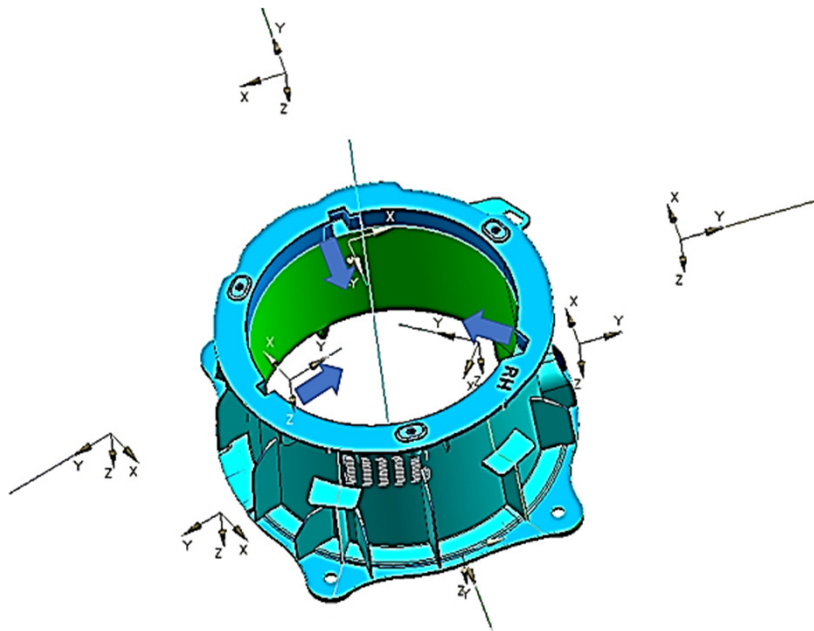
DS7 Crossback – SUV híbrido

Disponível desde o início de 2018

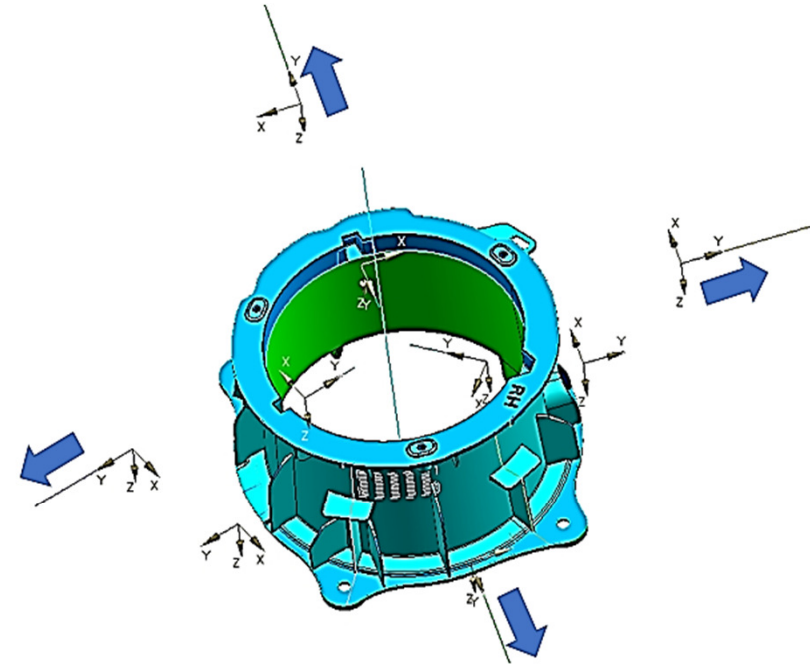
Localização das peças



Análise

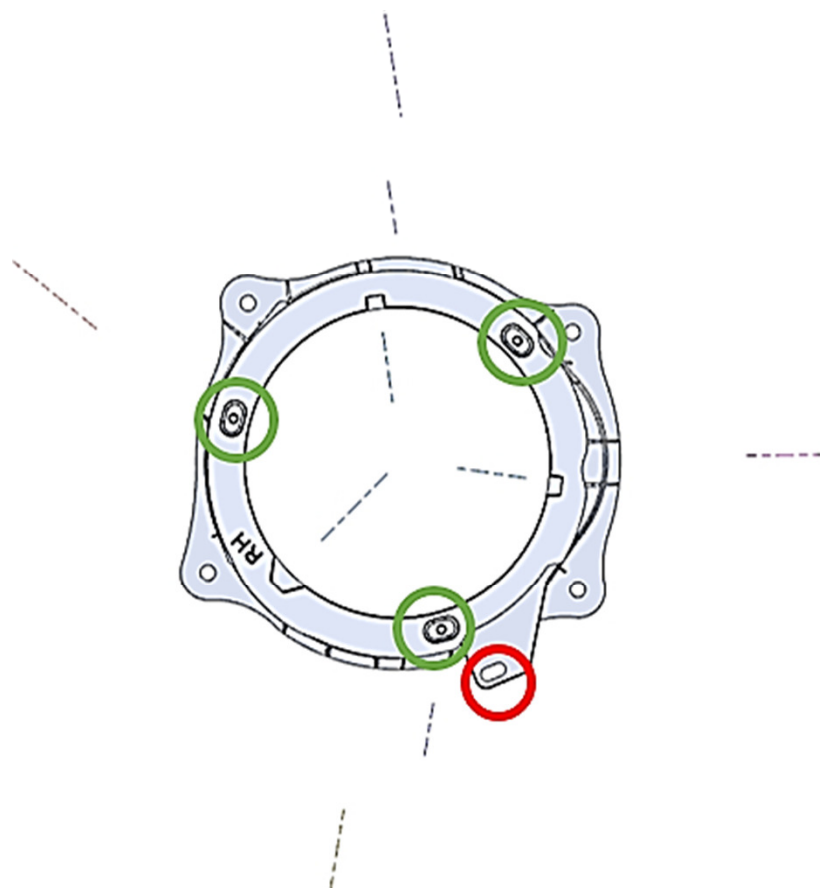


Necessário de conceber movimentos à extração no sentido do interior da peça (setas a azul escuro).



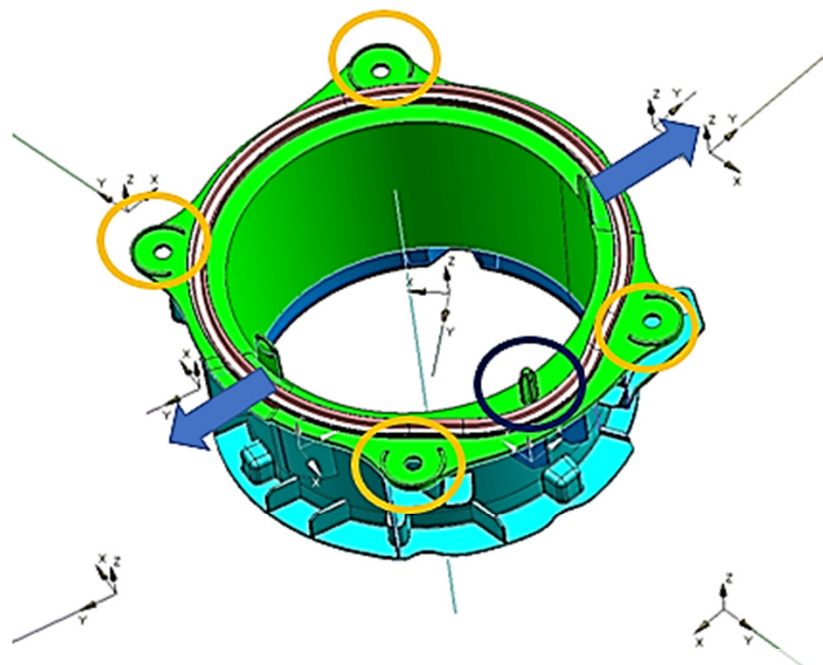
Necessário conceber movimentos no sentido do exterior da peça. Consoante o estudo e desenvolvimento, tem-se como prioridade movimentos à extração e posteriormente hidráulicos.

Análise

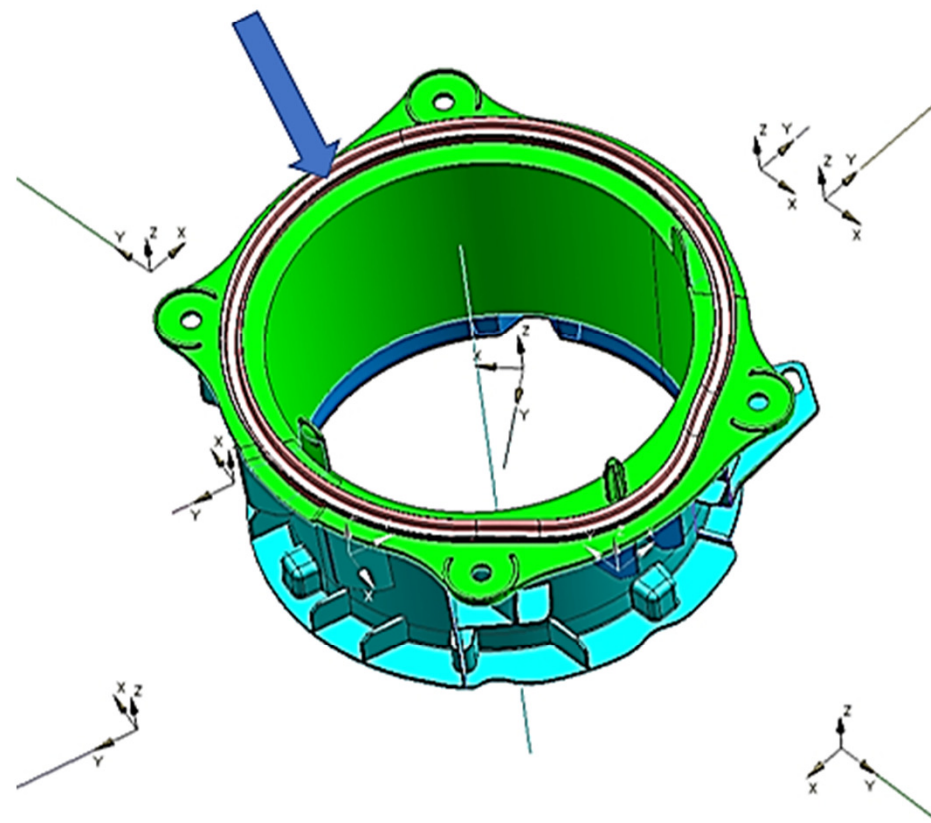


Exibe-se a verde, zonas que necessitam de pernos fixos e extratores tubulares. A vermelho existe uma zona problemática, já que, haverá um movimento que gravará o friso e, dentro desse movimento, ter-se-á um mecanismo que fará o furo

Análise

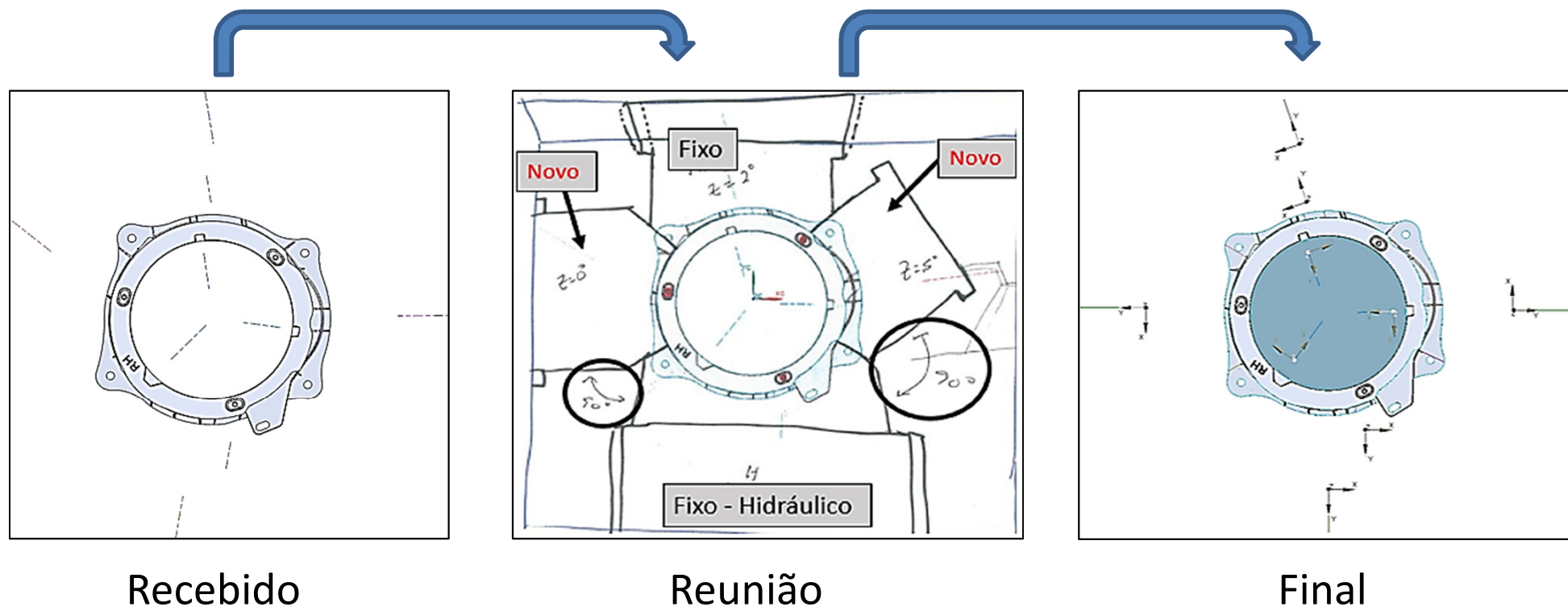


Prever mecanismos que desmoldarão os *clips* de encaixe (setas azuis). Os círculos a cor de laranja identificam zonas que serão gravadas diretamente no aço da cavidade. O círculo a azul escuro identifica uma zona onde deverá ser previsto um postigo.



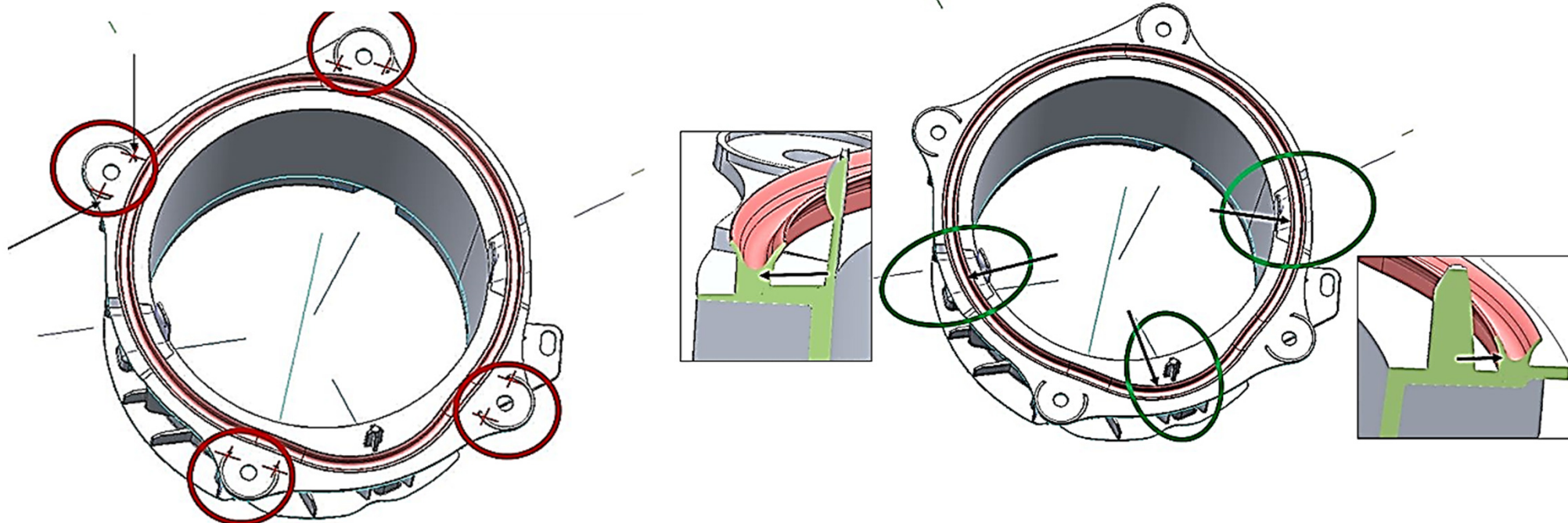
A zona indicada, o TPE, será gravada e posteriormente desmoldada por esforço, através de postigos.

Análise/proposta de melhoria



Expôs-se uma melhoria vetorial com o intuito de cumprir os requisitos do cliente.

Análise/proposta de melhoria



Redução dos frisos indicados, evitando problemas na zona funcional (aprovado pelo cliente).

Execução de um contorno do EPDM mais afastado dos *clips* e do posicionador, evitando problemas na zona funcional (aprovado pelo cliente).

Melhoria – orientação final dos vetores

	Eixos de desmoldagem em corte (Z)	Inclinação do eixo de desmoldagem (°)	Inclinação do veio ou do dentado (°)	Curso final de desmoldagem (mm)
1	PP – Lado Móvel (exterior da peça)	1	Movimento Hidráulico	70
2	PP – Lado Móvel (exterior da peça)	0	16	28,67
3	PP – Lado Móvel (exterior da peça)	2	16	28,98
4	PP – Lado Móvel (exterior da peça)	5	16	29,5
5	PP – Lado Móvel (interior da peça)	1	8	14,09
6	PP – Lado Móvel (interior da peça)	1	8	14,09
7	PP – Lado Móvel (interior da peça)	1	8	14,09
8	PP – Lado Fixo (exterior da peça)	2	9	3,4
9	PP – Lado Fixo (exterior da peça)	1	9	3,4

Cada peça estará sujeita a 9 movimentos sendo eles à extração, hidráulicos e mecânicos.

Máquina de injeção

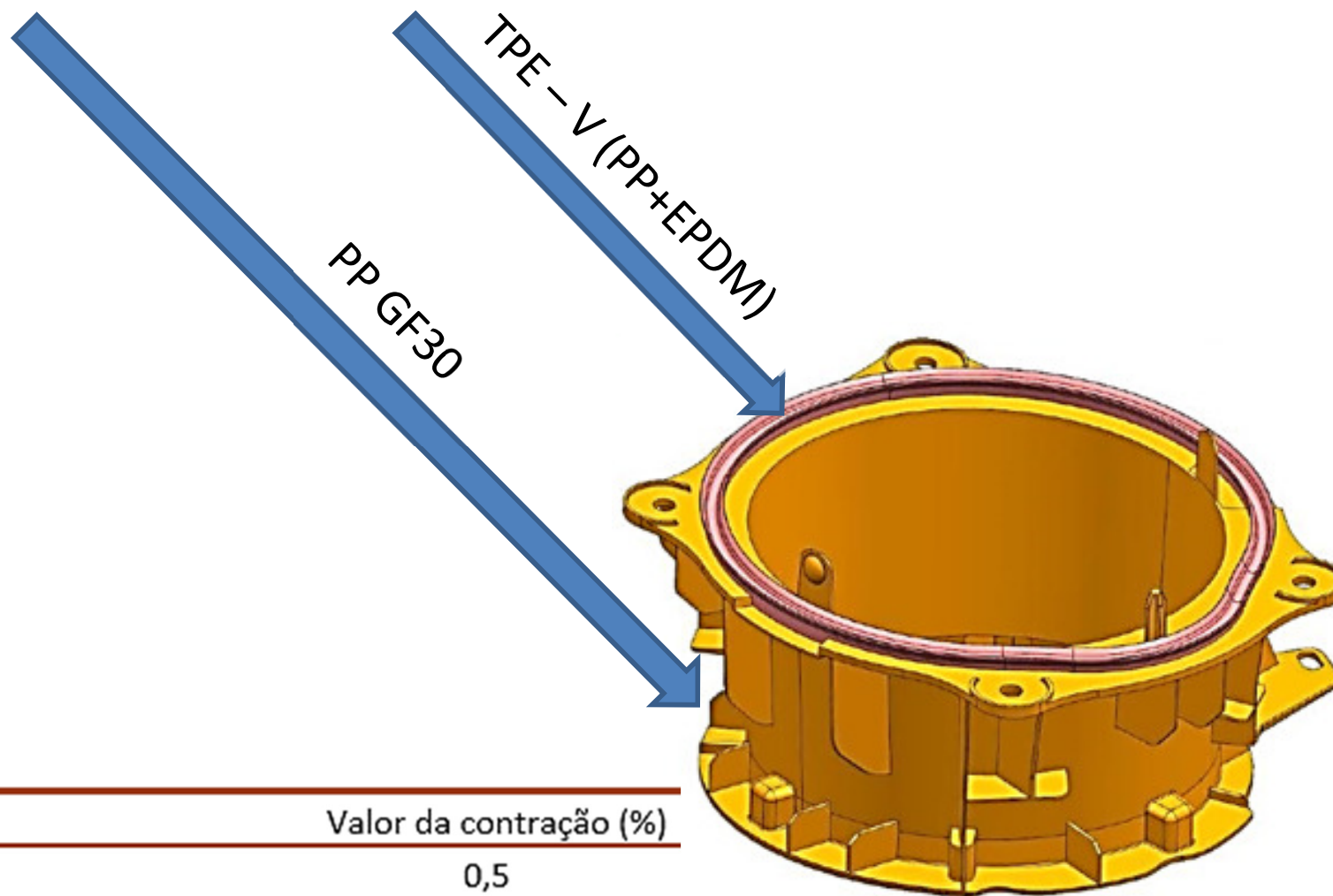
Característica	Valor
Força de fecho [T]	600
Tipo de máquina	Rotativa de bi-matéria
Dimensões entre colunas H x V [mm ²]	Sem colunas
Dimensão entre barras no fundo da máquina [mm]	950
Altura do molde (min./máx.) [mm]	500/1565
Abertura máxima [mm]	1565 - Espessura do molde
Raio dos injetores [mm]	19
Diâmetro do centramento [mm]	200
Ano	2017

Requisitos facultados na ficha de especificações do molde (FEM) e na ficha técnica do molde (FTM)

Componente do molde	Material
Estrutura	1.1730
Cavidades	1.2343 (Temperado 48 - 52 HRC)
Machos	1.2343 (Temperado 48 - 52 HRC)
Mecanismos	1.2343/Ampco 83

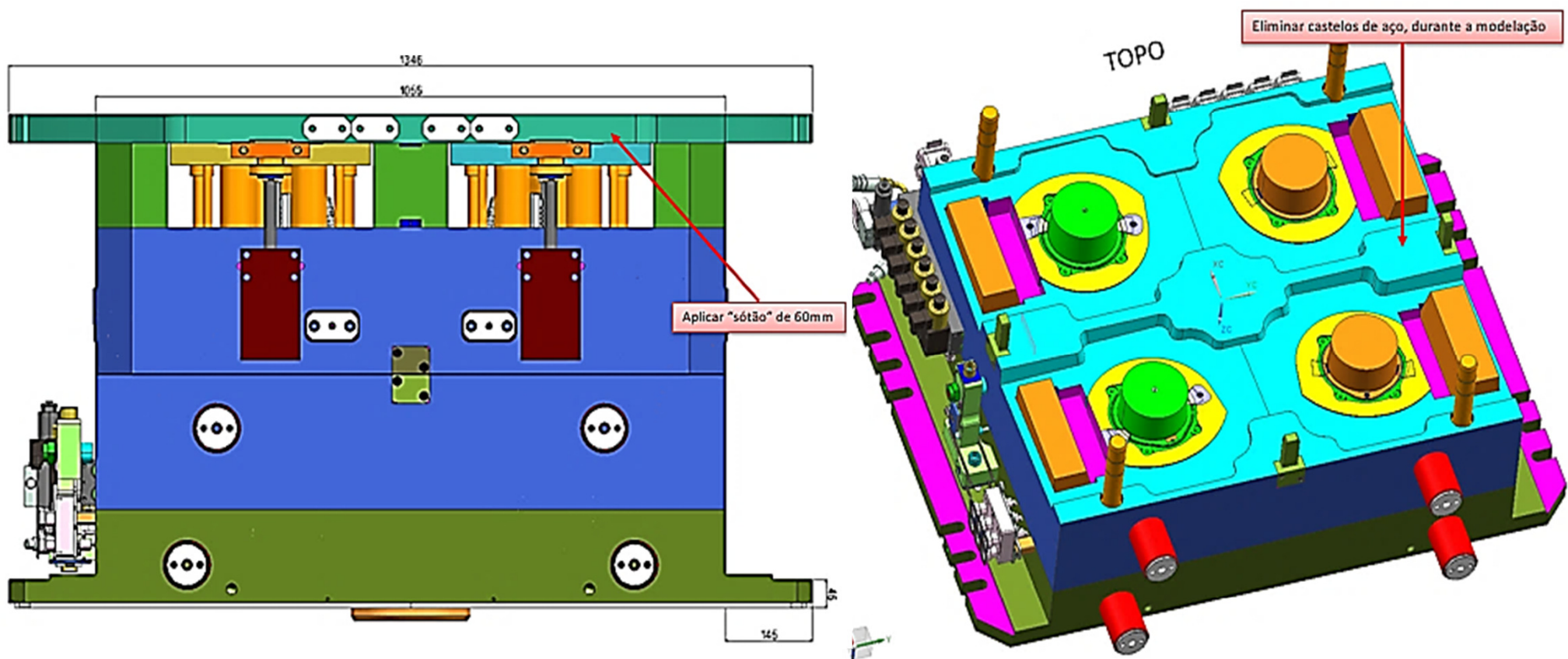
Especificação	
Tempo de ciclo	56 s
Número de cavidades	1 + 1
Extração no molde	Convencional do lado móvel (tipo de funcionamento – robô; tipo de acionamento – hidráulica)
Remoção da peça	Robô (mão-presa)
Produção total	990 000 unidades (495 000 injeções de PP + 495 000 de EPDM)
Máquina injeção	Engel 600 T - bi-matéria
Sistema de fecho	Aparafusado à máquina de injeção

Termoplástico + elastómero termoplástico

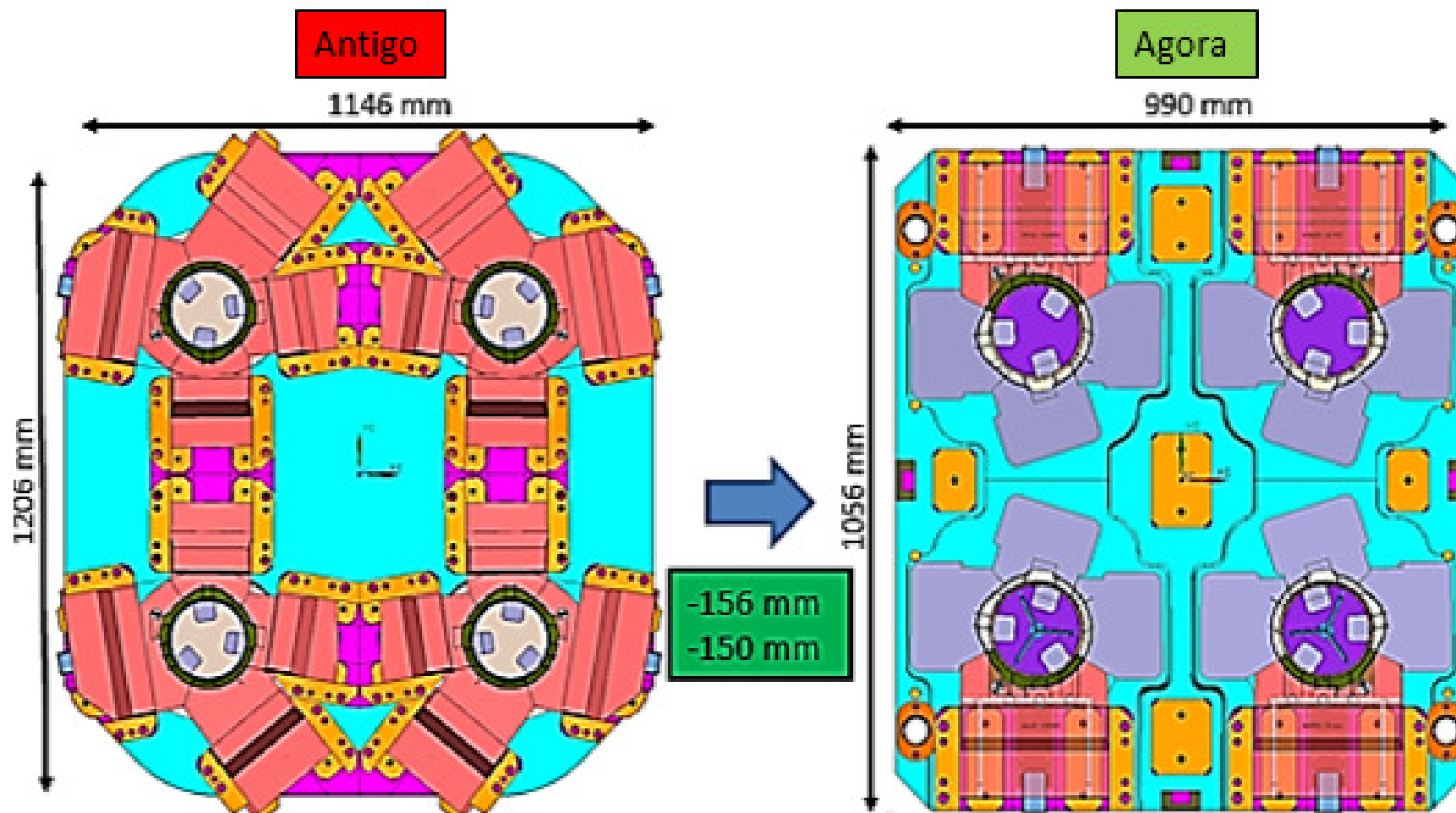


Material polimérico	Valor da contração (%)
PP GF30	0,5
EPDM	1,5

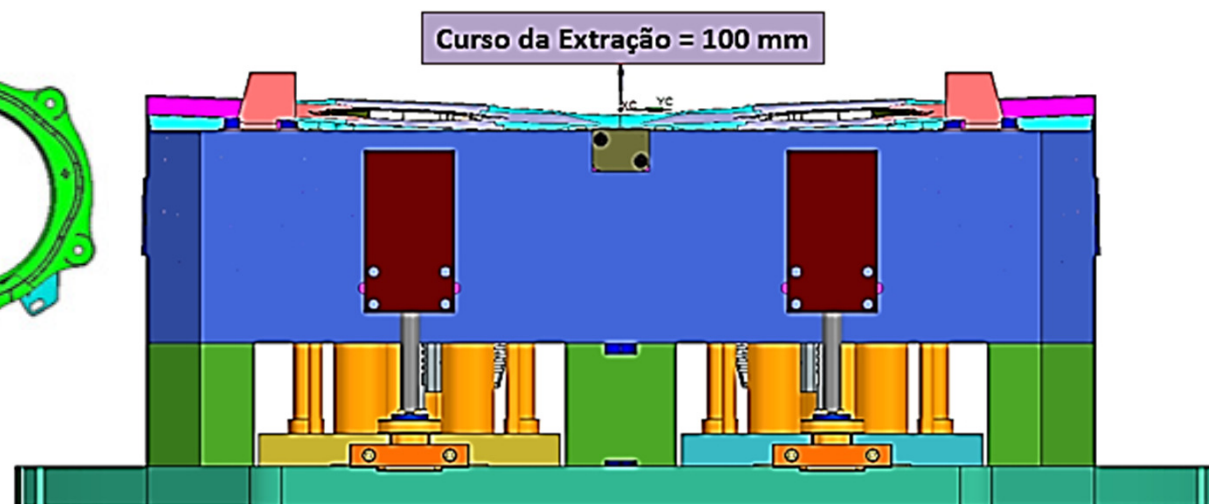
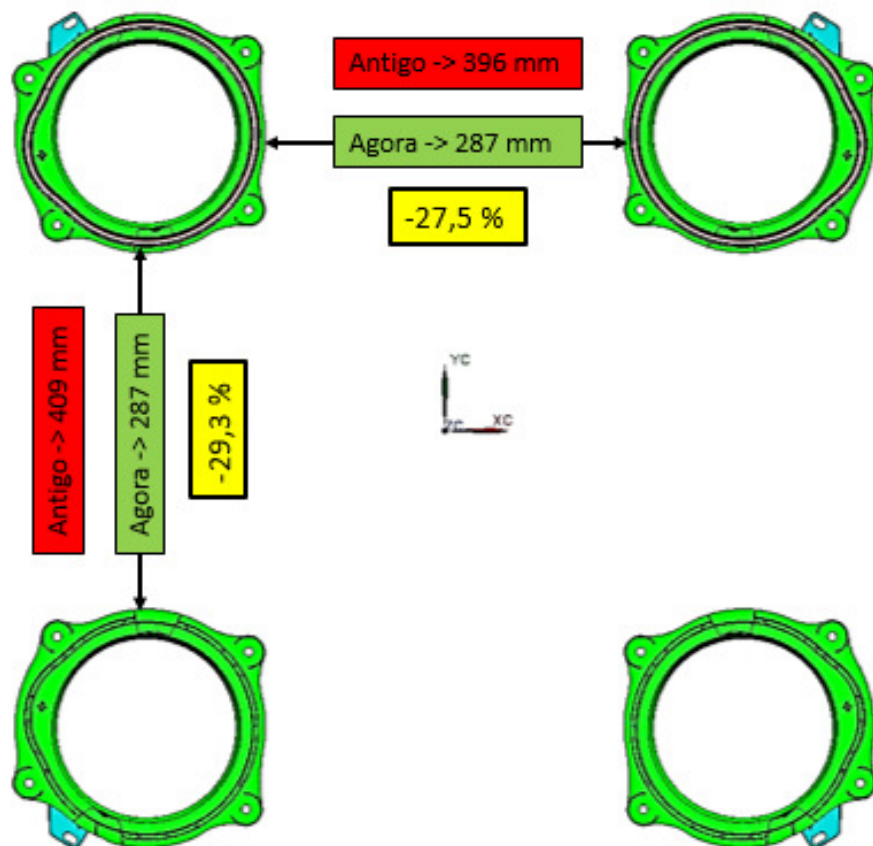
Desenho preliminar: consiste em projetar um molde funcional para aprovação das dimensões dos aços de gravação.



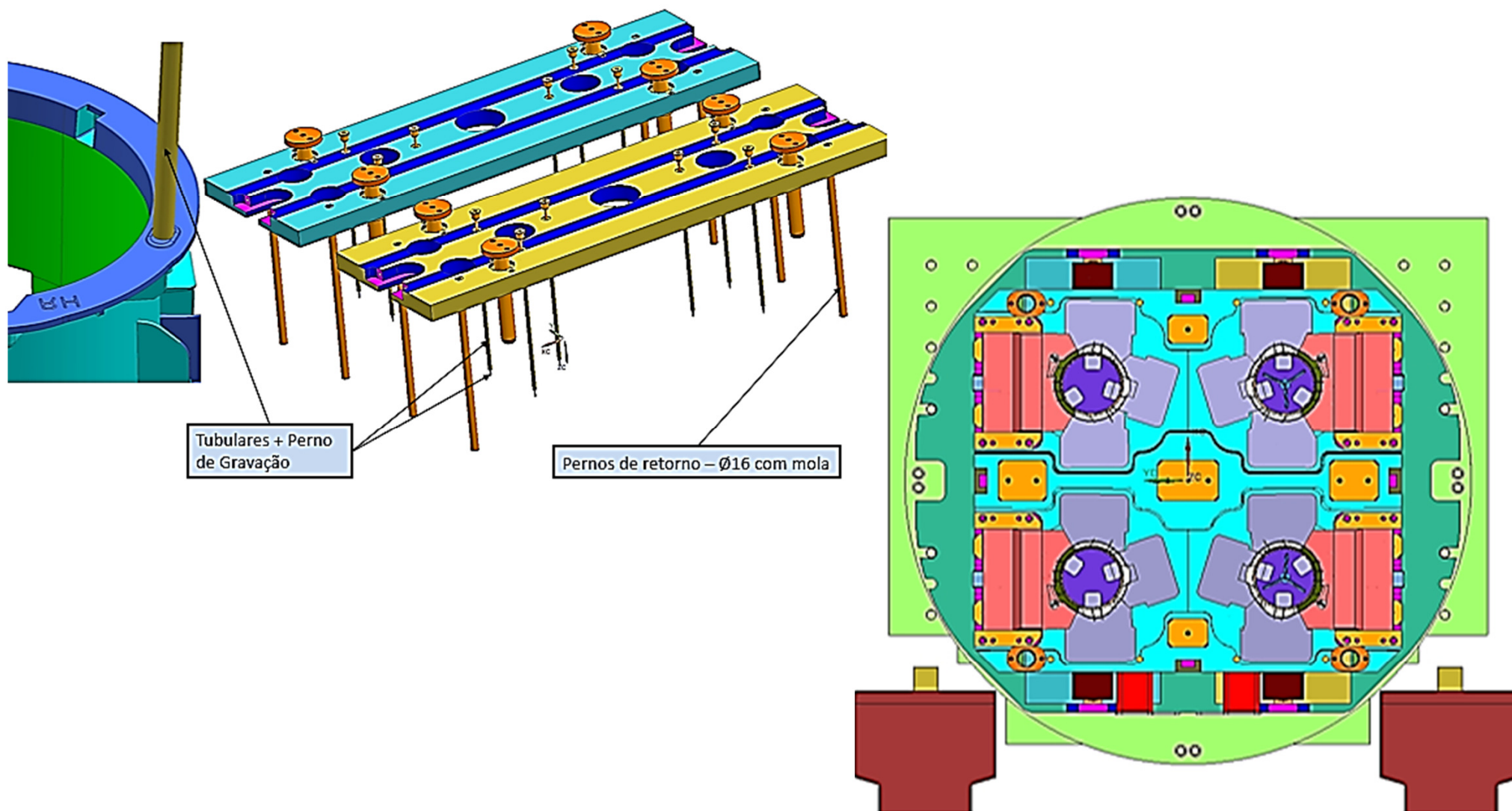
Desenho preliminar



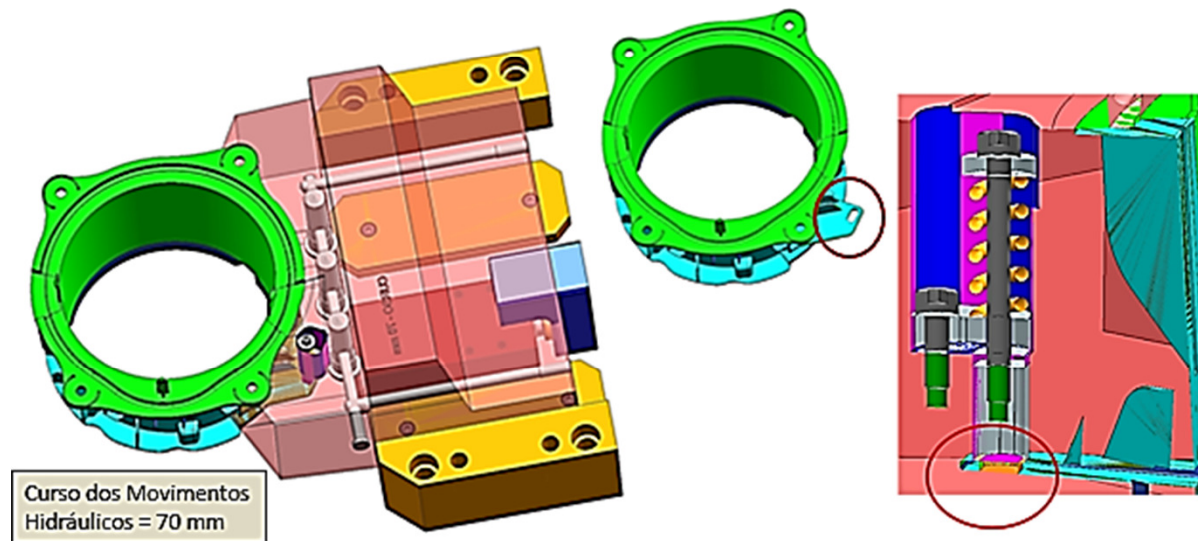
Desenho preliminar



Desenho preliminar

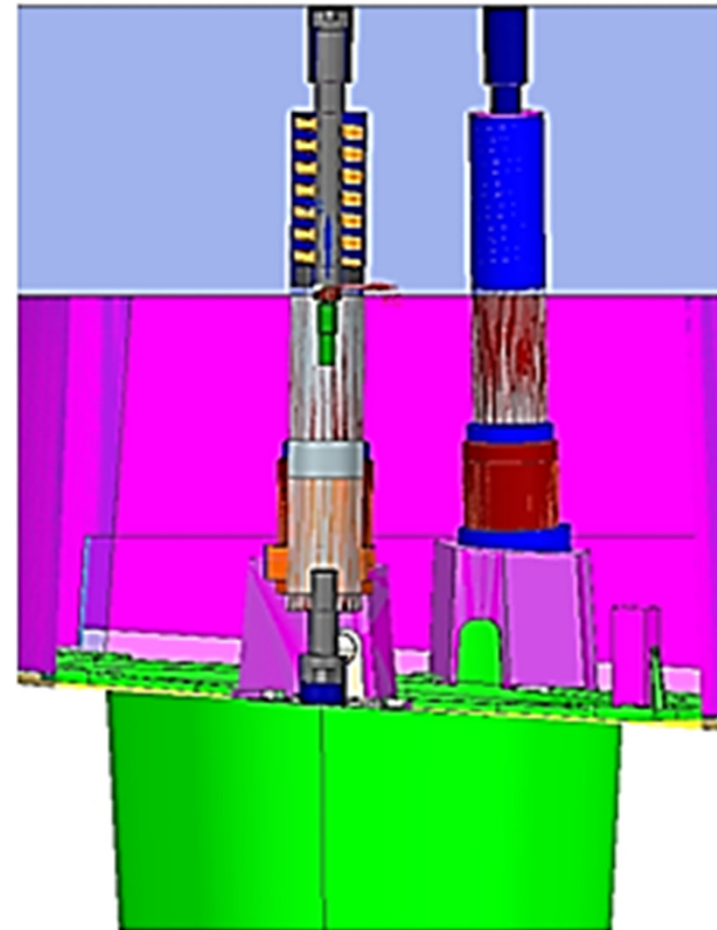
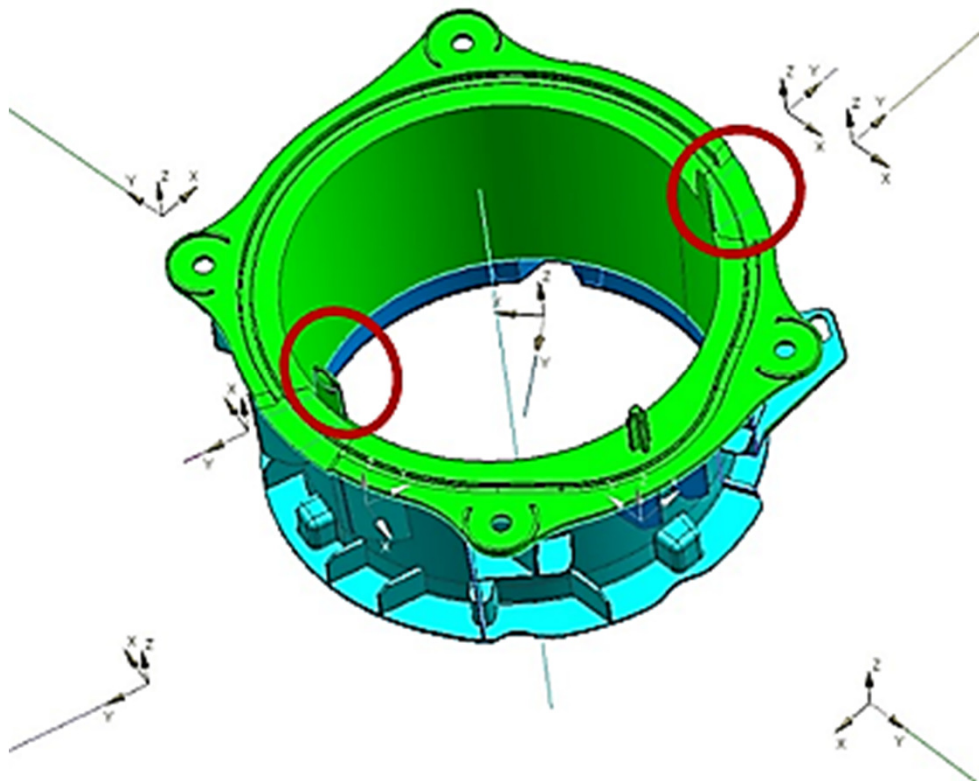


Desenho preliminar



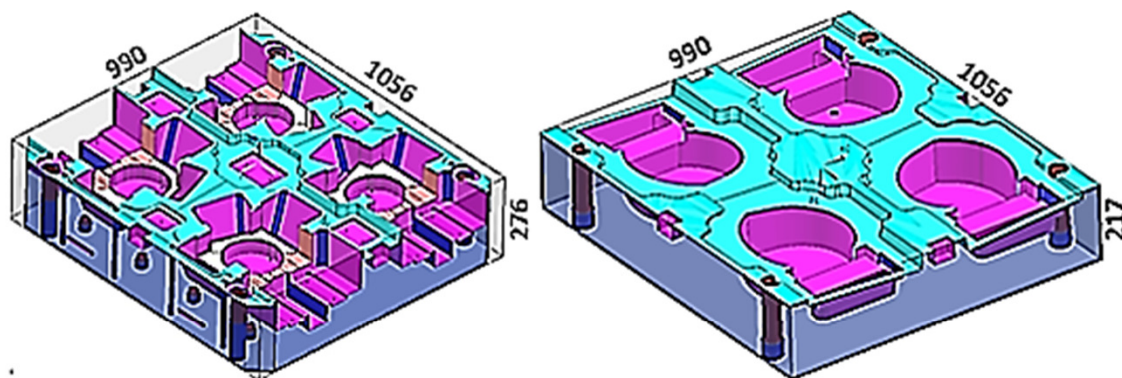
Mecanismo dentro do movimento hidráulico.

Desenho preliminar

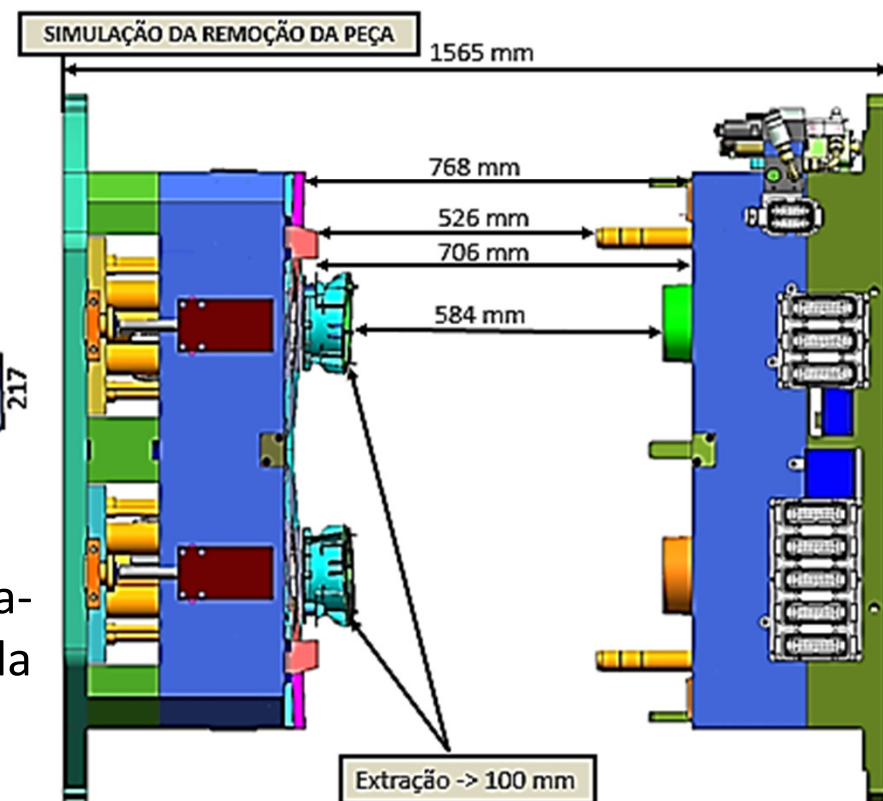


Mecanismos (com mola) para desmoldagem dos *clips* de encaixe da peça. Estes mecanismos atuarão após a injeção do PP e antes da injeção do EPDM (lado fixo do molde, cavidades).

Desenho preliminar

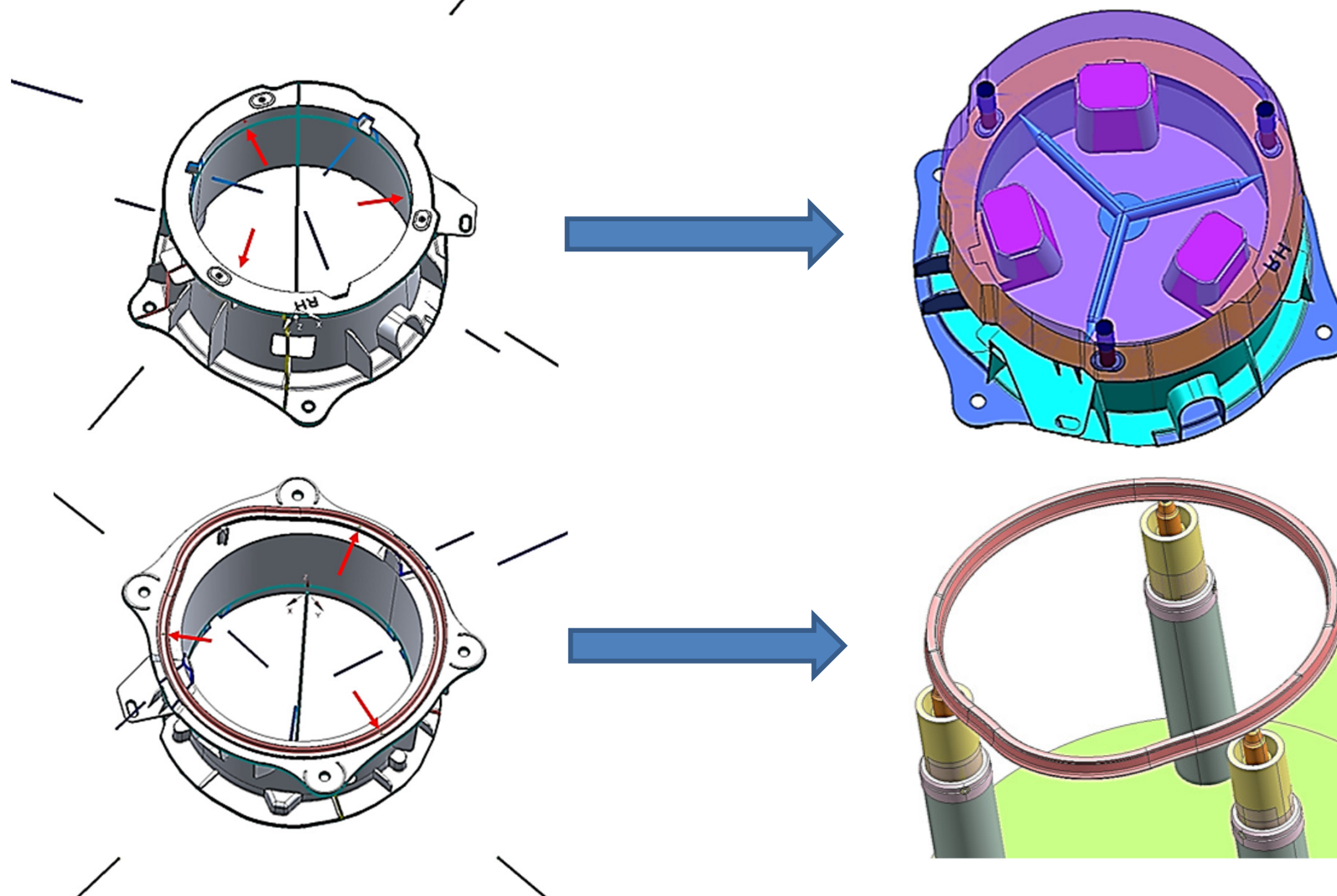


Dimensões máximas dos blocos de aço, porta-machos e porta-cavidades (OK para a encomenda destes aços).



Molde com a abertura máxima e extração da peça.

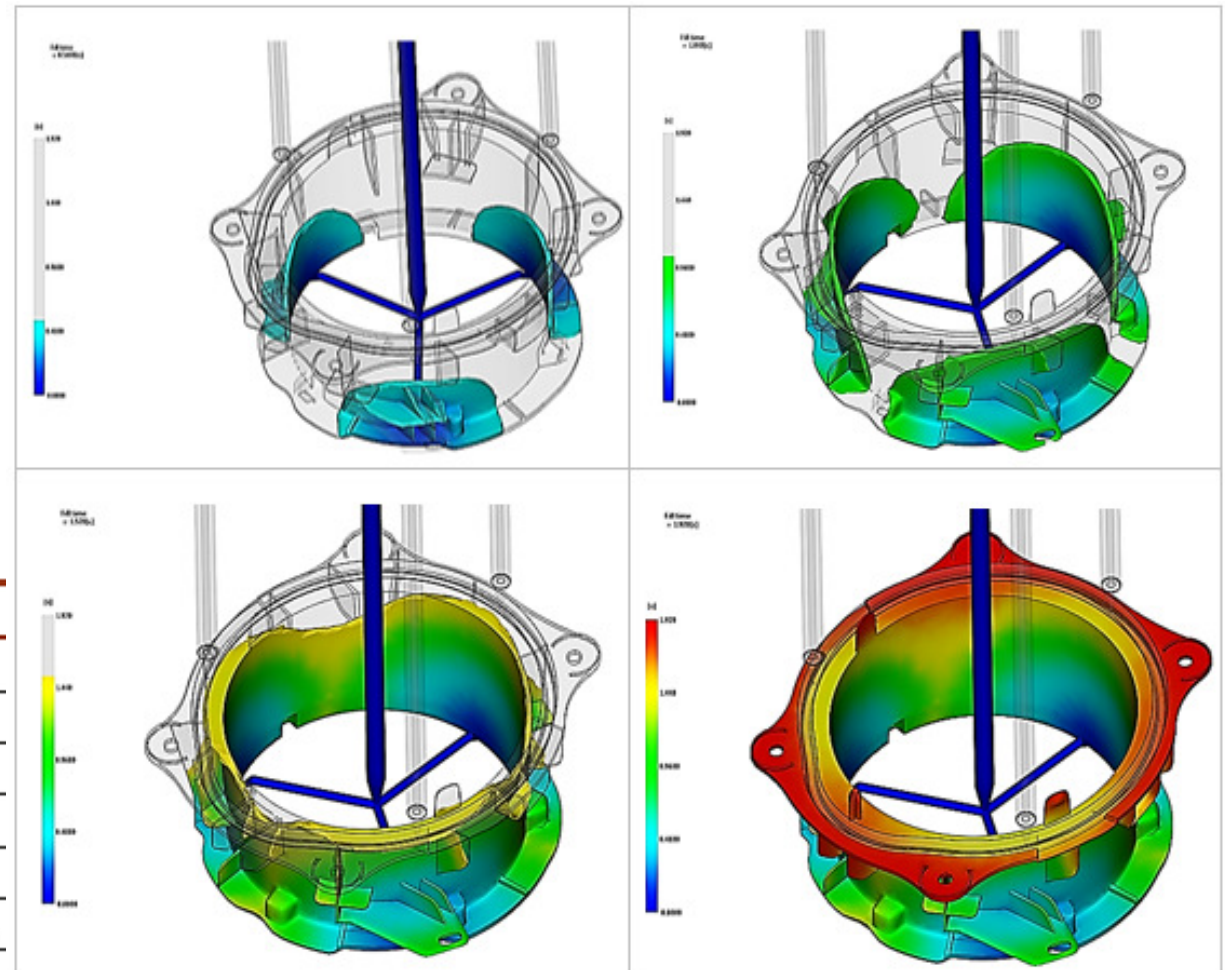
Proposta para os pontos de injeção



Moldflow[®]: Matéria prima: Sabic PP Composto G3230A (Fibra de vidro 30%).

Enchimento da peça:

- 25% - 0,56 s;
- 50% - 1,04 s;
- 75% - 1,52 s;
- 100% - 1,92 s.



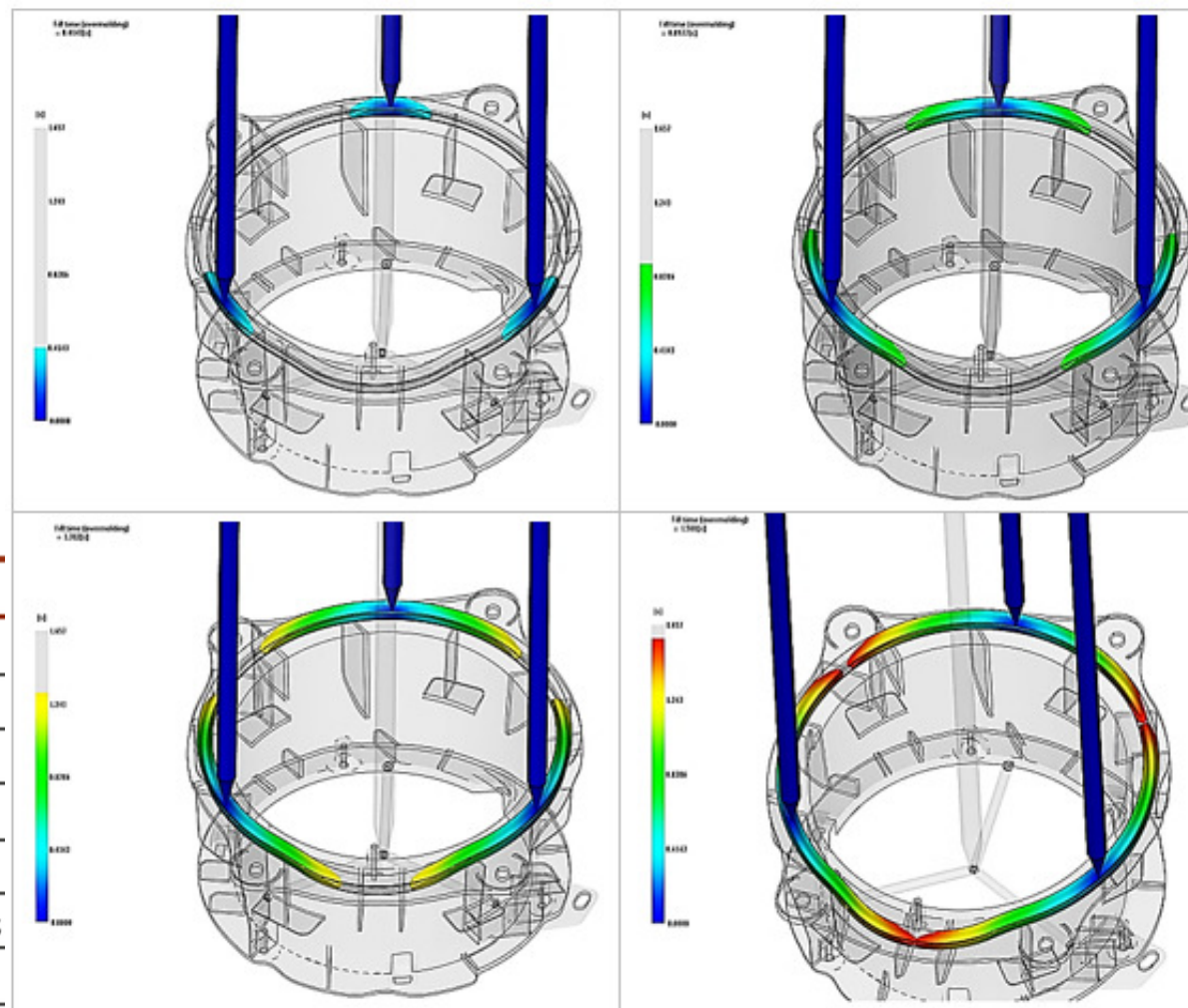
Condições de processamento

Temperatura do molde	40°C
Temperatura de fusão	230°C
Temperatura máxima de fusão	300°C
Temperatura de extração	119°C
Temperatura mínima de escoamento	126°C
Taxa de corte máxima	100000 1/s
Tensão de corte máxima	0,25 MPa
Índice de fluidez do material (MFI)	12,5 g/10 min (240°C/10 kg)

Moldflow[®]: Matéria prima: Santoprene 121-75 M100 (TPE-V).

Enchimento da peça:

- 25% - 0,41 s;
- 50% - 0,90 s;
- 75% - 1,24 s;
- 100% - 1,66 s.



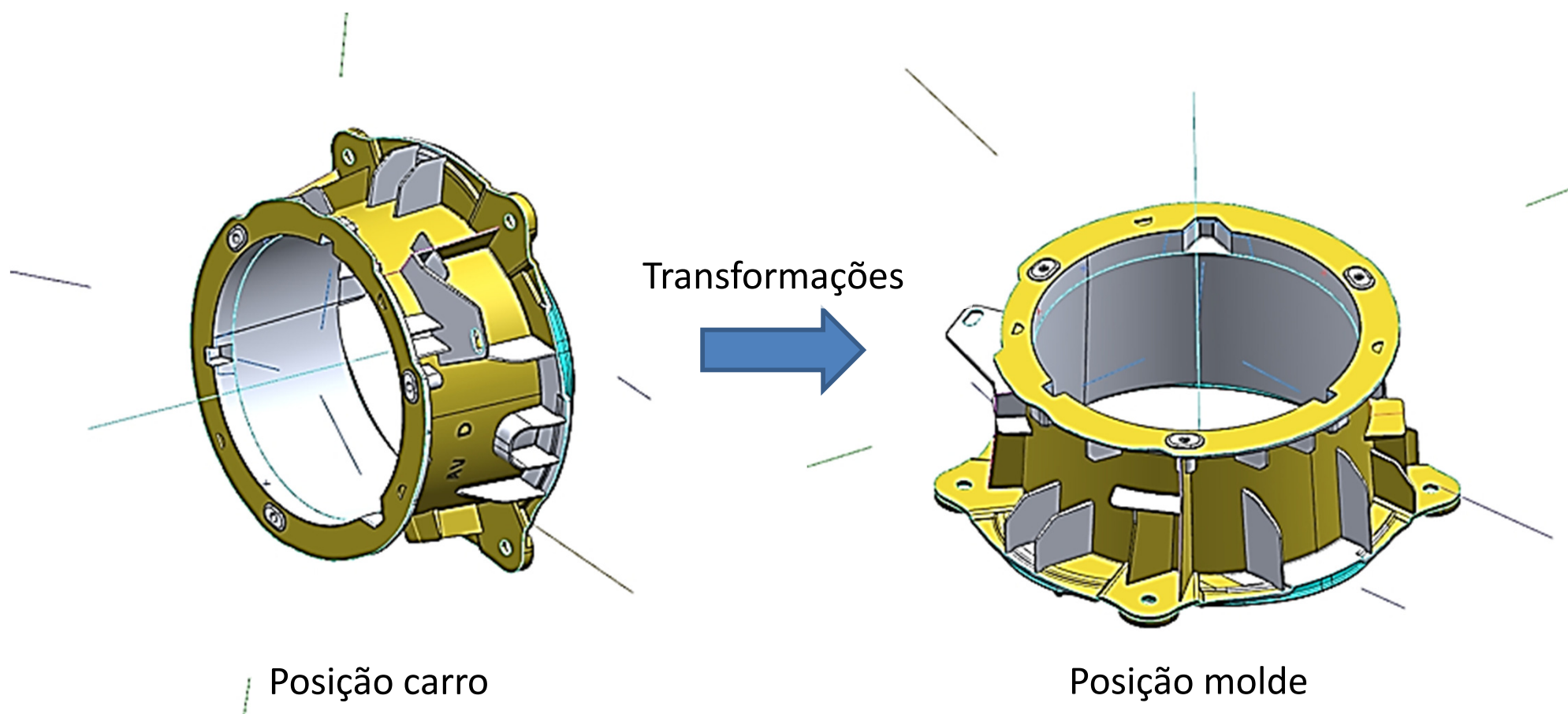
Condições de processamento

Temperatura do molde	40°C
Temperatura de fusão	200°C
Temperatura máxima de fusão	260°C
Temperatura de extração	100°C
Temperatura mínima de escoamento	113°C
Taxa de corte máxima	40000 1/s
Tensão de corte máxima	0,30 MPa

MFI Não aplicável

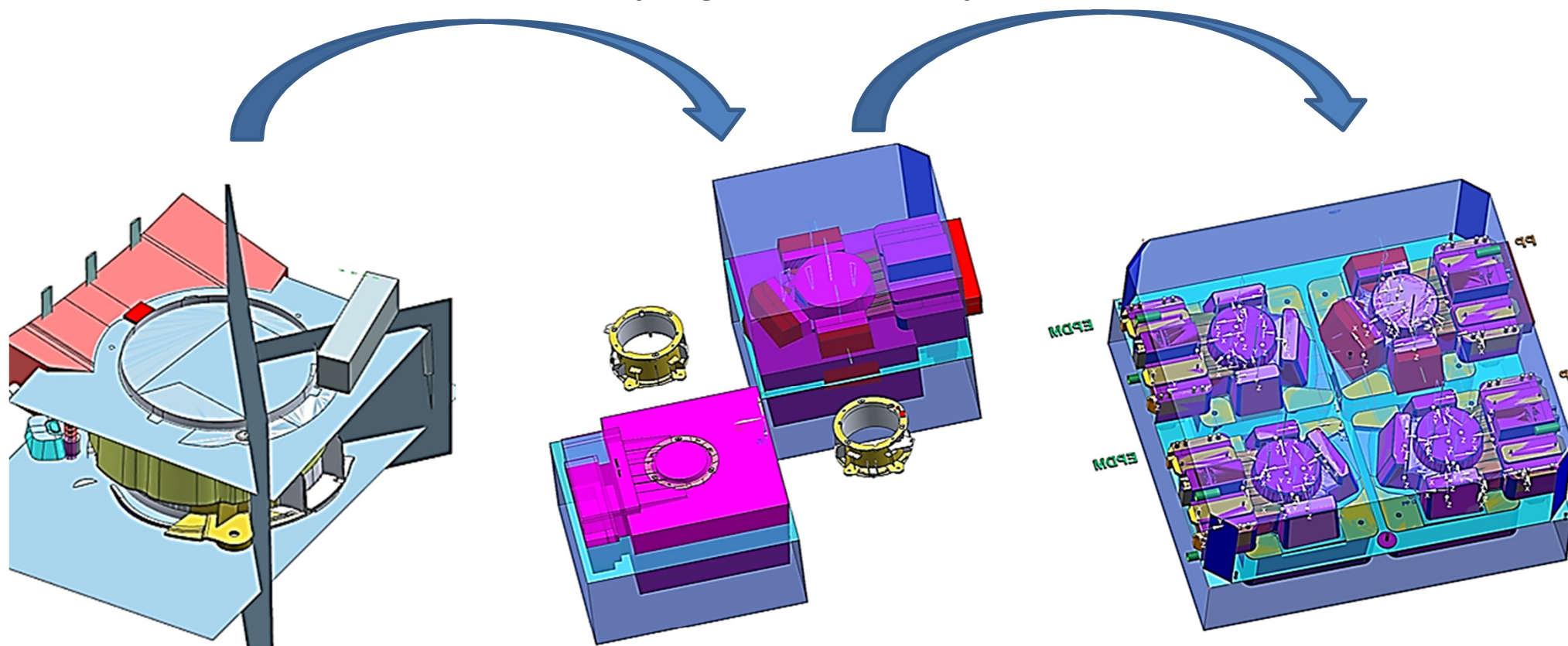
Modelação: estudo e desenvolvimento mecânico dos elementos moldantes.

Peças: receção do ficheiros na posição carro.



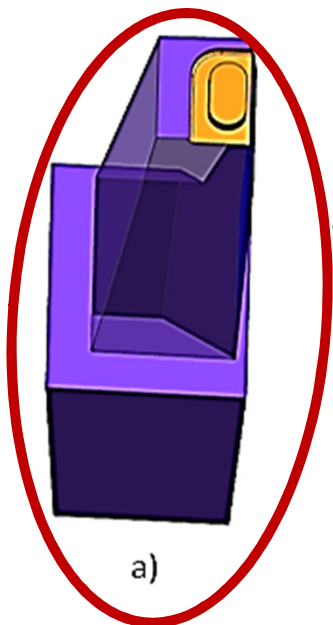
Modelação

Evolução geral da modelação

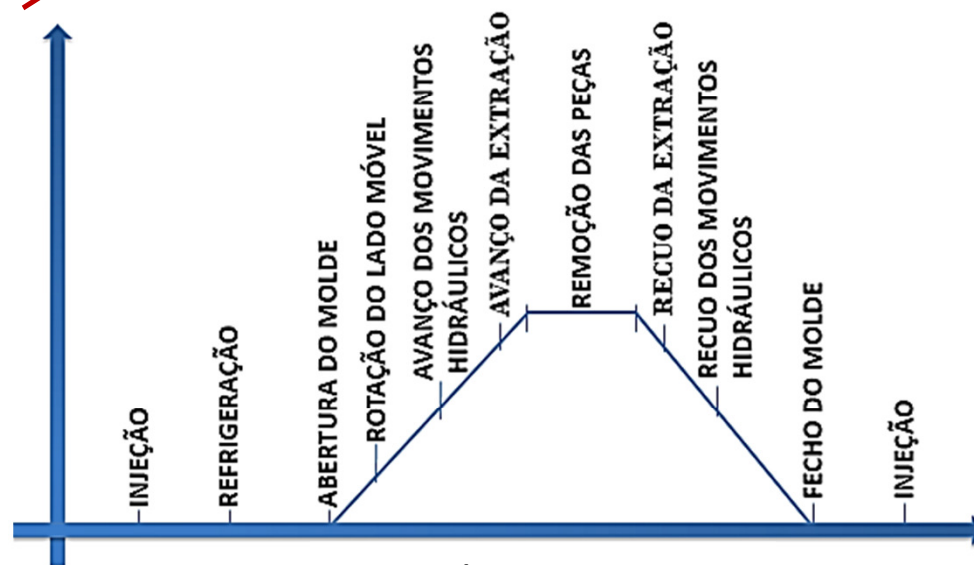
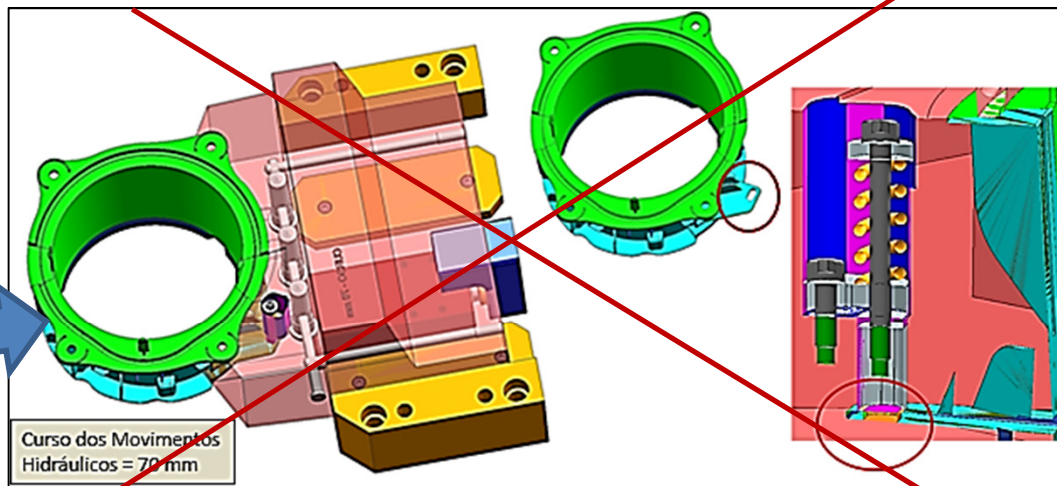
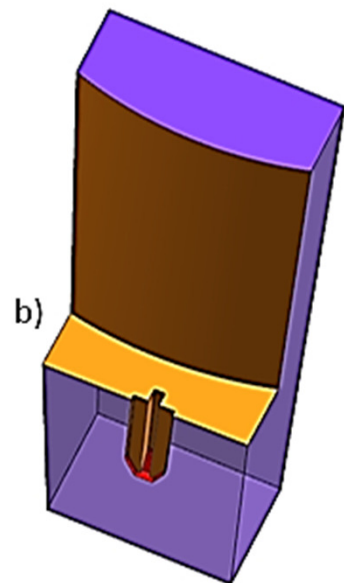


Modelação

Postiços do PP (lado fixo do molde).



Substitui o mecanismo apresentado no preliminar

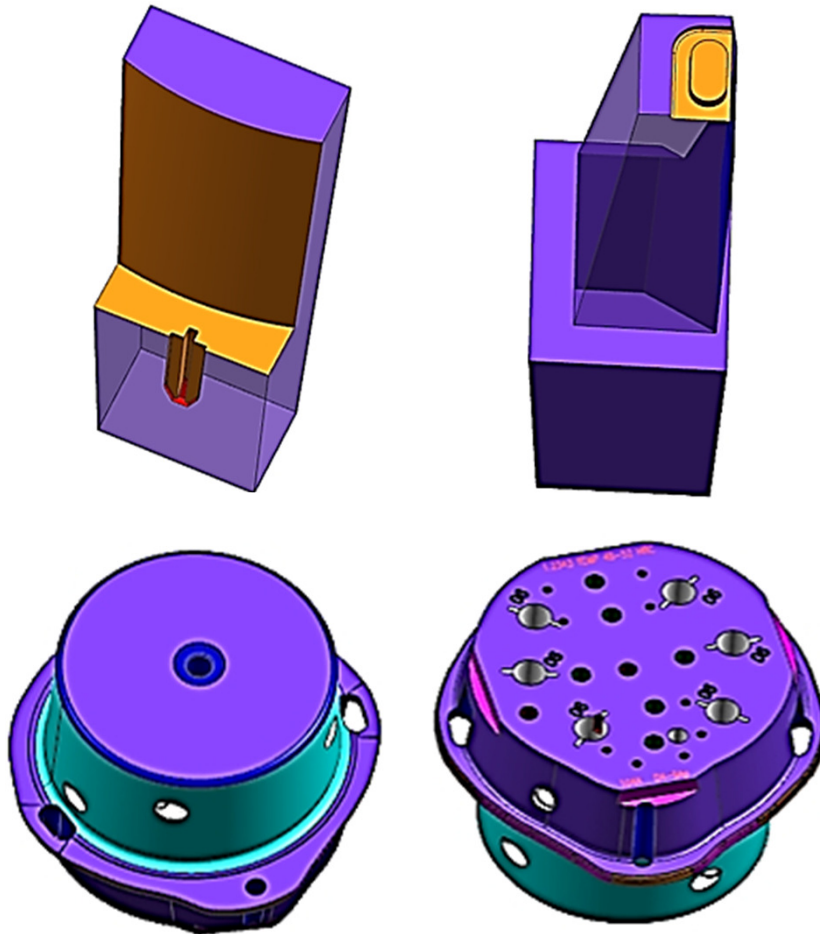


Cinamática do molde.

- a) Postiço para execução do furo;
- b) Postiço para fuga de gases.

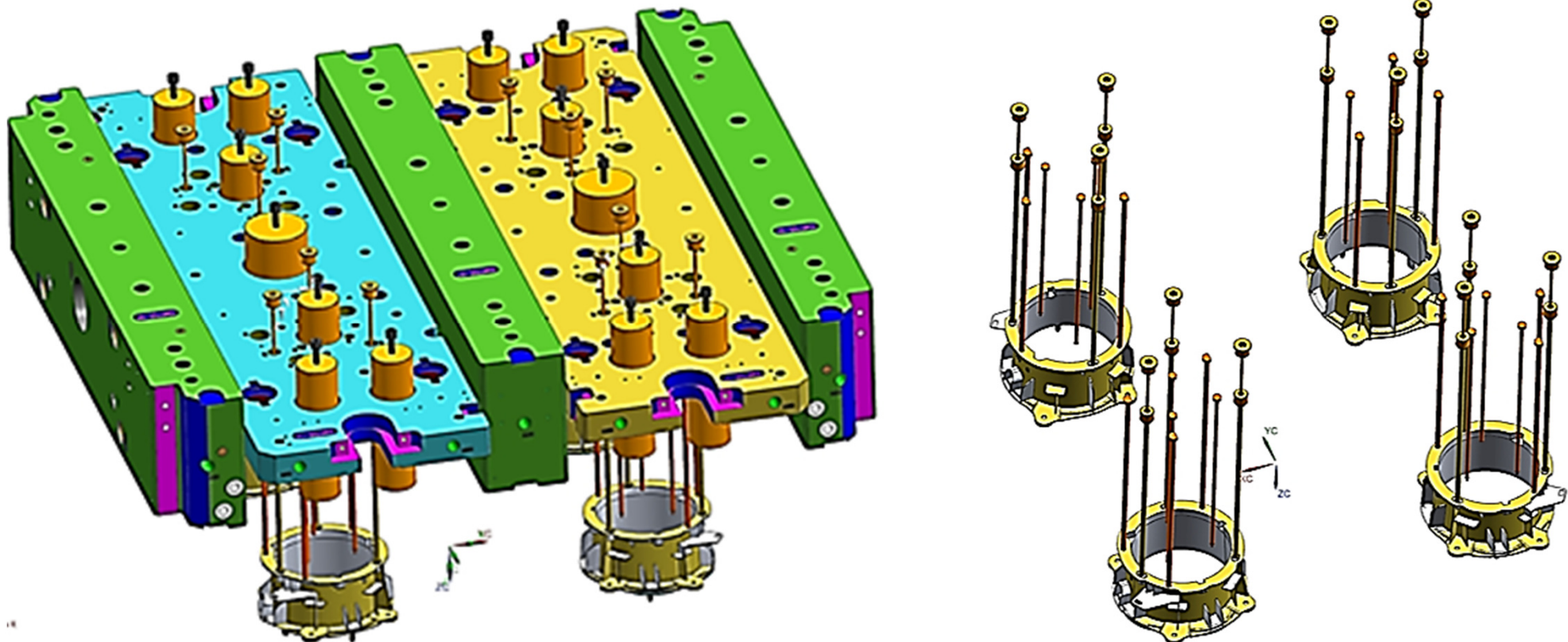
Desenho final: concretização do molde em projeto (aplicada toda a mecânica).

Postiços: Neste molde existem apenas no lado fixo.



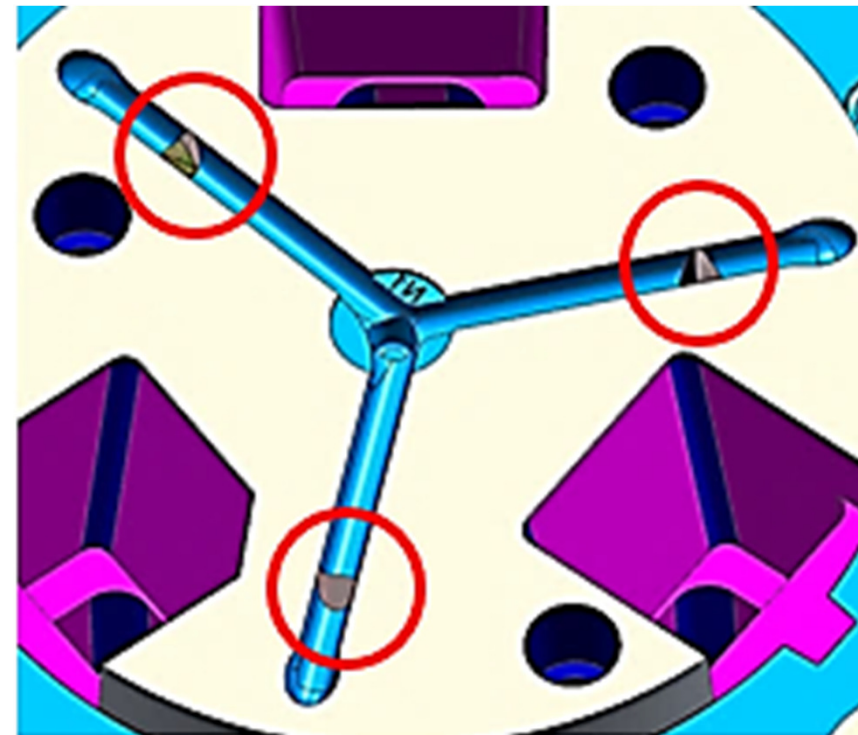
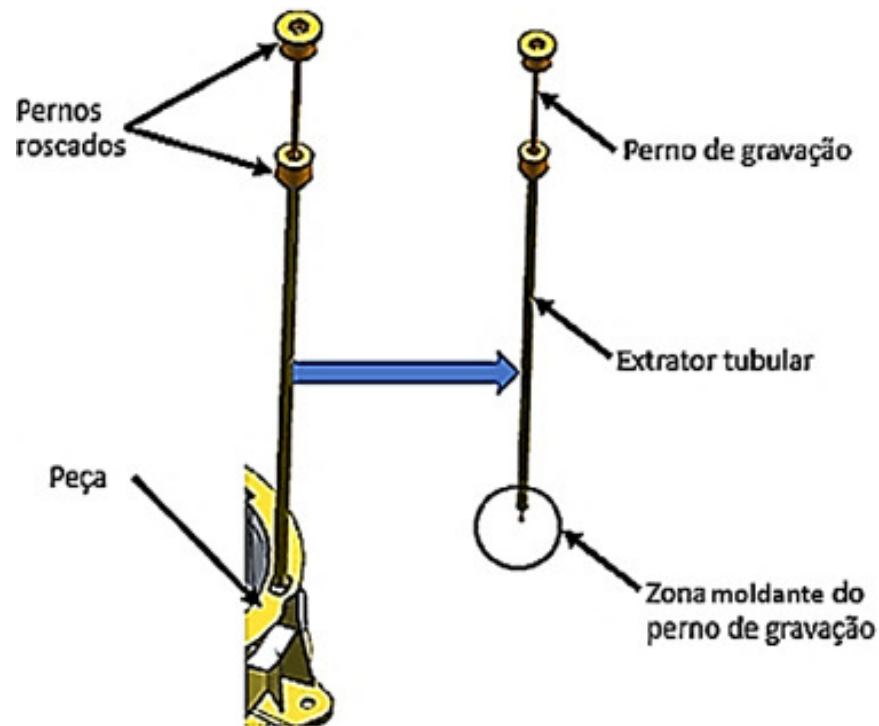
- Servem para facilitar a execução e o polimento dos frisos, montagem e escape de gases;
- São aplicados quando existe dificuldade de maquinagem na própria placa;
- Utilizam-se para refrigerar melhor zonas/partes de gravação, que são, por norma, zonas mais quentes.

Extração: Neste molde existem apenas no lado fixo.



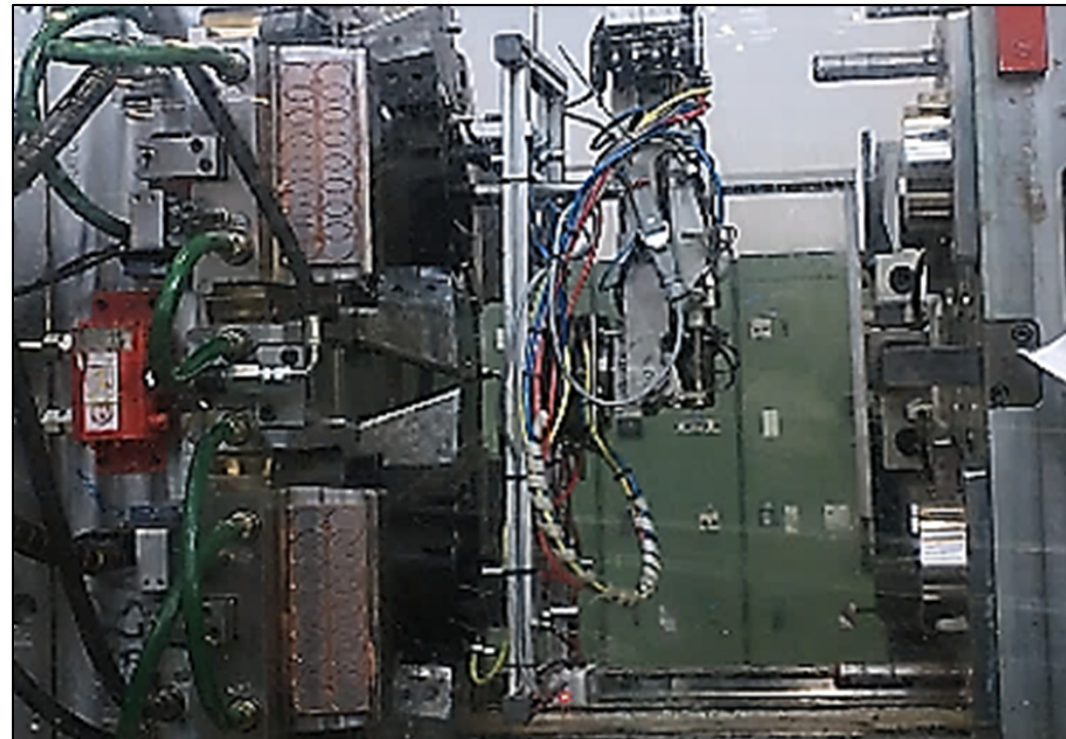
Nota: com o avanço da placa de extração, os movimentos à extração, em simultâneo com os extratores, colaboram na remoção das peças.

Extração



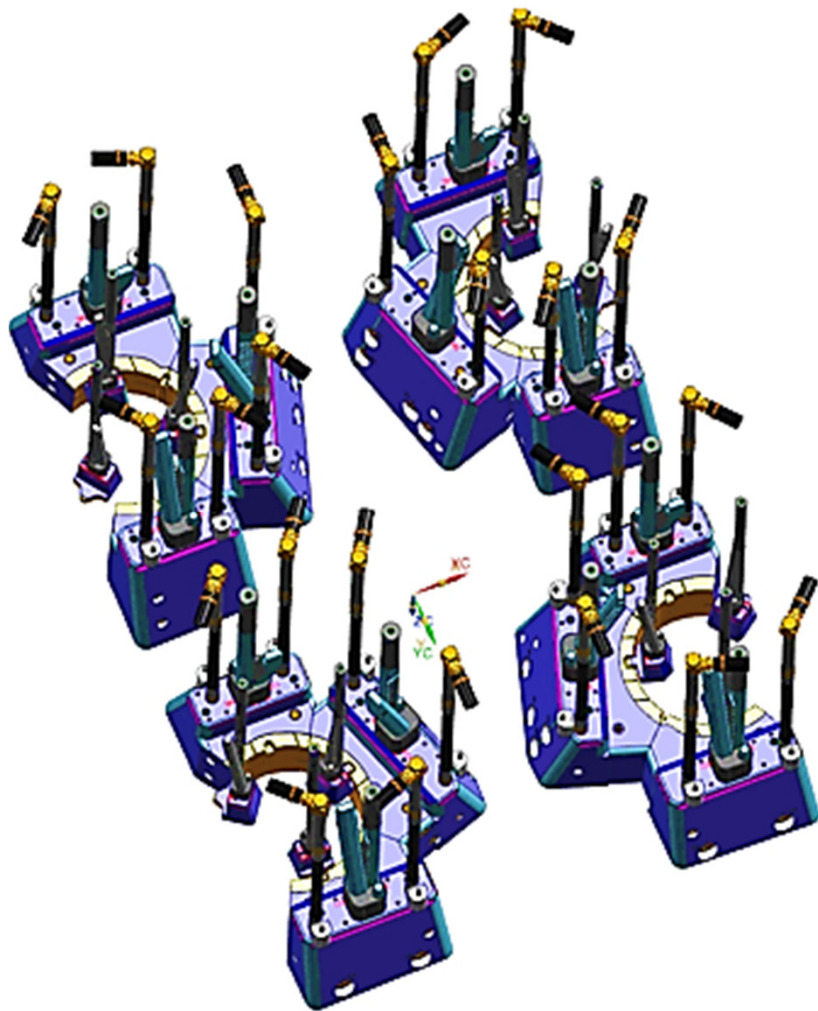
À esquerda, pernos de gravação com estratores tubulares e à direita, extratores dos canais, ou quebra-gitos, com a função de remover o material plástico dos machos e, em simultâneo, quebrar as ligações existentes entre os canais e as peças.

Extração

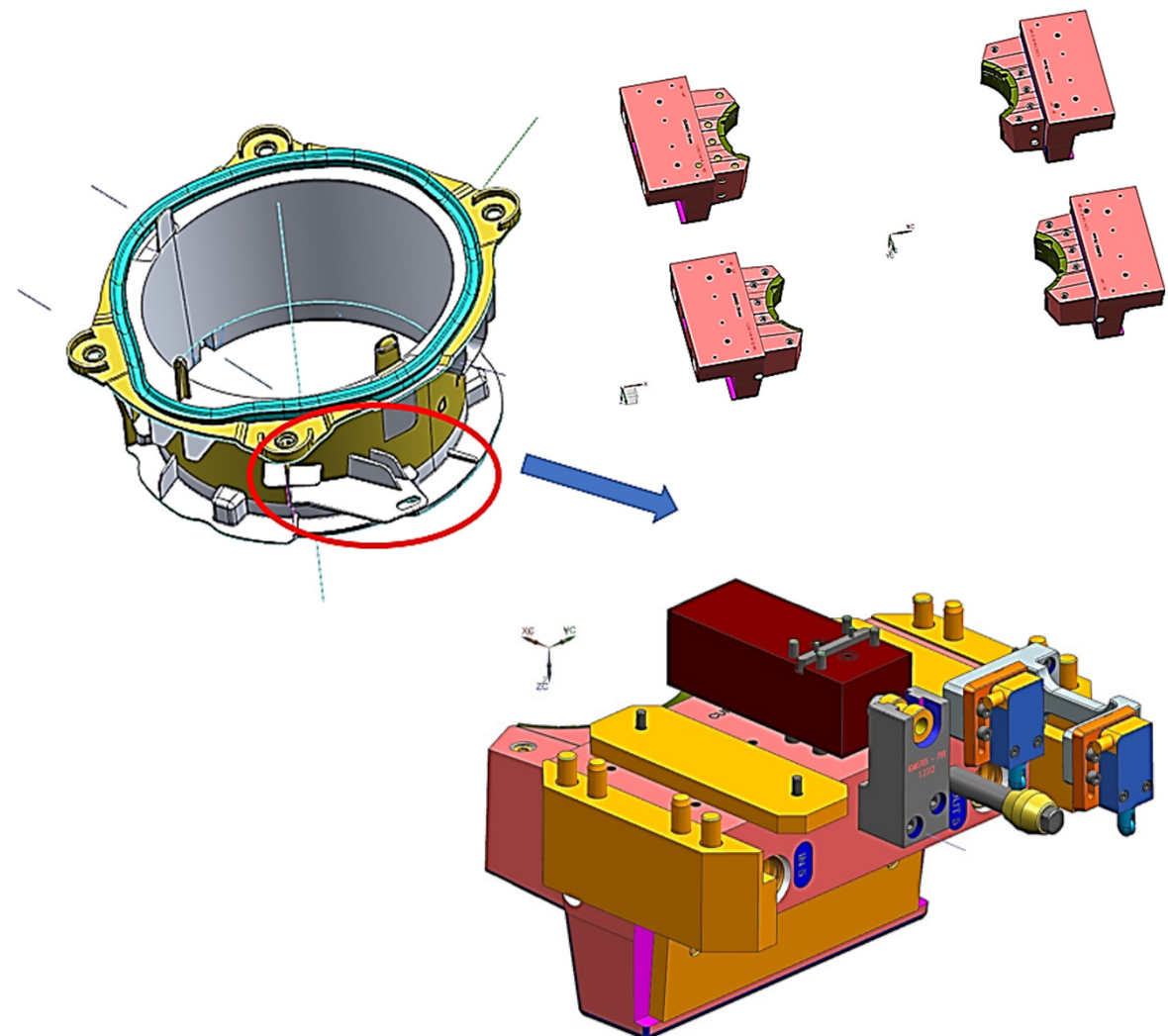


Cada peça suporta três extratores com meia-cana, são responsáveis pelas peças não caírem, possibilitando que o robô atue.

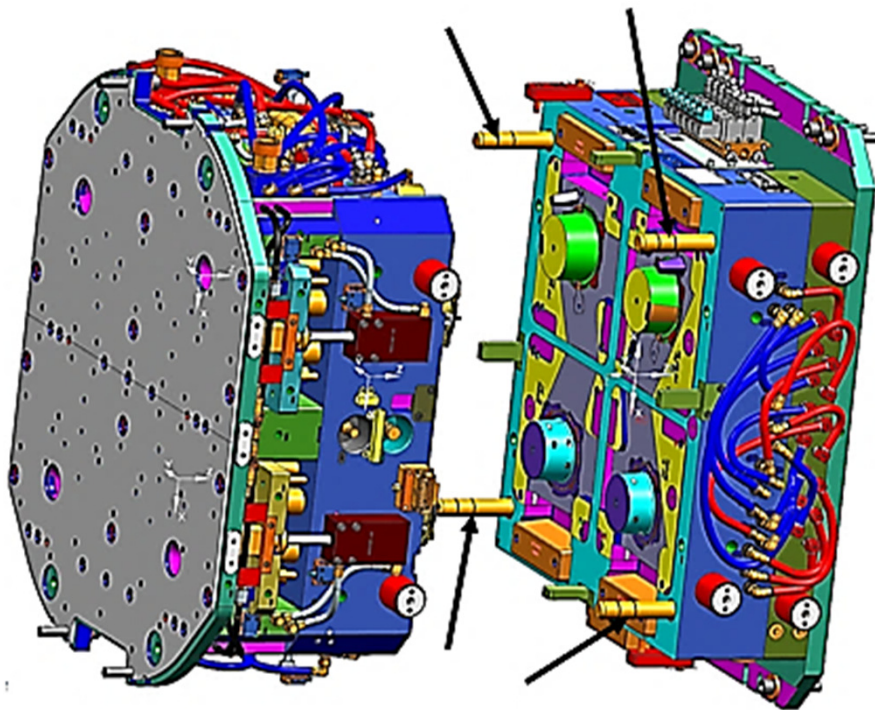
Movimentos à extração



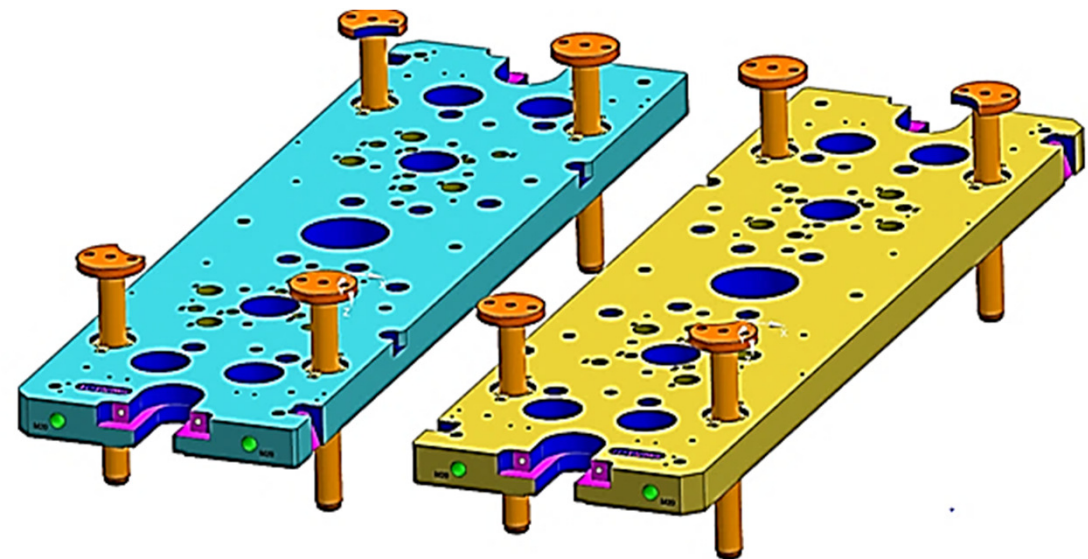
Movimentos hidráulicos



Guiamento



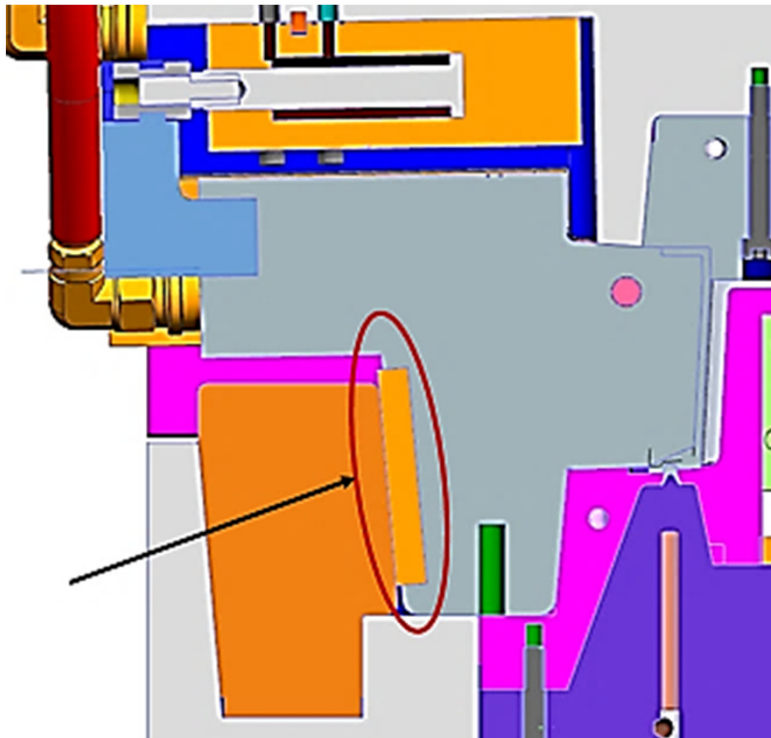
Guias principais.



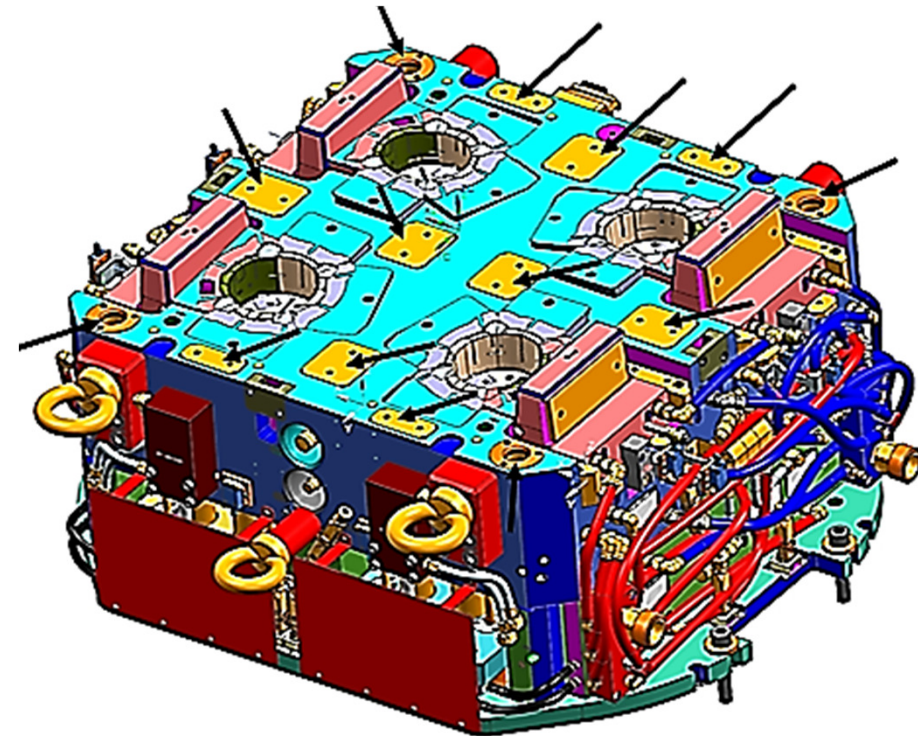
Guias de extração.

Este conceito de molde não permite o uso de uma guia principal deslocada (montagem). Necessita de guias para duas extrações independentes.

Placas de ajustamento e de pressão



Placas de ajustamento.



Placas de pressão.

As placas de ajustamento garantem que o molde fecha bem ajustado e centrado. As placas de pressão suportam a força de fecho do molde na máquina de injeção.

Seleção de materiais

Valores atribuídos às propriedades selecionadas

Material	Resistência Mecânica (MPa) ↑	Dureza (HB) ↑	Tenacidade ↑	Resistência à corrosão ↑	Custo ↓ (€/Kg)
1.2311	800	300	8	8,5	1,71
1.2343	1600	480	10	9,5	3,90
1.2738	950	300	8,5	9	1,97
1.2738HH	1050	330	9	9	2,21

Ponderação das propriedades

	1/2	1/3	1/4	1/5	Importância	%
1.Resistência Mecânica	60	70	80	85	1	0,40
2.Custo	40				0,67	0,26
3.Dureza		30			0,43	0,17
4.Tenacidade			20		0,25	0,10
5.Corrosão				15	0,18	0,07
				Total	2,53	1

Seleção de materiais

Ponderação dos materiais

Material	Resistência Mecânica	Custo	Dureza	Tenacidade	Resistência à corrosão
1.2311	800/1600 = 0,5	1,71/1,71 = 1	300/480 = 0,63	8/10 = 0,8	8,5/9,5 = 0,89
1.2343	1600/1600 = 1	1,71/3,90 = 0,44	480/480 = 1	10/10 = 1	9,5/9,5 = 1
1.2738	950/1600 = 0,59	1,71/1,97 = 0,87	300/480 = 0,63	8,5/10 = 0,85	9/9,5 = 0,95
1.2738HH	1050/1600 = 0,66	1,71/2,21 = 0,77	330/480 = 0,69	9/10 = 0,9	9/9,5 = 0,95

Índices de mérito

Material	Resistência Mecânica	Custo	Dureza	Tenacidade	Resistência à corrosão	Σ
1.2311	0,40x0,5 = 0,20	0,26x1 = 0,26	0,17x0,63 = 0,11	0,10x0,8 = 0,08	0,07x0,89 = 0,062	0,712
1.2343	0,40x1 = 0,40	0,26x0,44 = 0,11	0,17x1 = 0,17	0,10x1 = 0,10	0,07x1 = 0,07	0,850
1.2738	0,40x0,59 = 0,24	0,26x0,87 = 0,23	0,17x0,63 = 0,11	0,10x0,85 = 0,085	0,07x0,95 = 0,067	0,732
1.2738HH	0,40x0,66 = 0,27	0,26x0,77 = 0,20	0,17x0,69 = 0,12	0,10x0,9 = 0,09	0,07x0,95 = 0,067	0,747

Estimativa de custos

O custo total orçamentado para o molde:

- Custos das matérias-primas e acessórios (aços e *standards*) – 58.974,53 €;
- Custos das operações (Projeto técnico, maquinação, bancada, entre outros) – 105.427,40 €;
- Custos de serviços (Ensaios, tratamentos térmicos, transporte, entre outros) – 9.850,68 €.

Desta forma, tem-se um orçamento que apresenta um custo total de 174.252,61 € para o molde.

Conclusões

- A alteração de vetores de desmoldagem, altera significativamente a conceção do molde;
- A geometria das peças, o seu material e o número de cavidades definem a estrutura e tipo de mecanismos a usar;
- Seleção de materiais tem de ser criteriosa tendo em consideração o número de peças a produzir;
- Trabalhos finais de prensa como ajustes e afinações do molde são preponderantes;
- Os ensaios do molde permitem verificar o estado das peças e implementar correções/melhorias, assim como alterações propostas pelo cliente;
- Tudo começou com a receção de um ficheiro de peça 3D e terminou com uma peça bastante melhorada num veículo topo de gama.

Obrigado pela
atenção.



Luís Miguel de Azevedo Ferreira da Silva

