



Projecto para molde de bi-injeção

TIAGO BASTOS CORREIA REIS

outubro de 2019

PROJETO PARA MOLDE DE BI-INJEÇÃO

Tiago Bastos Correia Reis

1140599

2018/2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão industrial

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

PROJETO PARA MOLDE DE BI-INJEÇÃO

Tiago Bastos Correia Reis
1140599

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco J. G. Silva.

2018/2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão industrial



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

A designar

Categoria, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Categoria, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutora Maria de Fátima de Almeida Ferreira

Categoria, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

A designar

Categoria, Instituto Superior de Engenharia do Porto

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor Eng.º Francisco J. G. Silva, um muito obrigado, em especial pela sua aposta em mim, dedicação, profissionalismo e acompanhamento ao longo desta minha fase.

À minha coorientadora, um também muito obrigado, por ter aceitado embarcar neste projeto e por toda a disponibilidade, dedicação e ajuda que me prestou durante toda a dissertação.

Um especial agradecimento aos meus pais, que aceitaram e apoiaram de bom grado, todas as pequenas decisões que eu tomei, desde o início desta minha etapa universitária, até agora, ao término do mestrado. Um muito obrigado por terem permitido tudo isto, porque se hoje ou amanhã eu alcançar o sucesso, foi em vós que tudo se apoiou.

Ao meu irmão mais novo, que passou pelo mesmo, na mesma altura, porém em institutos diferentes, mas que no fundo sempre foi um apoio e ponto de referência, servindo de motivação.

Um especial agradecimento à minha noiva, que faz questão de partilhar comigo todos os momentos, dos melhores aos piores, apoiando-me sempre, tornando-se essencial em tudo, com o seu carinho, compreensão, encorajamento, paciência e, sobretudo, por me ter dado a motivação de terminar a dissertação à primeira.

À empresa SIMAN, um muito obrigado por ter fundamentado esta dissertação, apoiando-me em tudo o que lhes foi permitido, sem quaisquer restrições, pois foram extremamente importantes na minha evolução profissional e pessoal, durante este período.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, do qual eu possuo um orgulho enorme por ter concluído um mestrado no mesmo, pois foi muito mais do que isso, foram as amizades prestigiantes com professores, e muitos bons colegas, que, ao mesmo tempo, são amigos.

PALAVRAS CHAVE

Molde, Injeção, Polímero, Bi-matéria, Bi-injeção, Polipropileno (PP), Polietileno de alta densidade (HDPE), Simulação, Dimensionamento, Desenho, Montagem.

RESUMO

Portugal é um dos grandes produtores de moldes para injeção de plástico a nível mundial, sendo reconhecido pelas várias patentes registadas. Portanto, esta área é um enorme pilar da metalomecânica nacional, o que, conseqüentemente, resulta num pesado impacto na economia do país, pois não envolve só os próprios produtores de moldes, mas também todas as grandes empresas fornecedoras de metais no país.

A projeção e produção de um novo molde é sempre um desafio, devido à sua unicidade individual ser uma característica latente. Cada molde é um novo desafio, pois não existem dois moldes iguais, e a sua complexidade pode variar com o mesmo intervalo que existe entre construir uma simples casa familiar e construir o maior arranha céus do mundo.

Esta dissertação descreve o desenvolvimento de um molde de bi-injeção para uma peça exclusiva com uma geometria exigente, que envolve movimentos mecânicos complexos, possui dois polímeros distintos na sua constituição e necessita de cumprir um nível de qualidade elevado e irrepreensível.

Na industria dos moldes para injeção de plástico, o cliente está apenas interessado em obter um molde o mais económico possível, que produza a(s) peça(s) com a qualidade pretendida e com um tempo de ciclo de injeção o mais baixo possível, uma vez que isso é diretamente refletido numa peça de menor custo.

Muitas vezes, obter um tempo de ciclo mais baixo que o da concorrência, para aquele molde em específico, é o maior desafio para o engenheiro envolvido.

A peça que foi produzida necessitou apenas de ajustes mínimos, o que demonstrou uma certa experiência na criação de um modelo virtual da mesma por parte do cliente final. Como resultado final, o molde foi produzido sem necessidade de alterações ao orçamento final, o que aumenta a satisfação do cliente final e, após ensaios de injeção e ajustes realizados, a peça final foi concretizada com a excelente qualidade requerida, sendo aprovada pelo mesmo.

KEYWORDS

Mold, Structure, Injection, Polymer, Bi-Matter, Bi-Injection, Polypropylene (PP), High Density Polyethylene (HDPE), Simulation, Dimensioning, Drawing, Assembly.

ABSTRACT

Portugal is one of the biggest injection mold producers in the world, being recognized as such, for all the patents that it has. The industry of molds is essential for the national metalworking industry, so that results in a major impact in the country's economic, not only because it involves the producers of molds, but also, other big companies which provide steels and other metals in the country.

All the process of making a new mold it's always a challenge, due to its individual singularity being a latent feature. Each mold it's a challenge, because there are no two alike and its complexity can change with the same gap that exists between building a simple family home and building the largest skyscraper in the world.

This master's degree dissertation describes the development of a bi-injection mold for a piece with a big demanding geometry, that involves complex mechanical movements, two distinguished polymers in its constitution and it needs to accomplish highest and faultless quality level.

In the injection mold industry, the customer is only interested in getting the most economical mold possible, which produces the part(s) of the desired quality with the shortest possible injection cycle time, because this is directly reflected in a lower production cost.

Often, getting a lower cycle time than the competition, for that particular mold, is the biggest challenge for the engineer involved.

The piece that was produced has required only minimal adjustments, which demonstrated a certain experience in creating a virtual model of it by the final client. As a result, the mold was produced without alterations in the final quotation, which increases the customer satisfaction and, after injection tests and adjustments, the final piece was finished with excellent quality, it meets the final customer expectations, so it was approved by him.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

Termo	Designação
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
ASA	<i>Acrylonitrile Styrene Acrylate</i>
CA	<i>Cellulose Acetate</i>
CAB	<i>Cellulose Acetate Butyrate</i>
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CEM	Caderno de Encargos do Molde
CrNi	Crómio-Níquel
CNC	Comando Numérico Computorizado
CCC	<i>Conformal Cooling Channel</i>
COC	<i>Cyclic Olefin Copolymer</i>
CP	<i>Cellulose Propionate</i>
DR	<i>Double Rack</i>
ECTEF	<i>Ethylene Chlorotrifluoroethylene</i>
EPDM	<i>Ethylene Propylene Diene</i>
EPR	<i>Ethylene Propylene Rubber</i>
EVA	<i>Satin Vinyl Foam</i>
EVOH	<i>Ethylene Vinyl Alcohol</i>
FEM	Ficha de Especificações do Molde
FEP	<i>Fluorinated Ethylene Propylene</i>
FLM	Ficha de Lançamento do Molde
FTM	Ficha Técnica do Molde
HDPE	<i>High Density Polyethylene</i>
HPPE	<i>High Performance Polyethylene</i>
HIPS	<i>High Impact Polystyrene</i>
HMWPE	<i>High Molecular Weight Polyethylene</i>
HPS	<i>Hydraulic Production Systems</i>
HRS	<i>Hot Runner Systems</i>
LDPE	<i>Low Density Polyethylene</i>
LLDPE	<i>Low Density Linear Polyethylene</i>
LS	<i>Laser Sintering</i>
MFr	<i>Material Flow Rate</i>

<i>PA</i>	<i>Polyamide</i>
<i>PAA</i>	<i>Polyarylamide</i>
<i>PAEK</i>	<i>Polyaryletherketone</i>
<i>PAI</i>	<i>Polyamide-Imide</i>
<i>PAN</i>	<i>Polyacrylonitrile</i>
<i>PAR</i>	<i>Polyarylate</i>
<i>PARA</i>	<i>Polyarylamide</i>
<i>PBI</i>	<i>Polybenzimidazole</i>
<i>PBT</i>	<i>Polybutylene Terephthalate</i>
<i>PB-1</i>	<i>Polybutylene</i>
<i>PC</i>	<i>Polycarbonate</i>
<i>PEBA</i>	<i>Polyether Block Amide</i>
<i>PEc</i>	<i>Chlorinated Polyethylene</i>
<i>PET</i>	<i>Polyethylene Terephthalate</i>
<i>PEN</i>	<i>Polyethylene Naphthalate</i>
<i>PESU</i>	<i>Polyethersulfone</i>
<i>PEx</i>	<i>Crosslinked Polyethylene</i>
<i>MFA</i>	<i>Tetrafluoroethylene Perfluoromethylvinylether</i>
<i>PEEKK</i>	<i>Polyetheretherketoneketone</i>
<i>PEI</i>	<i>Polyetherimide</i>
<i>PEKEKK</i>	<i>Polyetherketoneetherketoneketone</i>
<i>PFA</i>	<i>Perfluoroalkoxy</i>
<i>PFPE</i>	<i>Perfluoropolyether</i>
<i>PHB</i>	<i>Polyhydroxybutyrate</i>
<i>PIB</i>	<i>Polyisobutylene</i>
<i>PMMA</i>	<i>Poly (Methyl Methacrylate)</i>
<i>PMP</i>	<i>Polymethylpentene</i>
<i>POM</i>	<i>Polyacetal</i>
<i>PPI</i>	<i>Polymeric Polyisocyanate</i>
<i>PPO</i>	<i>Polyphenylene Oxide</i>
<i>PP</i>	<i>Polypropylene</i>
<i>PPS</i>	<i>Polyphenylene Sulfide</i>
<i>PPSU</i>	<i>Polyphenylsulfone</i>
<i>pPVC</i>	<i>Polyvinyl Chloride</i>
<i>PS</i>	<i>Polystyrene</i>
<i>PSU</i>	<i>Polissulfona</i>
<i>PTCFE</i>	<i>Polychlorotrifluoroethylene</i>
<i>PTFE</i>	<i>Polytetrafluoroethylene</i>
<i>PVCC</i>	<i>Chlorinated Polyvinyl Chloride</i>
<i>PVDF</i>	<i>Polyvinylidene Fluoride</i>
<i>PVD</i>	<i>Physical Vapor Deposition</i>

<i>PVF</i>	<i>Polyvinyl Fluoride</i>
<i>PVK</i>	<i>Polyvinyl Carbazole</i>
<i>RHCM</i>	<i>Rapid Heat Cycle Molding Process</i>
<i>SAN</i>	<i>Styrene-Acrylonitrile Resin</i>
<i>SBS</i>	<i>Poly (Styrene-Butadiene-Styrene)</i>
<i>SEBS</i>	<i>Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene</i>
<i>Si</i>	<i>Silicone</i>
<i>SLA</i>	<i>Stereolitography</i>
<i>SLS</i>	<i>Sinterização Seletiva a Laser</i>
<i>SMA</i>	<i>Styrene Maleic Anhydride</i>
<i>ton</i>	<i>Tonelada</i>
<i>uPVC</i>	<i>Unplasticized Polyvinyl Chloride</i>
<i>VAR</i>	<i>Vacuum Arc Remelting</i>
<i>VD</i>	<i>Vacuum Degasser</i>
<i>XLPE</i>	<i>Cross Linked Polyethylene</i>
<i>3D</i>	<i>Three Dimensions</i>
<i>2D</i>	<i>Two Dimensions</i>

Lista de Unidades

Termo	Designação
<i>bar</i>	Bar (Unidade de Pressão)
°C	Grau Celcius
<i>cm</i>	Centímetro
<i>cm²/s</i>	Centímetro Quadrado por Segundo
<i>cP</i>	Centipoise
<i>dg/min</i>	Decigrama por Minuto
<i>g</i>	Gramma
<i>g/cm³</i>	Gramma por Centímetro Cubico
<i>GPa</i>	Giga Pa-Pascal
<i>h</i>	Hora
<i>HB</i>	Escala de dureza <i>Brinell</i>
<i>J</i>	Joule
<i>J/kg.K</i>	Joule por Quilograma Kelvin
<i>K</i>	Kelvin
<i>K⁻¹</i>	por Kelvin
<i>kcal/kg</i>	Quilocaloria por Quilograma
<i>kcal/kg°C</i>	Quilocaloria por Quilograma Grau Celcius
<i>kcal/s</i>	Quilocaloria por Segundo
<i>kg/s</i>	Quilograma por Segundo
<i>kN</i>	Quilo Newton

L/s	Litros por Segundo
mm	Milímetro
$min./máx$	Mínimo / Máximo
MPa	Mega Pa-Pascal
N	Newton
N/mm	Newton por Milímetro
N/mm^2	Newton por Milímetro Quadrado
$Pa.s$	Pascal por Segundo
s	Segundo
ton	Tonelada
$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	Watt por Metro Kelvin
$\mu m/m-^{\circ}C$	Micrómetro por Metro Graus Celcius
Ω	Ohm
Ω/cm	Ohm por Centímetro

Lista de Símbolos

Termo	Designação
%	Percentagem
+	Soma
-	Subtração
°	Graus (inclinação)
€	Euro
∅	Diâmetro
γ	Gama
ρ	Massa volúmica ou densidade
σ	Tensão
μ	Micro
α	Alfa
π	Pi
Θ	Teta
Δ	Delta

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Termo	Designação
Alimentadores	Canais que distribuem o material fundido para a gravação.
Contra-saída	Ângulo desfavorável da superfície numa zona moldante.
Chupado	Deformação numa zona de enchimento da peça (geralmente uma depressão) causada por uma repentina mudança de espessura.
Içamento	Transporte equilibrado do molde ou parte do mesmo.
Jito	Canal divergente que conduz o material polimérico fundido aos canais de alimentação.
Linha de junta	Conjunto de superfícies em torno da peça que vão marcar a separação entre macho e cavidade.
SOLIDWORKS Plastics	Estudo/simulação do comportamento dos polímeros no processo de injeção através de aplicação informática de CAE.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - FUNCIONALIDADES DE UM MOLDE	9
FIGURA 2 - TIPIFICAÇÃO DOS MOLDES PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS	10
FIGURA 3 - SUBTIPOS DOS MOLDES PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS	10
FIGURA 4 - TIPOS DE INJEÇÃO MULTI-MATERIAL	11
FIGURA 5 - TIPOS DE BI-INJEÇÃO	11
FIGURA 6 - ESTRUTURA CLÁSSICA DE UM MOLDE GENERALISTA	13
FIGURA 7 - FORMAS DE MONTAGEM DOS MOLDES NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO	14
FIGURA 8 - TIPOS DE FIXAÇÃO DO MOLDE À MÁQUINA DE INJEÇÃO	14
FIGURA 9 - CENTRAGEM DO MOLDE NA MÁQUINA DE INJEÇÃO DE POLÍMEROS	15
FIGURA 10 - MONTAGEM DAS GUIAS - A) GUIA DESLOCADA EM POSIÇÃO; B) GUIA DE MENOR DIÂMETRO; C) GUIAS DIAGONALMENTE OPOSTAS (DIFERENTES EM COMPRIMENTO)	18
FIGURA 11 - TIPOS DE ELEMENTOS MOLDANTES A) GRAVAÇÃO DIRETA; B) GRAVAÇÃO POR POSTIÇO	19
FIGURA 12 - ANÁLISE DAS ZONAS MOLDANTES (EXEMPLO)	20
FIGURA 13 - ESQUEMA DA INJEÇÃO A FRIO	21
FIGURA 14 - INJETOR A FRIO	21
FIGURA 15 - TIPOS DE CANAIS DE ALIMENTAÇÃO	21
FIGURA 16 - BALANCEAMENTO DA ALIMENTAÇÃO: A) ALIMENTAÇÃO DESEQUILIBRADA; B) ALIMENTAÇÃO EQUILIBRADA	22
FIGURA 17 - EQUILÍBRIO NA ALIMENTAÇÃO DE MOLDES COM MAIS DE UMA CAVIDADE A) 2 CAVIDADES; B) 3 CAVIDADES; C) 4 CAVIDADES; D) 5 CAVIDADES; E) 6 CAVIDADES; F) 8 CAVIDADES	22
FIGURA 18 - CORTE DE UM MOLDE COM SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO COM CANAIS ISOLADOS	23
FIGURA 19 - CORTE DE UM MOLDE COM O SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO POR CANAIS QUENTES: A) INJETOR PRINCIPAL; B) DISTRIBUIDOR; C) BICOS QUENTES	24
FIGURA 20 - TIPOS DE CONFIGURAÇÕES APRESENTADAS PELOS MOLDES DE CANAIS QUENTES	24
FIGURA 21 - CONFIGURAÇÕES TÍPICAS DE DISTRIBUIDORES	25
FIGURA 22 - TIPOS DE BICO PARA INJEÇÃO A QUENTE	25
FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO DO MAIS COMUM ESCAPE DE GASES NUM MOLDE	26
FIGURA 24 - VÁRIOS TIPOS DE EXECUÇÃO DO ESCAPE DE GASES	26
FIGURA 25 - EXEMPLO DE UM CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO: 1) ENTRADA; 2) SAÍDA	27
FIGURA 26 - DIFERENÇA ENTRE BOM E MAU DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLO TÉRMICO	28
FIGURA 27 - MOVIMENTO DE EXTRAÇÃO	29
FIGURA 28 - ESTRUTURA GERAL DE UM SISTEMA DE EXTRAÇÃO	30
FIGURA 29 - TIPOS MAIS COMUNS DE EXTRATORES: A) EXTRATOR CILÍNDRICO; B) EXTRATOR REBAIXADO/RESPIGADO; C) EXTRATOR DE LÂMINA; D) EXTRATOR TUBULAR	30
FIGURA 30 - TIPOLOGIA DOS SISTEMAS DE EXTRAÇÃO	31
FIGURA 31 - ESTRUTURAS <i>STANDARD</i>	36
FIGURA 32 - ACESSÓRIOS <i>STANDARD</i>	37
FIGURA 33 - POLIMENTO SUPERFICIAL: A) GRAVAÇÃO NO MOLDE; B) PEÇA FINAL	38

FIGURA 34 - ACABAMENTO TEXTURADO	38
FIGURA 35 - EXEMPLO DE MAQUINAGEM E APLICAÇÃO DO <i>AMPCOLOY</i>	39
FIGURA 36 - BASE DO PROCESSO DE MOLDAÇÃO DE POLÍMEROS	40
FIGURA 37 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DE UMA MÁQUINA DE INJEÇÃO DE POLÍMEROS	40
FIGURA 38 - CICLO DE MOLDAÇÃO DE POLÍMEROS	41
FIGURA 39 - CRITÉRIOS PARA QUALIDADE IDEAL DE INJEÇÃO	41
FIGURA 40 - CLASSIFICAÇÃO DOS POLÍMEROS QUANTO À ORIGEM VS QUANTO AO COMPORTAMENTO TÉRMICO	43
FIGURA 41 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE INJEÇÃO DE UMA PEÇA EXEMPLO ATRAVÉS DO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	48
FIGURA 42 - EXTERIOR DAS INSTALAÇÕES <i>SIMAN</i> - SOCIEDADE DE MOLDES DE MANSORES, UNIPessoal, LDA	55
FIGURA 43 - ZONA INDUSTRIAL DAS LAMEIRADAS – AROUCA	56
FIGURA 44 - PEÇA A PRODUZIR: <i>ADJUSTER COVER</i> - 1) ZONA DE GRAVAÇÃO DA CAVIDADE; 2) ZONA DE GRAVAÇÃO DO MACHO	57
FIGURA 45 - DIMENSIONAMENTO GROSSEIRO DOS DOIS CONSTITUINTES DA PEÇA <i>ADJUSTER COVER</i>	58
FIGURA 46 - APLICAÇÃO DO <i>ADJUSTER COVER</i>	59
FIGURA 47 - PERNO DE RETORNO COM MOLA	63
FIGURA 48 - MOVIMENTO À EXTRAÇÃO TIPO <i>DOUBLE RACK (DR)</i>	64
FIGURA 49 - MICRO INTERRUPTOR DO TIPO 1	65
FIGURA 50 - MICRO INTERRUPTOR DO TIPO 2	65
FIGURA 51 - FICHA ELÉTRICA, DESTINADA À ALIMENTAÇÃO DOS SENSORES DE POSIÇÃO	65
FIGURA 52 - POSICIONAMENTO DAS PEÇAS A INJETAR	68
FIGURA 53 - LOCAIS DE INJEÇÃO PROPOSTOS PELO CLIENTE	68
FIGURA 54 - LOCALIZAÇÃO EM PORMENOR DA PROPOSTA DOS LOCAIS DE INJEÇÃO: 1) INJEÇÃO PARA HDPE; 2) INJEÇÃO PARA PP	69
FIGURA 55 - BICO DE INJEÇÃO USADO NO PROJETO	69
FIGURA 56 - REPRESENTAÇÃO DOS CANAIS DE INJEÇÃO USADOS NO ESTUDO EM <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	70
FIGURA 57 - TAXA DE CORTE VS VISCOSIDADE DE PP	72
FIGURA 58 - NOVAS ZONAS DE INJEÇÃO (REPRESENTADAS A COR VERMELHA) NA PARTE DA PEÇA EM PP	72
FIGURA 59 - INJEÇÃO UNHA DE GATO OU BANANA	73
FIGURA 60 - RESULTADO FINAL DA SIMULAÇÃO DE INJEÇÃO DO PP	74
FIGURA 61 - PRESSÃO DE RECALQUE (NO FINAL DA INJEÇÃO) DO PP	74
FIGURA 62 - SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DE PP COM 25% DE PROGRESSO NO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	75
FIGURA 63 - SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DE PP COM 50% DE PROGRESSO NO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	75
FIGURA 64 - SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DE PP COM 75% DE PROGRESSO NO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	75
FIGURA 65 - SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DE PP COM 100% DE PROGRESSO NO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	75

FIGURA 66 - REPRESENTAÇÃO DAS LINHAS DE SOLDADURA EXISTENTES APÓS A SIMULAÇÃO FINAL (PARTE DA PEÇA EM PP)	76
FIGURA 67 - VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO FLUXO FRONTAL DE INJEÇÃO NA PARTE DA PEÇA EM PP	77
FIGURA 68 - TEMPERATURA DO PP NO FIM DA INJEÇÃO	78
FIGURA 69 - AUMENTO DA TEMPERATURA DO PP NO FIM DA INJEÇÃO	78
FIGURA 70 - LOCAIS DE APRISIONAMENTO DO AR (PP), IDENTIFICADOS COM RECURSO AO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	79
FIGURA 71 - TENSÃO DE CORTE MÁXIMA INSTALADA NA PEÇA NO FINAL DA INJEÇÃO DO PP	80
FIGURA 72 - TAXA DE CORTE MÁXIMO DO FINAL DA INJEÇÃO DE PP	81
FIGURA 73 - EXPANSÃO VOLUMÉTRICA DA PEÇA NO FINAL DA INJEÇÃO DO PP EM PERCENTAGEM	82
FIGURA 74 - TEMPO DE ARREFECIMENTO DO PP	82
FIGURA 75 - TEMPERATURA DA PARTE DA PEÇA EM PP APÓS O ARREFECIMENTO	83
FIGURA 76 - ANÁLISE DOS CHUPADOS EXISTENTES NA INJEÇÃO DA PARTE DA PEÇA EM PP	84
FIGURA 77 - AVALIAÇÃO DA FACILIDADE DE INJEÇÃO DA PARTE DA PEÇA EM PP POR RECURSO AO <i>SOLIDWROKS PLASTICS</i>	84
FIGURA 78 - TAXA DE CORTE VS VISCOSIDADE DO HDPE	86
FIGURA 79 - PONTO DE INJEÇÃO DA PARTE DA PEÇA EM HDPE	86
FIGURA 80 - RESULTADO FINAL DA SIMULAÇÃO DE INJEÇÃO DO HDPE	87
FIGURA 81 - PRESSÃO DE RECALQUE (NO FINAL DA INJEÇÃO) DO HDPE	87
FIGURA 82 - SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DE HDPE COM 25% DE PROGRESSO NO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	88
FIGURA 83 - SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DE HDPE COM 50% DE PROGRESSO NO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	88
FIGURA 84 - SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DE HDPE COM 75% DE PROGRESSO NO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	88
FIGURA 85 - SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DE HDPE COM 100% DE PROGRESSO NO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	88
FIGURA 86 - REPRESENTAÇÃO DAS LINHAS DE SOLDA EXISTENTES APÓS A SIMULAÇÃO FINAL (PARTE DA PEÇA EM HDPE)	89
FIGURA 87 - VARIAÇÃO DA TEMPERATURA FRONTAL DO FLUXO DE INJEÇÃO (PARTE DA PEÇA EM HDPE)	90
FIGURA 88 - TEMPERATURA DO HDPE NO FINAL DA INJEÇÃO	90
FIGURA 89 - AUMENTO DA TEMPERATURA DO HDPE NO FIM DA INJEÇÃO	91
FIGURA 90 - LOCAIS DE APRISIONAMENTO DO AR NO HDPE	92
FIGURA 91 - TENSÃO DE CORTE MÁXIMA NO FIM DA INJEÇÃO DO HDPE	92
FIGURA 92 - TAXA DE CORTE MÁXIMO DO FINAL DA INJEÇÃO DE HDPE	93
FIGURA 93 - EXPANSÃO VOLUMÉTRICA DA PEÇA NO FINAL DA INJEÇÃO DO HDPE, EM PERCENTAGEM	94
FIGURA 94 - TEMPO DE ARREFECIMENTO DO HDPE	94
FIGURA 95 - TEMPERATURA DA PARTE DA PEÇA EM HDPE APÓS O ARREFECIMENTO	95
FIGURA 96 - ANÁLISE DOS CHUPADOS EXISTENTES NA INJEÇÃO DA PARTE DA PEÇA EM HDPE	96
FIGURA 97 - AVALIAÇÃO DA FACILIDADE DE INJEÇÃO DA PARTE DA PEÇA EM HDPE COM BASE NA ANALISE EM <i>SOLIDWROKS PLASTICS</i>	96

FIGURA 98 - ÚNICA ALTERAÇÃO GERAL NA <i>ADJUSTER COVER</i>	98
FIGURA 99 - EIXOS E POSIÇÕES DOS MOVIMENTOS EXTRATORES	98
FIGURA 100 - ACRÉSCIMO DE ÂNGULOS DE SAÍDA NAS FURAÇÕES DO TOPO DA PEÇA	99
FIGURA 101 - ESQUEMATIZAÇÃO DO CORRETO MOVIMENTO EXTRATOR	100
FIGURA 102 - EXTRAÇÃO ADEQUADA PARA OS FUROS DO TOPO DA PEÇA	100
FIGURA 103 - MOVIMENTOS EXTRATORES AOS FUROS NO TOPO DA PEÇA, ATRAVÉS DE LEVANTADORES	101
FIGURA 104 - GEOMETRIA DOS FUROS DA BASE DA PEÇA, TAL COMO O CLIENTE FINAL DESEJA	102
FIGURA 105 - MOVIMENTOS VERTICAIS E HORIZONTAIS DE GRAVAÇÃO E EXTRAÇÃO NA BASE DA PEÇA	102
FIGURA 106 - VISTA DE BAIXO, PARA TODOS OS MOVIMENTOS DE EXTRAÇÃO DE UMA CAVIDADE	103
FIGURA 107 - POSIÇÃO 1 DO POSTIÇO DE GRAVAÇÃO DO HDPE, ACIONADO HIDRAULICAMENTE	104
FIGURA 108 - POSIÇÃO 2 DO POSTIÇO DE GRAVAÇÃO DO HDPE, ACIONADO HIDRAULICAMENTE	105
FIGURA 109 - POSICIONAMENTO DAS CAVIDADES E DOS MOVIMENTOS NO PLANO FRONTAL DO MOLDE	106
FIGURA 110 - OTIMIZAÇÃO DA DISTÂNCIA QUE SEPARA AS CAVIDADES	106
FIGURA 111 - PLANO DIMENSIONAL DA VISTA DE TOPO DA PARTE DO MOLDE DO LADO DA EXTRAÇÃO	107
FIGURA 112 - ESTRUTURA USUAL DE UM MOLDE	108
FIGURA 113 - ABERTURA DESEJADA PARA O MOLDE	109
FIGURA 114 - ANÁLISE MODULAR DA PARTE DA PEÇA EM PP (ZONA DO MACHO)	110
FIGURA 115 - ANÁLISE MODULAR DA PARTE DA PEÇA EM PP (ZONA DA CAVIDADE)	110
FIGURA 116 - ANÁLISE MODULAR DA PARTE DA PEÇA EM HDPE: 1) ZONA DO MACHO; 2) ZONA DA CAVIDADE	111
FIGURA 117 - LOCALIZAÇÃO DAS ZONAS DE GRAVAÇÃO NA PEÇA: 1) ZONA 1; 2) ZONA 2; 3) ZONA 3	112
FIGURA 118 - POSTIÇOS DE GRAVAÇÃO: 1) ZONA 1; 2) ZONA 2; 3) ZONA 3	112
FIGURA 119 - GRAVAÇÃO DO <i>ADJUSTER COVER</i> DO LADO DA INJEÇÃO: 4) GRAVAÇÃO DO HDPE (MACHO); 5) RESTANTE GRAVAÇÃO DO PP (MACHO)	113
FIGURA 120 - GRAVAÇÃO DO <i>ADJUSTER COVER</i> DA EXTRAÇÃO: 6) GRAVAÇÃO DO PP (CAVIDADE); 6) GRAVAÇÃO DO HDPE (CAVIDADE)	114
FIGURA 121 - LISTA DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DO LADO FIXO (MACHO)	116
FIGURA 122 - ORIENTAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS CAVIDADES DO LADO MÓVEL (CAVIDADE)	116
FIGURA 123 - IDENTIFICAÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES (ESTRUTURA)	117
FIGURA 124 - DIMENSÕES GERAIS DO MOLDE COM REFERÊNCIA UL598	117
FIGURA 125 - ESTRUTURA, VISTA ISOMÉTRICA	118
FIGURA 126 - ESTRUTURA, VISTA DO LADO "TOPO"	119
FIGURA 127 - ESTRUTURA, VISTA DO LADO DAS ENTRADAS E SAÍDAS DA REFRIGERAÇÃO	119
FIGURA 128 - ESTRUTURA, VISTA DO LADO DOS APOIOS	119
FIGURA 129 - ESTRUTURA, VISTA DO LADO DO OPERADOR	119
FIGURA 130 - PLACA ISOLANTE (LADO DA INJEÇÃO)	120
FIGURA 131 - PLACA DE FIXAÇÃO DO LADO DA INJEÇÃO OU PLACA DE ENCOSTO DO LADO MÓVEL	120
FIGURA 132 - PLACA INTERMÉDIA (SUPORTE INJEÇÃO A QUENTE): VISTA ISOMÉTRICA	121
FIGURA 133 - PLACA INTERMÉDIA EM VISTA DE CIMA	121

FIGURA 134 - PLACA INTERMÉDIA EM VISTA DE BAIXO	121
FIGURA 135 - PLACA MOLDANTE, LADO DA INJEÇÃO EM VISTA ISOMÉTRICA	122
FIGURA 136 - PLACA MOLDANTE, LADO DA INJEÇÃO EM VISTA DE CIMA	122
FIGURA 137 - PLACA MOLDANTE, LADO DA INJEÇÃO EM VISTA DE BAIXO	122
FIGURA 138 - PLACA MOLDANTE, LADO DA EXTRAÇÃO EM VISTA ISOMÉTRICA	123
FIGURA 139 - PLACA MOLDANTE, LADO DA EXTRAÇÃO EM VISTA DE CIMA	123
FIGURA 140 - PLACA MOLDANTE, LADO DA EXTRAÇÃO EM VISTA DE BAIXO	123
FIGURA 141 - CALÇOS	124
FIGURA 142 - PLACA DOS EXTRATORES	124
FIGURA 143 - PLACA DO APERTO DOS EXTRATORES EM VISTA DE CIMA	124
FIGURA 144 - PLACA DO APERTO DOS EXTRATORES EM VISTA DE BAIXO	125
FIGURA 145 - PLACA DE FIXAÇÃO DO LADO DA EXTRAÇÃO	125
FIGURA 146 - POSTIÇOS DOS LEVANTADORES INCLINADOS (ESQUERDA E DIREITA)	126
FIGURA 147 - POSTIÇOS DOS EXTRATORES VERTICAIS (ESQUERDA E DIREITA)	126
FIGURA 148 - POSTIÇOS DO CANAL DE INJEÇÃO DO TIPO “BANANA”	127
FIGURA 149 - POSTIÇO COMPLETO PARA GRAVAÇÃO DE PARTE DA PEÇA EM HDPE	127
FIGURA 150 - SISTEMA DE INJEÇÃO A QUENTE EM VISTA ISOMÉTRICA	128
FIGURA 151 - SISTEMA DE INJEÇÃO A QUENTE, EM VISTA DE TOPO E DE BAIXO	129
FIGURA 152 - DISTINÇÃO DOS DOIS SISTEMAS DE INJEÇÃO QUENTE, EM VISTA ISOMÉTRICA	129
FIGURA 153 - DISTINÇÃO DOS DOIS SISTEMAS DE INJEÇÃO QUENTE EM VISTA DE BAIXO	130
FIGURA 154 - VISTA EM CORTE DOS CANAIS NO INTERIOR DOS DISTRIBUIDORES	130
FIGURA 155 - VISTA EM CORTE DOS DISTRIBUIDORES E BICOS A QUENTE	131
FIGURA 156 - VISTA EM CORTE DOS BICOS A QUENTE MONTADOS NO MOLDE	131
FIGURA 157 - VISTA DE TOPO DE TODOS OS ELEMENTOS RESPONSÁVEIS PELA EXTRAÇÃO	132
FIGURA 158 - VISTA ISOMÉTRICA DE TODOS OS ELEMENTOS RESPONSÁVEIS PELA EXTRAÇÃO	132
FIGURA 159 - IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE EXTRAÇÃO	133
FIGURA 160 - VISTA EM CORTE DOS EXTRATORES HORIZONTAIS	134
FIGURA 161 - PORMENOR DA EXECUÇÃO DA GRAVAÇÃO NA PEÇA DOS MOVIMENTOS HORIZONTAIS	134
FIGURA 162 - EXTRATORES HORIZONTAIS (POSIÇÕES FECHADA E ABERTA)	135
FIGURA 163 - EXTRATORES HORIZONTAIS, MONTADOS	135
FIGURA 164 - VISTA EM CORTE (FRONTAL) DOS LEVANTADORES VERTICAIS A 90°	136
FIGURA 165 - DESENHO TÉCNICO DA VISTA EM CORTE DOS LEVANTADORES A 90°	136
FIGURA 166 - VISTA EM CORTE (LATERAL) DOS LEVANTADORES VERTICAIS A 90°	137
FIGURA 167 - VISTA EM CORTE DOS LEVANTADORES COM INCLINAÇÃO DE 4°	137
FIGURA 168 - DESENHO TÉCNICO DA VISTA EM CORTE DOS LEVANTADORES DE 4°	138
FIGURA 169 - VISTA EM CORTE DOS EXTRATORES SIMPLES PARA O JITO	139
FIGURA 170 - IDENTIFICAÇÃO DA ESTRUTURA HIDRÁULICA	139
FIGURA 171 - TRANSPARÊNCIA DOS AÇOS QUE SUPTAM AS REDES DE DISTRIBUIÇÃO HIDRÁULICA	140
FIGURA 172 - IDENTIFICAÇÃO DOS CALÇOS EM RELAÇÃO ÀS CAVIDADES (SISTEMA HIDRÁULICO)	140
FIGURA 173 - MOVIMENTO HIDRÁULICO DAS PLACAS DE EXTRAÇÃO	141
FIGURA 174 - MOVIMENTO HIDRÁULICO DOS POSTIÇOS DE GRAVAÇÃO DO HDPE	142
FIGURA 175 - CIRCUITO HIDRÁULICO Nº 2 (1ª PARTE)	142
FIGURA 176 - CIRCUITO HIDRÁULICO Nº 1 DO TIPO 1 (1ª PARTE)	143

FIGURA 177 - CIRCUITO HIDRÁULICO Nº 1 DO TIPO 1 (2ª PARTE)	144
FIGURA 178 - CIRCUITO HIDRÁULICO Nº 1 DO TIPO 1 (3ª PARTE)	144
FIGURA 179 - CIRCUITO HIDRÁULICO Nº 1 DO TIPO 2 (1ª PARTE)	145
FIGURA 180 - CIRCUITO HIDRÁULICO Nº 1 DO TIPO 2 (2ª PARTE)	145
FIGURA 181 - CIRCUITO HIDRÁULICO Nº 1 DO TIPO 2 (3ª PARTE)	146
FIGURA 182 - VISTA ISOMÉTRICA DA PLACA DE EXTRAÇÃO E SEUS COMPONENTES	147
FIGURA 183 - VISTA EM CORTE DAS GUIAS PARA AS PLACAS DE EXTRAÇÃO	148
FIGURA 184 - VISTA EM CORTE DOS PERNOS DE RETORNO	149
FIGURA 185 - VISTA EM CORTE DOS SUPORTES	149
FIGURA 186 - VISTA EM CORTE DOS LEVANTADORES VERTICAIS	150
FIGURA 187 - VISTA EM CORTE DOS LEVANTADORES INCLINADOS	150
FIGURA 188 - SENSORES DE POSIÇÃO DOS MOVIMENTOS 0300 A 0303	151
FIGURA 189 - SENSORES DE POSIÇÃO DAS PLACAS DE EXTRAÇÃO	151
FIGURA 190 - SENSORES DE POSIÇÃO DO HIDRÁULICO DO POSTIÇO DA CAVIDADE 1	152
FIGURA 191 - SENSORES DE POSIÇÃO DO HIDRÁULICO DO POSTIÇO DA CAVIDADE 2, VISTA EM CORTE	152
FIGURA 192 - VISTA EM CORTE DAS PLACAS DE AJUSTE DO POSTIÇO DE GRAVAÇÃO HDPE	153
FIGURA 193 - VISTA ISOMÉTRICA PARA AS PLACAS DE PRESSÃO OU "ALMOFADAS" DO MOLDE (LADO 1)	154
FIGURA 194 - VISTA ISOMÉTRICA PARA AS "ALMOFADAS" DO MOLDE (LADO 2)	155
FIGURA 195 - FIXAÇÕES DA PLACA DE ENCOSTO DO LADO DA EXTRAÇÃO À PLACA MACHO	156
FIGURA 196 - FIXAÇÕES DA PLACA DE ENCOSTO DO LADO DA INJEÇÃO À PLACA CAVIDADE	156
FIGURA 197 - POSICIONAMENTO DAS ENTRADAS E SAIDAS DOS CIRCUITOS DE CONTROLO TÉRMICO	157
FIGURA 198 - REDE COMPLETA DO SISTEMA DE CONTROLO TÉRMICO (VISTA LATERAL)	158
FIGURA 199 - REDE COMPLETA DO SISTEMA DE CONTROLO TÉRMICO (VISTA ISOMÉTRICA)	158
FIGURA 200 - REDE COMPLETA DO SISTEMA DE CONTROLO TÉRMICO (VISTA AUXILIAR)	159
FIGURA 201 - ANÁLISE DO CIRCUITO 1 (VISTA 1)	159
FIGURA 202 - ANÁLISE DO CIRCUITO 1 (VISTA 2)	160
FIGURA 203 - ANÁLISE DO CIRCUITO 2 (VISTA 1)	160
FIGURA 204 - ANÁLISE DO CIRCUITO 2 (VISTA 2)	161
FIGURA 205 - ANÁLISE DO CIRCUITO 3 (VISTA 1)	161
FIGURA 206 - ANÁLISE DO CIRCUITO 3 (VISTA 2)	162
FIGURA 207 - ANÁLISE DO CIRCUITO 4	162
FIGURA 208 - VISTA EM CORTE DOS POÇOS DE REFRIGERAÇÃO DOS CIRCUITOS DE CONTROLO TÉRMICO	163
FIGURA 209 - PORMENOR DA ZONA DE ESCAPE DE GASES NOS POSTIÇOS 0500 A 0503	165
FIGURA 210 - PORMENOR DA ZONA DE ESCAPE DE GASES NOS POSTIÇOS 0540 A 0543	166
FIGURA 211 - ZONA DE ACUMULAÇÃO DE GASES PARA A INJEÇÃO DE HDPE	166
FIGURA 212 - ESQUEMATIZAÇÃO DA ETAPA 1 E 2 DO PROCESSO DE SELEÇÃO DE MATERIAIS	173
FIGURA 213 - LEGENDAGEM PARA AS FÓRMULAS (2) E (3)	176
FIGURA 214 - ESCRITÓRIO	187
FIGURA 215 - ZONA PRINCIPAL DE PASSAGEM	187
FIGURA 216 - CORTE DO AÇO	187

FIGURA 217 - PROGRAMAÇÃO CNC	188
FIGURA 218 - ZONA DA CNC 1	188
FIGURA 219 - ZONA DA CNC 2	188
FIGURA 220 - ELETROEROSÃO	189
FIGURA 221 - FURADORA VERTICAL	189
FIGURA 222 - BANCADA 1	189
FIGURA 223 - FRESADORA	190
FIGURA 224 - RETIFICADORA	190
FIGURA 225 - TORNO MECÂNICO	190
FIGURA 226 - MONTAGEM DO CONJUNTO A	193
FIGURA 227 - MONTAGEM DO CONJUNTO B	193
FIGURA 228 - MONTAGEM DO CONJUNTO C	193
FIGURA 229 - MONTAGEM DO CONJUNTO D	194
FIGURA 230 - MONTAGEM DO CONJUNTO E	194
FIGURA 231 - MONTAGEM DO CONJUNTO F	195
FIGURA 232 - MONTAGEM DO CONJUNTO G	195
FIGURA 233 - MONTAGEM DO CONJUNTO H	195
FIGURA 234 - MONTAGEM DO CONJUNTO I	196
FIGURA 235 - MONTAGEM DO CONJUNTO J	196
FIGURA 236 - MONTAGEM DO CONJUNTO L	196
FIGURA 237 - MONTAGEM DO CONJUNTO M	197
FIGURA 238 - MONTAGEM DO MOLDE COMPLETO	197
FIGURA 239 - VISTA EM ALTURA DO CENTRO DE GRAVIDADE DO LADO DA INJEÇÃO	198
FIGURA 240 - VISTA DE TOPO DO CENTRO DE GRAVIDADE DO LADO DA INJEÇÃO DO MOLDE UL598	199
FIGURA 241 - OLHAIS DE IÇAMENTO DO LADO DA INJEÇÃO DO MOLDE UL598	200
FIGURA 242 - VISTA EM ALTURA DO CENTRO DE GRAVIDADE DO LADO DA EXTRAÇÃO	200
FIGURA 243 - VISTA DE TOPO DO CENTRO DE GRAVIDADE DO LADO DA EXTRAÇÃO DO MOLDE UL598	201
FIGURA 244 - OLHAIS DE IÇAMENTO DO LADO DA EXTRAÇÃO DO MOLDE UL598	202
FIGURA 245 - IÇAMENTO DO MOLDE UL598	202
FIGURA 246 - LIGAÇÕES DOS TERMINAIS DAS TOMADAS DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA DE INJEÇÃO A QUENTE	203
FIGURA 247 - ESQUEMATIZAÇÃO DAS LIGAÇÕES ELÉTRICAS ENTRE AS TOMADAS E OS MÓDULOS	204
FIGURA 248 - ESQUEMA DE LIGAÇÕES ELÉTRICAS DO SISTEMA DE SEGURANÇA DOS POSTIÇOS	205
FIGURA 249 - ESQUEMA DE LIGAÇÕES ELÉTRICAS DO SISTEMA DE SEGURANÇA DAS PLACAS DE EXTRAÇÃO	205
FIGURA 250 - PERIFÉRICOS DE SUPORTE AOS AJUSTES DO MOLDE	206
FIGURA 251 - DESCRIÇÃO DAS ZONAS DE GRAVAÇÃO E TIPO DE ACABAMENTO NA PARTE DA PEÇA EM PP E EM HDPE	207
FIGURA 252 - DESCRIÇÃO DAS ZONAS DE GRAVAÇÃO E TIPO DE ACABAMENTO NA PARTE DA PEÇA EM PP EM MAIOR DETALHE	207
FIGURA 253 - MARCAÇÕES NA <i>ADJUSTER COVER</i> DA CAVIDADE 1 E 2	208
FIGURA 254 - <i>ADJUSTER COVER</i> : 1) VISTA DE TRÁS, 2) VISTA DE FRENTE, 3) VISTA LATERAL	209
FIGURA 255 - PARTE NÃO VISÍVEL DA PEÇA	210

FIGURA 256 - PORMENOR DO LOCAL DE INJEÇÃO	210
FIGURA 257 - MARCAS CRIADAS NA PEÇA PELOS LEVANTADORES VERTICAIS	211
FIGURA 258 - MARCAS NA PEÇA CRIADAS PELOS MOVIMENTOS HORIZONTAIS E LEVANTADORES INCLINADOS	211
FIGURA 259 - ACABAMENTOS FINAIS NA PEÇA <i>ADJUSTER COVER</i>	212

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - TIPOS DE INJEÇÃO PARA O MOLDE BI-MATERIAL	12
TABELA 2 - TIPOS DE GUIAMENTOS DOS MOLDES PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS	16
TABELA 3 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO COM CANAIS ISOLADOS	23
TABELA 4 - TIPOLOGIAS DE SISTEMAS DE CONTROLO TÉRMICO DE UM MOLDE PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS	28
TABELA 5 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PROCESSO DE MOLDAÇÃO DE POLÍMEROS	42
TABELA 6 - CLASSIFICAÇÃO DOS POLÍMEROS QUANTO À TIPOLOGIA VS QUANTO AO SEU CUSTO/DESEMPENHO	44
TABELA 7 - PROPRIEDADES DO PP E DO HDPE	45
TABELA 8 - INVESTIGAÇÕES NO ÂMBITO DOS MOLDES PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS	49
TABELA 9 - MASSA DA PEÇA <i>ADJUSTER COVER</i> E SEUS CONSTITUINTES	57
TABELA 10 - ANÁLISE DA PEÇA	60
TABELA 11 - ESPECIFICAÇÕES DA MÁQUINA DE INJEÇÃO A UTILIZAR NA PRODUÇÃO DA PEÇA <i>ADJUSTER COVER</i>	61
TABELA 12 - ESPECIFICAÇÕES DA FEM PARA A INJEÇÃO DO MOLDE UL698	62
TABELA 13 - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO INDICADOS NA FEM PARA O MOLDE UL698	62
TABELA 14 - TIPOS DE INTERRUTORES	65
TABELA 15 - VALOR DAS CONTRAÇÕES DOS MATERIAIS QUE CONSTITUEM A PEÇA <i>ADJUSTER COVER</i>	67
TABELA 16 - CARACTERÍSTICAS DO CANAL DE INJEÇÃO USADO PARA O PP NA SIMULAÇÃO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	70
TABELA 17 - CARACTERÍSTICAS DO CANAL DE INJEÇÃO USADO PARA O HDPE NA SIMULAÇÃO <i>SOLIDWORKS PLASTICS</i>	70
TABELA 18 - PROPRIEDADES DO SABIC® PP PHC26	71
TABELA 19 - PROGRESSÃO DO ENCHIMENTO EM PP	75
TABELA 20 - PROPRIEDADES DO HDPE (REGIDEX HD 6070EA)	85
TABELA 21 - PROGRESSÃO DO ENCHIMENTO EM HDPE	88
TABELA 22 - CÓDIGO DE CORES	115
TABELA 23 - CONJUNTO DE VISTAS DA ESTRUTURA FINAL DO MOLDE PARA A <i>ADJUSTER COVER</i>	119
TABELA 24 - COMPONENTES DA ESTRUTURA DO MOLDE	120
TABELA 25 - ANÁLISE DO RENDIMENTO DA REFRIGERAÇÃO	164
TABELA 26 - ESCALA DE <i>LIKERT</i> , ADAPTADA AO CASO	168
TABELA 27 - PROPRIEDADES NECESSÁRIAS PARA OS VÁRIOS ELEMENTOS DO MOLDE	170
TABELA 28 - PROPRIEDADES RELEVANTES NA SELEÇÃO DOS MATERIAIS PARA O MOLDE, PARTE 1	171
TABELA 29 - PROPRIEDADES RELEVANTES NA SELEÇÃO DOS MATERIAIS PARA O MOLDE, PARTE 2	172
TABELA 30 - REQUISITOS MÍNIMOS A CUMPRIR NA SELEÇÃO DOS MATERIAIS PARA O MOLDE	174
TABELA 31 - VARIÁVEIS PARA O CÁLCULO DA FORÇA DE FECHO	175
TABELA 32 - VARIÁVEIS PARA O DIMENSIONAMENTO DOS CALÇOS E DA ESPESSURA MÍNIMA PARA A PLACA DO MACHO	177
TABELA 33 - VARIÁVEIS PARA O CÁLCULO DA ESPESSURA MÍNIMA DA PLACA INTERMÉDIA	178

TABELA 34 - VARIÁVEIS PARA O DIMENSIONAMENTO DAS GUIAS PRINCIPAIS DO MOLDE	179
TABELA 35 - VARIÁVEIS PARA O CÁLCULO DA FORÇA DE EXTRAÇÃO	180
TABELA 36 - VARIÁVEIS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLO TÉRMICO	183
TABELA 37 - VARIÁVEIS NECESSÁRIAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO CAUDAL DE FLUÍDO DE CONTROLO TÉRMICO	185
TABELA 38 - PROCESSOS DE FABRICO	187
TABELA 39 - CUSTOS ASSOCIADOS À PRODUÇÃO DO MOLDE	191
TABELA 40 - ETAPAS DA MONTAGEM DO MOLDE UL598	193

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Enquadramento	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Metodologia	4
1.4	Estrutura.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	Moldes para injeção de plásticos.....	9
2.1.1	Tipologia dos moldes	10
2.1.1.1	Introdução ao molde bi-material.....	11
2.1.2	Estruturas dos moldes	13
2.1.3	Sistemas de fixação do molde, ferramenta	13
2.1.4	Sistemas de guiamento/centragem do molde	15
2.1.5	Elementos de conformação	18
2.1.6	Análise da geometria da peça.....	19
2.1.7	Sistemas de alimentação	20
2.1.8	Sistemas de escape de gases	25
2.1.9	Sistemas de controlo térmico.....	26
2.1.10	Sistemas de extração das peças injetadas	29
2.2	Dimensionamento no projeto de moldes para a injeção de polímeros	31
2.2.1	Cálculo da força de fecho	32
2.2.2	Dimensionamento dos calços e da espessura mínima para a placa do macho.....	32
2.2.3	Cálculo da força de extração.....	33
2.2.4	Dimensionamento dos extratores/guias	34
2.2.5	Cálculo do tempo de arrefecimento da peça	34
2.2.6	Cálculo do caudal do fluido de controlo térmico.....	35
2.2.7	Considerações e dimensionamento da espessura mínima das placas moldantes	35
2.3	Estruturas e acessórios <i>standard</i>	36
2.3.1	Estruturas <i>standard</i>	36
2.3.2	Acessórios <i>standard</i>	37
2.4	Acabamento superficial das zonas de conformação.....	37
2.4.1	Tipos de acabamentos superficiais	37
2.5	Materiais para construção de um molde	38

2.6	Moldação de plásticos.....	40
2.6.1	Vantagens e limitações do processo de moldação por injeção.....	42
2.7	Introdução aos polímeros	43
2.7.1	Propriedades requeridas para o Polipropileno (PP) e para o Polietileno de Alta Densidade (HDPE)	45
2.7.1.1	Aplicações mais comuns do PP	46
2.7.1.2	Aplicações mais comuns do HDPE	46
2.8	Estudo de enchimento, <i>SOLIDWORKS Plastics</i>	47
2.9	Trabalhos recentes desenvolvidos na área dos moldes.....	49
3	DESENVOLVIMENTO	55
3.1	Objetivos específicos do trabalho prático.....	55
3.2	Caracterização da empresa	55
3.3	Apresentação e descrição/definição da peça injetada desejada	56
3.3.1	Propriedades da peça	57
3.4	Elencagem dos requisitos exigidos pelo cliente.....	61
3.4.1	Características da máquina de injeção	61
3.4.2	Características do projeto.....	62
3.5	Contração dos materiais poliméricos.....	67
3.6	Estudo do enchimento no <i>SOLIDWORKS Plastics</i>	67
3.6.1	Definição dos requisitos.....	68
3.6.2	Análise em <i>SOLIDWORKS Plastics</i> para o PP.....	71
3.6.3	Análise em <i>SOLIDWORKS Plastics</i> para o HDPE.....	85
3.7	Projeto: Fase preliminar	97
3.7.1	Desenhos preliminares e decisões tomadas com a <i>ULmolde</i> (Grupo <i>SIMOLDES</i>).....	97
3.7.2	Desenho preliminar, posicionamento dos componentes principais e estrutura do molde	107
3.8	Projeto: Construção dos elementos de moldação	109
3.8.1	Análise da linha de junta.....	109
3.8.2	Partição da peça nos seus componentes.....	111
3.8.3	Desenvolvimento da modelação	115
3.9	Projeto: Fase final.....	118
3.9.1	Estrutura do molde	118
3.9.2	Postiços	126

3.9.3	Sistema de injeção a quente.....	128
3.9.4	Movimentos mecânicos (Extração).....	132
3.9.5	Movimentos hidráulicos e circuito hidráulico	139
3.9.6	Placa de extração	147
3.9.7	Sensores de posição.....	151
3.9.8	Guiamento, ajuste e centragem	153
3.9.9	Sistema de controlo térmico.....	157
3.9.10	Sistema de escape de gases.....	165
3.10	Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde	167
3.10.1	Requisitos para os vários componentes do molde	168
3.10.2	Método de seleção	171
3.11	Seleção de componentes normalizados para o molde	174
3.12	Dimensionamento do molde	175
3.12.1	Dimensionamento das placas e guias do molde.....	175
3.12.2	Dimensionamento do sistema de extração	180
3.12.3	Dimensionamento do sistema de controlo térmico	182
3.13	Processos de fabrico utilizados e respetiva sequência	187
3.14	Estimativa de custos para o molde	191
3.14.1	Custos associados ao processo de conceção do molde.....	191
3.15	Montagem final do molde.....	192
3.15.1	Sistema de içamento do molde	198
3.15.1.1.	Içamento da parte do molde do lado da injeção	198
3.15.1.2.	Içamento da parte do molde do lado da extração.....	200
3.15.1.3.	Içamento do molde completo.....	202
3.16	Ligações elétricas do molde	203
3.16.1	Esquema elétrico para o sistema de injeção a quente	203
3.16.2	Esquema elétrico do sistema de segurança da extração.....	204
3.16.3	Esquema elétrico do sistema de segurança dos movimentos hidráulicos	205
3.17	Ajustes finais ao molde	206
3.18	Acabamentos e marcações superficiais na peça.....	207
3.19	Resultado final da peça <i>ADJUSTER COVER</i>	209
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO.....	215
4.1	CONCLUSÕES.....	215

4.2	PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO.....	216
	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	219
	Bibliografia	219
	Outras fontes de informação	222
	ANEXOS.....	227
	Anexo 1 – Tabela de compatibilidades entre polímeros comuns usados para bi-injeção	227
	Anexo 2 – Relação entre pressão de injeção, espessura da parede da peça e percurso do material ao longo da cavidade	231
	Anexo 3 – Valores de Km para o cálculo da força de fecho	235
	Anexo 4 – Calços para vão de extração.....	239
	Anexo 5 – Tipos de conexões terminais de vigas (constante m para encurvadura).....	243
	Anexo 6 – Seleção dos aços em função dos polímeros e produção dos moldes	247
	Anexo 7 – Defeitos na injeção vs soluções.....	251
	Anexo 8 – Ficha das propriedades do material: <i>SABIC</i> [®] PP PHC26 (PP)	253
	Anexo 9 – Ficha de propriedades do material: <i>Rigidex</i> HD6070UA (HDPE).....	259
	Anexo 10 – Ficha técnica da máquina de injeção de plásticos	263
	Anexo 11 – Revisão do projeto preliminar do molde	267
	Anexo 12 – Ficha de lançamento do molde	271
	Anexo 13 – Lista completa dos componentes do molde para a peça <i>ADJUSTER COVER</i>	275
	Anexo 14 – Especificações dos distribuidores (Injeção a quente)	281
	Anexo 15 – Tabela de forças para os cilindros hidráulicos	289
	Anexo 16 – Resultados da seleção dos materiais (Matriz de seleção).....	293
	Anexo 17 – Norma interna (<i>SIMOLDES</i>) para o dimensionamento dos olhais de içamento	301
	Anexo 18 – Esquemas das ligações elétricas do sistema de injeção a quente	305
	Anexo 19 – Tabela detalhada dos custos de todos os elementos do molde UL598.....	309

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura

1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação tem como autor o aluno Tiago Reis, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, que a realizou no decorrer do ano letivo 2018/2019, no âmbito da unidade curricular da Dissertação em Engenharia Mecânica – Gestão industrial.

O propósito passa pelo projeto e planeamento do fabrico de um molde para injeção polimérica do tipo bi-injeção com movimentos de translação, que primeiramente, injeta polipropileno (PP), seguido do polietileno de alta densidade (HDPE), com o objetivo de produzir duas peças por cada ciclo de injeção, para um equipamento de segurança rodoviária nos automóveis.

1.1 Enquadramento

Portugal possui um grande numero de empresas na indústria de moldes para matérias poliméricas, que teve início em 1943, na Marinha Grande, numa pequena empresa de moldes para vidro, que dois anos mais tarde, produziu o seu primeiro molde de injeção para plástico [1,2].

Nesta sequência, começaram a estabelecer-se outras empresas produtoras de moldes para plásticos, nas cidades da Marinha Grande, Leiria e Oliveira de Azeméis, sendo outros centros tradicionais da indústria de vidro na época. Esta indústria desenvolveu-se com a importação de tecnologia e conhecimentos oriundos de outros países e, em 1955, iniciou-se a exportação com a venda dos primeiros moldes à Grã-Bretanha. Em 1980, a nossa indústria de moldes já exportava para mais de 50 países [1,2].

O futuro previsto para esta área dos moldes para injeção de polímeros está assegurada através do seu desenvolvimento tecnológico, do correto planeamento da produção e controlo de qualidade, da modernização constante dos equipamentos em utilização e do investimento na formação profissional.

Apesar de alguma falta de conhecimento técnico que muitos clientes finais possuem sobre esta área, ao logo do tempo, têm percebido as propriedades oferecidas pelos polímeros, a flexibilidade que a injeção permite e como as tecnologias evoluíram até à atualidade, resultando num estado de permanente teste aos limites dos mesmos, exigindo peças plásticas cada vez mais complexas a nível geométrico e funcional, com acabamentos mais e mais complicados, sendo que não aceitam, cada vez mais, superfícies com marcas, linhas de junta, chupados ou pequenos empenos, o que condiciona fortemente o processo de injeção, devido à tendência natural que as peças têm em fazê-lo.

As empresas que produzem estes moldes na atualidade, possuem formas sofisticadas de projetar, simular e produzir moldes bastante evoluídos. Porém, como o mercado se tornou proporcionalmente exigente, os fabricantes de moldes não têm sentido facilidades com as vantagens que estes avanços tecnológicos permitem.

Neste contexto, surgiu a possibilidade para a SIMAN - Sociedade de Moldes de Mansores Unipessoal, Lda, através da subcontratação pelo grupo *SIMOLDES*, de produzir um molde de duas cavidades com bi-injeção de PP e HDPE, com movimentos mecânicos e hidráulicos, para uma peça de encaixe numa cadeira auto, que terá como destino uma empresa Francesa. Trata-se de uma empresa que coloca no mercado, produtos de alta qualidade, como periféricos ou extras no setor automóvel, o que significa que a peça que este molde irá produzir, terá de algo que possuirá igual exigência que as do ramo automóvel convencional, sendo que possui o mesmo nível de exigência na sua qualidade a nível geométrico, funcional, visual e com uma durabilidade elevada.

1.2 Objetivos

O trabalho desenvolvido na presente dissertação possui como intuito principal a execução de um projeto de um molde para injeção de polímeros, do tipo bi-injeção, para a um produto de segurança automotiva (menores 12 anos). Esse produto é injetado com dois materiais distintos, sendo o principal o PP e o secundário o HDPE. Os seguintes requisitos devem ser cumpridos, de modo a produzir-se um projeto eficiente:

- Controlo dimensional e geométrico rigoroso ao molde e peça final;
- Garantir o alto nível de qualidade superficial da peça, desejado pelo cliente;
- Reduzir ao máximo o impacto das linhas de junta dos materiais injetados;
- Não devem existir empenos nem chupados na peça;
- Tornar o tempo de ciclo de injeção o mais eficiente possível;
- Assegurar o correto e ajustado dimensionamento do molde à máquina de injeção de polímeros atribuída ao projeto;
- Cumprir com a máxima qualidade todos os requisitos acordados com o cliente;
- Maximizar o tempo de vida do molde, de modo a minimizar as dispendiosas intervenções de manutenção.

1.3 Metodologia

O projeto apresentado na presente dissertação seguiu a seguinte metodologia:

- Pesquisa bibliográfica no âmbito da injeção de polímeros, em particular, a bi-injeção, incluindo os dimensionamentos necessários;
- Reunião com o cliente e análise da peça;
- Avaliação e discussão das especificações do cliente;

- Realização do estudo profundo e detalhado da peça recebida do cliente e análise de todos os pontos de desmoldagem (movimentos), linhas de junta, locais de injeção e possíveis melhorias, de forma a otimizar ambas as partes;
- Realização do desenho preliminar do molde;
- Pesquisa de componentes normalizados para a correspondente satisfação dos requisitos exigidos pelo molde, através da consulta *online* e em catálogos;
- Efetuar a correta seleção de materiais, componentes e periféricos para as diferentes zonas do molde;
- Revisão do projeto preliminar para possíveis afinações e melhorias;
- Elaborar o desenho do molde, respeitando o caderno de encargos do cliente;
- Execução do estudo das características de injeção da parte da peça em PP e em HDPE, através da simulação no *SOLIDWORKS Plastics*;
- Estudo do sistema de controlo térmico necessário ao molde, mais especificamente em volta das zonas moldantes;
- Estudo das placas de fixação do molde à máquina de injeção atribuída ao projeto;
- Realização e estudo do projeto final com simulação, de modo a evitar erros;
- Executar o estudo do respetivo processo de montagem, que seja exequível;
- Execução efetiva de todo o processo de fabrico do molde;
- Realização dos testes de injeção e verificação de possíveis melhorias;
- Entrega de amostras e reunião com o cliente final;
- Implementação das correções necessárias;
- Validação final do correto funcionamento do molde;
- Elaboração da presente dissertação.

1.4 Estrutura

Esta dissertação está organizada em capítulos e subcapítulos, que se resumem nas seguintes partes (que se subdividem):

Introdução é responsável por apresentar todo o trabalho realizado na presente dissertação.

Revisão bibliográfica, onde se pretende enquadrar o leitor com os temas envolvidos neste trabalho, passando em revista os desenvolvimentos técnicos e científicos que foram publicados em livros, investigações e artigos dedicados à matéria.

Desenvolvimento do Trabalho Prático que foca três grandes fases, entre outros conceitos importantes, a simulação, o desenho preliminar, a modelação dos mecanismos e o desenho / projeto final que incorpora conceitos importantes, relacionados especificamente com este trabalho, assim como soluções encontradas e crítica dos resultados.

Conclusões e trabalhos futuros, indicam ideias finais relativas ao desenvolvimento da presente dissertação e para posteriores trabalhos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Moldes para injeção de polímeros

2.2 Dimensionamento no projeto de moldes para a injeção de polímeros

2.3 Estruturas e acessórios *standard*

2.4 Acabamento superficial das zonas de conformação

2.5 Materiais para construção de um molde

2.6 Moldação de plásticos

2.7 Introdução aos polímeros

2.8 Estudo de enchimento, *SOLIDWORKS Plastics*

2.9 Desenvolvimentos no âmbito dos moldes

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Moldes para injeção de plásticos

Um molde para injeção de materiais poliméricos traduz-se em uma ferramenta utilizada nas máquinas de conformação por injeção [3]. A essência da sua função resume-se a dizer que este deve produzir peças com a máxima qualidade, possuindo um tempo de ciclo o mais curto possível, necessitando de manutenção durante o seu tempo de vida útil, e ainda executar de forma mais eficaz e eficiente as seguintes funções [4]:

- Garantir a geometria e volume do injetado (peça(s)), assegurando a reprodutibilidade dimensional, de ciclo para ciclo;
- Promover/favorecer, o máximo possível, o enchimento completo do volume pretendido, com o polímero fundido;
- Viabilizar a estabilização térmica do fundido;
- Executar a extração da(s) peça(s).

No diagrama da Figura 1, podem verificar-se todas as funções essenciais que um molde para injeção polimérica deve possuir:

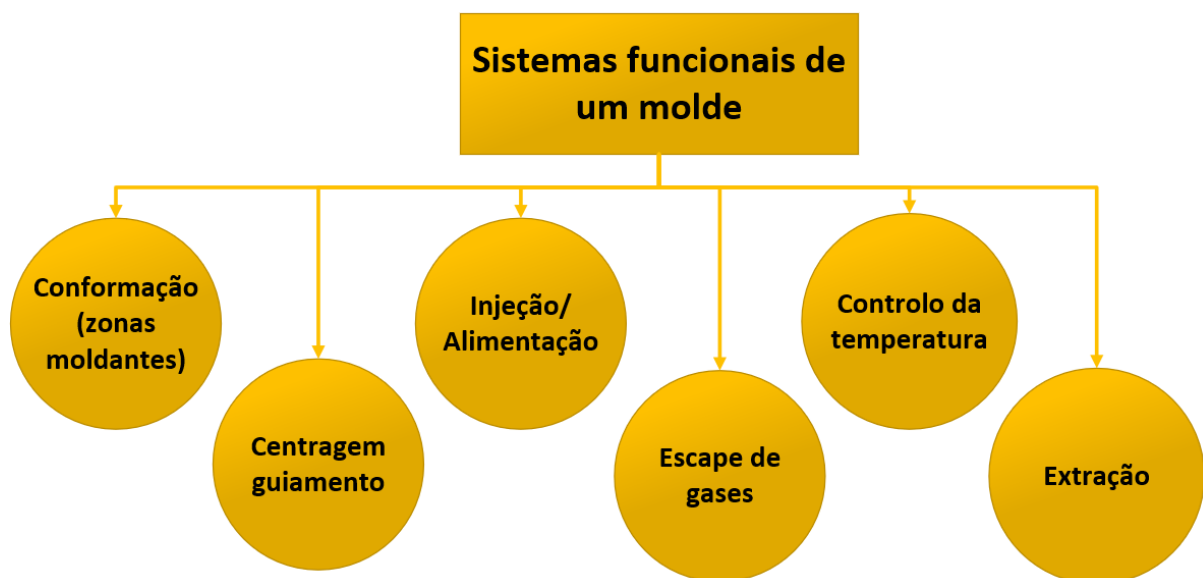


Figura 1 - Funcionalidades de um molde [1,3-8]

2.1.1 Tipologia dos moldes

A partir do momento em que o molde cumpre as funções que o caracterizam como tal, este pode possuir as mais variadas configurações, que variam em função das necessidades [3,5]:

- Tipo da matéria-prima e suas características;
- Geometria da peça;
- Quantidades a produzir;
- Especificações da máquina onde o molde irá operar;
- Qualidade pretendida;
- Redução de custos;
- Praticidade operacional;
- Especificações do cliente.

Existem moldes de todas as formas e feitios, mas felizmente é possível tipifica-los tal como está representado na Figura 2, tendo em consideração que cada um desses tipos de moldes ainda pode ser subdividido de acordo com a Figura 3 [4].

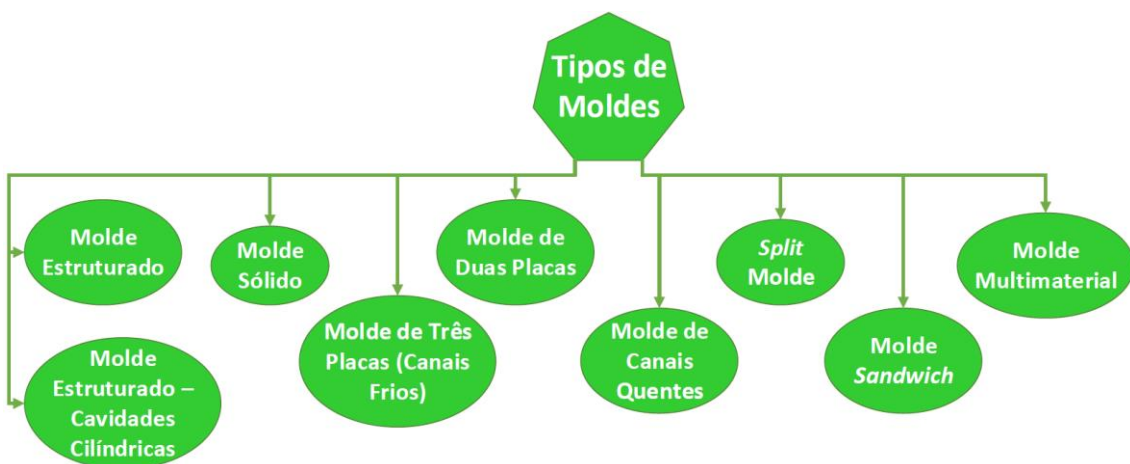


Figura 2 - Tipificação dos moldes para injeção de polímeros [1,3-8]

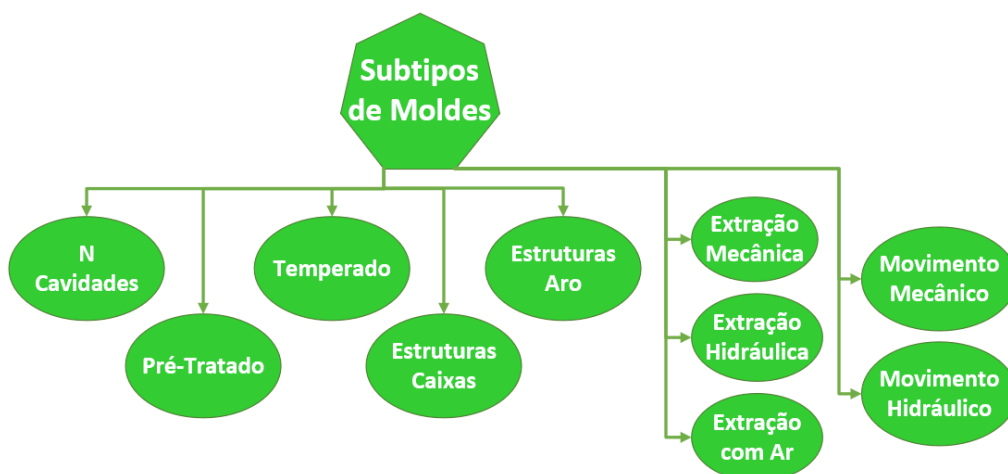


Figura 3 - Subtipos dos moldes para injeção de polímeros [1,3-8]

2.1.1.1 Introdução ao molde bi-material

De modo a entender os processos envolvidos nesta categoria da injeção multi-material, a Figura 4 representa as subcategorias existentes, até chegar à bi-injeção (âmbito desta dissertação) [9].

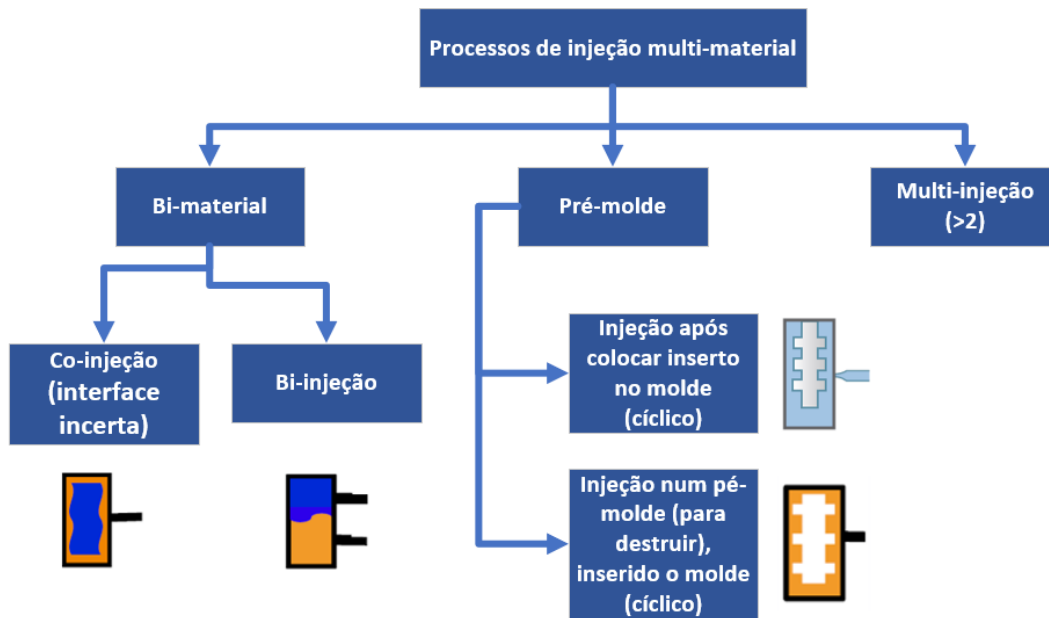


Figura 4 - Tipos de injeção multi-material

Nesta categoria, o mais comum é o processo de modelação por injeção bi-matéria, que pode ser definido pela injeção de dois materiais A e B na(s) cavidade(s) do molde simultaneamente ou sequencialmente através de um ou mais sistemas de injeção independentes. O molde que irá ser desenvolvido nesta dissertação, encontra-se categorizado, segundo a Figura 5, como de bi-injeção com movimento de translação [9].

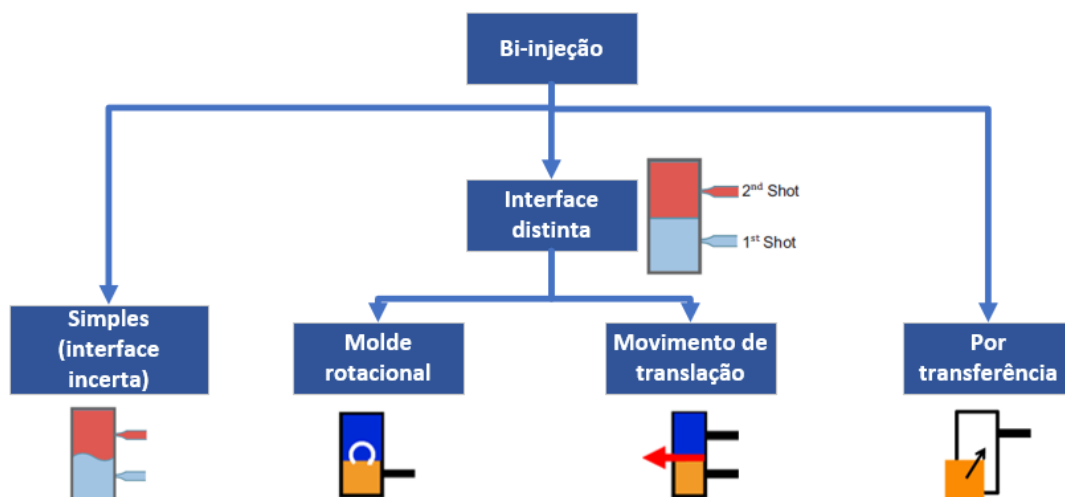
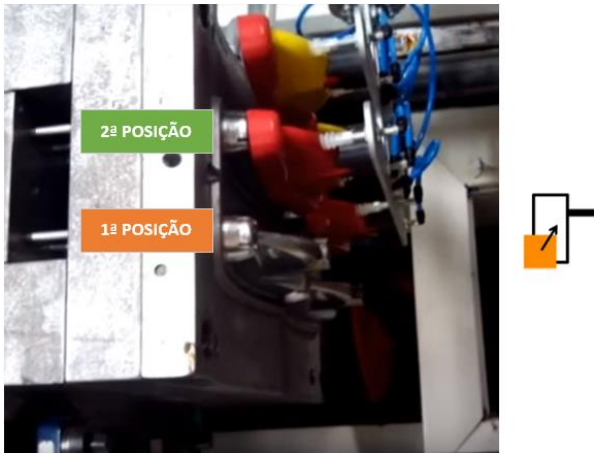
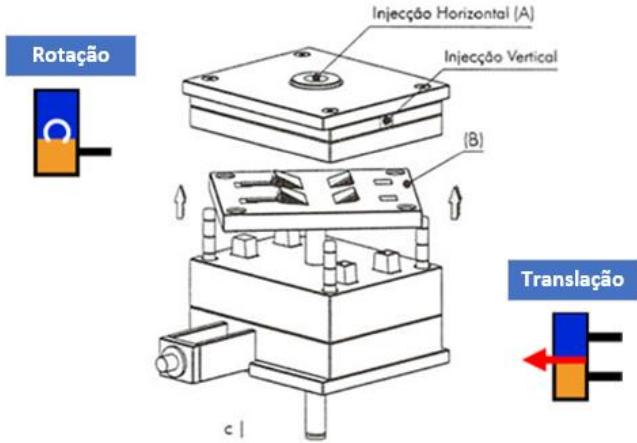
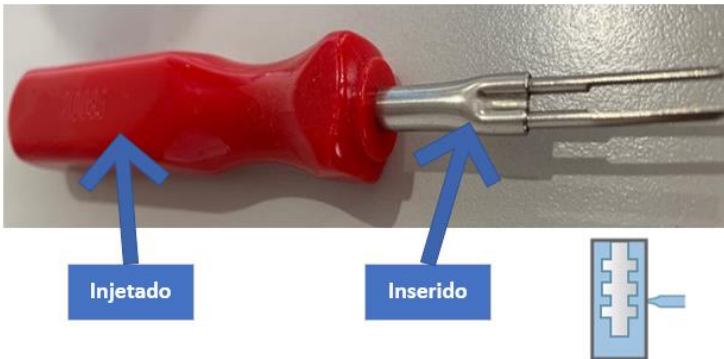


Figura 5 - Tipos de bi-injeção

Os materiais injetados podem ser da mesma família, idênticos, completamente distintos ou iguais, mudando apenas a cor. No anexo 1 encontra-se a tabela de compatibilidades entre os polímeros mais comuns nesta área [10].

Com o propósito de aprofundar um pouco as formas de bi-injeção em moldes, foi criada a Tabela 1, que as descreve de modo mais sucinto com de apoio a figuras [11,12].

Tabela 1 - Tipos de injeção para o molde Bi-material [11,12]

Tipos de injeção Bi-material	
<p>Transferência das moldações de uma máquina para a outra, através de robôs.</p>	<p>Prática pouco corrente, pois exige a disponibilidade simultânea de duas máquinas injetoras para um molde.</p>
<p>Transferência do primeiro injetado na 1ª posição para a 2ª posição, onde irá executar a segunda injeção, no mesmo molde, através de robôs, ou manualmente.</p>	
<p>Processo realizado por um movimento complexo incorporado no molde ou no prato da máquina que, dependendo se o movimento é de rotação ou de translação, pode possuir uma ou mais unidades de injeção.</p>	
<p>Os moldes bi-materiais, por inserto, são os mais simples, mas os menos produtivos, porque é apenas injetado um material, sendo que o outro é colocado manualmente, ou com robôs, na cavidade a cada ciclo de injeção.</p>	

Esta categoria de moldes multi-material, geralmente representam um investimento muito acima dos outros tipos de molde. Logo, é necessário existirem fortes motivações que conduzam à escolha de um que pertença a esta categoria, que são elas [1]:

- Economia na peça final (obter uma peça final mais económica);
- Produtividade (responder a uma alta procura em pouco tempo);
- Tipo de produto;
- Equipamento projetado ou disponível.

2.1.2 Estruturas dos moldes

Todas as máquinas para injeção de polímeros apresentam similaridades no seu funcionamento, ou seja, existem funcionalidades que são comuns e idênticas entre elas e, como tal, os moldes que nelas são utilizados, devem ser feitos à medida. Isto faz com que, independentemente do tipo de molde a utilizar, eles contenham componentes obrigatoriamente presentes, tal como representa a Figura 6 [1,13].

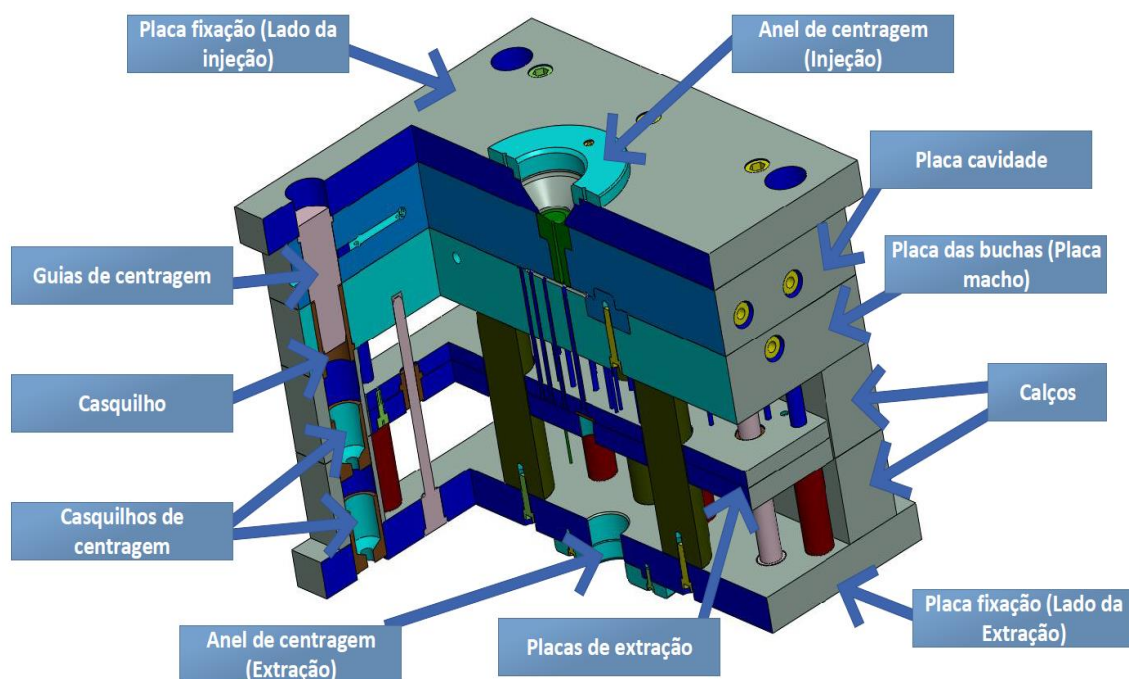


Figura 6 - Estrutura clássica de um molde generalista [9,13]

2.1.3 Sistemas de fixação do molde, ferramenta

O molde, antes de ser fixado na máquina de injeção, deve ser transportado e montado na mesma e, para tal, existem duas formas referenciadas na Figura 7 [1].

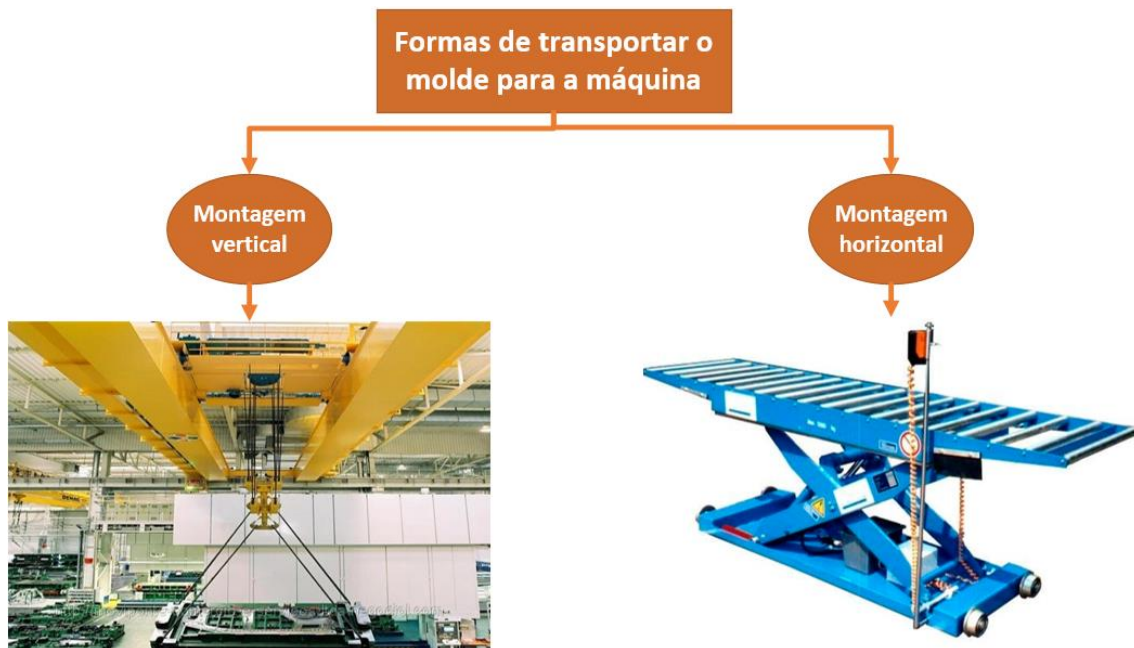


Figura 7 - Formas de montagem dos moldes nas máquinas de injeção [14,15]

A montagem vertical é a mais convencional, pois é superior em tudo exceto no custo de aquisição e de manutenção. Porém, a grande vantagem em rapidez, facilidade e segurança que fornece na altura da montagem do molde, faz com que esta escolha domine. A montagem horizontal é essencialmente usada em instalações ou unidades de processamento com um pé-direito reduzido, e/ou que não possuam a capacidade de investimento necessário para a outra opção [16].

A Figura 8 esquematiza os vários tipos de fixação possíveis que um molde pode ter, em função da máquina e dos objetivos pretendidos.

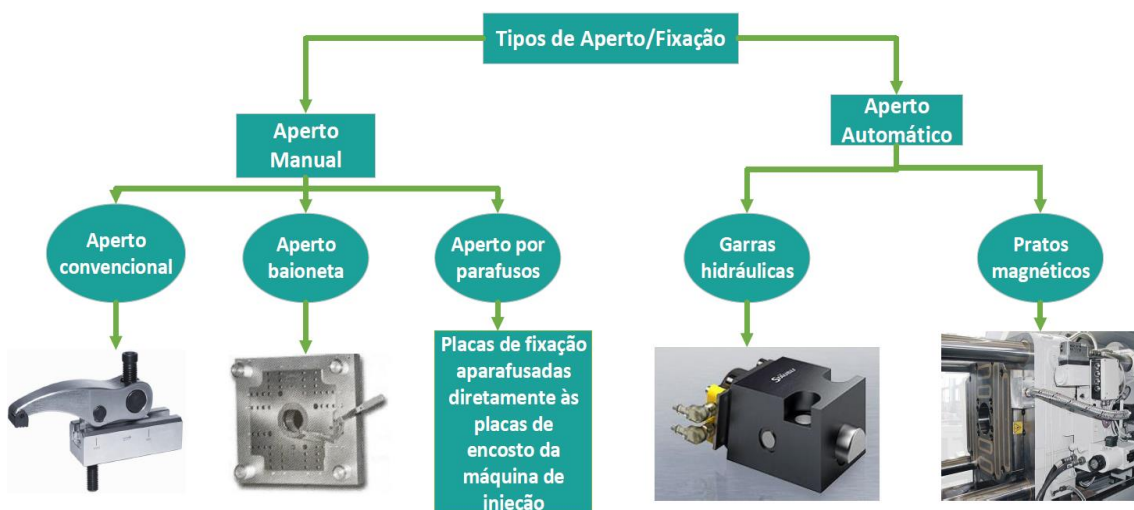


Figura 8 - Tipos de fixação do molde à máquina de injeção [1,17,18]

A fixação convencional tem a melhor relação de preço, facilidade de uso e rapidez, sendo normalmente utilizada para fazer ensaios dos moldes. O sistema baioneta é rápido e prático, mas só é usado em máquinas com forças de fecho até 300 toneladas [4]. A fixação por parafusos é a menos prática e mais lenta, mas a mais sustentável para situações em que o molde vai ser fixo definitivamente para grandes produções. As garras hidráulicas permitem uma excelente fixação para máquinas de injeção com força de fecho até 5000 toneladas. Já os pratos magnéticos são vistos como o futuro da fixação dos moldes, pois abrangem todas as categorias de cargas, tipos de moldes e máquinas, não necessitando de qualquer acessório adicional, tendo apenas o problema de ser o mais caro [16].

2.1.4 Sistemas de guiamento/centragem do molde

De forma a que tudo se encontre alinhado na altura em que o molde é devidamente fixo na máquina de injeção, este deve possuir os seguintes sistemas:

1. Anéis de centragem

Encontram-se acoplados às placas de fixação, de forma a que, do lado da injeção, o bico de injeção da máquina encaixe devidamente na injeção do molde e do lado da extração para que o hidráulico de extração da máquina de injeção faça operar corretamente o sistema de extração do molde, tal como representa a Figura 9 [19].

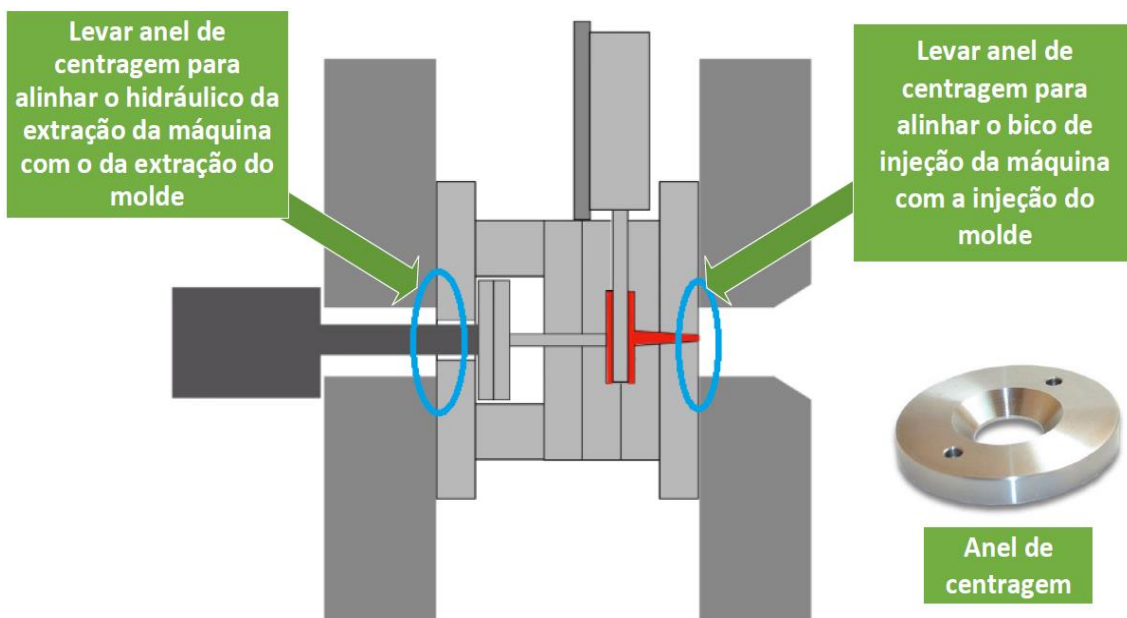
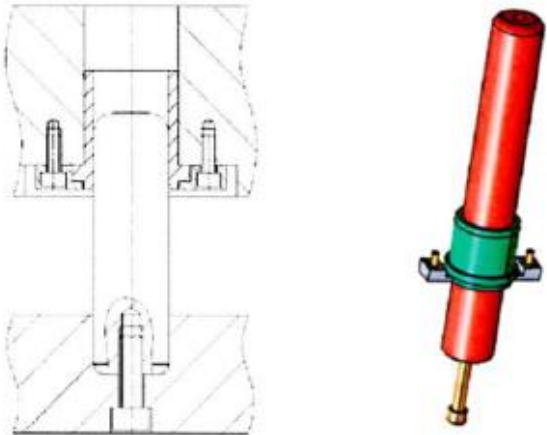
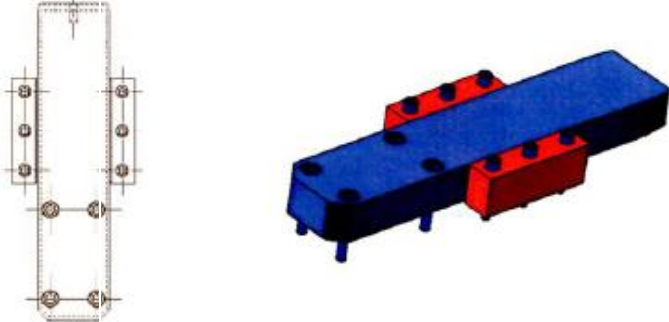



Figura 9 - Centragem do molde na máquina de injeção de polímeros [19]

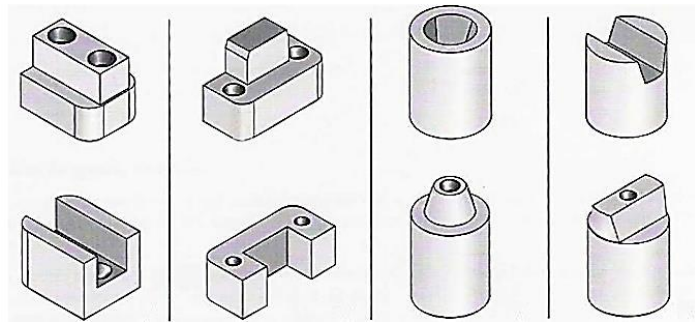
2. Guiamento do molde

Este sistema tem como principal função a criação do perfeito alinhamento entre as duas cavidades existentes no molde (a do lado da injeção e a do lado da extração), bem como de a manter ao longo do ciclo de vida do molde, resistindo ao desgaste. Existem as seguintes formas de o fazer (Tabela 2) [1]:

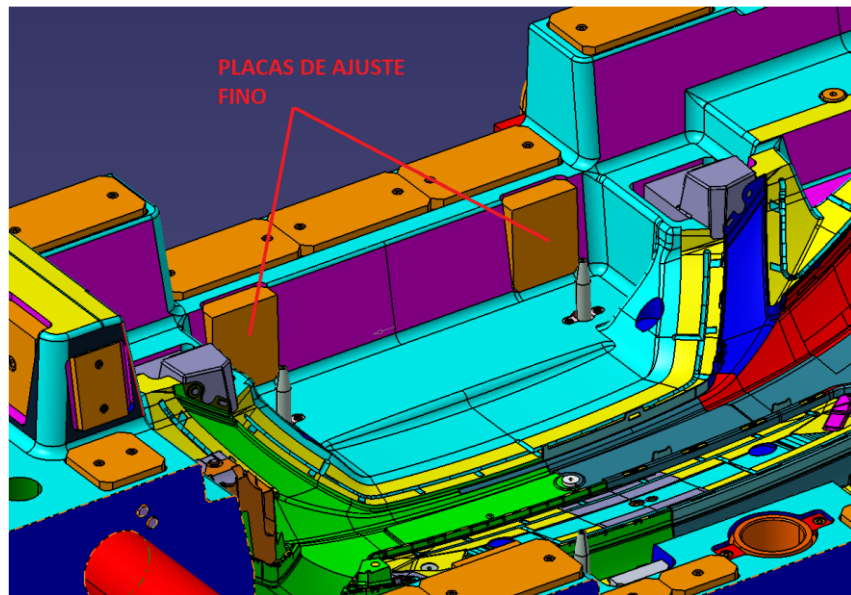
Tabela 2 - Tipos de guiamentos dos moldes para injeção de polímeros [17,20,21]

Tipos de guiamento	Representação
Guia redonda com casquilho	
Guia prismática com corredeiras	
Guia prismática com rolamento	

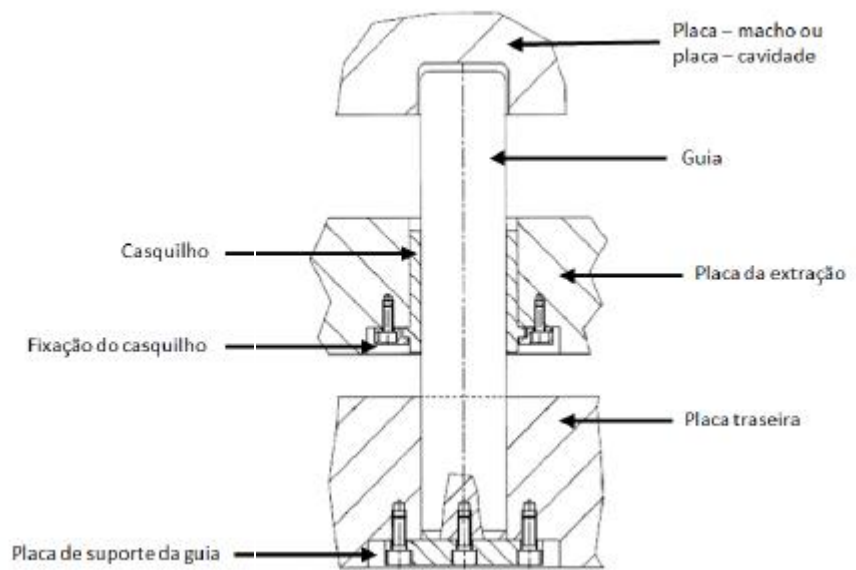
Interlocks (Indicado para moldes muito pesados)



Placas de ajuste fino



Guiamento da extração



Para além de garantir a centragem perfeita entre cavidade e macho, é necessária a existência de um pequeno sistema *Poka-Yoke*, com o objetivo de garantir que as duas metades do molde se encaixem no sentido correto e, para tal, existem as seguintes formas mais convencionais, apresentadas na Figura 10 [1].

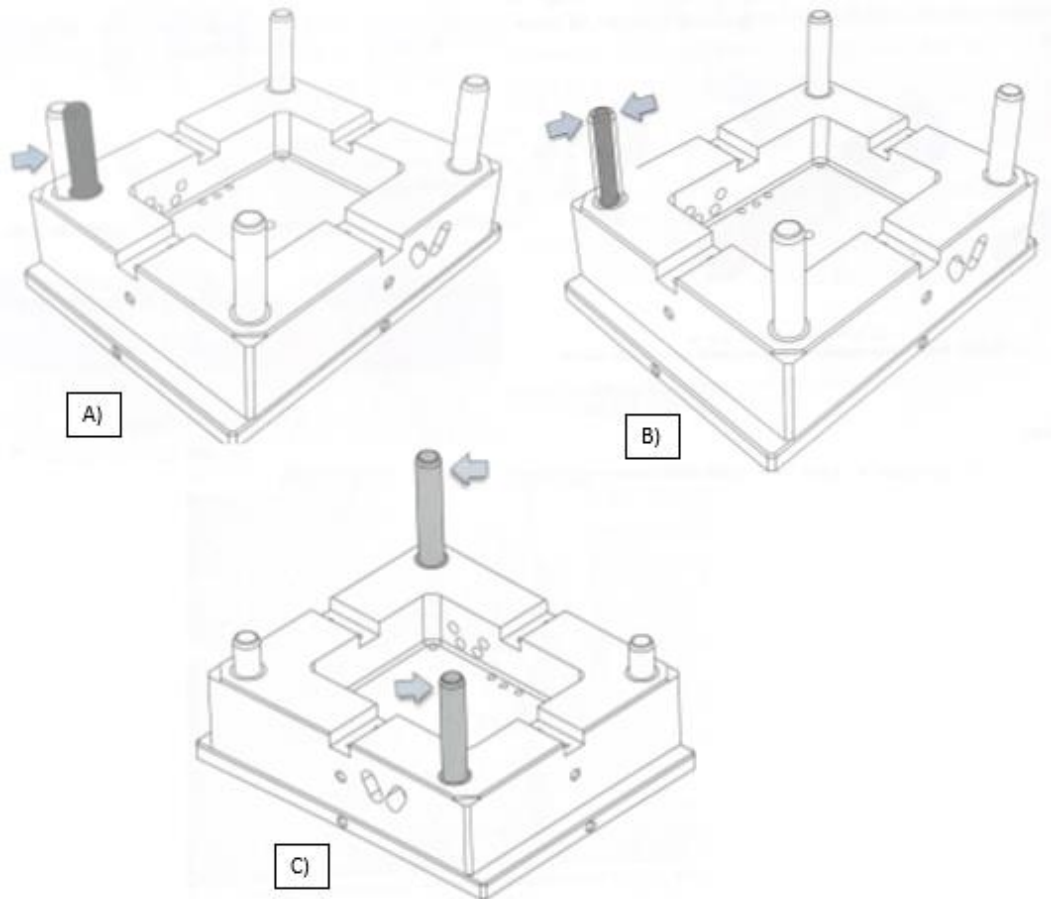


Figura 10 - Montagem das guias - A) Guia deslocada em posição; B) Guia de menor diâmetro; C) Guias diagonalmente opostas (diferentes em comprimento) [1]

2.1.5 Elementos de conformação

Os elementos de conformação assumem a função principal de um molde e cada um possui, no mínimo, uma zona de conformação do lado da injeção (Cavidade ou Fêmea) e uma do lado da extração (Macho ou Bucha). Estes elementos entram em contacto direto com o material injetado, dando-lhe a geometria e acabamento desejados. Os elementos moldantes podem ser de dois tipos (Figura 11) [7]:

- Por gravação direta (A);
- Por gravação num postigo (B).

O postiço é maioritariamente usado pelos seguintes motivos [22]:

- Facilidade e relação preço-qualidade na maquinagem;
- Permitir usar um aço de qualidade superior naquela área em específico;
- Poder usar várias configurações da mesma peça no mesmo molde;
- Fácil e mais barata restauração da qualidade de gravação do injetável no molde.

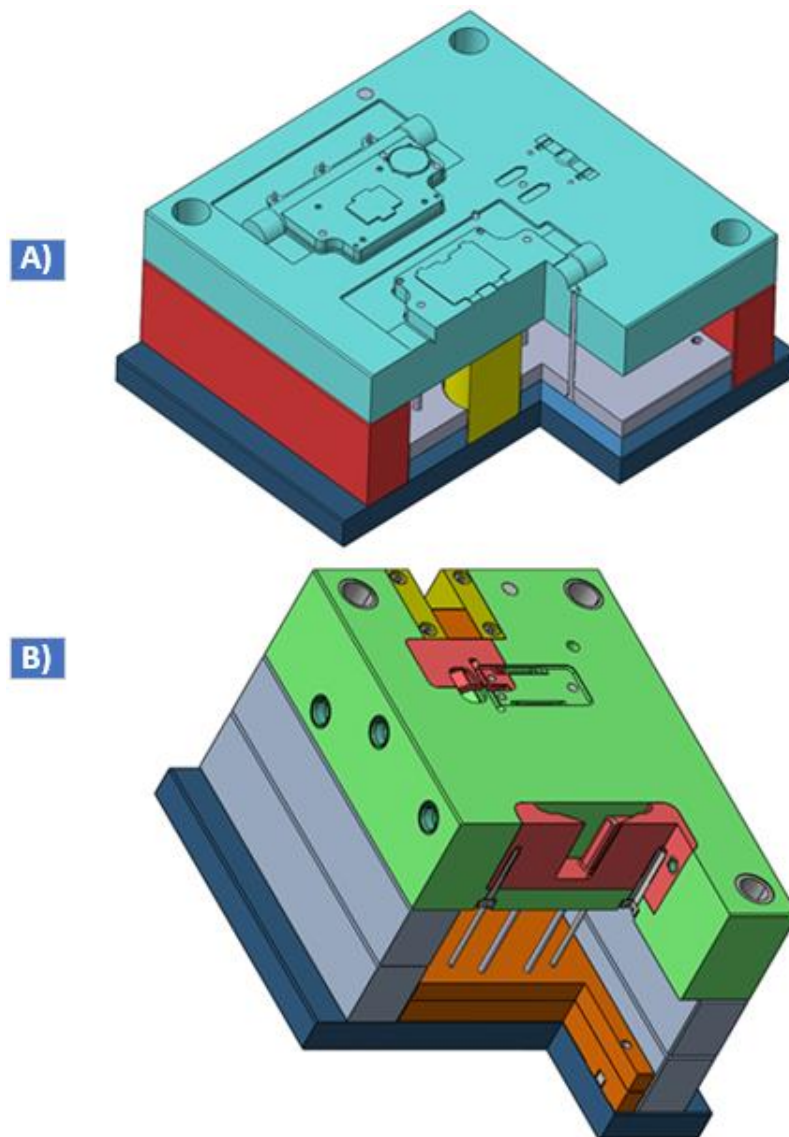


Figura 11 - Tipos de elementos moldantes A) Gravação direta; B) Gravação por postiço [13]

2.1.6 Análise da geometria da peça

A análise da geometria de uma peça num projeto de molde é essencial para a criação das zonas moldantes vistas na Figura 12 [23].



Figura 12 - Análise das zonas moldantes (exemplo) [13]

Na fase de controlo térmico na injeção (quando o molde ainda se encontra fechado) ocorre a solidificação e contração da peça, e esta não contrai uniformemente ao longo do caminho do fluxo, sendo que a contração mais significativa ocorre na maior espessura da peça, pelo que se deve a todo o custo evitar diferenças de espessuras na sua geometria e, quando for necessário existir essas diferenças na espessura, essas devem ser feitas da forma mais suave possível. Porém, além disto, a peça tem de ser analisada de forma crítica para que, no caso de existirem zonas que necessitem de movimentos extratores, possa ser debatida alguma alteração, de maneira a que essa necessidade deixe de existir, tornando o molde mais simples e económico [16].

2.1.7 Sistemas de alimentação

A alimentação da cavidade de um molde pode ser feita através de três sistemas [1,13]:

- 1) Sistema de alimentação por canais frios;
- 2) Sistemas de alimentação por canais isolados;
- 3) Sistemas de alimentação por canais quentes.

1. Alimentação por canais frios:

A injeção a frio é a mais comum, e é utilizada primordialmente quando o polímero em questão não tenha alguma especificação que obrigue a manter uma determinada temperatura dentro do próprio molde, ou seja, neste sistema, desde o momento em que o polímero sai da máquina de injeção, começa a perder temperatura, uma vez que a injeção a frio consiste apenas num conjunto de canais previamente maquinados no molde, com a função de conduzir a matéria-prima desde o bico de injeção da máquina até à(s) cavidade(s), tal como demonstra a Figura 13 [1,13].

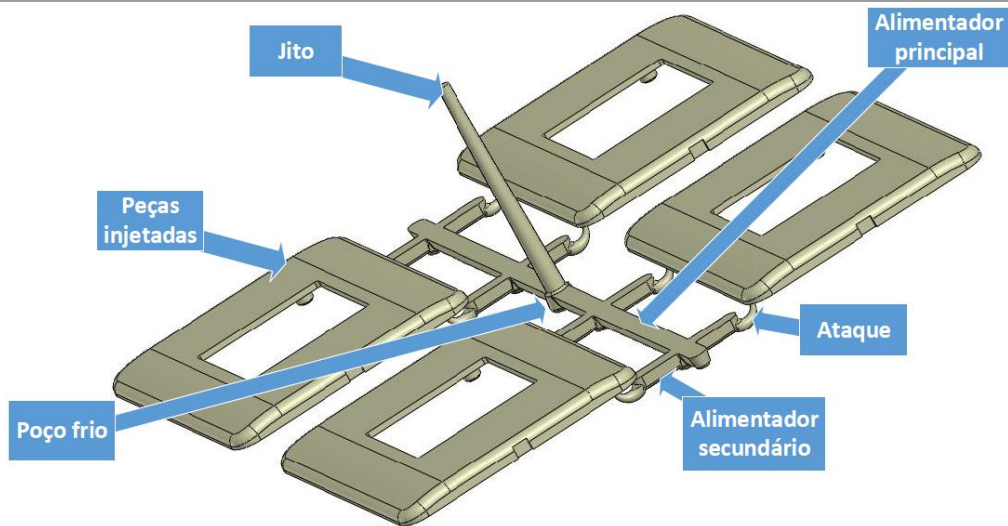


Figura 13 - Esquema da injeção a frio [1,13]

Na Figura 14 está apresentado um injetor a frio, componente integrado no molde, que é responsável por conduzir o polímero injetado desde o bico de injeção da máquina de injeção até aos canais de alimentação no molde (Figura 13). No interior do injetor a frio ficará o jito [24].

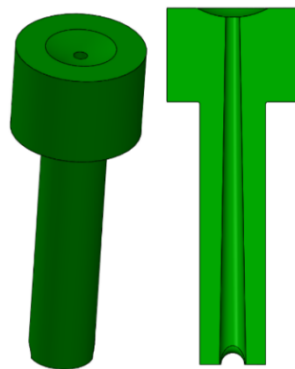


Figura 14 - Injetor a frio [24]

Na Figura 15 está representada (em corte) uma série de canais de alimentação do polímero para a(s) cavidade(s) no interior do molde [1].

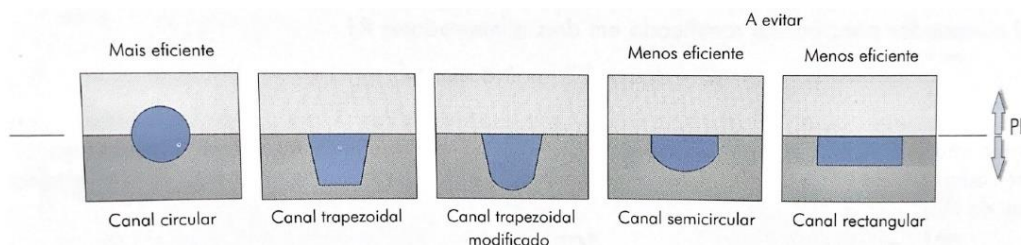


Figura 15 - Tipos de canais de alimentação [1]

Existe uma importante característica a ter em conta quando se executam os canais de alimentação num molde, que é o correto balanceamento de cargas.

Como se verifica na Figura 16, em A existe falta de equilíbrio, pois os canais são iguais, porém uma das cavidades é bem inferior à outra e em B, da mesma figura, o equilíbrio é restabelecido, pois a cavidade maior tem uma alimentação superior [1].

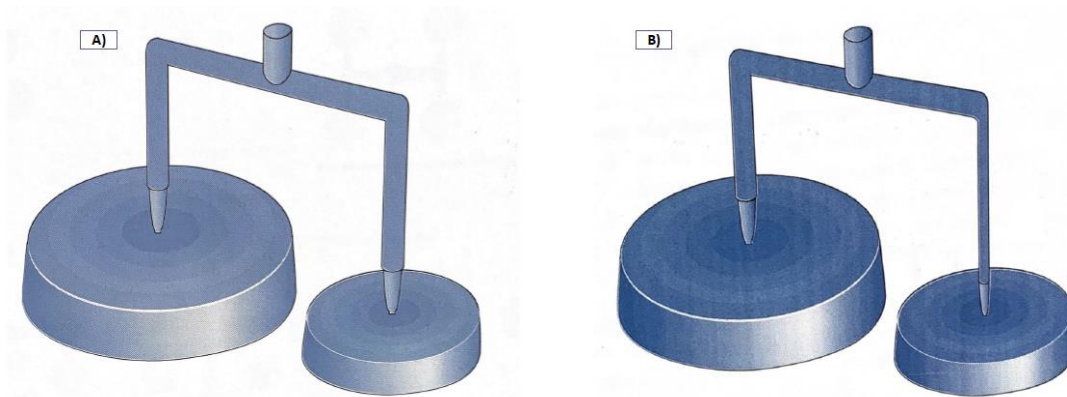


Figura 16 - Balanceamento da alimentação: A) Alimentação desequilibrada; B) Alimentação equilibrada [7]

Para além de equilibrar as cavidades com as alimentações, é também necessário proporcionar um enchimento simultâneo em todas elas, podendo observar-se na Figura 17 alguns exemplos de distribuições corretas [1].

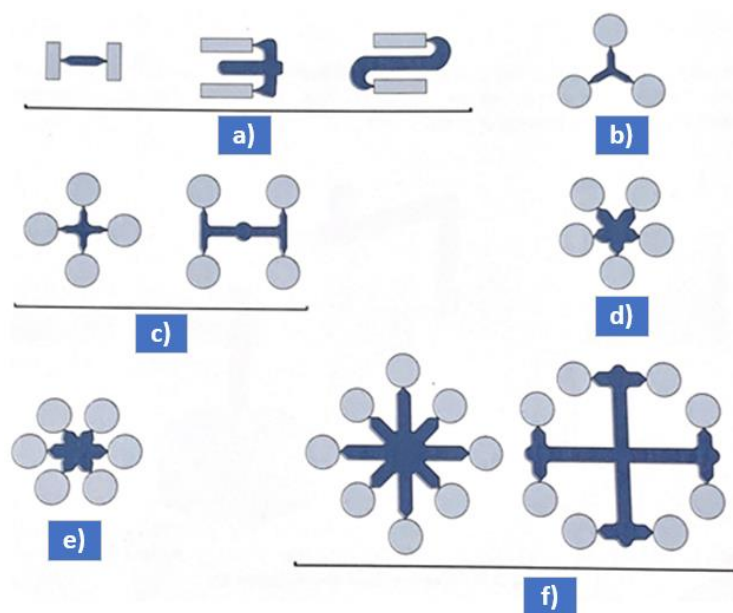


Figura 17 - Equilíbrio na alimentação de moldes com mais de uma cavidade a) 2 cavidades; b) 3 cavidades; c) 4 cavidades; d) 5 cavidades; e) 6 cavidades; f) 8 cavidades [1]

2. Alimentação por canais isolados

Esta é uma alternativa à alimentação por canais quentes, pois é mais simples e barato, mas apenas permite ser usado com polímeros de alta fluência e com um ciclo de injeção muito curto (menor que 20 segundos) [8]. Como está visível na Figura 18, os canais de alimentação são espessos e cada uma das cavidades possui um componente designado

de *torpedo*, que não é mais que uma resistência elétrica inserida perto de cada cavidade e em volta dos canais, de modo a manter o polímero sempre em estado de fusão, até que este entre na(s) cavidade(s) [1].

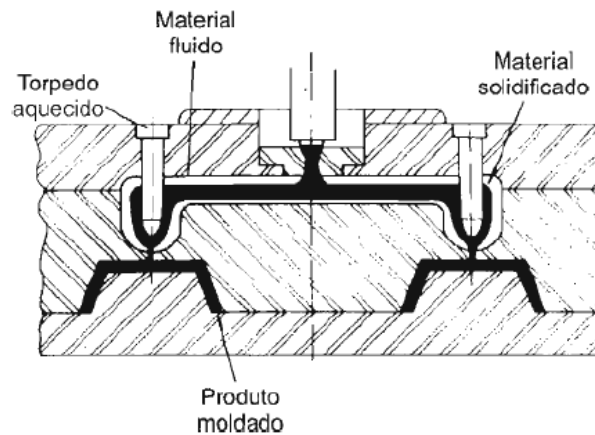


Figura 18 - Corte de um molde com sistema de alimentação com canais isolados [1,8]

Na Tabela 3 são apresentadas as vantagens e desvantagens a ter em conta na hora de tomar a decisão em optar por este sistema ou não.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens do sistema de alimentação com canais isolados [1,8]

Vantagens	Desvantagens
Baixo custos para sistemas multi-cavidade	Níveis de produtividade baixos durante o arranque da ferramenta
Projeto e fabrico do molde simples	Reduzido controlo térmico sobre os canais.
Não necessita de remoção do sistema de canais	Limitação da utilização só com moldes que possuem um baixo ciclo
Evita o ajuste exato de temperatura nos canais	Tempos de estabilização da ferramenta longos
	Propensão ao desbalanceamento dos canais
	Só é usado para produtos com paredes delgadas

3. Alimentação por canais quentes

Este é o tipo de alimentação mais complexo, pois proporciona ao molde todo um sistema de controlo interno de temperatura. A estrutura do mesmo é apresentada na Figura 19 [7].

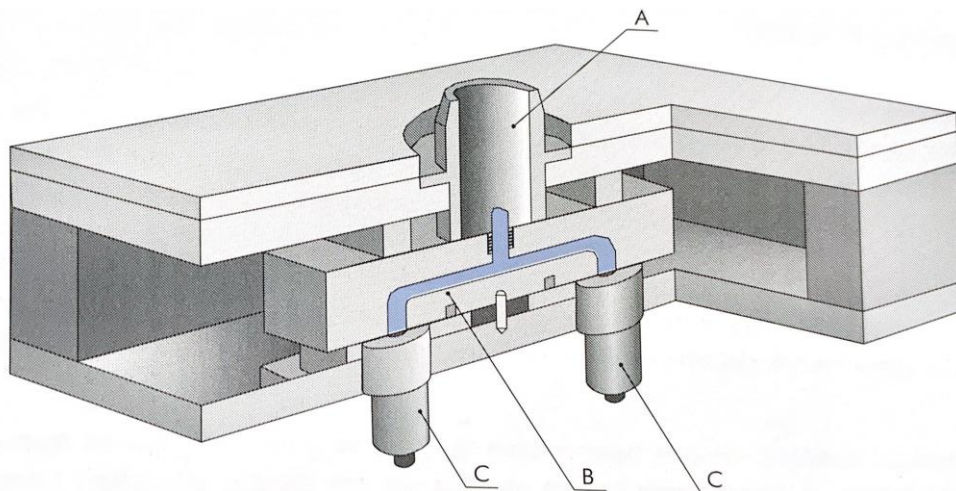


Figura 19 - Corte de um molde com o sistema de alimentação por canais quentes: A) Injetor principal; B) Distribuidor; C) Bicos quentes [1]

Existem fatores a ter em consideração ao escolher este sistema, em detrimento de um dos dois anteriores, que são [8]:

- Geometria da peça;
- Número mínimo de peças a produzir;
- Material a processar;
- Qualidade da peça a injetar e menor desperdício de material;
- Equipamento auxiliar.

Para além disto, é necessário ter em conta que quanto mais próxima a temperatura do molde for da do injetado (polímero), mais facilidade este terá em fluir para dentro da(s) cavidade(s). Ou seja, melhor é a qualidade, porém necessita de um sistema de controlo térmico mais eficiente, comparativamente com a injeção a frio, que naturalmente será mais económica pois como o molde se encontra frio, o injetado arrefece mais rapidamente.

Em suma, a otimização dos custos de produção de uma peça está na capacidade de injetar com a temperatura mínima necessária à qualidade pretendida [8].

No diagrama da Figura 20 estão representados os tipos de configurações mais usuais nos moldes com sistema de canais quentes [1].

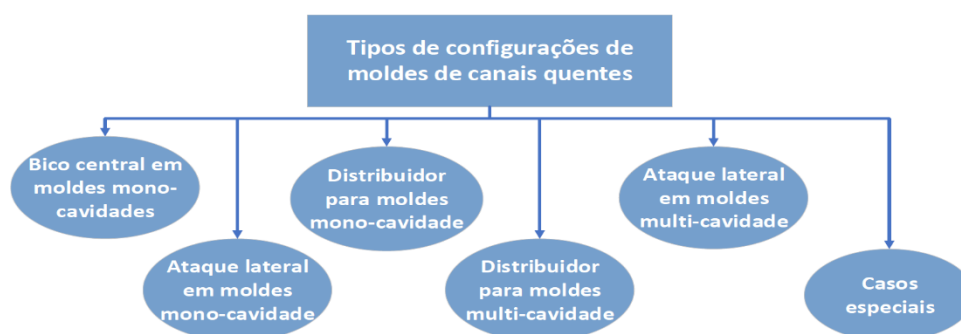


Figura 20 - Tipos de configurações apresentadas pelos moldes de canais quentes [1]

Para os distribuidores, também é possível enumerar vários tipos de configurações, às quais se encontram na Figura 21.

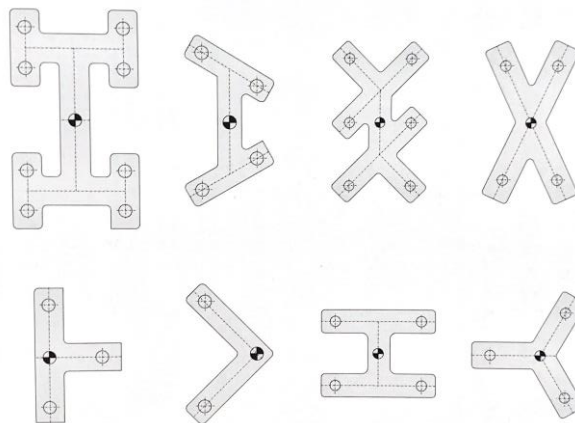


Figura 21 - Configurações típicas de distribuidores [1,7]

Os bicos de injeção, neste sistema, possuem três formas que são as mostradas na, Figura 22 [7,8].

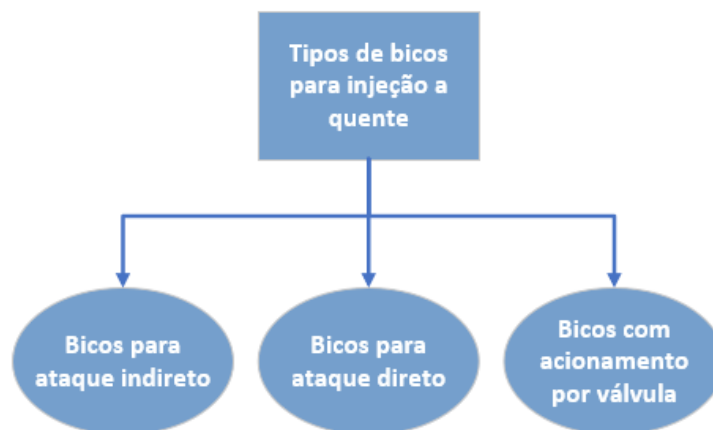


Figura 22 - Tipos de bico para injeção a quente [7,8]

2.1.8 Sistemas de escape de gases

Naturalmente existe ar nas cavidades do molde, para além dos gases libertados durante o ciclo de injeção, que dependem do polímero que esteja a ser utilizado e, como tal, é necessário existir uma forma destes gases saírem do molde, para que não afetem o injetado [8]. O modo mais comum de o fazer apresenta-se na Figura 23, onde a cota A normalmente tem espessuras na casa dos centésimos de milímetro, mas depende essencialmente da matéria-prima a ser injetada [24].

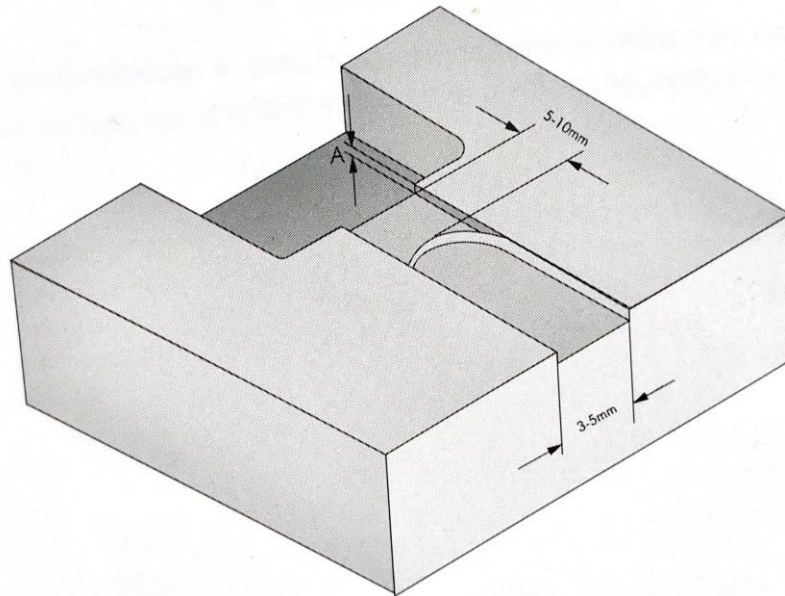


Figura 23 - Representação do mais comum escape de gases num molde [1]

As técnicas de escape de gases são variadas e muitas vezes estão entregues à imaginação de quem as faça, desde que cumpra a sua função corretamente. Na Figura 24, estão ilustradas algumas dessas formas de o fazer [8,24].

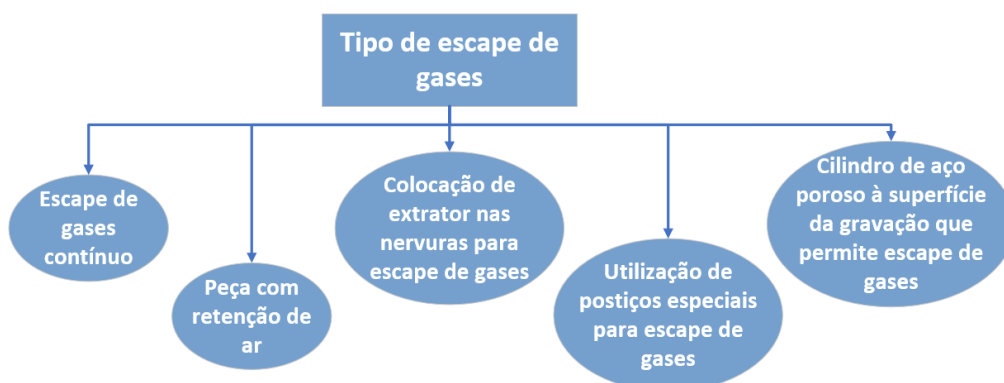


Figura 24 - Vários tipos de execução do escape de gases [8,24]

2.1.9 Sistemas de controlo térmico

O fundamento do processo de moldação de polímeros consiste em forçar o respetivo polímero em estado de fusão a entrar na(s) cavidade(s) de um molde, sendo que imediatamente a seguir, este tem de ser arrefecido a uma temperatura que lhe permita ganhar rigidez suficiente para que possa ser extraído do molde, mantendo a devida geometria com a qualidade pretendida [3,8].

Idealmente, o molde devia estar à temperatura do injetado assim que esta entra, e no momento da extração, tanto o molde como a peça, deviam estar à temperatura

ambiente, de forma a criar a “peça perfeita”. Porém, como é obvio, isso é insustentável pois, para além do custo com as mudanças térmicas, isto criaria um ciclo de injeção extremamente longo, o que resultaria numa peça muito cara [6].

Portanto, para atingir um arrefecimento o mais rápido possível sem comprometer a qualidade pretendida para a peça, é necessário criar um circuito interno no molde, onde possa circular um líquido (água, óleo, etc.) que permita reduzir ao máximo o tempo de ciclo de injeção [7].

Na Figura 25, pode observar-se um exemplo de refrigeração de um molde com quatro cavidades e de gravações por postigo, onde se verifica que cada um desses postigos possui um circuito interno para a circulação do líquido responsável por transportar a energia térmica [4].

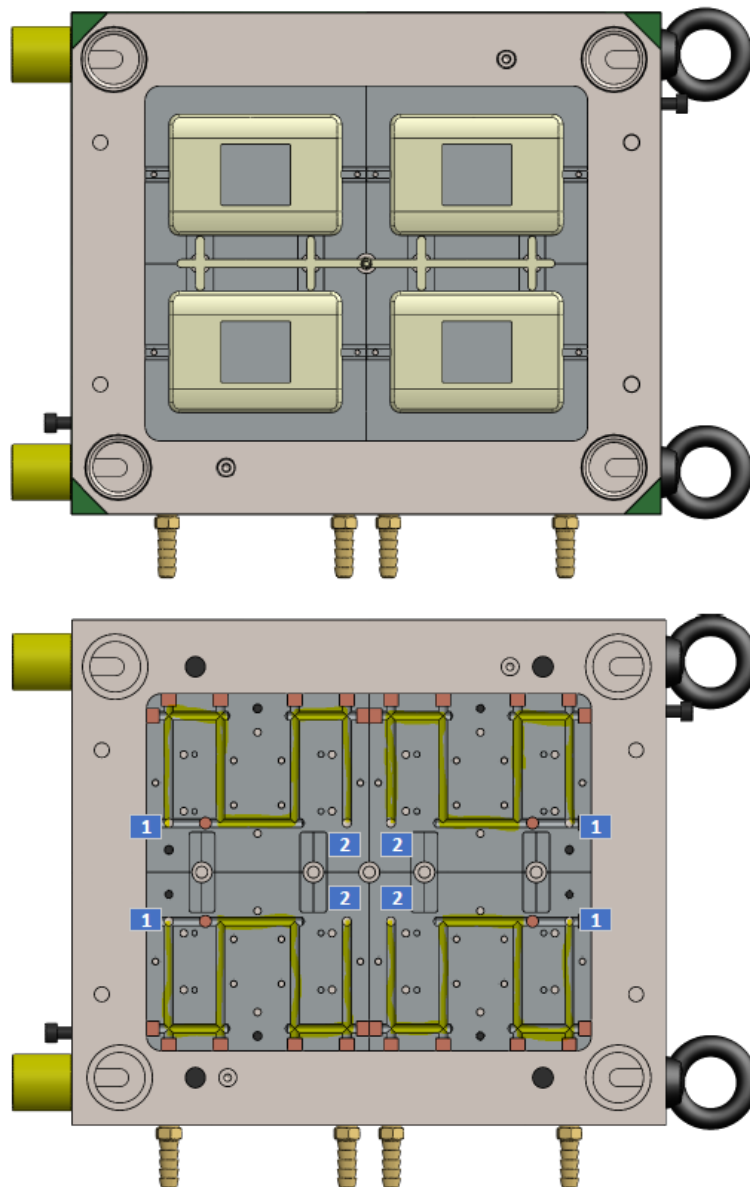


Figura 25 - Exemplo de um circuito de refrigeração: 1) Entrada; 2) Saída [13]

Na fase de dimensionamento destes circuitos, é necessária uma precisão elevada, pois a qualidade da peça final depende muito disso, como se observa na Figura 26, em que em A) existe refrigeração suficiente e a peça mantém a geometria e acabamento desejado, ao contrário do que acontece em B) [25].

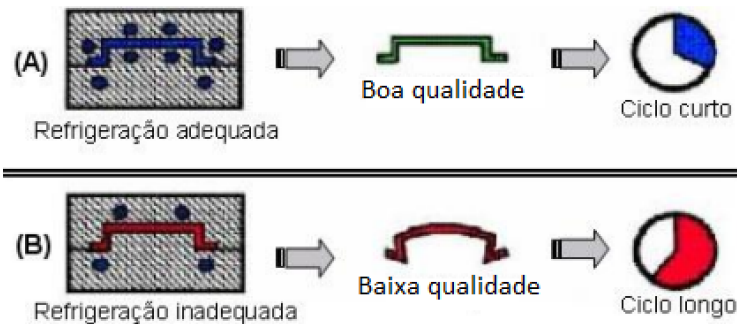


Figura 26 - Diferença entre bom e mau dimensionamento do sistema de controlo térmico [25]

Estes circuitos de controlo térmico possuem imensas variantes, dependendo das competências de quem os concebe em ter a criatividade e capacidade de realizar o sistema da forma mais eficiente possível, para cada caso em específico.

Porém, existem tipos de sistemas que estão tipificados, representados na Tabela 4 [25].

Tabela 4 - Tipologias de sistemas de controlo térmico de um molde para injeção de polímeros [25]

Furações em moldes com gravação direta	Furações em moldes com gravação em posição
Circuito em U	Furação de águas para posições
Circuito em <i>Zig-Zag</i> (Z)	Circuito de águas abertos em espiral
Circuito para cavidades retangulares	Circuito de águas em canal helicoidal
Circuito para cavidades circulares	Circuito de águas em cascata com núcleo de refrigeração
Colocação de placas de refrigeração	Circuito de águas em cascata com lâmina separadora (palheta)
Utilização de placa de refrigeração em ligas de alta condutividade térmica	Circuito de águas com pino térmico
Refrigeração com sistema emparelhado	Utilização de materiais alternativos
Refrigeração com sistema simétrico	Circuito de águas em moldes com posições intermutáveis

2.1.10 Sistemas de extração das peças injetadas

A fase de extração do injetado ocorre no intervalo de tempo entre a abertura e o fecho do molde, após o arrefecimento da(s) peça(s) até um estado de rigidez adequada, representado na Figura 27 [26,27].

A generalidade dos moldes possui um sistema de extração composto pela placa de extração e seus acessórios, acrescido dos respetivos componentes de extração para o injetado, como está representado na Figura 28 [28]. Idealmente, nesta fase, a peça devia cair por efeito da gravidade, mas isso geralmente não ocorre devido à sua própria geometria, contração do material e contra-saídas. Como tal, este processo consiste em forçar o injetado a sair da zona moldante do macho [4].

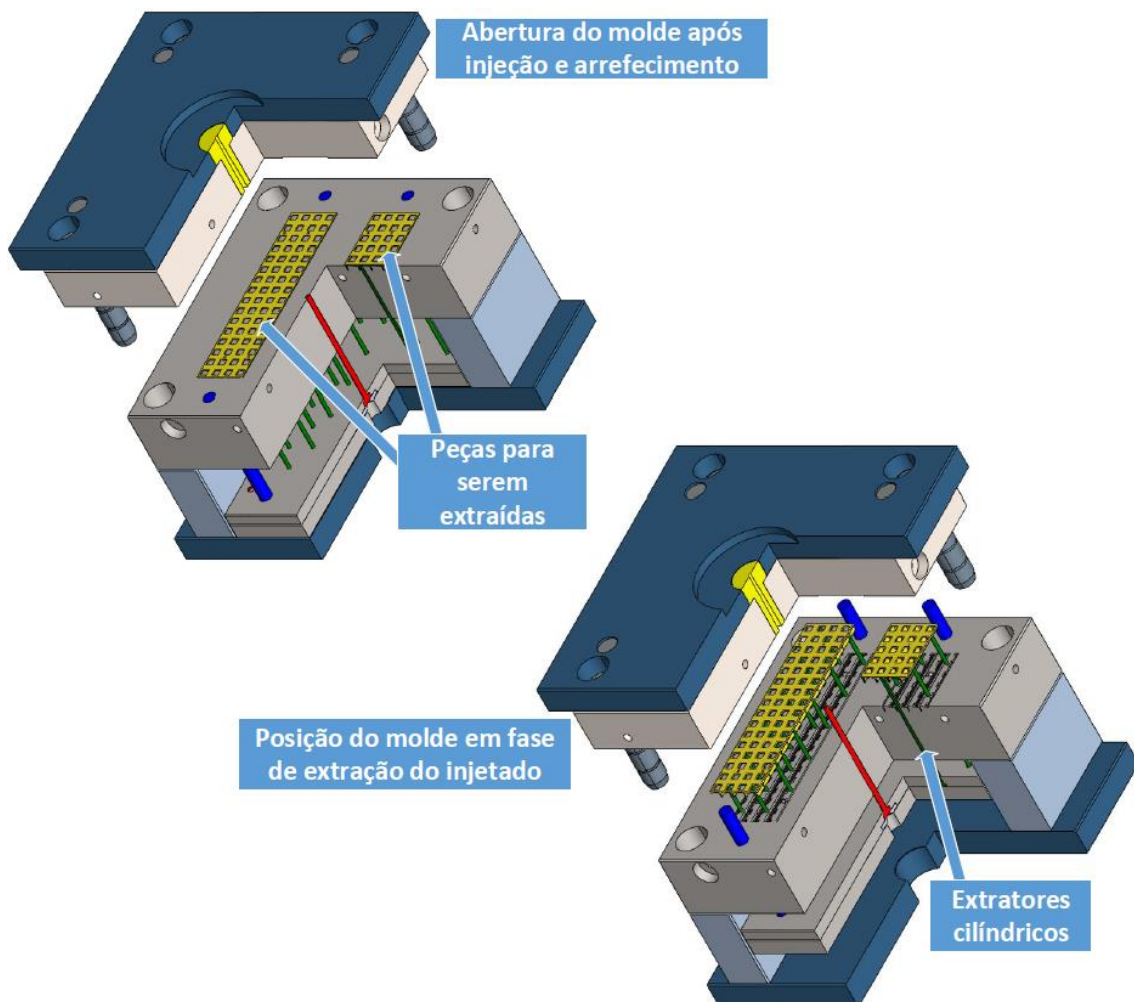


Figura 27 - Movimento de extração [13]

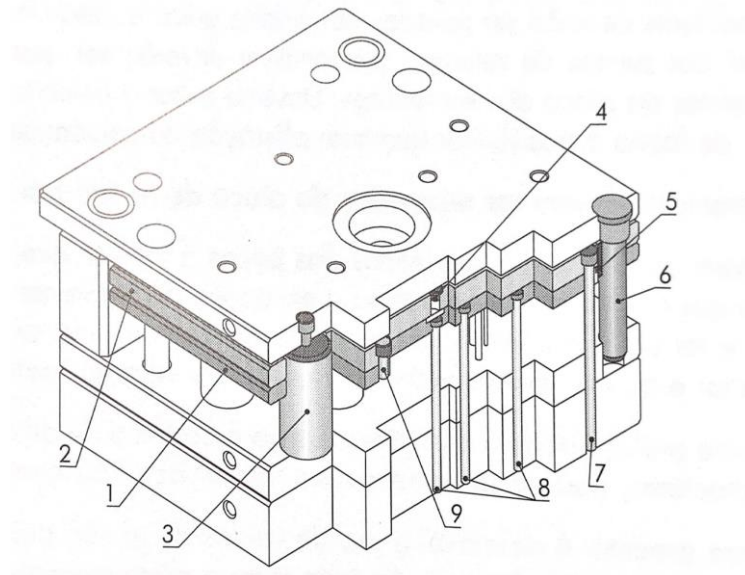


Figura 28 - Estrutura geral de um sistema de extração [1]

Na Figura 28 estão numerados todos os componentes comuns num sistema de extração de um molde, que são os seguintes [1]:

- 1 – Placas dos extratores;
- 2 – Placa do aperto dos extratores;
- 3 – Suportes;
- 4 – Botões de encosto;
- 5 e 6 – Casquilhos e guias de extração;
- 7 – Pernos de retorno;
- 8 – Extratores;
- 9 – Parafusos.

A Figura 29, representa as quatro formas de extração mais simples e comuns.

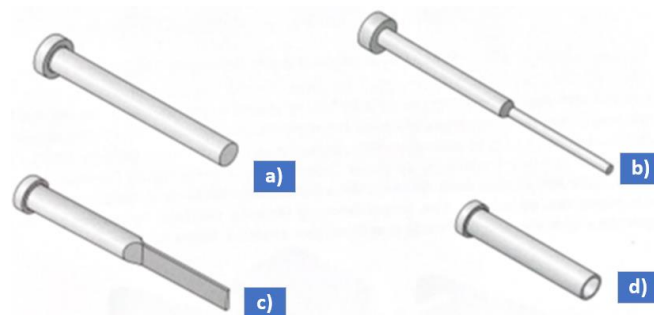


Figura 29 - Tipos mais comuns de extratores: a) Extrator cilíndrico; b) Extrator rebaixado/respigado; c) Extrator de lâmina; d) Extrator tubular

As formas comuns de extração apresentadas na imagem anterior (Figura 29) muitas vezes não são suficientes, devido a geometrias complexas da(s) peça(s) injetada(s), contra-saídas existentes nessas mesmas geometrias, e também por necessidades de conceber outro tipo de solução específica. A Figura 30 indica as muitas soluções existentes [24].

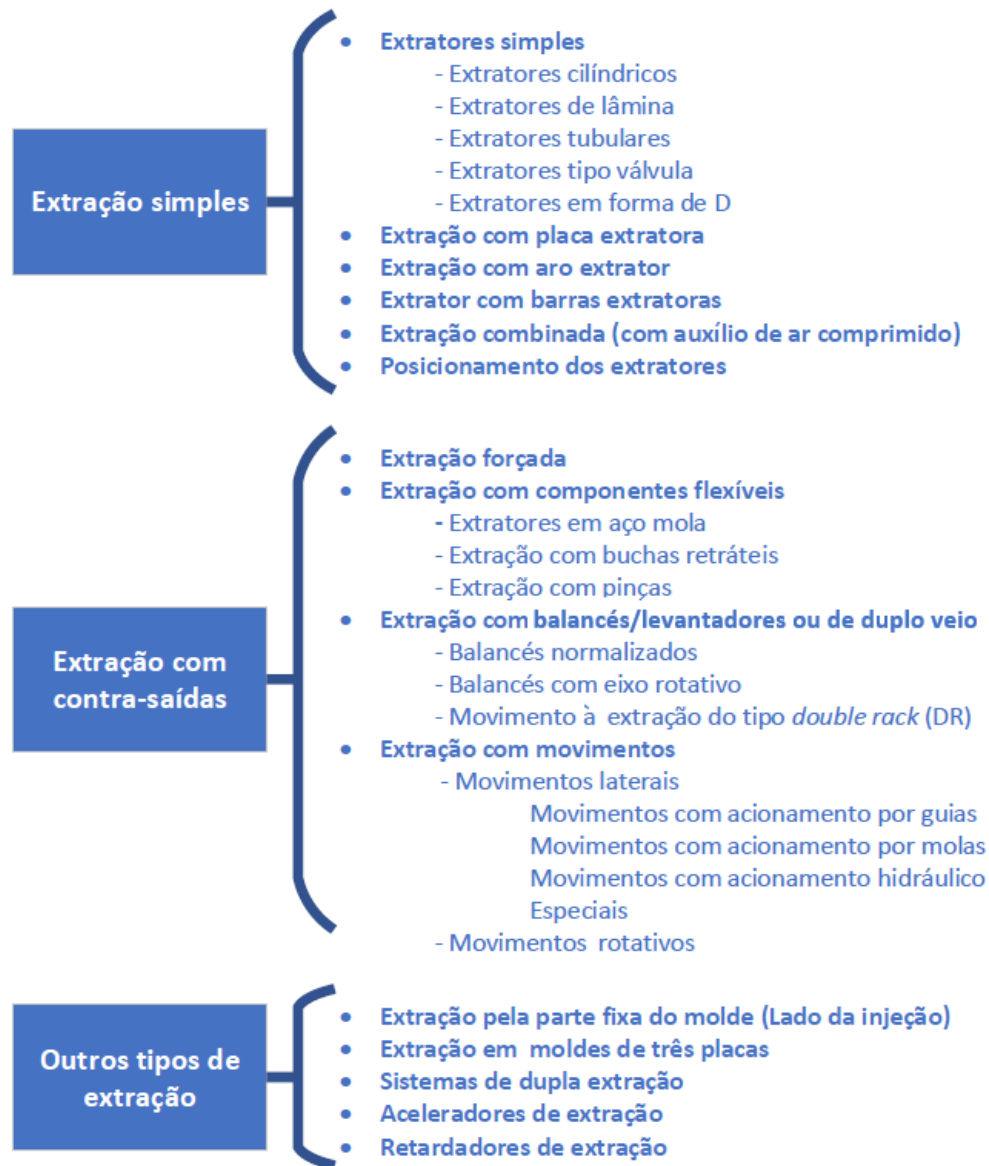


Figura 30 - Tipologia dos sistemas de extração [1,4,20,24,26-28]

2.2 Dimensionamento no projeto de moldes para a injeção de polímeros

O princípio do dimensionamento dos moldes, consiste na obtenção de resultados ideais através dos cálculos necessários para todo o seu enquadramento. Isto permite uma abordagem mais assertiva, relativamente ao mero dimensionamento por estimativa, que consiste no conhecimento e experiência do projetista. Ao dimensionar corretamente um molde, irão ser evitadas as conseqüentes perdas de material, energia e aumento de custos [7].

2.2.1 Cálculo da força de fecho

Este cálculo [29] tem como propósito o devido dimensionamento do molde para uma máquina de injeção com a capacidade de força de fecho necessária à área de gravação existente no molde, de forma a que a peça seja injetada com qualidade [8].

$$F_f = \frac{A_p \times P_i \times K_m \times N_{cav} \times CS}{1000} \quad (1)$$

Onde:

- F – Força de fecho (N);
- A_p – Área projetada (mm^2);
- P_i – Pressão de injeção (MPa) (Ver anexo 2);
- K_m – Contante relativa ao material usado (Ver anexo 3);
- N_{cav} – Número de cavidades;
- CS – Coeficiente de segurança (entre 1,10 e 1,15).

2.2.2 Dimensionamento dos calços e da espessura mínima para a placa do macho

Sendo os calços responsáveis pela criação da zona de atuação da extração do molde, estes devem acrescentar robustez à estrutura, e para tal, usam-se as seguintes formas de cálculo dimensional, cuja legenda se encontra no anexo 4 [8]:

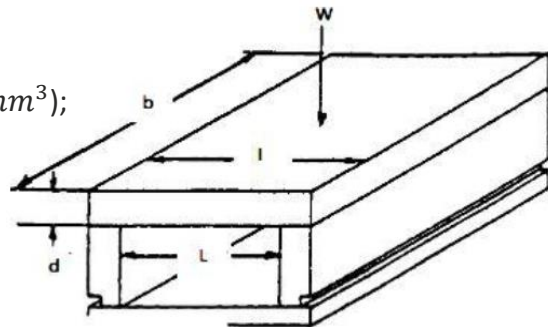
$$\sigma_m = \frac{WL}{8Z} \quad (2)$$

$$Z = \frac{B \times d^2}{6} \quad (3)$$

$$\sigma_m = \frac{W}{A} \quad (4)$$

Onde:

- σ_m – Tensão admissível (MPa);
- W – Carga aplicada (N);
- L – Distância entre os calços (mm);
- Z – Módulo de resistência à flexão (mm^3);
- A – Área (mm^2);
- B – Comprimento da placa (mm);
- C – Largura da placa (mm).



2.2.3 Cálculo da força de extração

Parte do ciclo de injeção consiste em remover o injetado, extraíndo-o com os respectivos componentes responsáveis pelo mesmo. De modo a cumprir essa função e minimizar o uso de elementos extratores, pode-se usar a seguinte expressão [16]:

$$P = \frac{S_t \times E \times A \times \mu}{d \times \left(\frac{d}{2t} - \frac{d}{4t} \times v \right)} \quad (5)$$

$$S_t = (\alpha \times \Delta T) \times d \quad (6)$$

Onde:

- P – Força de extração (N);
- S_t – Contração térmica do plástico relativamente ao diâmetro (mm);
- E – Módulo de Elasticidade (MPa);
- A – Área total de contacto entre a peça e o molde (mm^2);
- μ – Coeficiente de atrito entre o plástico e o aço (0,36);
- d – Diâmetro do círculo equivalente ao perímetro da cavidade (mm);
- t – Espessura da peça (mm);
- v – Coeficiente de Poisson do plástico;
- α – Coeficiente de expansão térmica (K^{-1});
- ΔT – Diferença de temperatura entre a injeção e a extração da peça (K).

2.2.4 Dimensionamento dos extratores/guias

Aqui pretende-se determinar a força de extração necessária e/ou os diâmetros mínimos necessários para estes elementos [16].

$$F = \frac{m \times \pi^2 \times E \times I}{L^2} \quad (7)$$

$$I = \frac{\pi \times r^4}{4} = \frac{\pi \times D^4}{64} \quad (8)$$

Onde:

- F – Carga na coluna/extrator (N);
- m – Constante dependente do tipo de conexões terminais da coluna/extrator (Ver anexo 5);
- E – Módulo de *Young* (MPa);
- I – Momento de inércia da secção (mm^4);
- L – Comprimento da coluna/extrator (mm);
- r – Raio da secção da coluna/extrator (mm);
- D – Raio da secção da coluna/extrator (mm).

2.2.5 Cálculo do tempo de arrefecimento da peça

Um molde deve proporcionar um arrefecimento da(s) peça(s) o mais rápido possível, pois ele representa cerca de 50 a 70% do tempo de ciclo, logo este deve ser minimizado, uma vez que isso se traduz na redução dos custos de injeção. Portanto, o tempo de arrefecimento do injetado pode ser determinado usando a seguinte expressão [30]:

$$\theta = \frac{-t^2}{2 \pi \alpha} \times \log \left[\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{T_x - T_m}{T_c - T_m} \right) \right] \quad (9)$$

Onde:

- t – Espessura da peça (cm);
- T_c – Temperatura cilindro ($^{\circ}C$);
- T_m – Temperatura do molde ($^{\circ}C$);
- T_x – Temperatura de extração da peça ($^{\circ}C$);
- α – Difusividade térmica (cm^2/s);
- θ – Tempo mínimo arrefecimento (s).

2.2.6 Cálculo do caudal do fluido de controlo térmico

O bom dimensionamento do caudal do fluido de controlo térmico é essencial, tanto para a qualidade do injetado, como também para ajudar à redução do tempo de ciclo. Este pode ser determinado pela seguinte expressão [8]:

$$q = m \times [C_p(T_1 - T_2) + L] \quad (10)$$

Onde:

- q – Quantidade de calor a ser retirada ($kcal/s$);
- m – Quantidade de material injetado por segundo (kg/s);
- C_p – Calor específico do material plástico ($kcal/kg \cdot ^\circ C$);
- T_1 – Temperatura de injeção do material ($^\circ C$);
- T_2 – Temperatura do molde ($^\circ C$);
- L_f – Calor latente de fusão ($kcal/kg$).

2.2.7 Considerações e dimensionamento da espessura mínima das placas moldantes

As placas moldantes devem conter espessura suficiente para suportar a força de fecho que a máquina de injeção aplica ao molde, bem como ter a capacidade de suportar todas as outras funcionalidades, como os circuitos de refrigeração e os demais acessórios. As fórmulas seguintes podem ser usadas para o referido cálculo [8]:

$$t = \left(\frac{5 W L^4}{32 E y h} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (11)$$

$$W = P h \quad (12)$$

Onde:

- E – Módulo de Young (MPa);
- h – Altura da cavidade (mm);
- L – Comprimento da cavidade (mm);
- P – Pressão na cavidade (MPa);
- t – Espessura mínima da cavidade (mm);
- W – Carga na face lateral da cavidade (N/mm);
- y – Deflexão permitida pela parede da cavidade (mm).

2.3 Estruturas e acessórios *standard*

O mercado atualmente disponibiliza inúmeras soluções, tanto ao nível de estruturas para moldes de injeção de polímeros, como os seus respetivos acessórios. As empresas que distribuem este tipo de material, conseguem realizá-lo de forma a reduzir os custos para a empresa que irá produzir o molde, comprando uma estrutura destas, ao invés de comprar o aço em bruto para posteriormente o maquinar. Desta forma, é essencial adotar o máximo de material *standard* possível, de modo a reduzir custos. Isto implica realizar aproximações dimensionais, após ter realizado os devidos cálculos apresentados no subcapítulo 2.2.

2.3.1 Estruturas *standard*

Na Figura 31 estão representados os tipos de estruturas *standard* disponíveis no mercado.

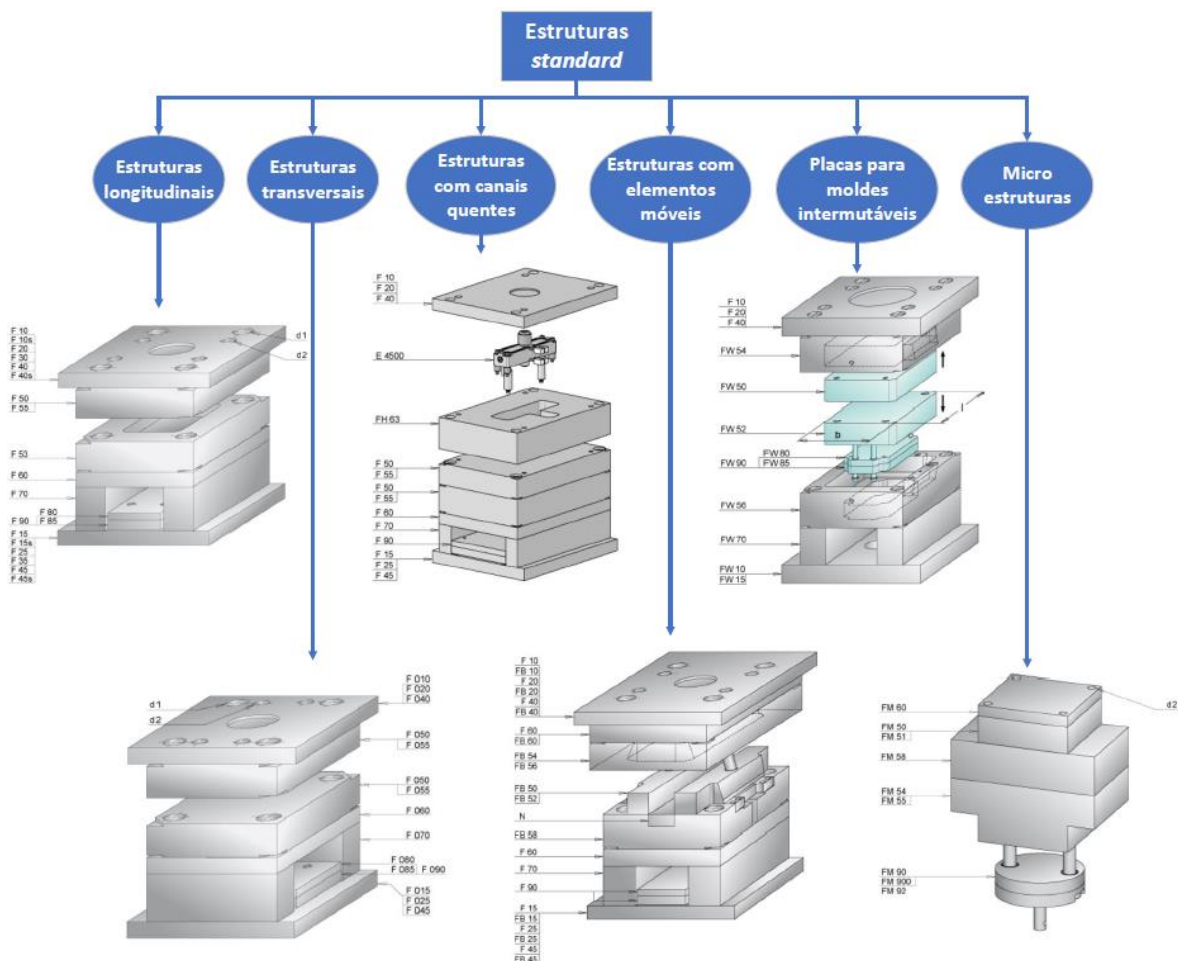


Figura 31 - Estruturas *standard* [31]

2.3.2 Acessórios standard

Na Figura 32 estão representados os diversos tipos de acessórios para aplicação nas respetivas estruturas.



Figura 32 - Acessórios standard [31]

2.4 Acabamento superficial das zonas de conformação

As superfícies da peça final irão adotar todas as gravações existentes nas superfícies das zonas moldantes. Sendo assim, existe a necessidade de aumentar a qualidade do aspeto superficial, conforme as necessidades [16]. Quanto maior for a qualidade desse acabamento nas zonas de gravação da(s) peça(s), maior será o custo final do molde e, como tal, a tendência é trabalhar apenas as superfícies que irão ser visíveis para a peça final [22].

2.4.1 Tipos de acabamentos superficiais

Existem essencialmente dois tipos de acabamento superficial aplicado nas zonas moldantes, que são [16]:

- Polimento;
- Texturização.

A Figura 33 apresenta o polimento nas superfícies de um molde que irá conformar um componente para o qual, qualquer imperfeição no acabamento representa um defeito na peça [1,22].

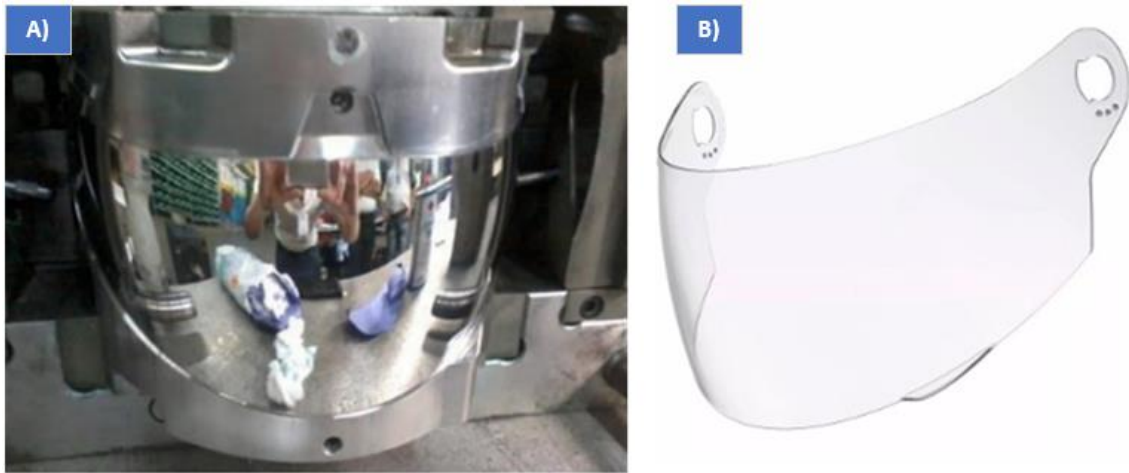


Figura 33 - Polimento superficial: A) Gravação no molde; B) Peça final [32,33]

A texturização pode conter as mais variadas formas estéticas e funcionais, sendo que, na Figura 34 se encontra um exemplo típico de um molde responsável pela injeção de um painel interior de um automóvel [16,22].



Figura 34 - Acabamento texturado [34]

2.5 Materiais para construção de um molde

Segundo a norma DIN17007, os metais selecionados para a construção de moldes e ferramentas especiais são obrigatoriamente de primeira qualidade. Estes metais, devem ainda apresentar determinadas características que assegurem as seguintes propriedades requeridas [1]:

- Elevado ponto de fusão;
- Qualidade superficial;
- Boa resistência ao desgaste;
- Elevada rigidez;

- Elevado valor de tenacidade;
- Processo de fabrico (facilidade de processamento e acabamento);
- Disponibilidade de preferência em formatos *standard*;
- Disponibilidade no mercado.

Todos os aços que são destinados a zonas moldantes, com o critério de polimento ou textura, devem, no mínimo, ser desgaseificados (VD); já os aços para os moldes com critério de polimento ótico, têm de ser, no mínimo, refundidos em vácuo (VAR) [35]. No anexo 6 está presente a representação esquemática da correta seleção dos metais, em função das exigências do polímero a usar, *versus* o tempo de vida previsto para o molde. Note-se que, por norma, os aços mais dispendiosos que o 1.1730 (F10) são usados apenas para as placas moldantes e seus constituintes (movimentos, extratores, etc.) [1].

Normalmente, têm-se optado pelo uso de novos materiais (ligas) apenas em zonas específicas de gravação da peça, devido ao seu elevado custo. Estas ligas providenciam um baixo atrito e facilidade de processamento, mantendo uma boa resistência mecânica. Porém, o seu objetivo é produzir peças com maior qualidade e que rentabilizem o molde, ao reduzir o tempo de ciclo. Isto significa que estes novos materiais devem conter uma alta capacidade de condução térmica comparativamente aos restantes. A *AMPCO* é uma das empresas que fornece este tipo de ligas de alta condutividade, que são essencialmente constituídas por cobre com a adição de Cobalto + Níquel e Berílio. A Figura 35 apresenta uma ilustração deste tipo de material a ser maquinado e a sua posterior aplicação [36].

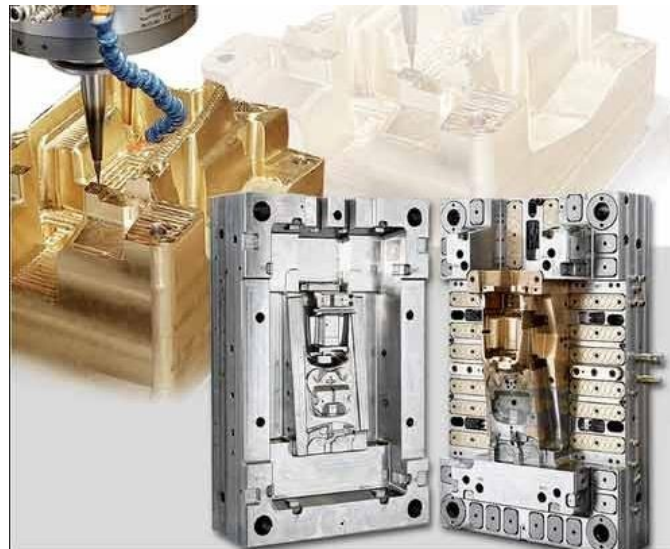


Figura 35 - Exemplo de maquinagem e aplicação do *AMPCOLOY*

2.6 Moldação de plásticos

Este processo faz parte do âmbito da presente dissertação e tem como base as etapas de processamento da Figura 36, desde o momento em que o polímero se encontra em bruto, até à obtenção da(s) peça(s) desejada(s) [5,6].

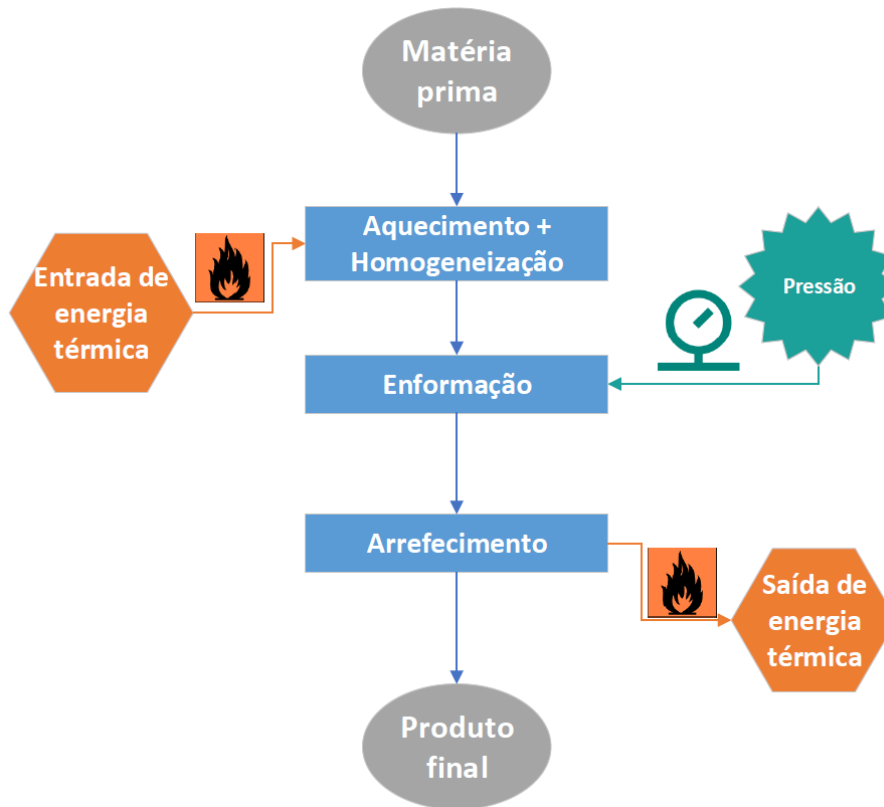


Figura 36 - Base do processo de moldação de polímeros [5,6]

Estas etapas são executadas em máquinas de injeção, que no geral têm a configuração mostrada na Figura 37:

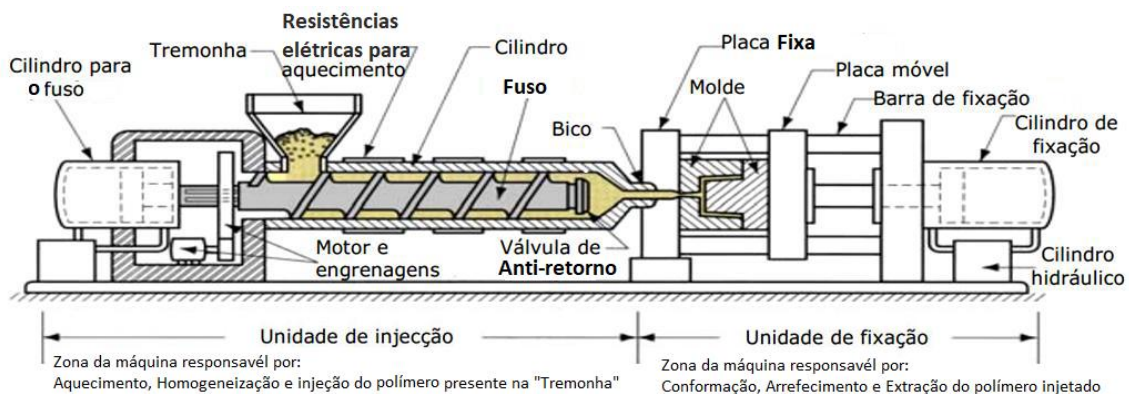


Figura 37 - Esquema representativo de uma máquina de injeção de polímeros [1,5-7]

Todas as máquinas de injeção polimérica possuem as mesmas fases de processamento, representadas na Figura 38 [7,37].

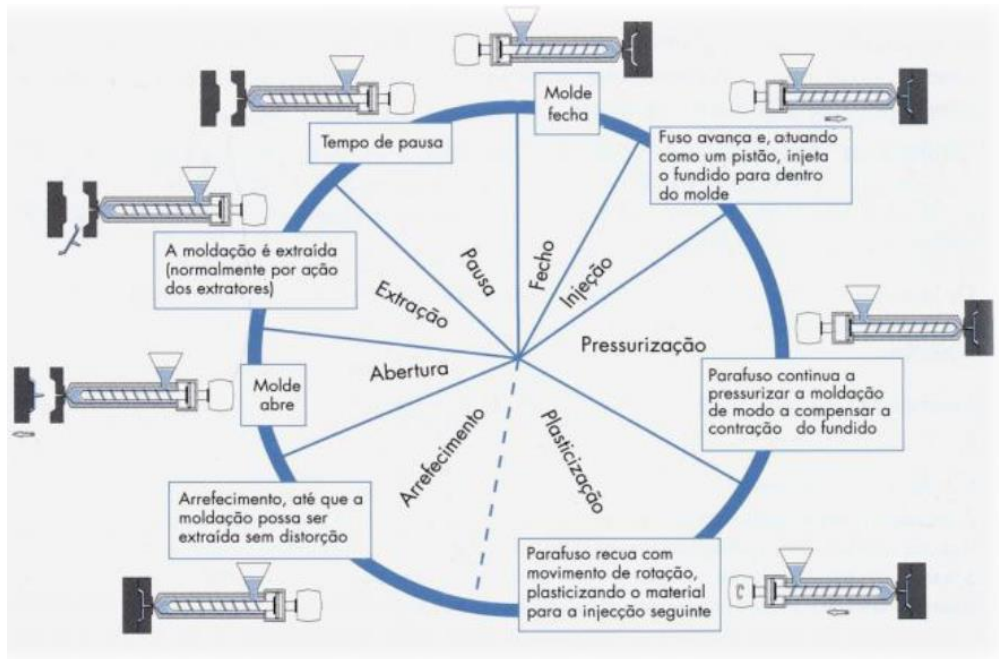


Figura 38 - Ciclo de moldação de polímeros [7,37]

A Figura 39 representa esquematicamente os critérios a ter em conta, de modo a se obter um produto final com qualidade. Porém, durante a fase de ensaio de um novo molde, é normal a existência de defeitos na peça, até ao acerto das configurações de injeção [16].

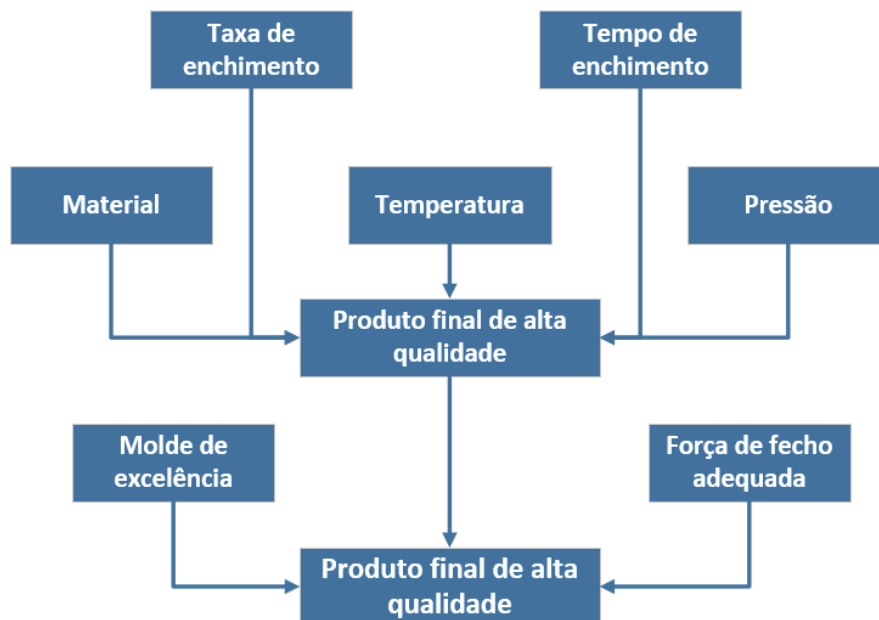


Figura 39 - Critérios para qualidade ideal de injeção [16]

O anexo 7 possui uma tabela que ajuda, rapidamente, a perceber que medidas tomar para solucionar um determinado defeito de injeção.

2.6.1 Vantagens e limitações do processo de moldação por injeção

Tal como em todos os processos de produção, é possível encontrarmos vantagens e desvantagens nos mesmos, e que devem ser consideradas. Como tal, a Tabela 5 expõe os prós e contras a ponderar na realização deste processo [38].

Tabela 5 - Vantagens e desvantagens do processo de moldação de polímeros [38]

Vantagens	Desvantagens
Produção de peças com elevada taxa de eficiência.	É essencial existir um rigoroso controlo do processo de produção do molde e de injeção para garantir a qualidade das peças.
Produção de peças com geometrias complexas e de grandes volumes.	Em muitos casos, a enorme concorrência faz com que a margem de lucro seja diminuta.
Possibilidade de injetar peças com insertos metálicos.	Custo da máquina de injeção (custo/hora) é elevado, portanto, existe a necessidade de grandes produções de peças, o que implica reduzir ao máximo o ciclo de injeção, sem que exista interferência na qualidade das peças.
Capacidade de injetar dois tipos de polímeros distintos.	O custo de conceção dos moldes é elevado, o que obriga a que, na injeção, este tenha uma produção elevada (relativamente ao custo do molde), para que o seu valor seja devidamente amortizado.
Mão-de-obra pouco qualificada.	
Bom acabamento superficial após injeção.	
Necessita de pouca mão-de-obra.	
Processo viável para automatizar.	

Em suma, o processo de moldação de polímeros por injeção em molde é selecionado quando este se torna economicamente mais fiável relativamente a outras alternativas. Deve ser tido em conta a amortização dos custos do molde, bem como os custos de injeção [38].

2.7 Introdução aos polímeros

A palavra polímero tem origem na fusão de duas palavras gregas, *poly* (= “muitos”) e *meros* (= “partes”), que resulta em *polymeros* (cadeia repetitiva de meros) [24]. A vida humana é constituída por polímeros naturais, mais especificamente as proteínas, perfazendo cerca de 18% do nosso organismo, ou seja, eles estão em todo o lado e são essenciais. Os polímeros começaram a ser usados mais frequentemente desde 1907, quando foi criado o primeiro plástico sintético, revelando-se úteis até aos dias de hoje, chegando ao ponto de se tornar problemático viver sem os mesmos [6]. Uma das grandes particularidades e vantagens deste elemento é a sua facilidade de processamento, sendo que, na maioria dos casos o produto final, embora que de forma bastante complexa, pode ser produzido numa única operação [35]. Os polímeros podem ser categorizados de diversas formas, tal como representado na Figura 40, a qual possibilita a visualização da classificação dos polímeros quer quanto à sua origem (na vertical), e como, quanto ao comportamento térmico (na horizontal). Na Figura 40 encontram-se os polímeros mais conhecidos e comercialmente disponíveis, classificados na vertical quanto ao seu custo/uso, e na horizontal quanto à estrutura química [1].

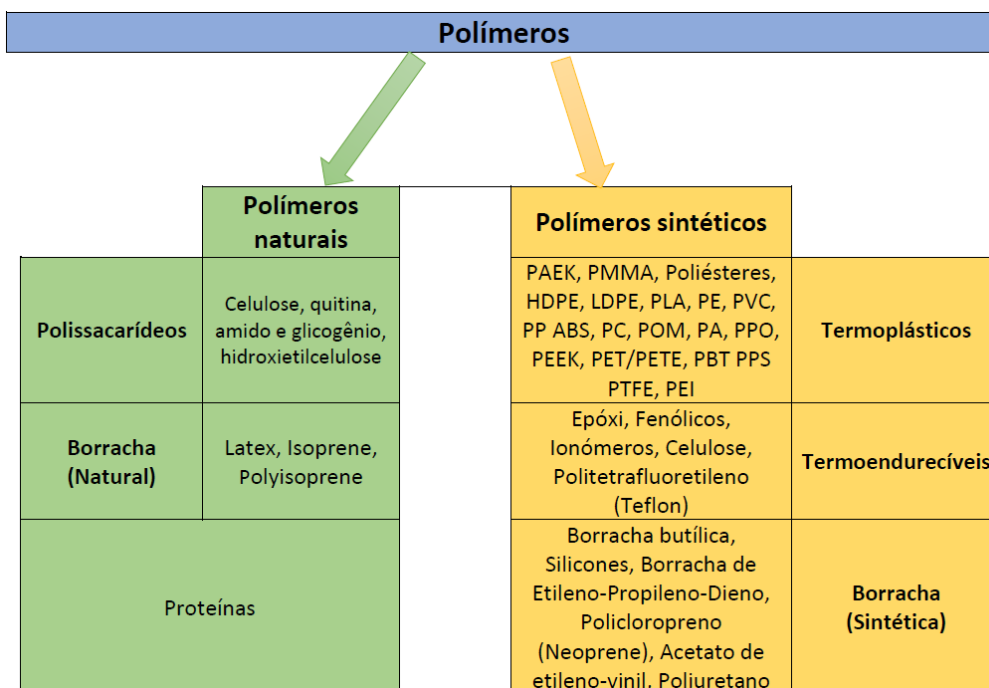


Figura 40 - Classificação dos polímeros quanto à origem vs quanto ao comportamento térmico [1,6,24,35]

Para além dessas duas formas de classificar os polímeros, existem outras duas, presentes na Tabela 6, possuindo duas variáveis. Nas linhas, os mesmos estão classificados quanto à sua tipologia e, em simultâneo, nas colunas estão classificados quanto ao seu uso/desempenho, sendo que a coluna mais à esquerda contém os polímeros mais económicos mas com um desempenho pior relativo aos polímeros na coluna mais à direita, que são os que possuem melhor desempenho mas são os menos económicos [24,35].

Tabela 6 - Classificação dos polímeros quanto à tipologia vs quanto ao seu custo/desempenho [1,6,7,39]

CUSTO				DESEMPENHO	
← Grande Consumo (Básicos)	Engenharia	Elevado Desempenho	Especiais (Ultra Polímeros)	→	
	COP. DE ESTIRENO ABS, ASA, SMA	SULFONADOS PSU, PES	PAN		
Clorados uPVC, pPVC, PVCc, Copolímeros	ACRÍLICOS (PMMA)	PAR	PVK		
Estirénicos PS, HIPS, SI, SAN	PC PPO COC XLPE	POLIAMIDAS PA (transparente)	Inonómero	Amorfos	
	CELULÓSICOS CA, CAB, CP	PPSU PESU	PAA PPI		
OLEFÍNICOS HDPE LDPE LLDPE PEx PEc HMWPE PP Copolímeros EVA	POLIIMIDAS PA 6, PA 66 PA 11, PA 12, OUTRAS POM	FLUORADOS PTFE, FEP, PTCFE, PVDF, PVF, PFA PPS MFA ECTEF PARA	AMIDOS	Semicristalinos	
POLIÉSTERES TERMOPLÁSTICOS PET	POLIÉSTERES TERMOPLÁSTICOS PBT	POLIAMIDAS PA 4.6 PA aromáticas	PHB PEN		
	OLEFÍNICOS PB-1, PIB, PMP	CETONAS AROMÁTICAS PEL, PEEK, PAEK PEKEKK, PEEKK POLIIMIDAS PBI, PAI, PEI			
	OLEFÍNICOS				
	ESTIRÉNICOS SBS, SEBS				
	POLIAMIDA PEBA	KM	PFPE HPPE EPDM	Elastómeros Termoplásticos (TPE)	
	COPOLIÉSTER				
	EPR				
		LCP		Cristal Líquido (LCP)	
	PC/ABS ABS/PC PC/PBT PPO/PA Outras	PSu/...		Misturas	

2.7.1 Propriedades requeridas para o Polipropileno (PP) e para o Polietileno de Alta Densidade (HDPE)

A Tabela 7 apresenta todas as propriedades relevantes do PP e do HDPE, com os valores correspondentes.

Tabela 7 - Propriedades do PP e do HDPE [40,41]

Propriedades	Polipropileno (PP)	Polietileno de Alta Densidade (HDPE)
Físicas	Densidade – 0.880-2.40 g/cm ³ Taxa de absorção de água – 0.000 – 1.00%	Densidade – 0.924 - 2.55 g/cm ³ Taxa de absorção de água – 0.000 - 0.0700%
Mecânicas	Modulo de elasticidade – 0.008 - 8.25 GPa Tensão de rotura – 9.00 - 80.0 MPa Tensão limite elástico – 4.0 - 369 MPa Alongamento até rotura – 3.00 - 900% Alongamento no limite elástico – 2.00 - 100% Dureza (<i>Rockwell R</i>) – 20.0 - 118	Modulo de elasticidade – 0.450 - 1.50 GPa Tensão de rotura – 7.60 - 43.0 MPa Tensão limite elástico – 11.0 - 43 MPa Alongamento até rotura – 3.20 - 2230% Alongamento no limite elástico – 3.00 - 80% Dureza (<i>Rockwell R</i>) – 33.0 - 66.0
Elétricas	Resistência elétrica – 1000 - 1.00e+18 ohm Resistência à superfície – 50 - 1.00e+15 ohm	Resistência elétrica – 1e+05 - 1.00e+17 ohm Resistência à superfície – 10000 - 1.00e+14 ohm
Térmicas	Coefficiente de expansão térmica (linear) – 18.0 - 185 μm/m . °C Ponto de fusão – 61 - 220°C Intervalo de temperaturas máximas de Serviço, Ar – 65 - 125°C Intervalo de temperaturas mínimas de Serviço, Ar – 30 - 60°C	Coefficiente de expansão térmica (linear) – 20.0 - 225 μm/m . °C Ponto de fusão – 118 - 137°C Intervalo de temperaturas máximas de Serviço, Ar – 120 - 200°C Intervalo de temperaturas mínimas de Serviço, Ar – 60 - 100°C
Reológicas	Índice de fluidez – 0.5 - 50.0 g/10 min (a uma temperatura de cerca de 230°C)	Viscosidade – 32000 - 200000 cP (a uma temperatura de cerca de 190°C)

2.7.1.1 Aplicações mais comuns do PP

De seguida apresentam-se algumas das principais aplicações do PP [42]:

- Tecido “Não-tecido”;
- Embalagens flexíveis;
- Ráfia (sacos para grãos e fertilizantes);
- Fibras;
- Cadeiras plásticas;
- Brinquedos;
- Copos plásticos;
- Embalagens e recipientes para alimentos, remédios e produtos químicos;
- Corpo de eletrodomésticos (ferro de passar, liquidificador, batedeira);
- Tampas em geral, tampas para bebidas carbonatadas (água, refrigerantes);
- Carpetes;
- Seringas de injeção;
- Material hospitalar esterilizável;
- Autopeças (para-choques, pedais, carcaças de baterias, estofos, lanternas, ventoinhas, ventiladores, peças diversas no habitáculo automóvel);
- Peças para máquinas de lavar roupa;
- Cabos para ferramentas manuais;
- *Tupperware*;
- Jardins verticais.

2.7.1.2 Aplicações mais comuns do HDPE

De seguida apresentam-se algumas das principais aplicações do HDPE [43]:

- Tubos para distribuição de água potável;
- Embalagens de alimentos, detergentes e outros produtos químicos;
- Utensílios domésticos;
- Prótese de quadril acetabular;
- Dispositivos de proteção (capacetes, joelheiras, cotoveleiras ...);
- Impermeabilização de terra (aterros sanitários, piscinas, lagoas, estacas dinâmicas na grande indústria de mineração);
- Juntas para peças de automóveis;
- Plataformas;
- Paletes.

2.8 Estudo de enchimento, *SOLIDWORKS Plastics*

O mundo encontra-se cada vez mais em constante competição, tornando fulcral para a sobrevivência e prosperidade de uma empresa no setor dos moldes e para injeção de plástico, realizar os trabalhos propostos em tempo diminuto e com a melhor qualidade possível [44].

É com este propósito que são desenvolvidos *softwares* de simulação do processo de injeção (CAE – *Computer Aided Engineering*). Entre eles, existe o *SOLIDWORKS Plastics*, que é uma aplicação de simulação dentro do próprio *SOLIDWORKS*, criada especificamente para o estudo de moldação por injeção de polímeros. Esta interface permite a análise singular da peça ao detalhe, o que resulta nos seguintes ganhos [44]:

- Previsão e consequente salvaguarda de defeitos na produção da peça final;
- Aumento da qualidade;
- Eliminação dos elevados custos em posteriores correções ao molde;
- Redução do tempo de produção do molde;
- Aumento da eficiência e eficácia do molde;
- Diminuição do tempo de ciclo de injeção.

Este programa, é capaz de simular a forma como o polímero fundido flui dentro do molde durante o processo, de maneira a prever defeitos relacionados com a concepção do molde e *design* da peça, sendo que, desta forma, permite ao projetista avaliar rapidamente possíveis alternativas[44].

Para além da grande vantagem de otimização do design do molde e peça, o *SOLIDWORKS Plastics* faculta um outro grande benefício já referido, sendo este a importante diminuição do tempo de ciclo de injeção. Esta possibilidade dá-se devido ao facto de existirem as seguintes variáveis, passíveis de serem alteradas de iteração para iteração [45]:

- Modelo 3D (três dimensões) da peça a produzir;
- Força de fecho da máquina de injeção;
- Material a injetar;
- Material do molde;
- Pressão de injeção;
- Sistema de alimentação, pontos de injeção e respetiva localização;
- Temperatura do molde;
- Zonas de saída do ar;
- Temperatura de injeção do polímero.

Ao se realizar uma correta e intensa análise ao comportamento da peça, deverão ser obtidos com a maior eficácia e eficiência os seguintes resultados [46]:

- Contração volumétrica no final do ciclo de injeção;

- Tempo de arrefecimento;
- Temperatura de injeção;
- Tensões resultantes na peça;
- Contração volumétrica no final do ciclo de injeção;
- Tempo de arrefecimento;
- Qualidade de enchimento;
- Determinação das zonas de escape de gases;
- Melhor zona para injetar a peça;
- Previsão da ocorrência de marcas de chupagem;
- Temperatura da zona frontal de avanço do material;
- Tempo de enchimento da peça;
- Tempo de pressão de fecho e a própria pressão de fecho, com o decorrer do tempo;
- Tempo de pressão de injeção e a própria pressão, com o decorrer do tempo;
- Volume de injeção.

Na Figura 41 estão representados vários estágios da simulação de injeção de uma peça exemplo, com o tempo a ser contabilizado. O ponto de injeção encontra-se na base da peça, assinalado com a seta a amarelo. Foram colocadas quatro fases do enchimento, a peça injetada a 25%, 50%, 75% e 100% [13].

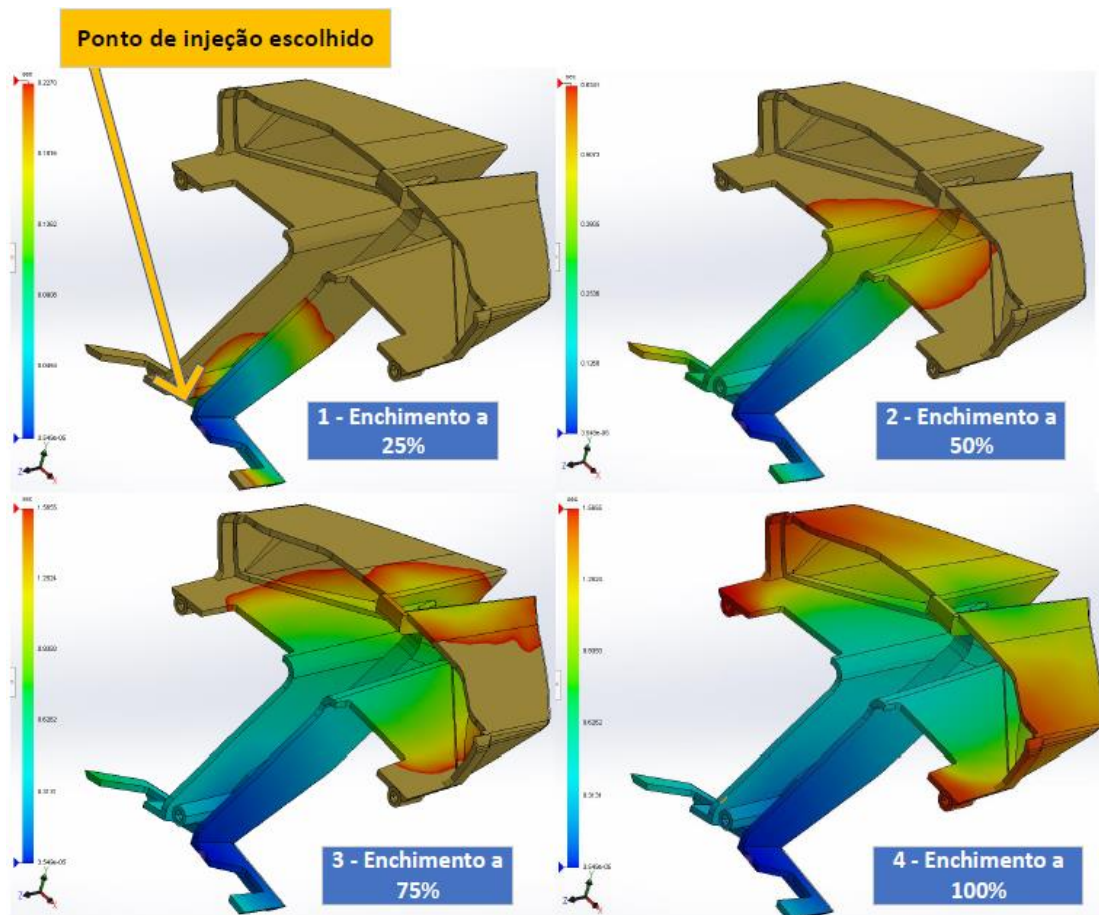


Figura 41 - Análise do comportamento de injeção de uma peça exemplo através do *SOLIDWORKS Plastics* [13]

2.9 Trabalhos recentes desenvolvidos na área dos moldes

Principalmente nos últimos cinco anos, têm-se vindo a desenvolver muitas tecnologias e metodologias que adicionam imensa eficiência e qualidade às peças poliméricas, produzidas por injeção e a Tabela 8 resume os mais relevantes.

Tabela 8 - Investigações no âmbito dos moldes para injeção de polímeros

Referencia bibliográfica	Síntese do trabalho
[47-49]	<p>A área da produção de moldes e injeção de polímeros necessita de alguma forma de produzir amostras de uma peça, de forma económica, antes de produzir o molde, para ser possível testá-la e executar alterações ao projeto e não ao molde, poupando muitas vezes até 40% dos custos finais de produção, usando uma das tecnologias apresentadas abaixo, que foram adaptadas a esta necessidade:</p> <ul style="list-style-type: none">• SLA, com resinas líquidas;• LS (<i>Laser Sintering</i>), com polímeros em pó;• SLS (Sinterização Seletiva a Laser);• Impressão 3D, usando resina foto-polimérica (<i>3Dpolyjet</i>). <p>Esta última tem sido a mais utilizada pelas empresas que necessitam de uma pequena produção de amostras, pois é mais económica de adquirir e produzir, permitindo uma rápida e versátil produção. Tem também vindo a ser muito desenvolvida nos últimos 3 a 4 anos.</p>

As zonas que se degradam mais num molde, são as zonas de gravação. Neste artigo foram investigados os seguintes métodos de tratamentos/revestimentos possíveis de se realizar:

[50]

- Moldação por injeção com “*Variotherm*” baseada em laser;
- Revestir as zonas moldantes através do uso da deposição física em fase de vapor (PVD);
- Uso de ligas com Nitreto de Crómio-Alumínio (Cr,Al)N, que para além de aumentar a resistência à abrasão e proteção contra a corrosão em ambientes agressivos, oferece uma alta adesão.

A última metodologia revelou-se a mais eficiente, aumentando a expectativa do tempo de vida útil em 30%.

O estudo de metodologias de redução do tempo de ciclo na injeção de polímeros é algo essencial, pois significa grandes poupanças a nível monetário. Estes artigos sugerem uma metodologia que se inicia pelo estudo de injeção com um dos seguintes programas de otimização:

[51-55]

- *SOLIDWORKS Plastics*;
- *Moldflow*;
- *Moldex3D*.

Seguidamente, e quando o molde se encontra na fase de ensaio, deve-se praticar a metodologia denominada de RHCM (*Rapid Heat Cycle Molding process*), que consiste em injetar o polímero a uma temperatura muito díspar daquela a que o molde se encontra, criando um choque térmico enorme que, conseqüentemente, solidifica as superfícies da peça mais rapidamente, possibilitando a sua rápida extração, reduzindo assim o tempo de ciclo até 15%.

A otimização do sistema de controlo térmico do molde é uma outra grande forma de diminuir o tempo de ciclo de injeção do molde, que resulta em ganhos diretos. Foi investigado um novo método de execução dos canais do sistema de controlo térmico, que tem ganho força, pois começa a ficar mais acessível. Este chama-se:

- CCC - *Conformal Cooling Channel* (Controlo térmico por conformação).

[48,49,56-58]

Consiste na criação de postigos para as zonas de conformação, com canais que envolvem a peça a injetar de forma muito mais eficiente, possuindo a capacidade de diminuir tempos de ciclo entre os 5 e os 23%, bem como a melhoria na qualidade do injetado, diminuindo empenos e chupados devido a um controlo térmico mais uniforme.

A exploração da otimização do tempo de ciclo de injeção, bem como a minimização dos empenos e consequente melhoria da qualidade da peça durante o ensaio do molde utilizando uma metodologia de resposta múltipla, combina a abordagem dos métodos de *Taguchi* com a "*Desirability Function*", juntamente com programas CAE (*computer aided engineering*), de forma a encontrar a configuração ideal de injeção.

[59-61]

Esta metodologia contém uma margem de erro de até 15%, que os autores consideram aceitável, frisando que torna este método mais fiável para a previsão do tempo de ciclo exato e de empenos na peça.

Neste trabalho recorreu-se à investigação de uma metodologia simples e barata, que aumentasse a resistência às tensões de corte em polímeros com estrutura cristalina.

[62] Foi então encontrado um método que consiste em injetar o respetivo polímero até três vezes durante o mesmo ciclo de injeção. Uma vez que é realizada injeção sobre injeção, o molde possui um canal, para além da gravação, que acumula o excesso. Ao realizar esta multi-injeção de polietileno (PE), verificou-se um aumento da resistência ao corte até 27,4%, porém com o custo de perda de ductilidade.

No processo de bi-injeção simples, como são injetados dois polímeros distintos com injetoras independentes e em simultâneo, ocorre o problema da imprevisibilidade do local onde existirá a linha de união entre os dois materiais.

[63] Foram investigadas formas de minimizar este problema, dando origem a diferentes metodologias direcionadas a essa problemática.

Uma das conclusões resume-se ao facto de que o controlo da temperatura é essencial para a previsão da linha de união, assim como um bom controlo do fluxo.

A outra solução refere que a relação entre a pressão de injeção e a temperatura é essencial para uma boa previsão da linha de união entre os dois materiais injetados.

Na dissertação que decorre, prevê-se usar alguns elementos e metodologias aqui revistos, tais como: um estudo exaustivo da simulação em CAE das injeções de PP e de HDPE, a possibilidade de usar revestimentos superficiais que aumentem o tempo de vida das zonas moldantes e ainda a possibilidade de usar posições com um controlo térmico da moldação, com a perspetiva de diminuir o tempo de ciclo.

Infelizmente, para esta revisão bibliográfica, não foi possível estudar artigos relativos à bi-injeção (devido à sua inexistência), que acrescentassem valor à mesma, tendo em consideração o tipo de projeto abordado nesta dissertação. Todavia, esta falta de investigação na área dos moldes de bi-injeção, cria uma excelente oportunidade para elaborar um artigo relativo ao desenvolvimento efetuado nesta dissertação.

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Objetivos específicos do trabalho prático
- 3.2 Caracterização da empresa
- 3.3 Apresentação e descrição/definição da peça injetada desejada
- 3.4 Elencarem dos requisitos exigidos pelo cliente
- 3.5 Contração dos materiais poliméricos
- 3.6 Estudo em *SOLIDWORKS* Plastics
- 3.7 Projeto: fase preliminar
- 3.8 Projeto: modulação
- 3.9 Projeto: fase final
- 3.10 Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde
- 3.11 Seleção dos componentes normalizados do molde
- 3.12 Dimensionamento do molde
- 3.13 Processos de fabrico utilizados e respetiva sequência
- 3.14 Estimativa de custos para o molde
- 3.15 Montagem final do molde
- 3.16 Ligações elétricas do molde
- 3.17 Ajustes finais ao molde
- 3.18 Acabamentos e marcações superficiais na peça
- 3.19 Resultado final da *ADJUSTER COVER*

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Objetivos específicos do trabalho prático

A elaboração do projeto que se segue tem como propósito fundamental a conceção de um molde de duas cavidades para injeção de uma peça constituída por dois polímeros distintos (Bi-Matéria: Polipropileno (PP)+Polietileno de alta densidade (HDPE)) para um equipamento de segurança automotiva. Através de um *software* CAD (*Computer Aided Design*), mais em específico o *SOLIDWORKS*, foi realizado todo o projeto do molde para a peça *ADJUSTER COVER* (projetada pelo cliente), de modo a otimizar o seu funcionamento, bem como prever problemas e encontrar soluções, maximização a qualidade, rigidez e estabilidade da peça, com a melhor relação qualidade/custo.

3.2 Caracterização da empresa

SIMAN - Sociedade de Moldes de Mansores, Unipessoal, Lda, (Figura 42) é de uma empresa familiar localizada na zona industrial das Lameiradas, que pertence ao concelho de Arouca, no distrito de Aveiro (Figura 43), possuindo nos seus quadros onze colaboradores é o sócio maioritário. A missão da *SIMAN* visa a produção de moldes para injeção de polímeros, bem como a posterior injeção, cumprindo a máxima qualidade desejada.



Figura 42 - Exterior das instalações *SIMAN* - Sociedade de Moldes de Mansores, Unipessoal, Lda

Esta empresa subdivide-se em duas partes, a que produz moldes e a que faz injeção de polímeros. Classificando-as quanto à metodologia de trabalho, na zona de produção dos moldes existe uma implantação funcional ou *job shop*, pois produz unidade a unidade com elevada variedade e diversas gamas operatórias, funcionando com base em engenharia por encomenda. Já a subdivisão de injeção funciona por célula de fabrico, trabalhando mediante o fabrico por encomenda, possuindo séries de produção que são de médias a pequenas dimensões. A *SIMAN* dedica o seu trabalho essencialmente ao ramo automóvel e a componentes para eletrodomésticos.

Seguidamente apresenta-se um breve resumo por tópicos da história da *SIMAN*, segundo a informação recolhida junto do atual sócio-gerente:

- Criação da *SIMAN* no início da década de 90;
- Mudança de instalações, de Mansores para as atuais, na zona industrial das Lameiradas;
- *SIMAN* passa a integrar apenas um dos três sócios existentes e atual gestor;
- Em 2017, a *SIMAN* celebra 25 anos de existência.



Figura 43 - Zona industrial das lameiradas – Arouca

3.3 Apresentação e descrição/definição da peça injetada desejada

O componente a produzir consiste num elemento para uma cadeira de transporte rodoviário para bebés/crianças, ou seja, é uma cadeira auto para menores de 12 anos ou com uma altura inferior a 135 cm. Tem como função servir de cobertura para o mecanismo de ajuste da cadeira, providenciar um botão e uma passagem para o cinto de aperto/segurança do bebé.

A Figura 44 apresenta a peça pretendida, onde primeiro teremos, a verde, a parte injetada com PP, seguindo-se a injeção da zona a amarelo, com HDPE.

Na mesma figura observa-se na imagem 1 (esquerda) as superfícies que irão ser gravadas na cavidade, já na imagem 2 (direita), são as superfícies que irão ser gravadas no macho.

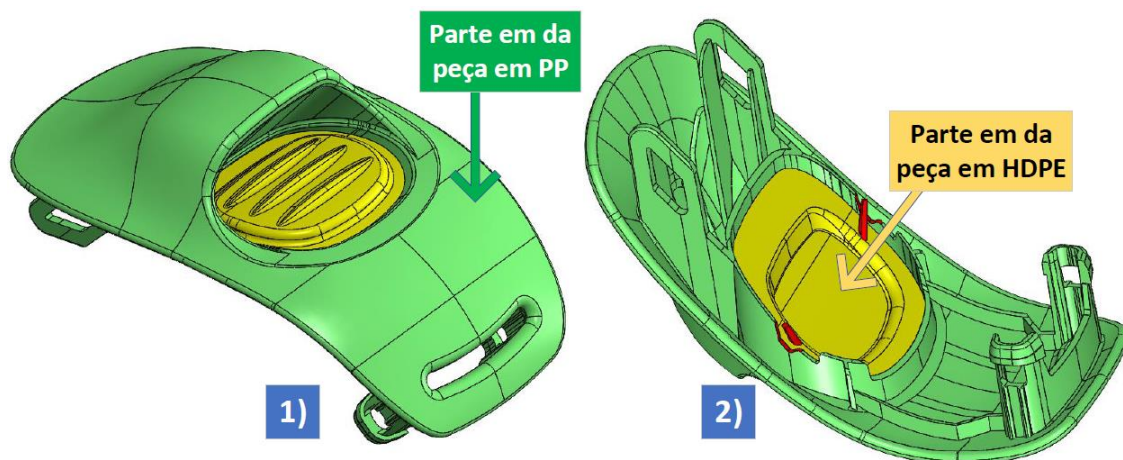


Figura 44 - Peça a produzir: *ADJUSTER COVER* - 1) Zona de gravação da cavidade; 2) Zona de gravação do macho

3.3.1 Propriedades da peça

Ambos os materiais que constituem a peça *ADJUSTER COVER* possuem densidades próximas, valendo a grande diferença de volume que existe entre as duas partes da peça, sendo que a parte em PP é a dominante (Tabela 9). As tabelas de propriedades do PP e do HDPE encontram-se no anexo 8 e anexo 9, respetivamente.

É extremamente importante e necessário o cálculo da massa do produto a fabricar pois, é a partir desse valor que se estimará o custo unitário da peça, juntamente com o cálculo do custo de injeção.

$$Massa (g) = Densidade(g/cm^3) \times Volume (cm^3) \quad (13)$$

Uma vez que é conhecido o volume e a densidade do material, foram obtidos os resultados apresentados na tabela 10, por recurso à expressão 13.

Tabela 9 - Massa da peça *ADJUSTER COVER* e seus constituintes

Propriedades ao nível da massa			
Material	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)	Massa (g)
PP	27,810	0,960	26,698
HDPE	3,522	0,905	3,187
TOTAL			29,885

Segundo os cálculos efetuados, a massa teórica e expectável para a peça (PP + HDPE) é de aproximadamente 30 g. Na Figura 45 poderá analisar-se as dimensões da gerais da peça e diferentes constituintes.

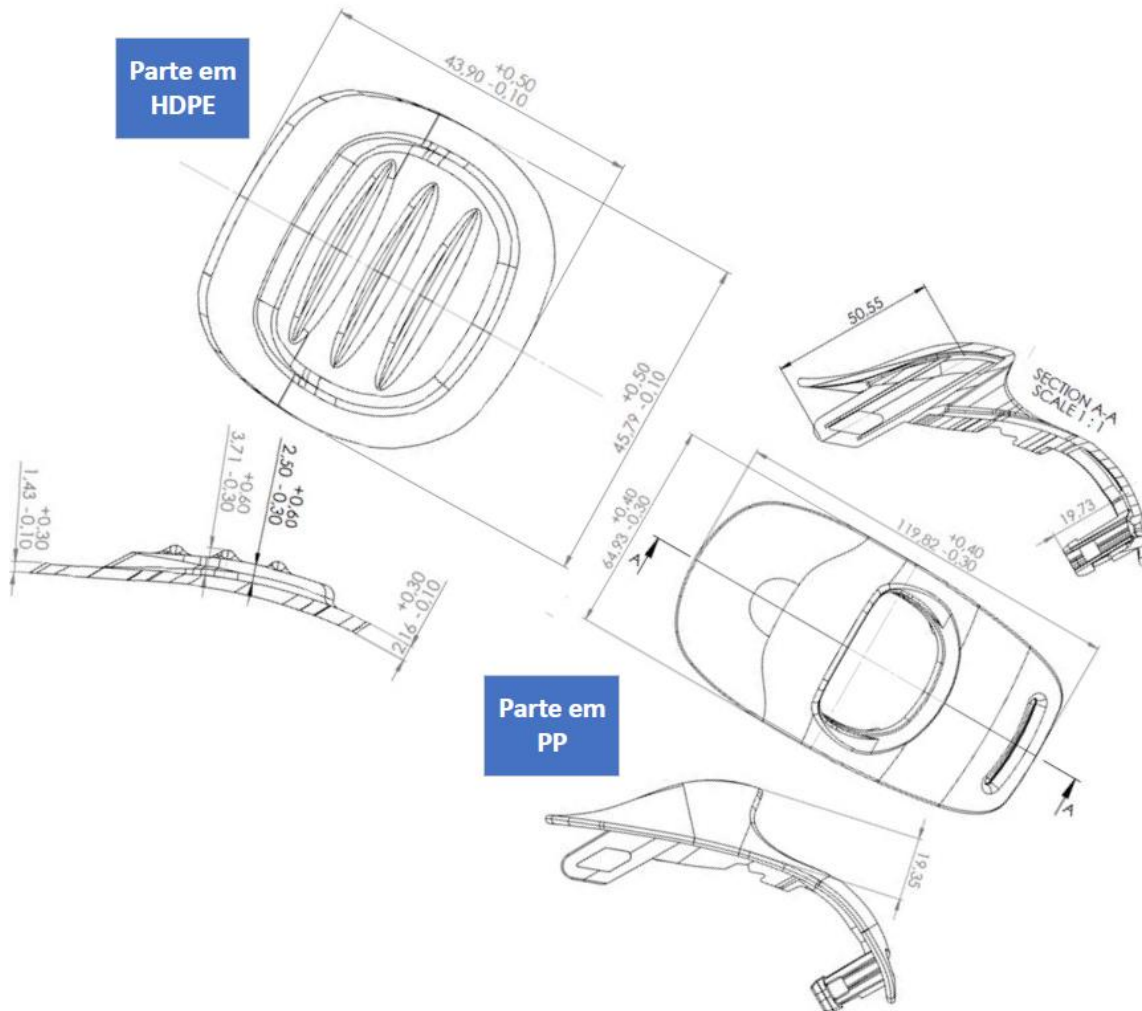


Figura 45 - Dimensionamento grosseiro dos dois constituintes da peça ADJUSTER COVER

De notar que ambas as partes da peça final mantêm uma espessura aproximadamente constante ao longo de toda a sua geometria, facto que irá contribuir para uma boa qualidade de injeção, evitando chupados e outras pequenas imperfeições, bem como, irá ajudar a uma melhor fluidez do material, durante a injeção.

Ambas as partes da ADJUSTER COVER são perfeitamente simétricas, quando se traça uma linha horizontal no seu meio, linha esta observável por exemplo no desenho da parte da peça em PP, na Figura 45, onde essa linha aparece com uma indicação de linha de corte "A".

Apresenta-se na Figura 46 a desejada aplicação da *ADJUSTER COVER*, visualizando-se a sua zona de aplicação e funcionalidade no modelo 3D da cadeira auto, projetada à data.

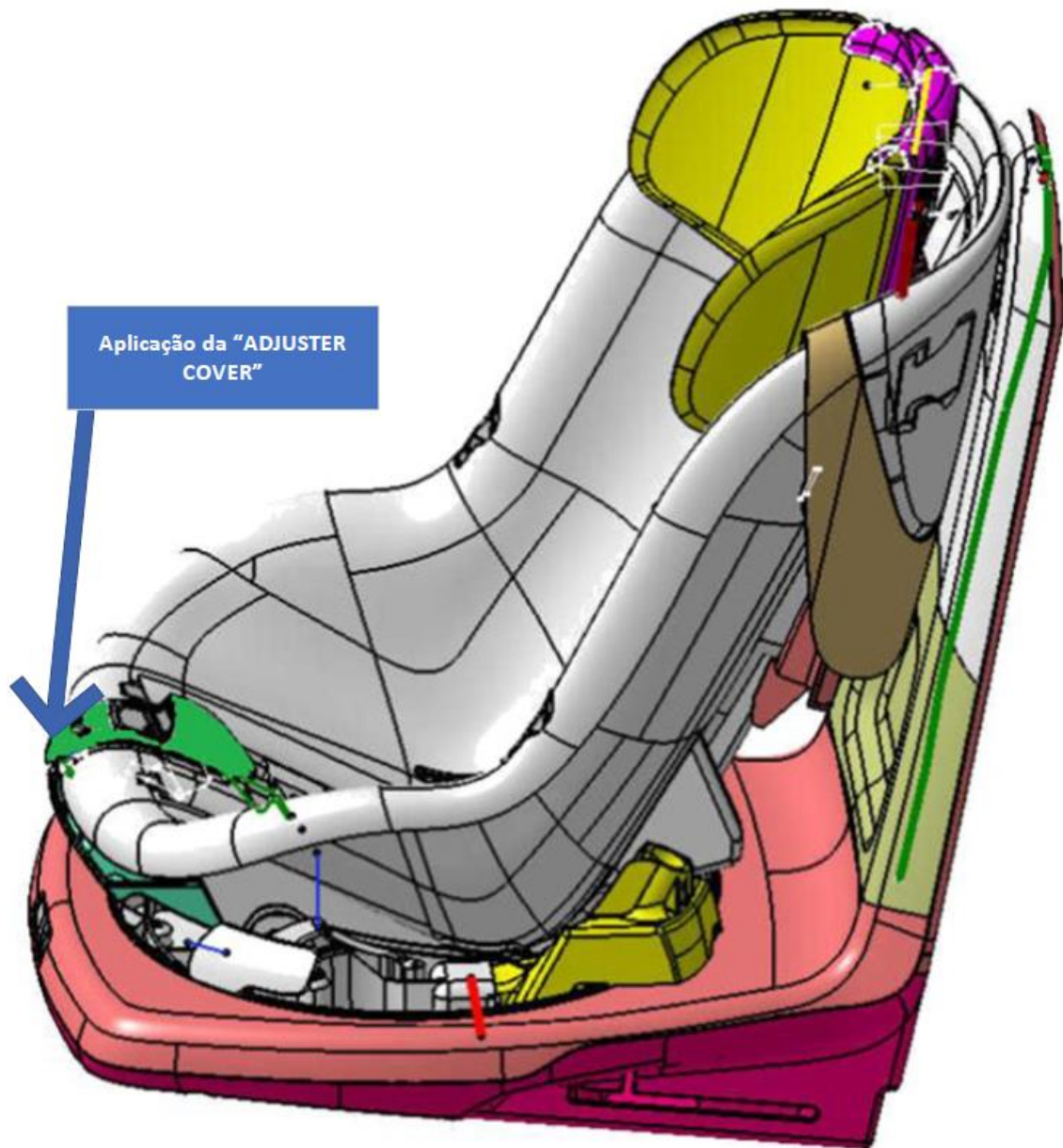


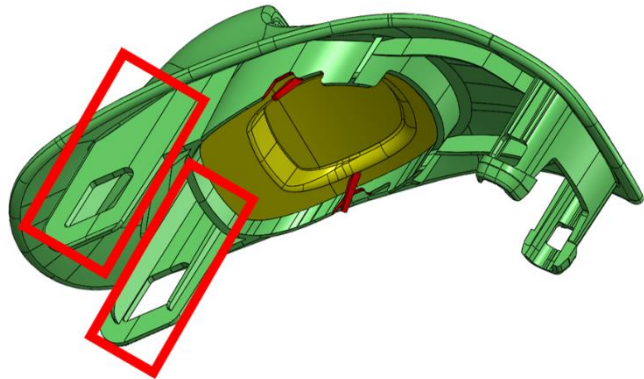
Figura 46 - Aplicação do *ADJUSTER COVER*

O primeiro passo para se inicializar o projeto é a devida análise à geometria da peça a injetar, estudando todas as suas particularidades e necessidades, para a obtenção de um resultado satisfatório aos olhos do cliente e consumidor final.

Com esse propósito de análise sucinta às características de injeção da peça, foi criada a Tabela 10.

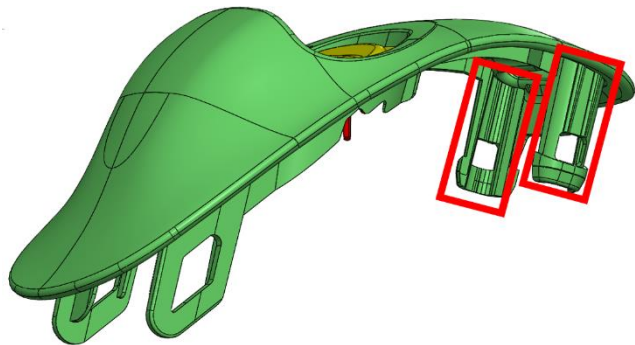
Tabela 10 - Análise da peça

Aplicar levantadores inclinados, responsáveis por cumprir a geometria assinalada e extrair a peça.



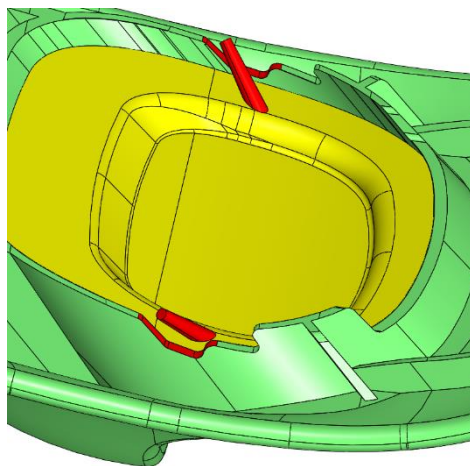
No contorno a vermelho encontra-se a zona de fixação da base da peça.

Aplicar levantadores verticais com movimento lateral incorporado, responsáveis por cumprir a geometria assinalada.



No contorno a vermelho encontra-se a zona de fixação do topo da peça.

A vermelho estão representados as zonas de injeção escolhidas pelo cliente, tanto na parte em PP como em HDPE da peça.



3.4 Elencagem dos requisitos exigidos pelo cliente

A *SIMAN* - Sociedade de Moldes de Mansores, Unipessoal, Lda, representa apenas uma empresa subcontratada pela *Ulmolde*, SA – Grupo *SIMOLDES*, cujo função será realizar o projeto 3D em conjunto com a *Ulmolde*, bem como a completa produção, montagem e acabamentos do molde, denominado de UL598 pela empresa do grupo *SIMOLDES*.

É de grande relevância referir que este desenvolvimento possui algumas limitações impostas pelo grupo *SIMOLDES*, que passam pelo impedimento da publicação da FEM (Ficha de especificações do molde), FTM (ficha técnica do molde) e o CEM (Caderno de encargos do molde), nos anexos, bem como pela publicação, nesta dissertação, de fotos ao molde e seus componentes, durante e depois da sua produção. A demonstração exata dos custos relativos ao molde também não foi autorizada.

3.4.1 Características da máquina de injeção

Os requisitos e limitações impostas pelo equipamento de injeção que se encontra disponível nas instalações da entidade que irá realizar a produção em série da peça em questão, delimitam as características do molde a projetar, sendo fulcral e da responsabilidade dessa mesma empresa, fornecer as informações da máquina de injeção de polímeros, de forma a que o molde possa funcionar devidamente no equipamento desejado. Essas características encontram-se descritas na Tabela 11.

Tabela 11 - Especificações da máquina de injeção a utilizar na produção da peça *ADJUSTER COVER*

Característica	Valor
Força de fecho (ton)	200
Tipo de máquina de injeção	Bi-matéria
Dimensões entre colunas H x V (mm^2)	Sem colunas
Dimensões entre barras no fundo da máquina (mm)	670
Altura do molde (min./máx.) (mm)	350/700
Abertura máxima (mm)	1050 – Espessura do molde
Raio dos injetores (mm)	19
Diâmetro de centragem (mm)	160
Ano	2000

No anexo 10, encontra-se a ficha técnica desta máquina de injeção polimérica. A mesma foi a opção selecionada pois, para a dimensão do molde, força de fecho necessária e necessidade de dois sistemas de injeção independentes, é o que a *Simoldes (Plásticos S.A.)* tem disponível, uma vez que serão os responsáveis por dar continuidade à produção com o molde, na sua divisão da *Simoldes (Plásticos S.A.)*.

3.4.2 Características do projeto

As características indicadas na Tabela 12 e na Tabela 13, referem-se às especificações mais relevantes sobre todo o projeto a ser desenvolvido, sendo que as mesmas são especificadas tanto pela *ULmolde* como pelo cliente final.

Ambas as tabelas possuem informações relevantes retiradas da FEM e da FTM.

Tabela 12 - Especificações da FEM para a injeção do molde UL698

Especificação	
Tempo de ciclo (espectativa)	40 s
Número de cavidades	2
Extração do molde	Convencional do lado móvel (tipo de funcionamento – robô; tipo de acionamento – hidráulica)
Remoção da peça	Robô (mão presa)
Produção total	400 000 unidades (400 000 injeções de PP + 400 000 injeções de HDPE)
Máquina de injeção	KRAUSS MAFFEI 200 – bi-matéria
Sistema de fecho	Aparafusado à máquina de injeção
Material a injetar	PP + HDPE

Tabela 13 - Materiais de construção indicados na FEM para o molde UL698

Componentes do molde	Material
Estrutura	1.1730 (F10)
Cavidades	1.2738
Machos	1.2738
Mecanismos	1.2738/AMPCO 83

Sistema de injeção

O cliente (*ULmolde*) forneceu o desenho 3D da peça, com as marcações dos locais de injeção a realizar, porém, será necessário um estudo de enchimento através da aplicação *SOLIDWORKS Plastics*, bem como o estudo reológico. O molde irá possuir dois sistemas de injeção independentes, cada um responsável por injetar uma das duas matérias-primas.

Sistema de extração

- Extração convencional, do lado móvel do molde, segundo a FTM;
- Existe a indicação, através do CEM, que os elementos diretamente acionados por mecanismos hidráulicos, devem conter sensores no fim de curso do avanço e no fim de curso do recuo;
- As placas de extração, devem conter espessura suficiente, de modo a que não se verifique a sua flexão durante o ciclo de injeção;
- No caso de uso de guias de extração não normalizadas, o CEM indica que estas devem conter tolerâncias g6 e casquilhos em bronze;
- O dimensionamento dos pernos de retorno deve ser em proporção relativamente às dimensões do molde, sendo que sempre que a altura máxima do molde for superior a 746 mm, deverão ser usados seis pernos de retorno, no mínimo;
- O posicionamento dos pernos de retorno, deve garantir um eficiente recuo das placas de extração e sempre que estes se localizarem em superfícies inclinadas, devem ser realizado alojamentos nas áreas de contacto;
- No caso de serem utilizados movimentos à extração e/ou levantadores que se encontrem em contacto com a junta do molde, deverão ser aplicadas molas nos pernos de retorno.

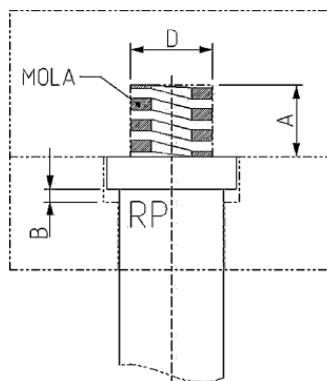


Figura 47 - Perno de retorno com mola

Onde:

- D - Diâmetro da mola (*mm*);
- A - Altura da mola em compressão (*mm*);
- B - Folga para o primeiro avanço dos pernos de retorno (*mm*);
- RP - Perno de retorno.

Sistemas mecânicos

- Na projeção do molde, é necessário dar prioridade às desmoldagens por movimentos à extração ou mecânicos, em vez dos movimentos hidráulicos porque são mais económicos;
- O guiamento do molde deverá ser o tradicional, com guias cilíndricas;
- Os postigos estáticos devem conter o mesmo material e tratamento que as placas de conformação;
- Os elementos ou componentes de movimento, como o deslizamento (fricção entre superfícies), devem conter tratamento térmico ou superficial, como a nitruração, para aumentar a resistência ao desgaste, à corrosão e facilitar o próprio deslizamento;
- Para os movimentos à extração com uma inclinação superior a 10°, deve ser utilizado o método com os movimentos à extração DR (*Double Rack*), pois é mais eficiente no aproveitamento do espaço para estas situações.

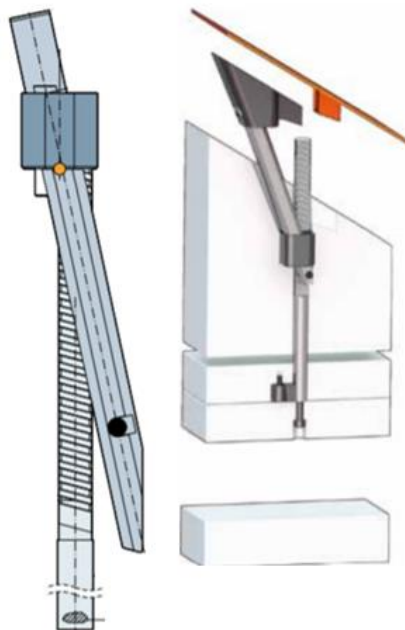


Figura 48 - Movimento à extração tipo *double rack* (DR)

Sensores de posição

O molde em projeto possui a necessidade de conter sensores de posição para o avanço e recuo dos movimentos hidráulicos (Postigo do HDPE), para o avanço dos movimentos mecânicos paralelos em função da superfície de gravação, e para o avanço e recuo das placas de extração, completando dez micro-interruptores (*micro switch*) ao todo.

A

Tabela 14, contém a descrição dos diversos constituintes de cada um dos dois tipos de sensores que o molde possui.

Tabela 14 - Tipos de interruptores

O molde contém quatro unidades deste sensor do fornecedor a *Telemecanique*.

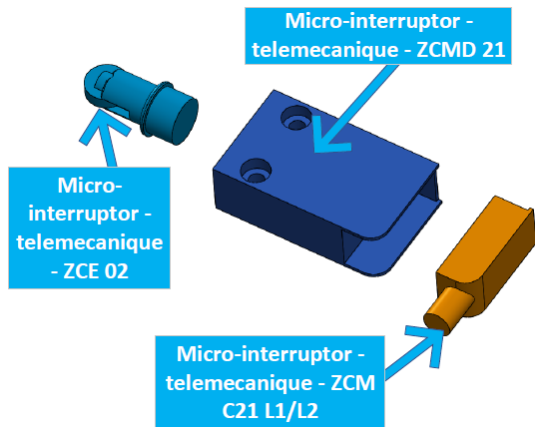


Figura 49 - Micro interruptor do Tipo 1

Foram aplicados seis destes sensores ao molde, que têm como fornecedor a empresa *BALLUFF*.

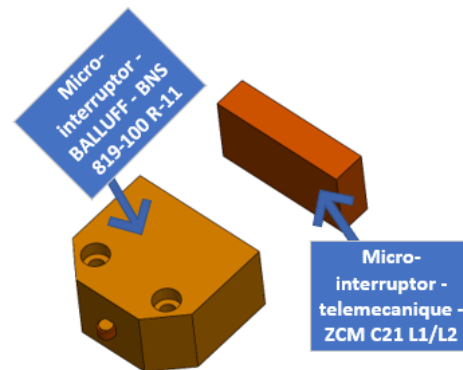


Figura 50 - Micro interruptor do Tipo 2

Sistema elétrico

Ambos os tipos de micro-interruptores usados são constituídos por vários elementos, porém o elemento que possui o código ZCM C21 L1 ou ZCM C21 L2 (Figura 49 e Figura 50), são os terminais deste acessório, logo eles necessitam do cabo de alimentação até à ficha elétrica. O L1 e L2, no final da terminologia destes componentes, tem como propósito indicar o comprimento do cabo elétrico a eles associado, sendo que o L1 é de um metro e o L2 é de dois metros de comprimento. A ficha elétrica e acessórios terá como fornecedor a *Harting* (Figura 51).

A empresa *HRS - Hot Runner Systems*, será a fornecedora dos elementos do sistema de injeção a quente, bem como, será à sua responsabilidade a montagem do sistema elétrico, relativo apenas à injeção a quente. Esta empresa foi selecionada a pedido da Simoldes (Aços S.A), pois é da sua confiança no que toca a sistemas de injeção a quente.



Figura 51 - Ficha elétrica, destinada à alimentação dos sensores de posição

Sistema de controlo térmico

- É estritamente essencial que a temperatura seja constante e igual ao desejado, em todo o molde, principalmente nas zonas de gravação;
- Não deverá existir uma margem de variação da temperatura no molde superior a 5°C, ou seja, entre a entrada e saída de fluxo;
- Se possível e necessário, deverá ser executado um circuito de massa, que consiste num circuito de refrigeração dedicado ao restante molde, de modo a ajudar na estabilização da temperatura ideal;
- Cada circuito não deve exceder os 1500 mm de comprimento em zonas de gravação, para evitar grandes perdas de pressão;
- Os poços de refrigeração, no caso de serem aplicados, não deverão ser superior a dez unidades por cada circuito (Os poços de refrigeração são furos que dão continuidade ao circuito, mas obriga o fluido, assim que lá entra, a chegar mais próximo da zona de gravação, contornando a palheta presente no interior do furo que permite ao fluido contorná-la e sair pelo lado contrário, retornando ao circuito);
- As entradas e saídas dos fluídos nos circuitos de refrigeração devem ser do lado oposto ao do operador, sendo que no caso de não ser possível, estas devem localizar-se no topo do molde (alteração sujeita a consulta com o cliente);
- Para o molde em estudo, os diâmetros dos circuitos de refrigeração podem variar entre 6 a 12 mm, segundo as normas de trabalho na Simoldes (Aços S.A).

Montagem e desmontagem

- O operador deve ter acesso direto a todos os elementos de fixação, essencialmente parafusos;
- O molde deve permitir desmontar ou montar os seus elementos principais, individualmente, mas também permitir fazer montagens e desmontagens por conjuntos;
- Em função da máquina de injeção, o molde poderá possuir ou não acessórios exteriores, tais como distribuidores de água;
- As delimitações criadas pelas placas de fixação, não devem ser ultrapassadas por nenhum dos componentes do molde, à exceção do lado do topo do molde.

Sistema de guiamento

- As guias não normalizadas devem conter tolerâncias g6 e casquilhos em bronze, conforme indicado no CEM;
- Uma das guias principais deve ser deslocada em X ou em Y, relação às outras, de modo a que o molde só tenha uma posição de fecho;
- No caso do uso de placas de pressão, estas devem elevar-se 2 mm acima da superfície da placa moldante onde são aplicadas.

3.5 Contração dos materiais poliméricos

A *ADJUSTER COVER* é uma peça constituída por dois polímeros distintos, logo, cada um tem a sua própria contração linear (Tabela 15), sendo que, como se observa, são contrações bastante distintas uma da outra.

A contração de um material é dada pelo fornecedor e ajustada através da experiência adquirida pela entidade que realiza a injeção com o mesmo.

Os valores de contração na Tabela 15 foram fornecidos pela *Simoldes (Aços S.A)*, sendo que o seu uso é um requisito imposto.

Portanto, de modo a compensar a contração que a peça irá sofrer após ser extraída do molde e arrefecida por completo, a parte da peça em PP que representa 88,2% do total, terá um fator de escala associado ao seu desenho 3D de 1,016, enquanto a parte da peça em HDPE terá um fator de escala associado ao seu desenho 3D de 1,028.

Tabela 15 - Valor das contrações dos materiais que constituem a peça *ADJUSTER COVER*

Material Polimérico	Contração (%)
PP	1,6
HDPE	2,8

3.6 Estudo do enchimento no *SOLIDWORKS Plastics*

Em relação a este ponto, estão definidos os materiais a usar no molde, nas duas componentes da peça a injetar e correspondente contração, permitindo assim o avanço para o estudo da sua fiabilidade, eficácia e eventual otimização da eficiência, através da aplicação *SOLIDWORKS Plastics*, é um pacote pertencente ao *software* denominado *SOLIDWORKS*.

O propósito deste estudo consiste na obtenção dos seguintes conteúdos:

- Obter o melhor resultado possível na localização do ponto de injeção, de forma a que este proporcione a melhor qualidade de acabamento da peça, necessitando do menor tempo de injeção;
- Obtenção dos parâmetros ideais de injeção;
- Otimização do dimensionamento do sistema de alimentação;
- Análise de possíveis imperfeições;
- Análise do comportamento do enchimento;
- Perceção das linhas de união do material;
- Definição do local ou dos locais para as fugas dos gases.

3.6.1 Definição dos requisitos

O molde irá injetar duas peças por ciclo de injeção, ou seja, irá dispor de duas zonas moldantes dispostas de forma a permitirem a sua posterior extração na vertical, em relação à superfície de gravação, tal como representado na Figura 52.

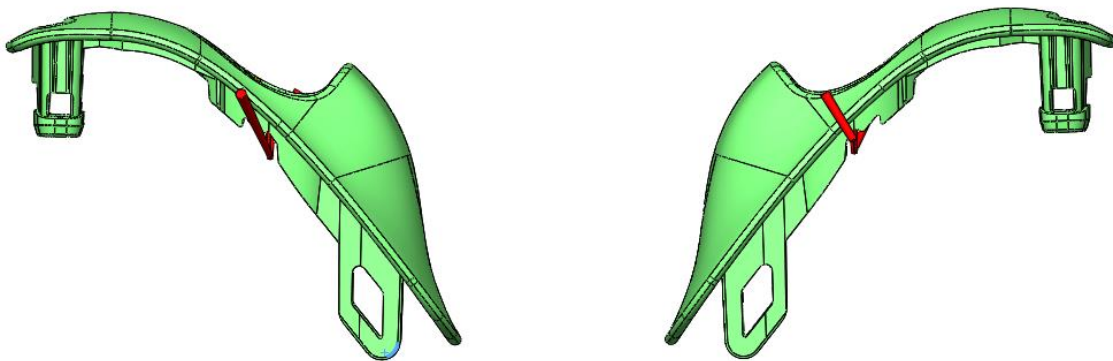


Figura 52 - Posicionamento das peças a injetar

O modelo 3D da peça foi entregue à *SIMAN* já com os locais de injeção definidos pelo cliente final, verificando-se a sua localização na Figura 53 (a cor vermelha). Porém, estes vão ser analisados quanto à sua fiabilidade na injeção e funcionalidade de execução no molde.

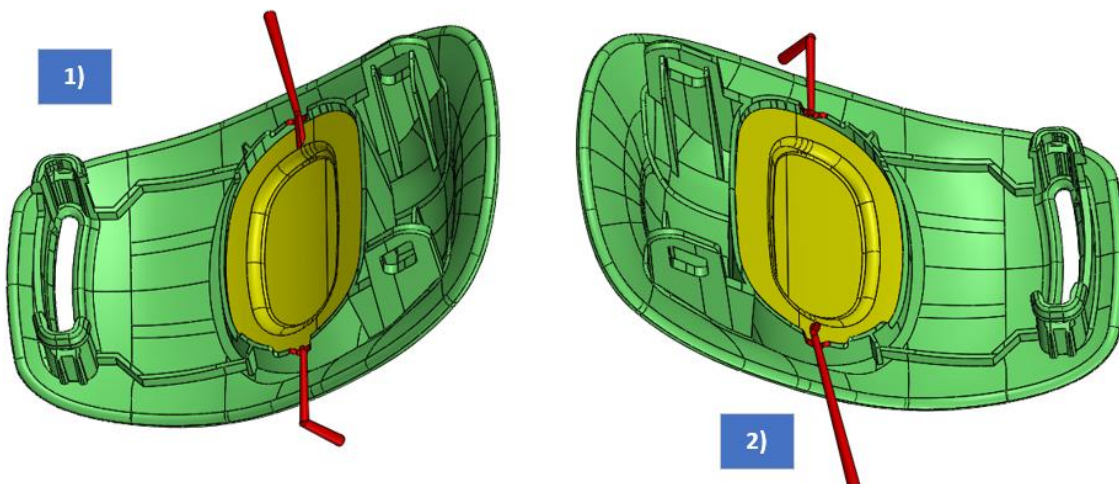


Figura 53 - Locais de injeção propostos pelo cliente

A Figura 53 demonstra a proposta da localização dos pontos e canais de injeção, com as duas cavidades posicionadas. Por outro lado, a Figura 54 mostra em pormenor os locais específicos da injeção proposta (representados a vermelho), tanto para a peça em HDPE (representada a amarelo), como para a peça em PP (representada a verde). De salientar que a peça possui quatro marcações definidas pelo cliente, duas em cada parte da peça, isto porque se o PP for injetado do lado esquerdo da peça, o HDPE terá de ser injetado do lado oposto, e vice-versa.

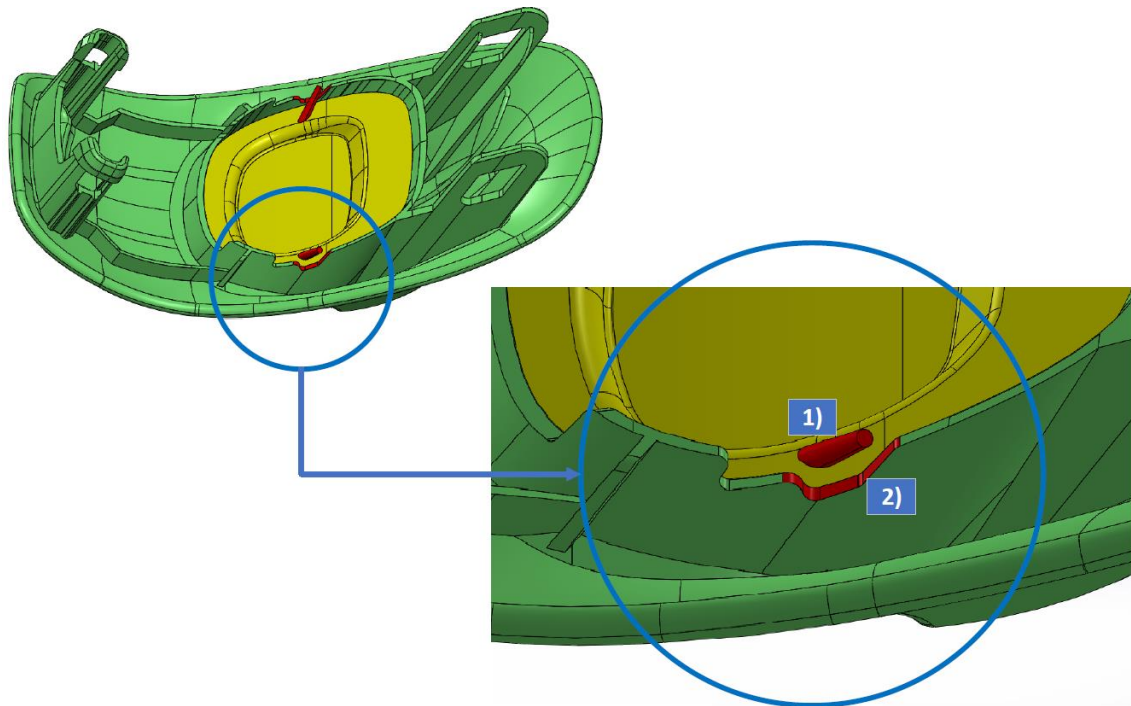


Figura 54 - Localização em pormenor da proposta dos locais de injeção: 1) Injeção para HDPE; 2) Injeção para PP

O molde possui quatro bicos de injeção indicados na Figura 55, estes têm a função de conduzir o material fundido na última fase antes da entrada nas injeções submarinas.

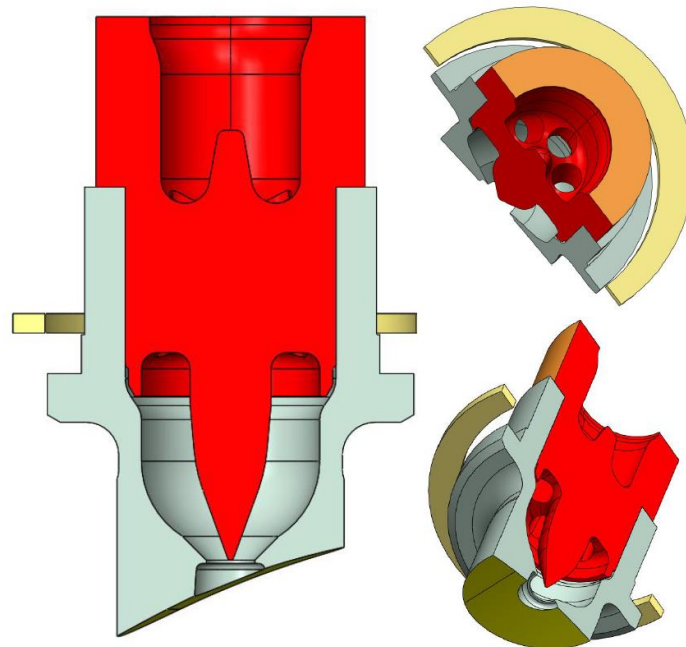


Figura 55 - Bico de injeção usado no projeto

Porém, por uma questão de funcionalidade, com o *SOLIDWORKS Plastics* foi usada uma representação dos canais de injeção à entrada das peças, visível na Figura 56.

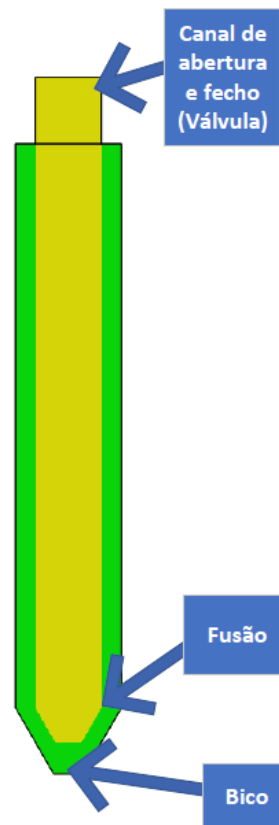


Figura 56 - Representação dos canais de injeção usados no estudo em *SOLIDWORKS Plastics*

As simulações destes canais de injeção possuem as seguintes características (Tabela 16; Tabela 17):

Tabela 16 - Características do canal de injeção usado para o PP na simulação *SOLIDWORKS Plastics*

Canais de injeção do PP	
Diâmetro do canal	5,0 mm
Diâmetro do bico	1,5 mm
Diâmetro do ponto de injeção submarina	0,9 mm

Tabela 17 - Características do canal de injeção usado para o HDPE na simulação *SOLIDWORKS Plastics*

Canais de injeção do HDPE	
Diâmetro do canal	5,0 mm
Diâmetro do bico	1,5 mm
Diâmetro do ponto de injeção submarina	1,0 mm

3.6.2 Análise em *SOLIDWORKS Plastics* para o PP

O polipropileno, que é usado na produção da peça é fornecido pela *SABIC*[®], sendo que a ficha de propriedades deste fornecedor se encontra disponível no anexo 8.

Foi selecionado o material respetivo ao fornecedor indicado para a simulação no *SOLIDWORKS Plastics*, de modo a torná-la o mais realística possível. As propriedades associadas ao processamento (moldação) do respetivo material, são apresentadas na Tabela 18, uma vez que estes são os valores aproximadamente ótimos das variáveis obtidas na simulação para uma injeção fiável.

Tabela 18 - Propriedades do *SABIC*[®] PP PHC26

Propriedades de processamento	
Temperatura de fusão	140°C
Temperatura no bico (injeção)	240°C
Temperatura do molde	60°C
Temperatura no arrefecimento	40°C
Temperatura de extração	114°C
Percentagem de humidade permitida	0.0500 - 1.00%
Pressão de injeção	110 MPa
Índice de fluidez do material (MFR); (a 230°C e 2.16 kg)	8.0 dg/min
Temperatura mínima de escoamento	176°C
Taxa de corte máxima	100000 1/s
Tensão de corte máxima	0,28 MPa

Ao observar a Figura 57, obtém-se a clara perceção de que existe um limite máximo de 100000 por segundo a cumprir para a taxa de corte, pois a partir desse valor, a viscosidade apresenta um comportamento instável e indesejado.

Outra particularidade que se verifica no mesmo gráfico é o facto de que quanto maior for a temperatura do PP, menor é o valor da viscosidade deste material no gráfico da Figura 57, ou seja, o material em questão torna-se mais fluido.

É necessário que haja um equilíbrio entre a temperatura a que o PP é injetado, e a sua viscosidade nesse momento, uma vez que diminuiu a probabilidade de ocorrer turbulência no fluído

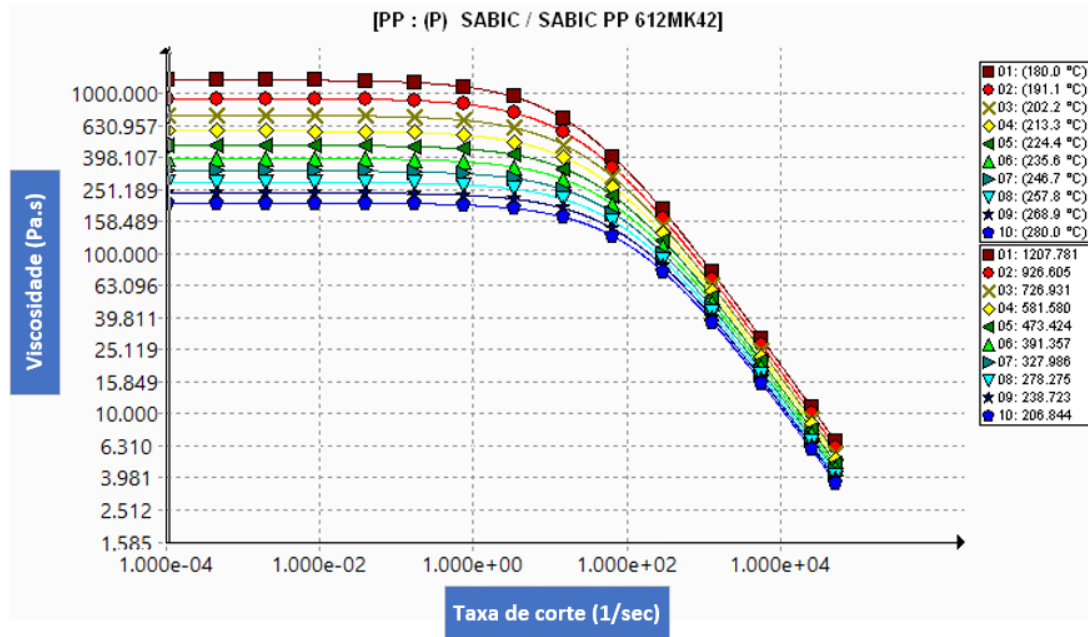


Figura 57 - Taxa de Corte vs Viscosidade de PP

Logo após algumas simulações, foi possível verificar que o ponto de injeção da parte da peça em PP devia ser alterado, pois o local proposto pelo cliente final apresenta dificuldades em relação ao novo ponto de injeção, que foi proposto e aceite. O antigo local de injeção trazia complicações, uma vez que se encontrava muito recuado para dentro da peça. Sempre que possível, o ponto de injeção deve ficar próximo de uma extremidade, uma vez que é mais económico de produzir e direciona o fluxo de injeção de modo mais controlado.

A Figura 58 mostra as novas zonas de injeção, sendo que a zona vermelha do lado esquerdo da peça será utilizada para uma cavidade de gravação, e a zona a vermelho, contrária, será utilizada para a cavidade oposta, nas placas moldantes.

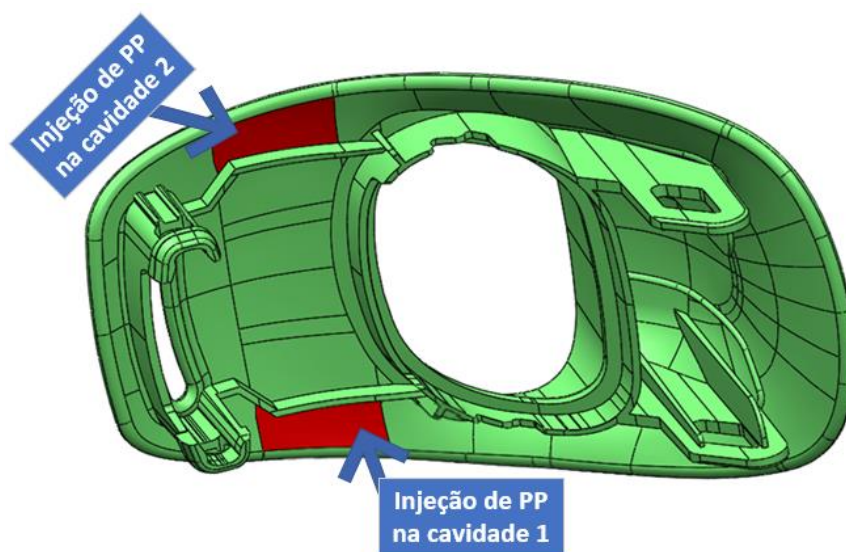


Figura 58 - Novas zonas de injeção (representadas a cor vermelha) na parte da peça em PP

Esta solução foi necessária para obter uma rápida injeção e uma considerável diminuição da pressão de injeção, comparativamente com as simulações usando o ponto de injeção antigo. Agora o material flui com muito menos resistência para dentro das cavidades, preenchendo a sua totalidade de forma mais eficiente.

Como já referido, uma vez que a zona de injeção está mais próxima do bordo da peça, o canal de injeção será consideravelmente mais fácil de produzir e mais curto, permitindo que estes dois sejam canais de alimentação do tipo banana ou unha de gato (Figura 59).

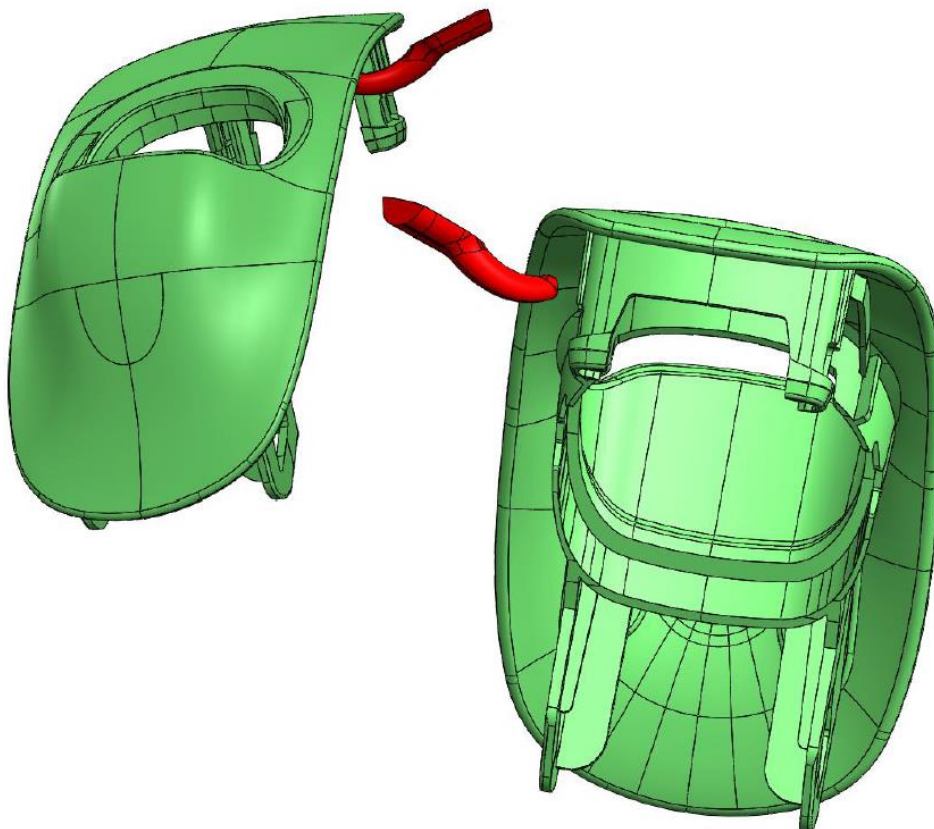


Figura 59 - Injeção unha de gato ou banana

Já com o novo ponto e sistema de alimentação, foram realizadas novas simulações com os parâmetros presentes na Tabela 18, dado que o resultado final para o tempo total do enchimento da parte da peça em polipropileno é apresentada na Figura 60, juntamente com a pressão de recalque máxima de 6,31 MPa, necessária aplicar durante o tempo de arrefecimento desta parte da peça (Figura 61).

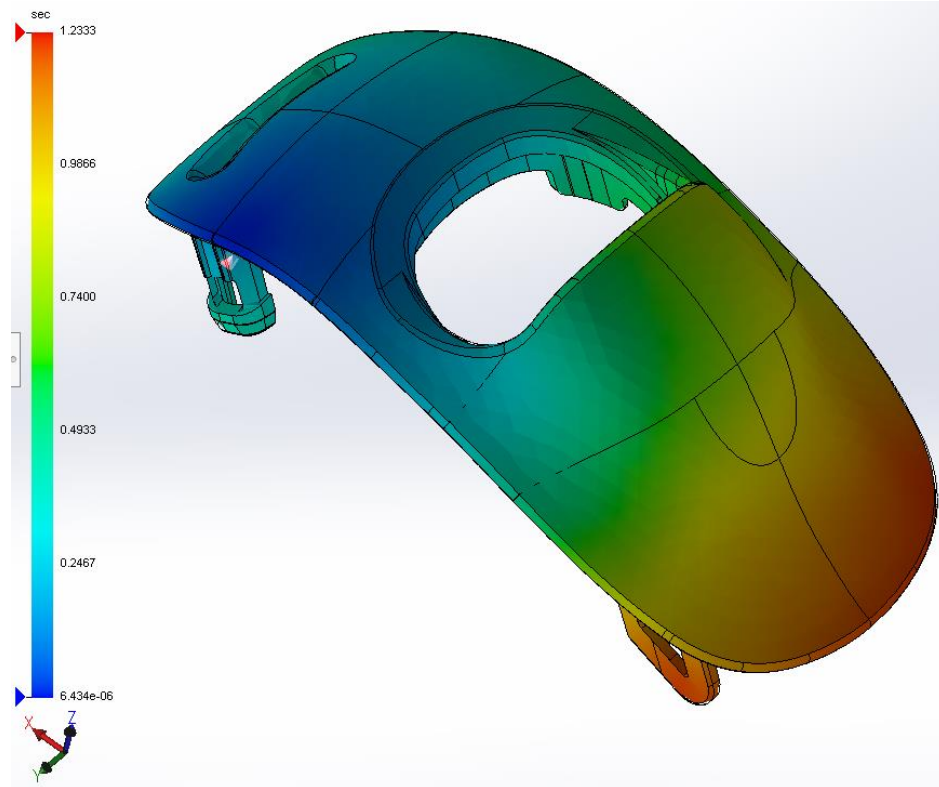


Figura 60 - Resultado final da simulação de injeção do PP

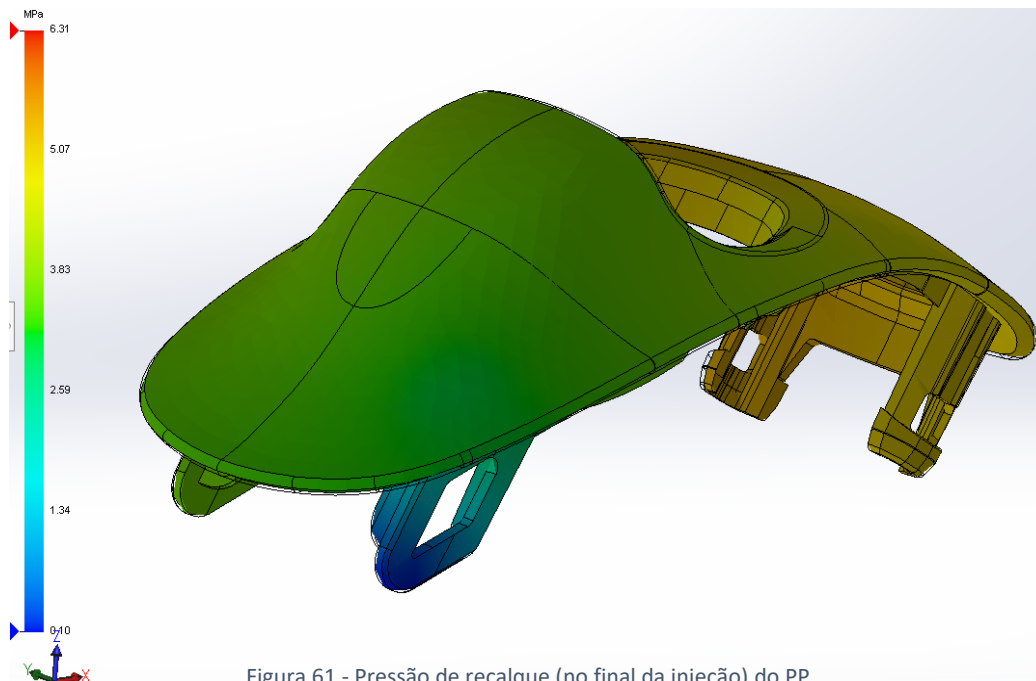


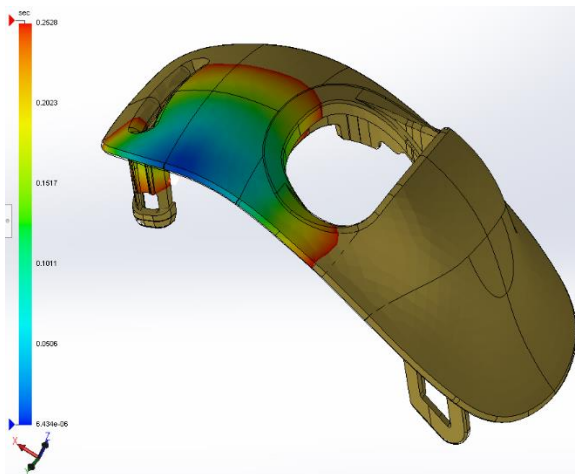
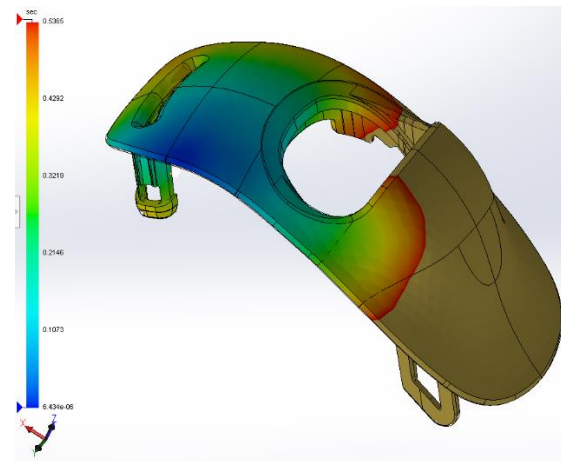
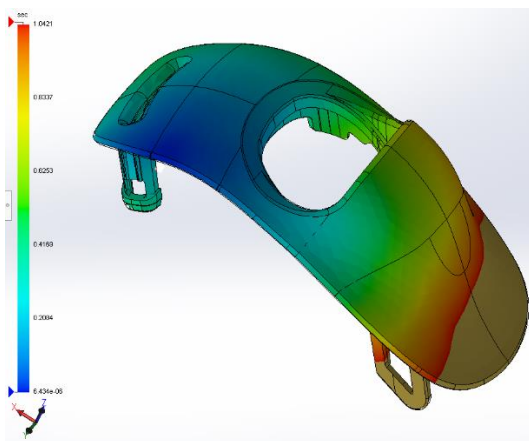
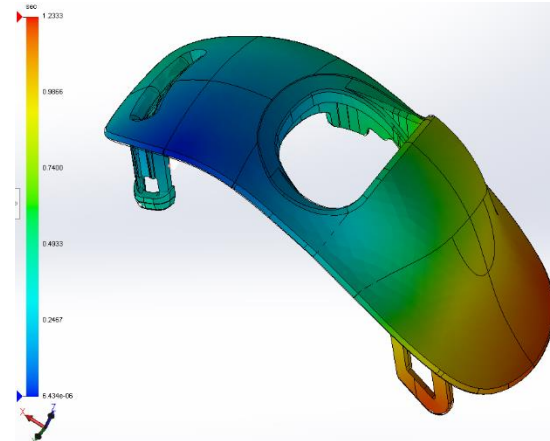
Figura 61 - Pressão de recalque (no final da injeção) do PP

Os pontos essenciais a retirar da análise presente nas figuras anteriores são:

- A sequência de enchimento: realiza-se da cor mais fria (azul) para a cor mais quente (vermelho);
- Tempo de injeção: 1,23333 s;
- Tempo de recalque: 5,5 s.

A sequência de figuras (da Figura 62 á Figura 65), mostra a evolução do enchimento da parte da peça em PP. De notar que a cor acastanhada representa o que falta encher e que o código de cores no enchimento é o mesmo (inicia no azul e finaliza no vermelho). O padrão de fluxo animado indica exatamente o caminho que o PP toma até preencher a totalidade do espaço vazio, mostrando a frente do fluxo à medida que avança. Como é possível observar, existe um enchimento total da peça sem qualquer tipo de problema.

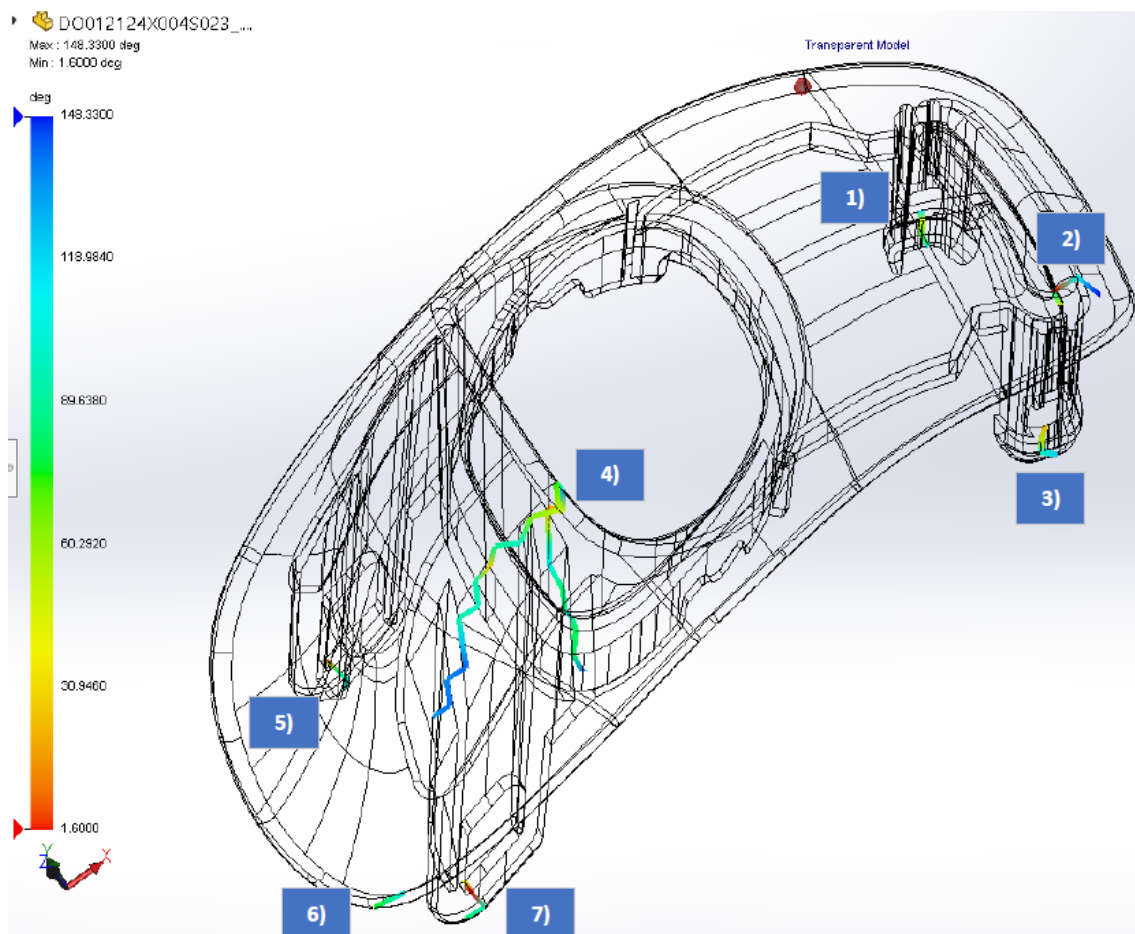
Tabela 19 - Progressão do enchimento em PP

Figura 62 - Simulação do enchimento de PP com 25% de progresso no *SOLIDWORKS Plastics*Figura 63 - Simulação do enchimento de PP com 50% de progresso no *SOLIDWORKS Plastics*Figura 64 - Simulação do enchimento de PP com 75% de progresso no *SOLIDWORKS Plastics*Figura 65 - Simulação do enchimento de PP com 100% de progresso no *SOLIDWORKS Plastics*

A peça atinge os 0,253 segundos de tempo de injeção quando está na ordem dos 25% de preenchimento (Figura 62). Aos 50% de enchimento, o tempo de ciclo chegou aos 0,54 segundos (Figura 63), numa terceira fase, assim que atinge os 75%, o contador marca 1,04 segundos no tempo de injeção (Figura 64) e por fim, na totalidade do enchimento, o tempo final resulta nos 1,23 segundos (Figura 65).

De forma a entender-se a importância das informações na imagem que se segue, uma linha de união ou uma linha de soldadura, é uma zona visível da peça, onde se podem verificar imperfeições, falhas ou fragilidades. Estas aparecem se após a injeção se originarem dois ou mais caminhos de fluxo de matéria-prima, que se unem posteriormente.

O resultado final da simulação originou a imagem representada na Figura 66, que indica todas as linhas de soldadura que a peça criará durante a injeção. As linhas de soldadura associadas aos números 1, 3, 5 e 7 na imagem em questão, são menores a nível dimensional e não terão impacto no aspeto da peça, pois encontram-se em zonas que não serão visíveis. Já as com o número 2, 4 e 6 encontram-se em locais visíveis da peça. Porém, só a numero 4 é a mais significativa, pela sua dimensão, realçando o facto de ser estritamente necessário que ocorra uma "boa" linha de soldadura, para se tornar menos visível.



Ao analisar as variações de temperatura da frente do fluxo do PP (Figura 67), conclui-se que existe uma variação de temperatura na frente do fluxo de massa ao longo do enchimento, de cerca de 20°C, que embora não seja uma situação perfeita, não é suficiente para causar problemas nas linhas de soldadura.

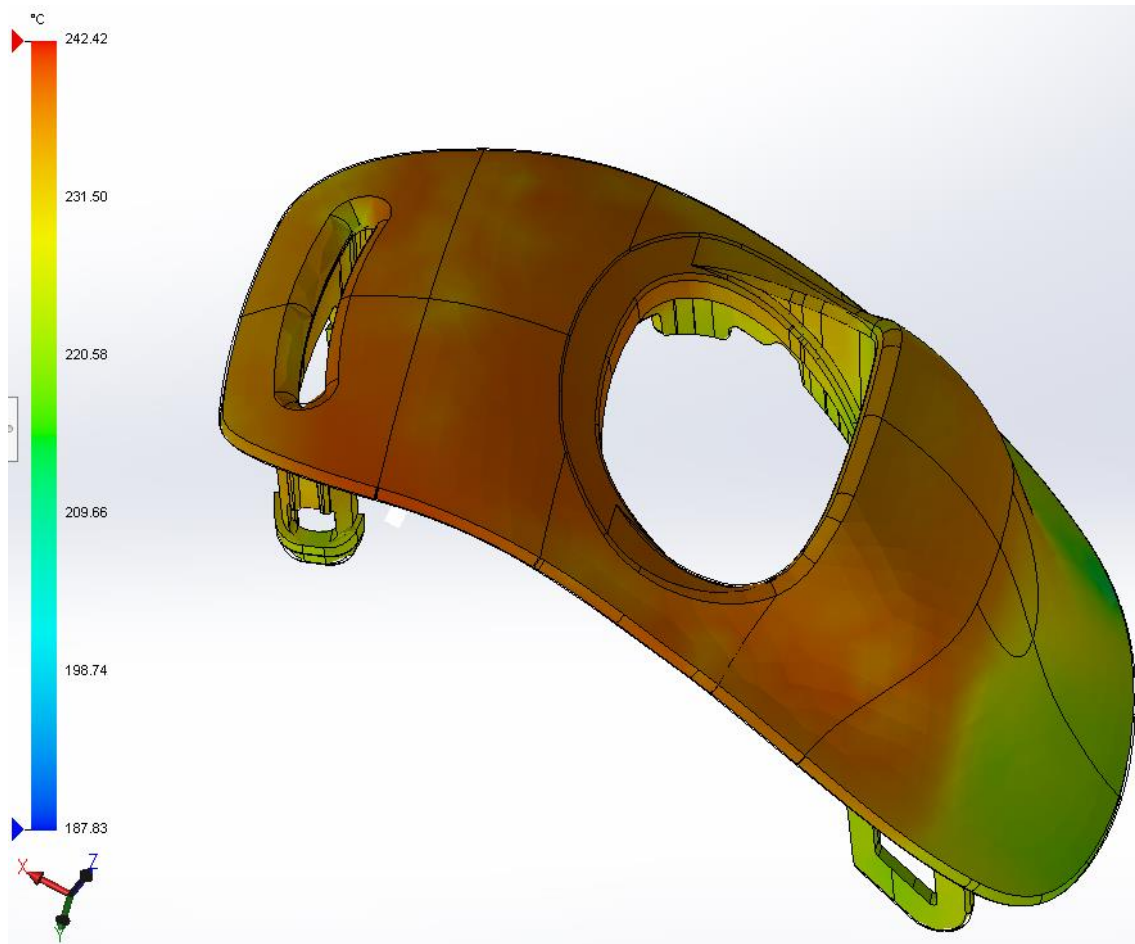


Figura 67 - Variação da temperatura do fluxo frontal de injeção na parte da peça em PP

A Figura 68 apresenta resultados interessantes, pois verifica-se que existem grandes diferenças de temperatura do material injetado no final da injeção.

Nas extremidades da peça, a temperatura é próxima da temperatura do molde, os 60°C, daí a importância de manter a temperatura do mesmo no nível desejado. Já a parte superior da peça está mais próxima da temperatura de injeção, que é onde se verifica a temperatura mais elevada, o que é lógico, uma vez que está mais próximo da fonte de calor alimentada pela injeção a quente do molde, e pela máquina de injeção.

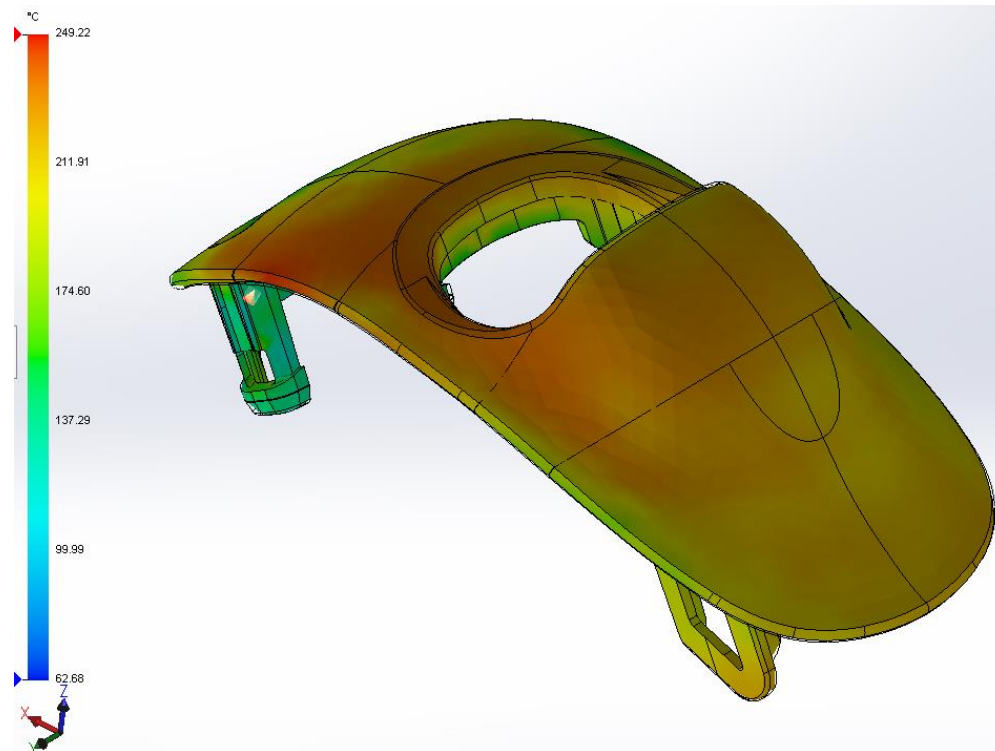


Figura 68 - Temperatura do PP no fim da injeção

Uma das principais justificações do fenómeno descrito anteriormente em relação à Figura 68, está representado na Figura 69, onde se verifica que perto do ponto de injeção existe um aumento da temperatura do PP após a sua injeção, em cerca de 8°C. Isto deve-se ao facto do canal de alimentação conter matéria-prima que está em constante aquecimento pelo sistema de injeção a quente do molde.

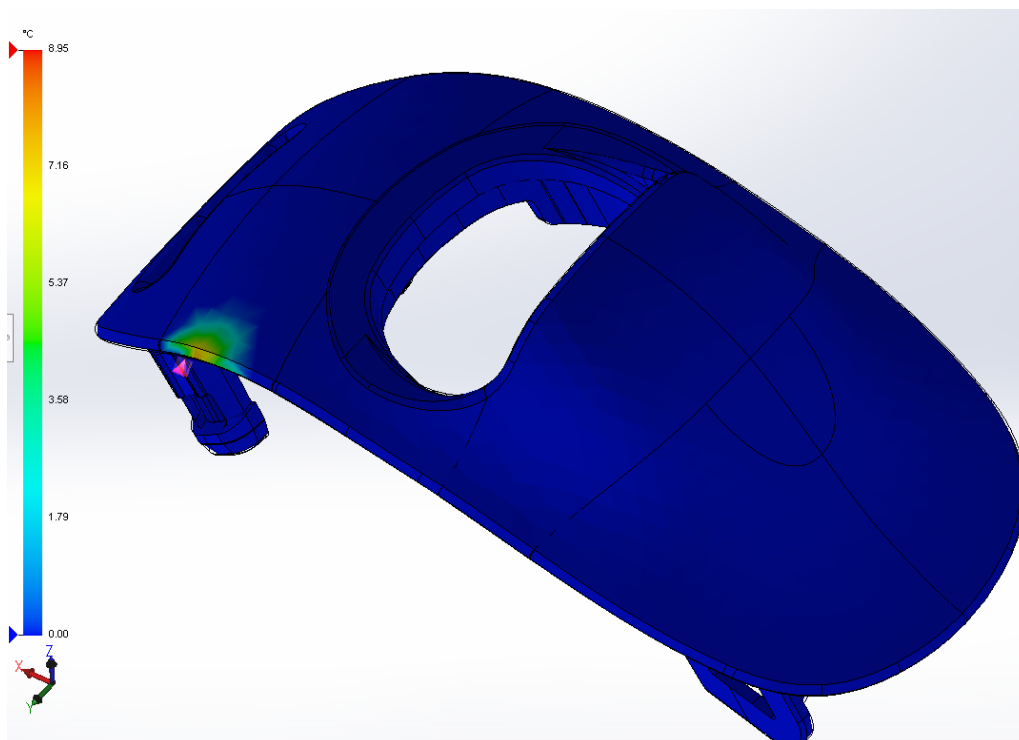


Figura 69 - Aumento da temperatura do PP no fim da injeção

Os volumes nas zonas de conformação do molde irão naturalmente conter ar, ciclo após ciclo, logo quando o material que é injetado este irá comprimir o ar existente à medida que avança e preenche o espaço “vazio”. Isto fará com que o fluxo de plástico aprisione o ar em locais específicos do molde, originando imperfeições, pois deixa locais por encher na epça, tipicamente. O resultado é um pequeno buraco ou uma mancha na superfície da peça, sendo que em casos extremos, a rápida compressão do ar aumenta a sua temperatura a um nível que provoca a combustão em pequenas zonas.

É por estes motivos que se torna essencial a colocação de um sistema de extração de gases, sendo que é aqui que entra o simulador *SOLIDWORKS Plastics*, pois este encontra os locais onde o ar irá ficar retido. Na Figura 70 é possível verificar vários pontos na cor lilás, que representam essas zonas. Como é possível observar, existem vários nas extremidades, sendo que o ideal é colocar uma ou duas fugas de gás na zona superior e/ou inferior da parte da peça em PP, porque como são extremidades da peça, o ar terá tendência natural em ficar retido nesses locais.

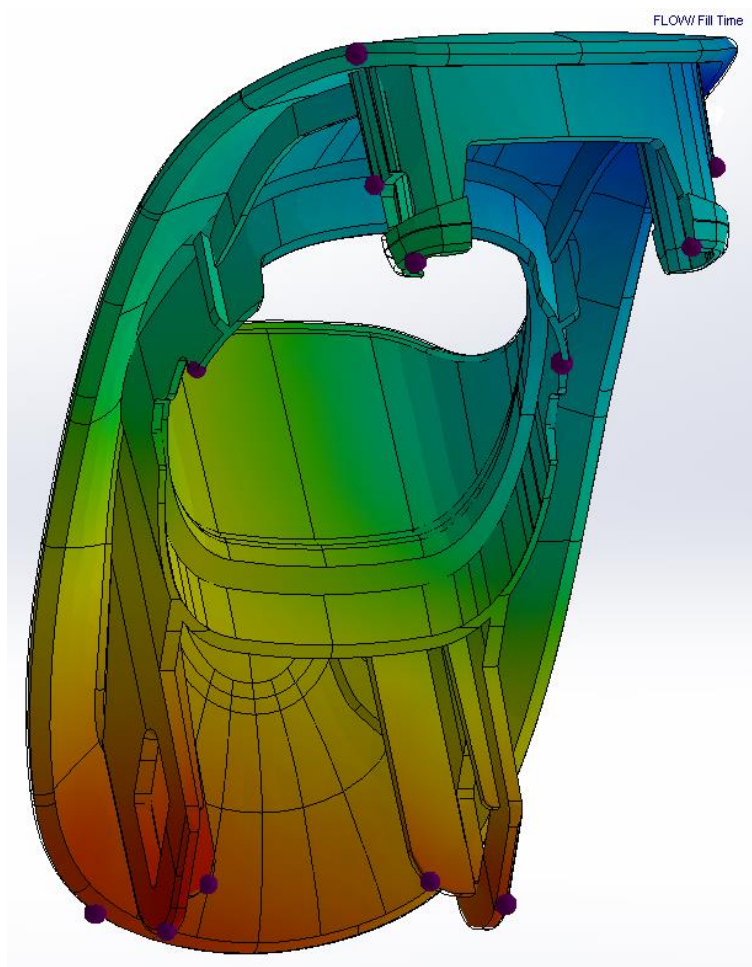


Figura 70 - Locais de aprisionamento do ar (PP), identificados com recurso ao *SOLIDWORKS plastics*

Deve ser dada atenção à tensão de corte, pois trata-se de uma grandeza de medida dos fatores que afetam o grau de orientação da massa fundida junto das superfícies exteriores do injetado.

Quando o fluxo de injeção do material segue uma orientação (longitudinal e/ou transversal) de forma constante e orientada, este tende a encolher mais do que materiais não orientados. Ou seja quando a orientação é demasiado acentuada junto do bordo de fusão, em comparação com o que está perto do centro, levará a maior tensão residual. A obtenção de tensões residuais elevadas, pode originar peças com fissuração por esforço durante a ejeção ou em serviço.

A tensão de corte máxima (Tabela 18) está nos 0,28 MPa, sendo respeitada com bastante margem, tal como se verifica na Figura 71, onde a tensão máxima de corte existente na peça no fim da injeção do PP é de cerca de 0,11 MPa.

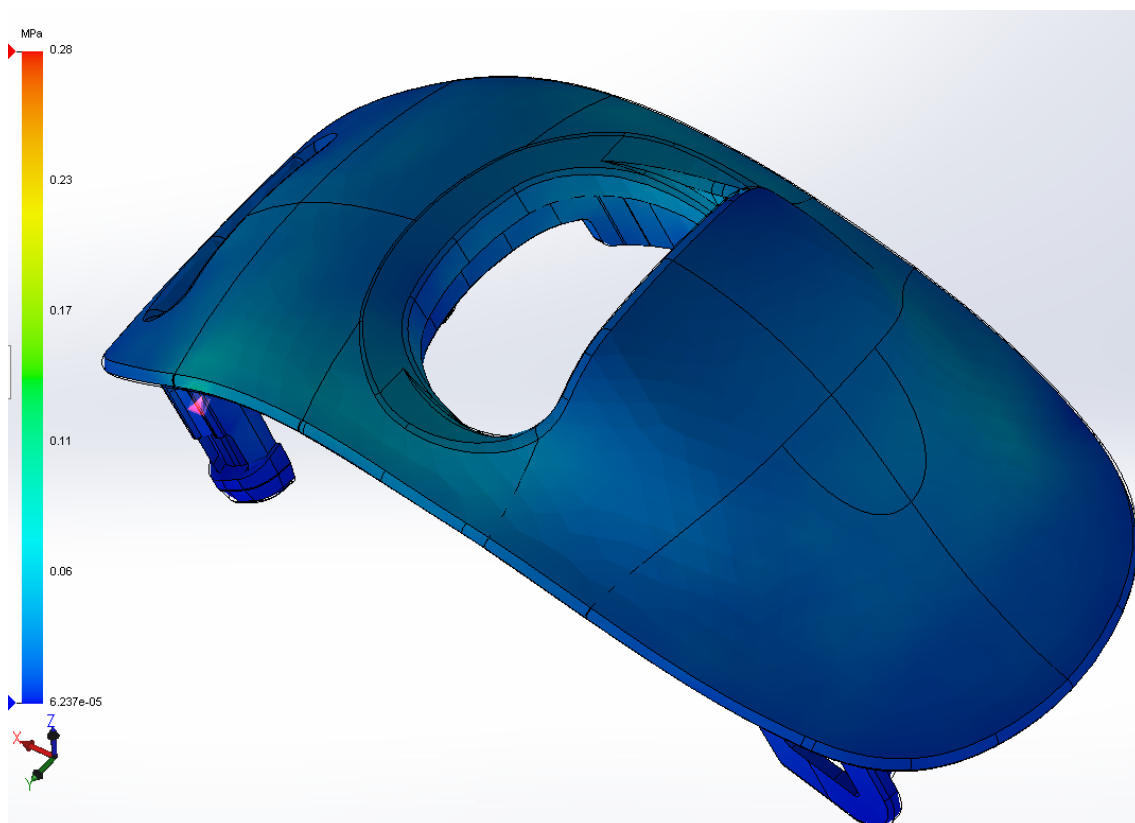


Figura 71 - Tensão de corte máxima instalada na peça no final da injeção do PP

No que toca à taxa de corte máxima, o efeito repete-se e a simulação da mesma indica que os limites são cumpridos e com uma boa margem, uma vez que o limite máximo se encontra nos 100000 por segundo (Tabela 18). A parte da peça em PP está sujeita a uma taxa de corte na ordem dos 40360 por segundo (Figura 72).

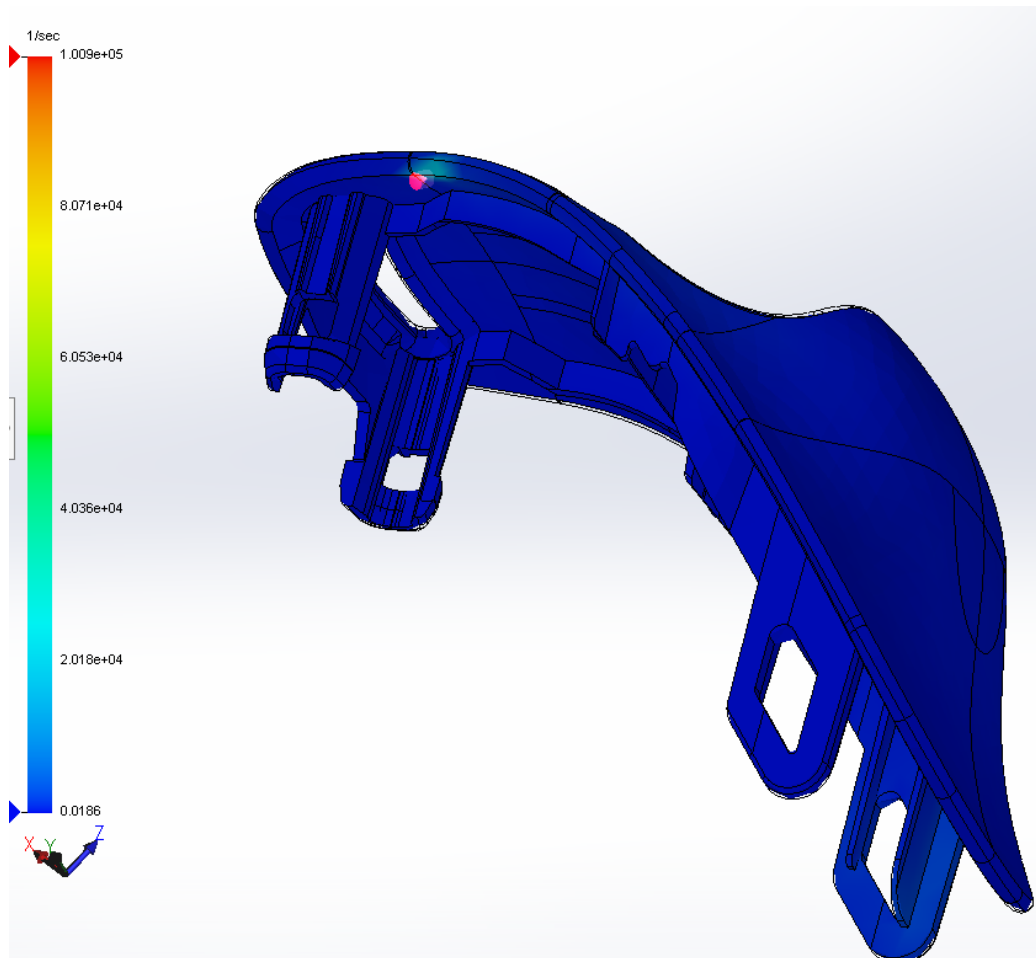


Figura 72 - Taxa de corte máximo do final da injeção de PP

Isto significa que as tensões de corte não são elevadas ao ponto de afetarem a viscosidade, o que prejudicaria a facilidade de enchimento.

A expansão do volume do PP em percentagem no final da injeção em relação às cotas desejadas, Figura 73, analisa-se juntamente com a Figura 68, pois para a temperatura mais baixa, o aumento do volume da peça é menor. A expansão expectável para o PP a 25°C é de 1,6%, portanto, é normal que as zonas quentes da peça, que no final da injeção rodam os 60°C, possuam uma contração de aproximadamente 5%.

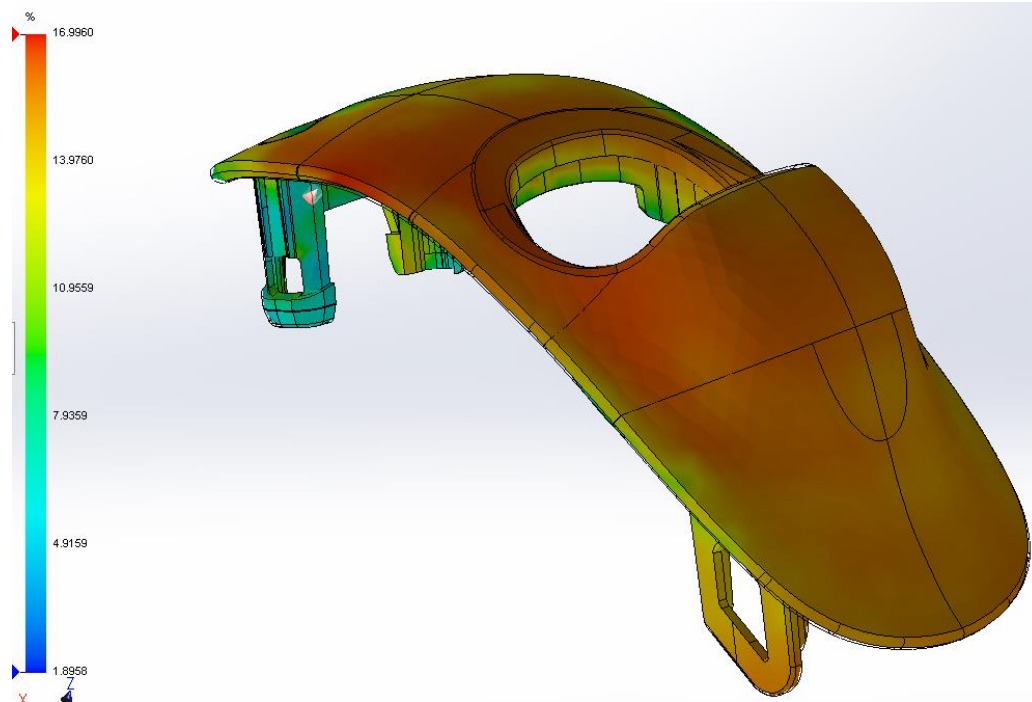


Figura 73 - Expansão volumétrica da peça no final da injeção do PP em percentagem

Na Figura 74, é expectável que as zonas mais demoradas a arrefecer sejam aquelas onde a temperatura é superior no fim da injeção. A peça demora cerca de 7 a 8 segundos a arrefecer na totalidade, tal como é observável na figura seguinte, quando se comparam as cores da legenda com as da peça. Verifica-se que as zonas mais lentas não demoram mais que 8 segundos a arrefecer na totalidade.

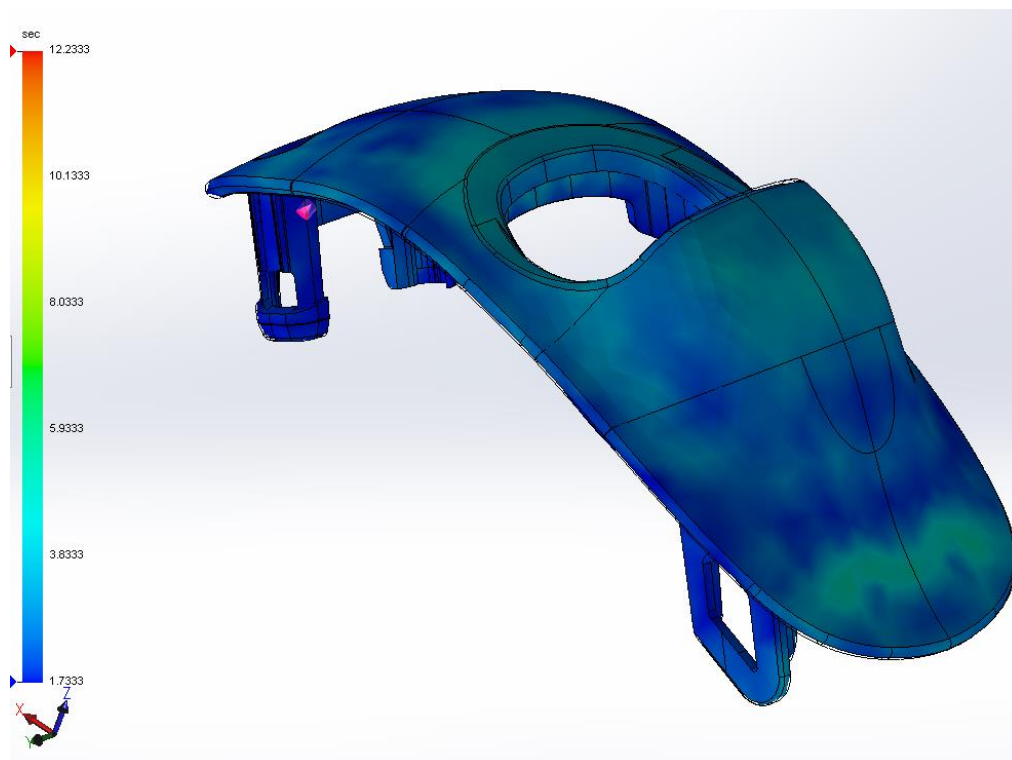


Figura 74 - Tempo de arrefecimento do PP

Após o arrefecimento da peça, esta possui uma temperatura muito próxima à do molde, que é de 60°C (Tabela 18), algo expectável, pois o molde é mantido a essa temperatura, conforme aconselhado pelo fornecedor desta matéria-prima.

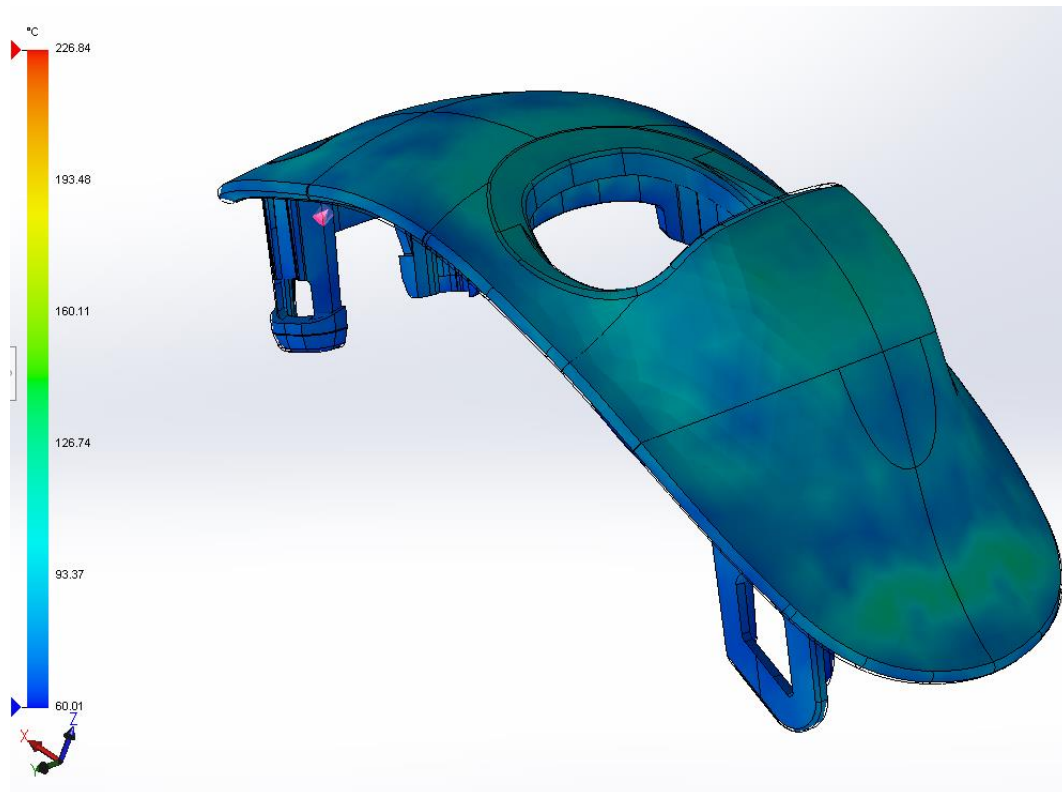


Figura 75 - Temperatura da parte da peça em PP após o arrefecimento

Outro indicador de que irá ser obtida uma boa qualidade na injeção, é a ausência de chupados (Figura 76). A peça irá conter nas suas superfícies chupados na ordem dos 0,1 a 0,2 mm de profundidade, o que pode ser considerado desprezável ou aceite, atendendo à qualidade desejada para esta peça, segundo as reuniões realizadas com os clientes.

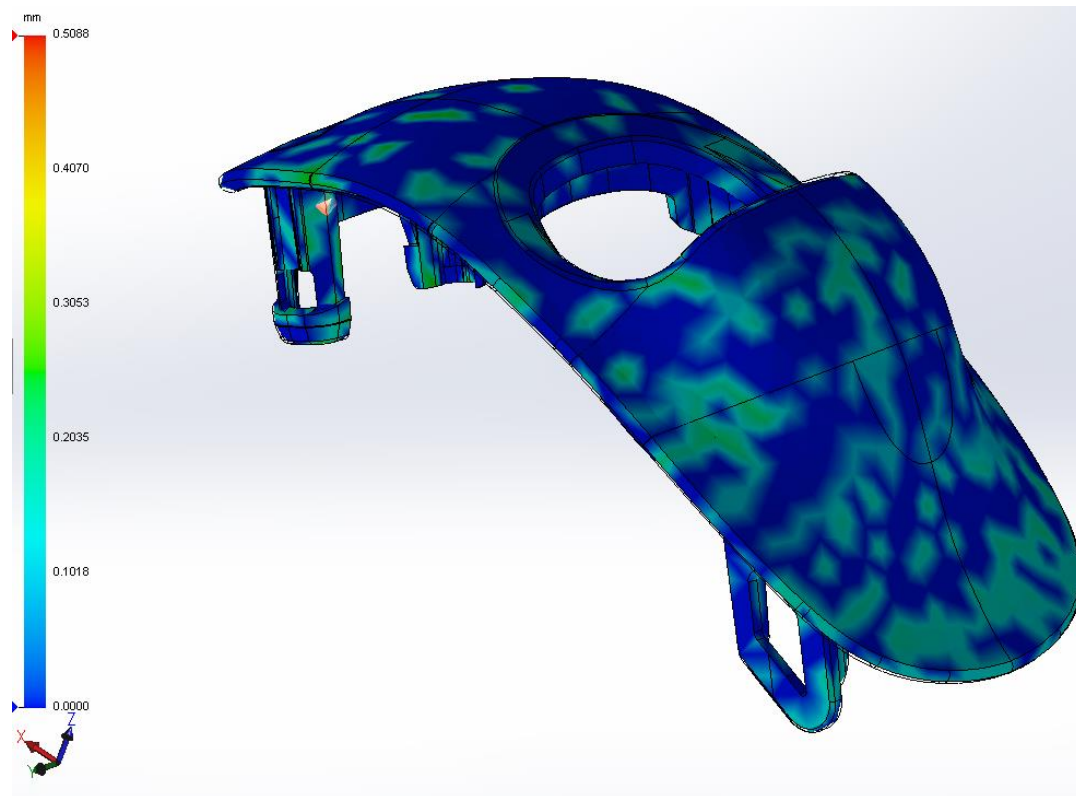


Figura 76 - Análise dos chupados existentes na injeção da parte da peça em PP

A aplicação do *SOLIDWORKS Plastics* possui uma particularidade, pois mostra um diagrama que avalia a facilidade de injeção simulada, e tal como a Figura 77 demonstra, toda a peça é avaliada como fácil de injetar segundo as condições e variáveis fornecidas, uma vez que foram realizadas várias iterações até atingir este resultado.

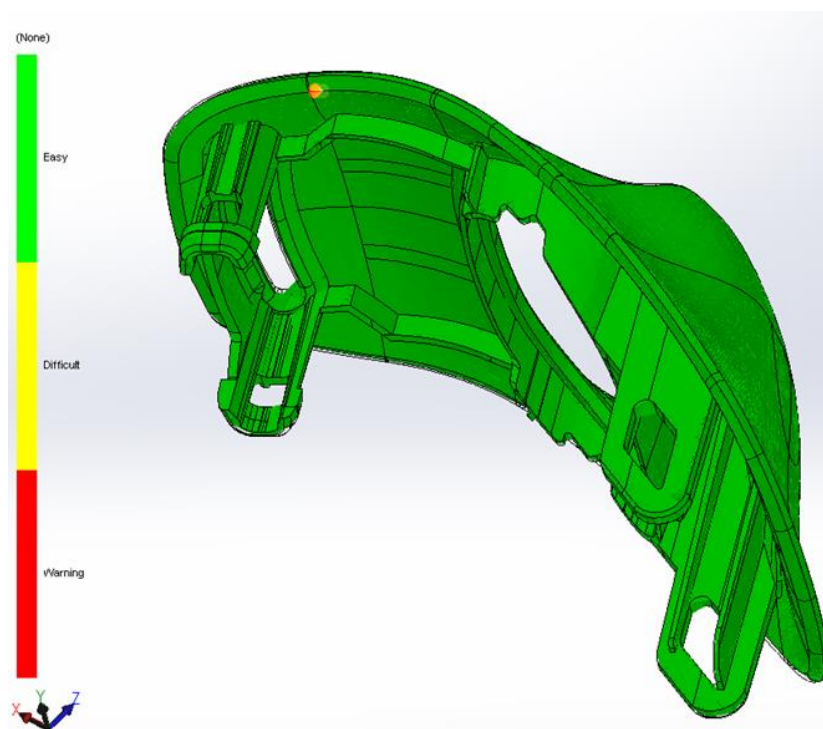


Figura 77 - Avaliação da facilidade de injeção da parte da peça em PP por recurso ao *SOLIDWORKS Plastics*

3.6.3 Análise em *SOLIDWORKS Plastics* para o HDPE

O polietileno de alta densidade a ser usado na produção da peça é fornecido pela *REGIDEX*, sendo que a ficha de propriedades deste fornecedor de material se encontra disponível no anexo 9.

Foi selecionado o *REGIDEX HD 6070EA* (HDPE) para a simulação no *SOLIDWORKS Plastics*, de modo a torná-la o mais real possível. As propriedades associadas ao processamento (moldação) do respetivo material são apresentadas na Tabela 20, uma vez que estes são os valores aproximadamente ótimos das variáveis obtidas na simulação para uma injeção fiável.

Tabela 20 - Propriedades do HDPE (*REGIDEX HD 6070EA*)

Propriedades de processamento	
Temperatura de fusão	132°C
Temperatura no bico (injeção)	220°C
Temperatura do molde	60°C
Temperatura no arrefecimento	40°C
Temperatura de extração	73°C
Percentagem de humidade permitida	0.05 - 1.00 %
Pressão de injeção	80 MPa
Índice de fluidez do material (MFR); (a 190°C)	7.6 g/10 min
Temperatura mínima de escoamento	154°C
Taxa de corte máxima	100000 1/s
Tensão de corte máxima	0,37 MPa

O gráfico presente na Figura 78 mostra que a taxa de corte máxima a cumprir é de 100000 por segundo, tal como para o PP. Porém, observa-se que este material, para o mesmo intervalo de temperaturas, possui uma viscosidade mais elevada, ou seja, o HDPE necessita de uma temperatura de injeção consideravelmente superior ao PP para ter a mesma facilidade em fluir.

Aqui mantém-se o facto de ser ideal manter a taxa de corte preferencialmente abaixo do 1000 por segundo, pois a partir desse ponto a viscosidade deixa de ser constante (comportamento indesejado), Figura 78.

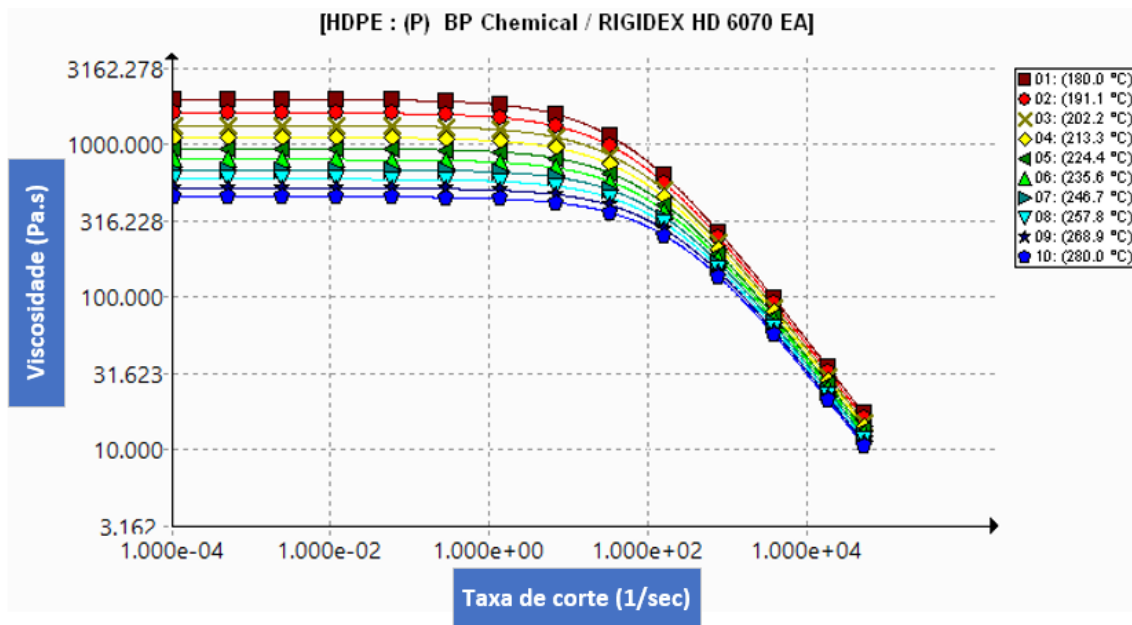


Figura 78 - Taxa de Corte vs Viscosidade do HDPE

Para esta parte da peça em HDPE do *ADJUSTER COVER*, o ponto de injeção manteve-se. Como a peça é pequena, simples e com secção constante, logo a localização do ponto de injeção não afetará o desempenho da injeção. O ponto e canal de injeção estão visíveis na Figura 79 com a cor vermelha. É conveniente lembrar que o que está visível nesta imagem é o ponto de injeção para uma das cavidades, sendo que para a outra, o canal e ponto de alimentação são do lado oposto.

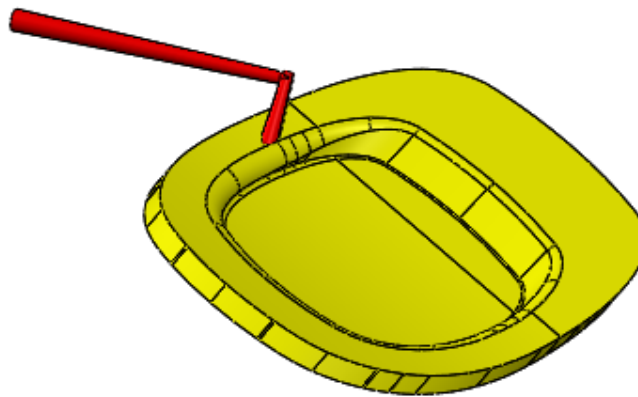


Figura 79 - Ponto de injeção da parte da peça em HDPE

Como resultado final, esta parte da peça em HDPE irá possuir um tempo de injeção máximo de cerca de 0,5 segundos (Figura 80) e nessa mesma imagem, a sequência de enchimento realiza-se da cor mais fria (azul) para a cor mais quente (vermelho).

A pressão de recalque máxima é de 7,77 MPa, sendo esta aplicada durante o tempo de arrefecimento desta parte da peça (Figura 81).

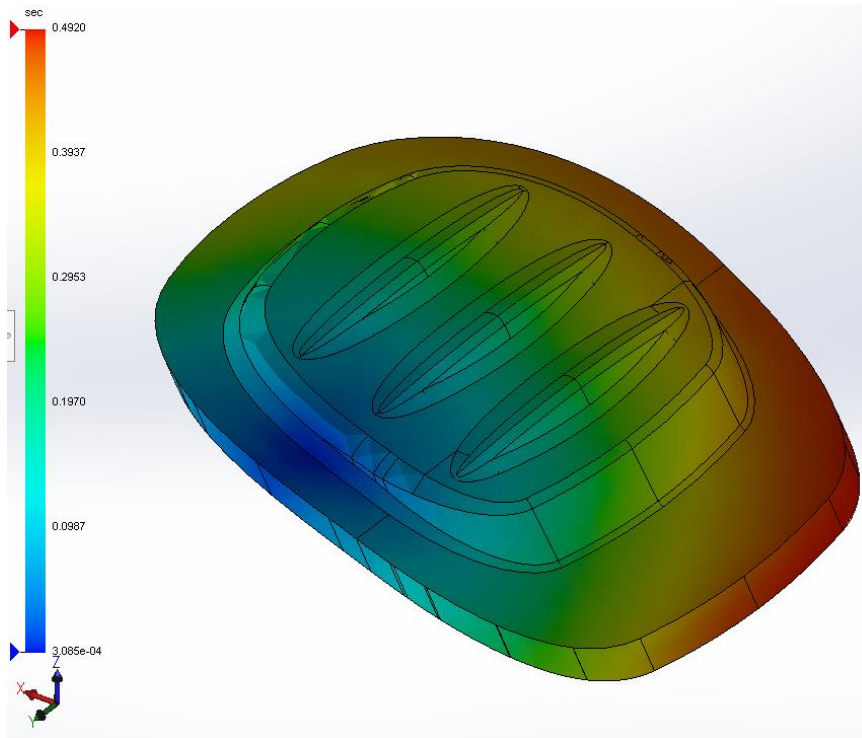


Figura 80 - Resultado final da simulação de injeção do HDPE

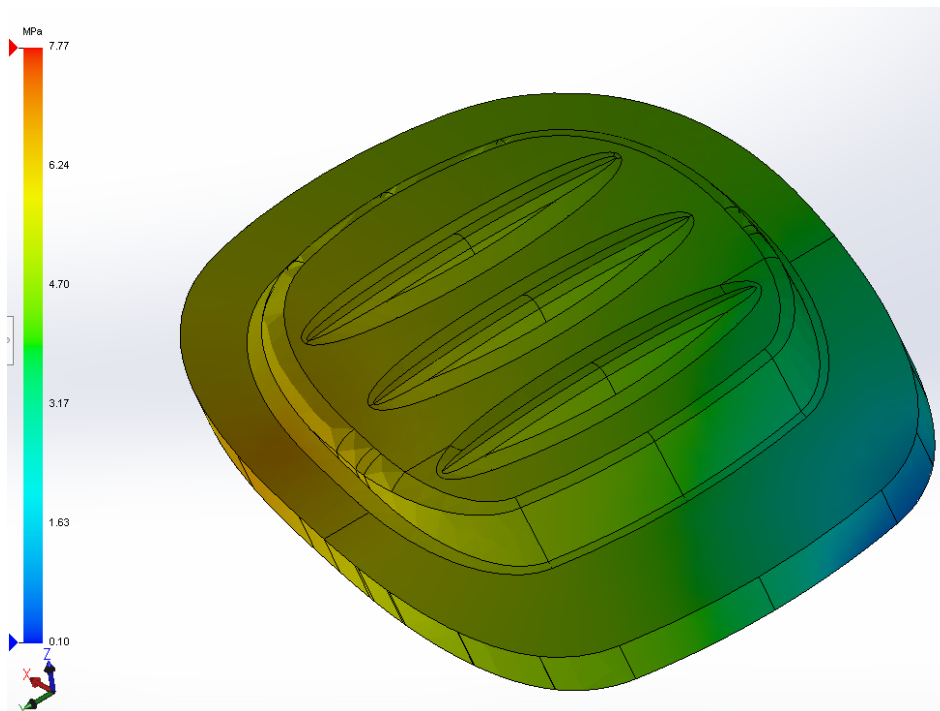


Figura 81 - Pressão de recalque (no final da injeção) do HDPE

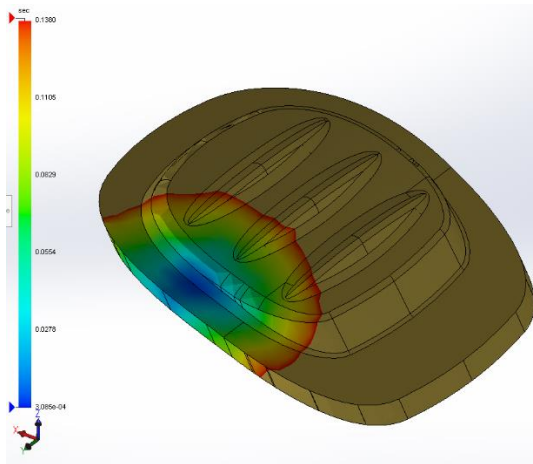
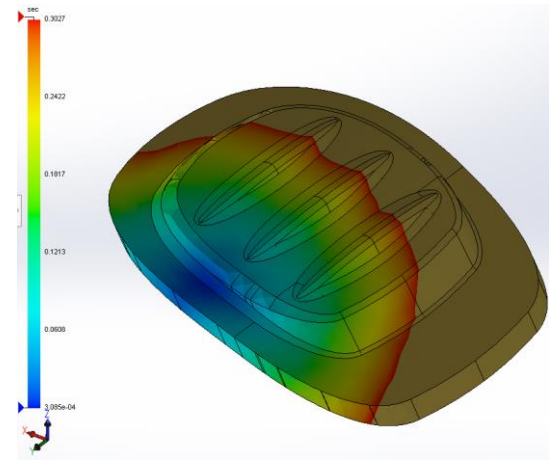
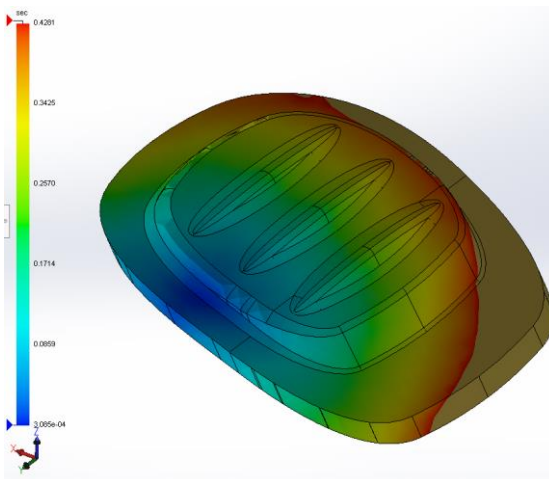
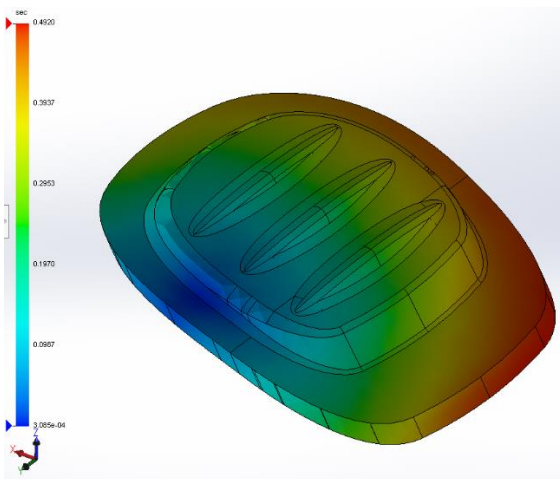
Os pontos essenciais a retirar da análise presente nas figuras anteriores são:

- Tempo de injeção: 0,49 s;
- Tempo de recalque: 6,4 s.

A sequência de figuras (da Figura 82 à Figura 85), demonstra a evolução do enchimento da parte da peça em HDPE.

O código de cores é o mesmo descrito para as figuras da Tabela 19. O padrão de fluxo animado indica exatamente o caminho que o HDPE toma até preencher a totalidade do espaço vazio, mostrando a frente do fluxo à medida que avança. Como é possível observar, mais uma vez, existe um enchimento total da peça sem qualquer tipo de problema.

Tabela 21 - Progressão do enchimento em HDPE

Figura 82 - Simulação do enchimento de HDPE com 25% de progresso no *SOLIDWORKS Plastics*Figura 83 - Simulação do enchimento de HDPE com 50% de progresso no *SOLIDWORKS Plastics*Figura 84 - Simulação do enchimento de HDPE com 75% de progresso no *SOLIDWORKS Plastics*Figura 85 - Simulação do enchimento de HDPE com 100% de progresso no *SOLIDWORKS Plastics*

A peça atinge os 0,138 segundos de tempo de injeção quando está na ordem dos 25% de preenchimento (Figura 82). Aos 50% de enchimento, o tempo de ciclo atingiu os 0,303 segundos (Figura 83). Numa terceira fase, assim que atinge os 75%, o contador marca 0,428 segundos de tempo de injeção (Figura 84) e, por fim, no final do enchimento, o tempo total resulta em 1,233 segundos (Figura 85).

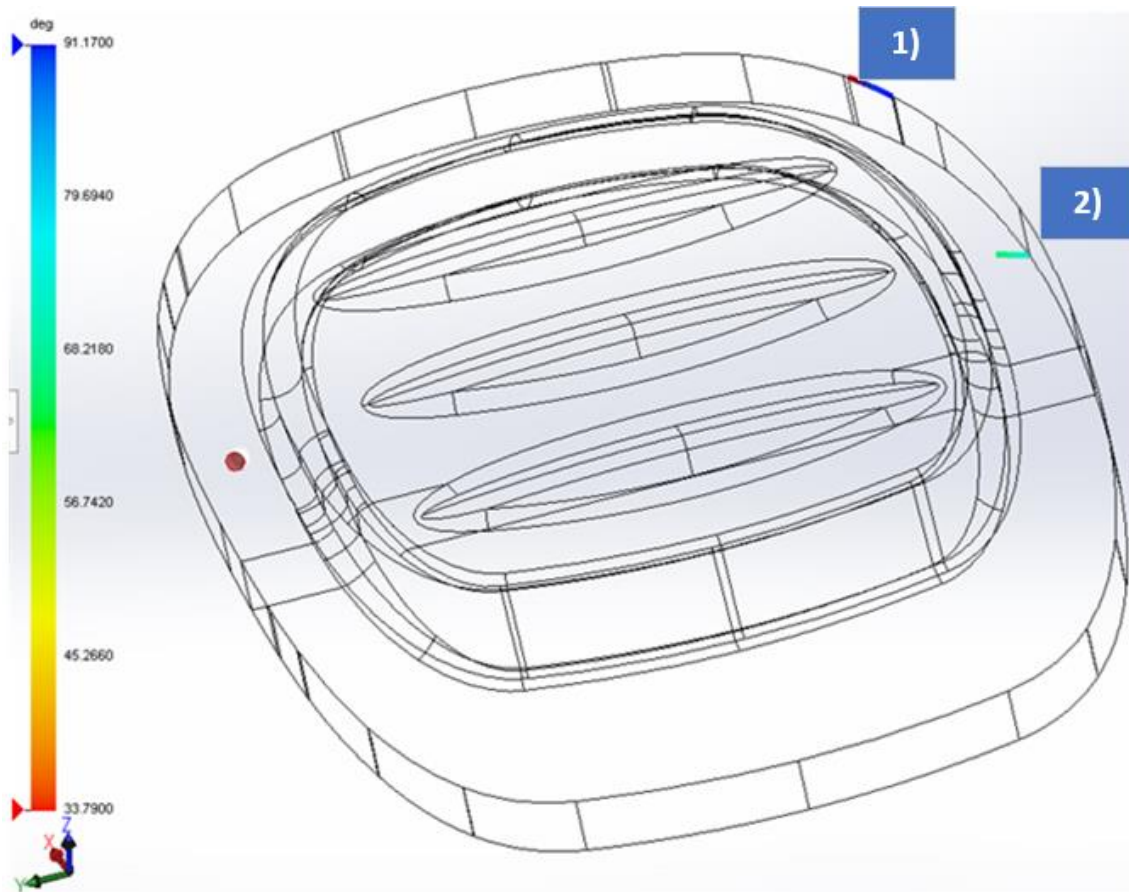


Figura 86 - Representação das linhas de solda existentes após a simulação final (parte da peça em HDPE)

O resultado final da simulação originou o grafismo representado na Figura 86, que indica todas as linhas de soldadura que a peça criará durante a injeção. Esta parte da peça *ADJUSTER COVER*, possui apenas duas linhas de soldadura associadas ao número 1 e 2, presentes na imagem em questão. A número 2 é a mais crítica pois encontra-se em zona visível, porém é a de menor e de mais baixa dimensão. Por outro lado, a número 1 é a maior, porém com dimensões aceitáveis e localizada numa zona pouco visível.

Ao analisar as variações de temperatura da frente do fluxo do PP (Figura 87), verifica-se que a variação é acentuada ao longo do enchimento. Porém a maior diferença encontra-se nas áreas correspondentes às extremidades, que embora não sendo o ideal, como foi analisado na Figura 86, não induzirá problemas com as linhas de soldadura.

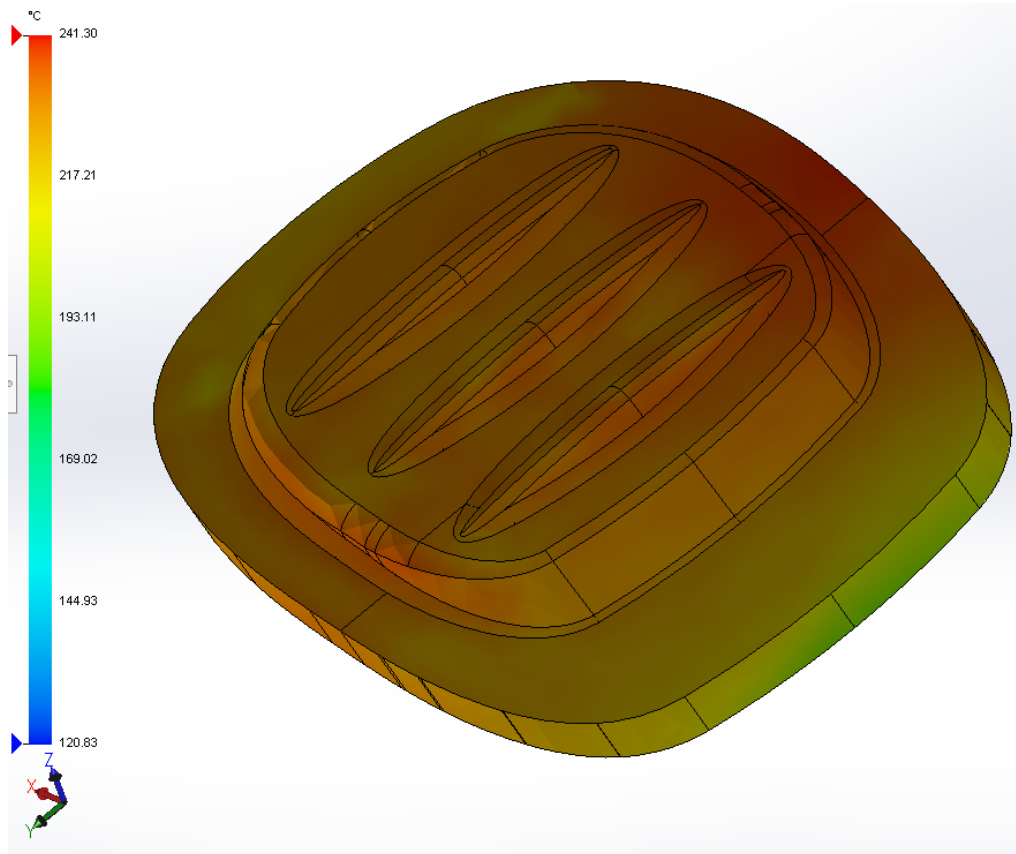


Figura 87 - Variação da temperatura frontal do fluxo de injeção (parte da peça em HDPE)

Os dados que a imagem da Figura 88 apresenta, são interessantes porque, mais uma vez se verifica que existem grandes diferenças de temperatura do material injetado no final da injeção, pois nas extremidades da peça a temperatura é próxima à temperatura do molde, os 60°C.

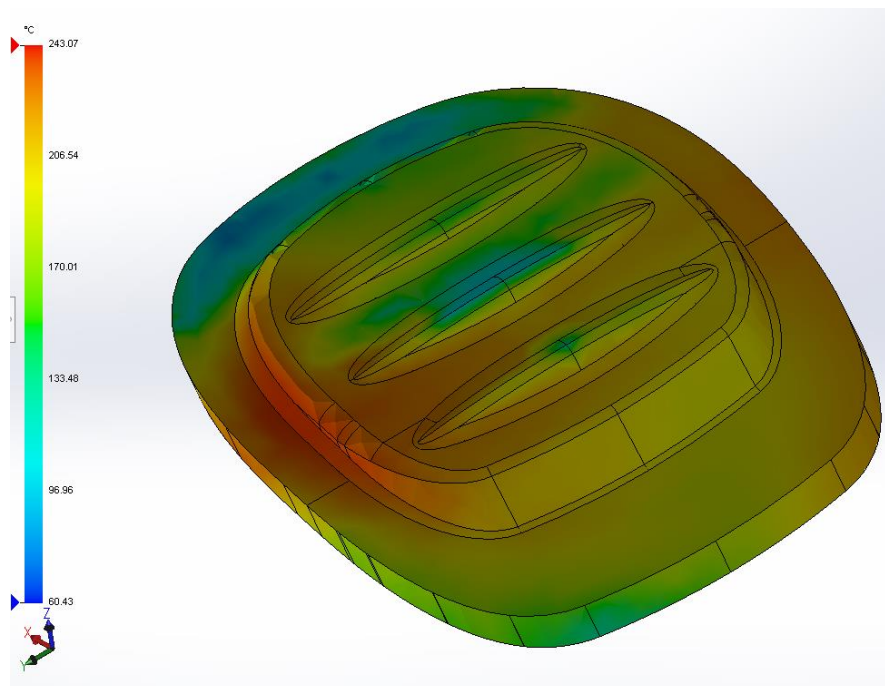


Figura 88 - Temperatura do HDPE no final da injeção

Existe um aumento da temperatura do HDPE após a sua injeção, junto ao ponto de alimentação, em cerca de 2°C, como se pode observar na Figura 89. A manutenção indireta da temperatura na peça após a injeção, prejudica sempre um pouco o tempo de arrefecimento. Porém, a variação é pouca e o volume afetado pode ser considerado desprezável (Figura 89), tal como aconteceu na simulação para a parte da peça em PP.

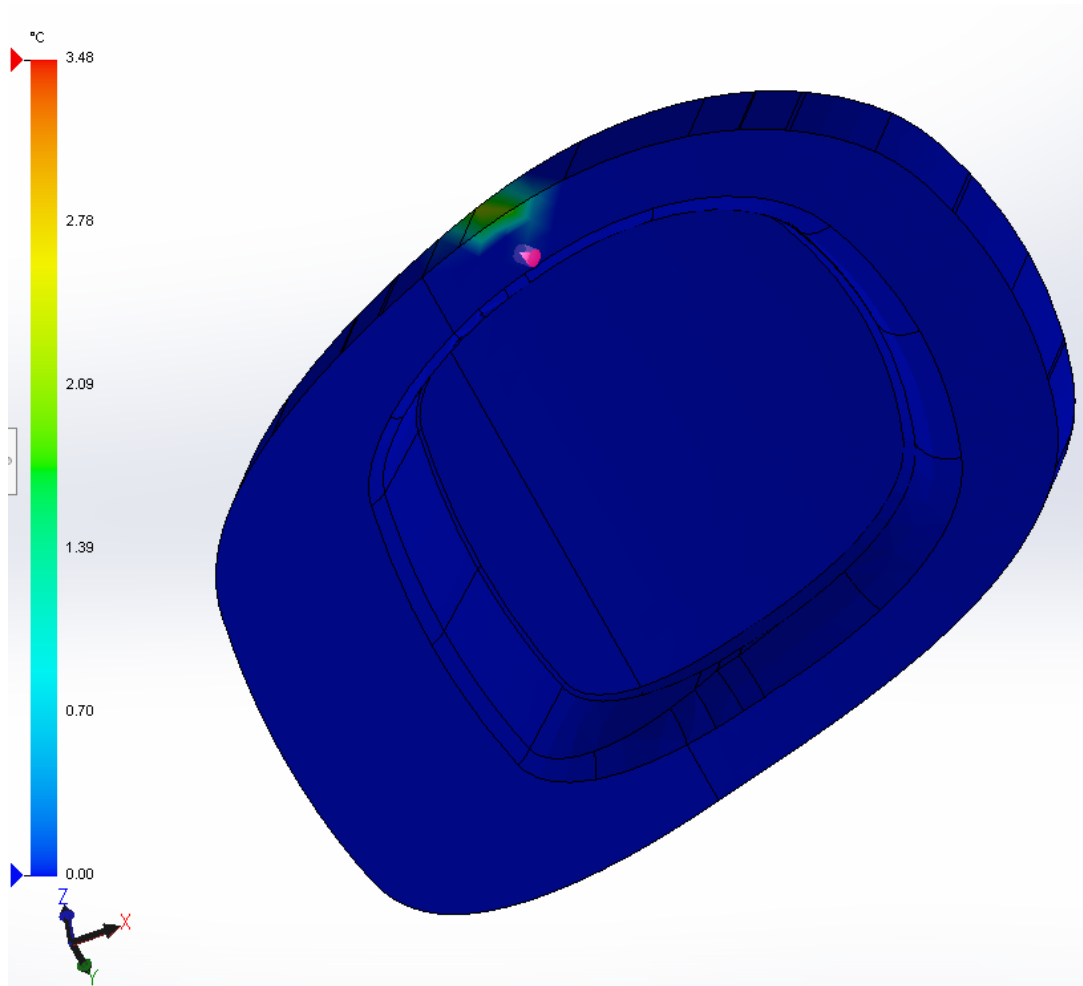


Figura 89 - Aumento da temperatura do HDPE no fim da injeção

No que toca à necessidade de incluir fugas de ar, a parte da peça *ADJUSTER COVER* em HDPE não possui grandes exigências, muito devido ao facto de possuir pequenas dimensões e geometria de baixa complexidade. A Figura 90 apresenta um pequeno ponto representado na cor roxa, que indica o local onde o ar irá ficar retido, de acordo com a simulação no *SOLIDWORKS Plastics*.

Para este caso, como os gases aprisionados são de pouco volume e localizados num único ponto numa zona não visível da peça, não é necessária a inclusão de saídas de ar.

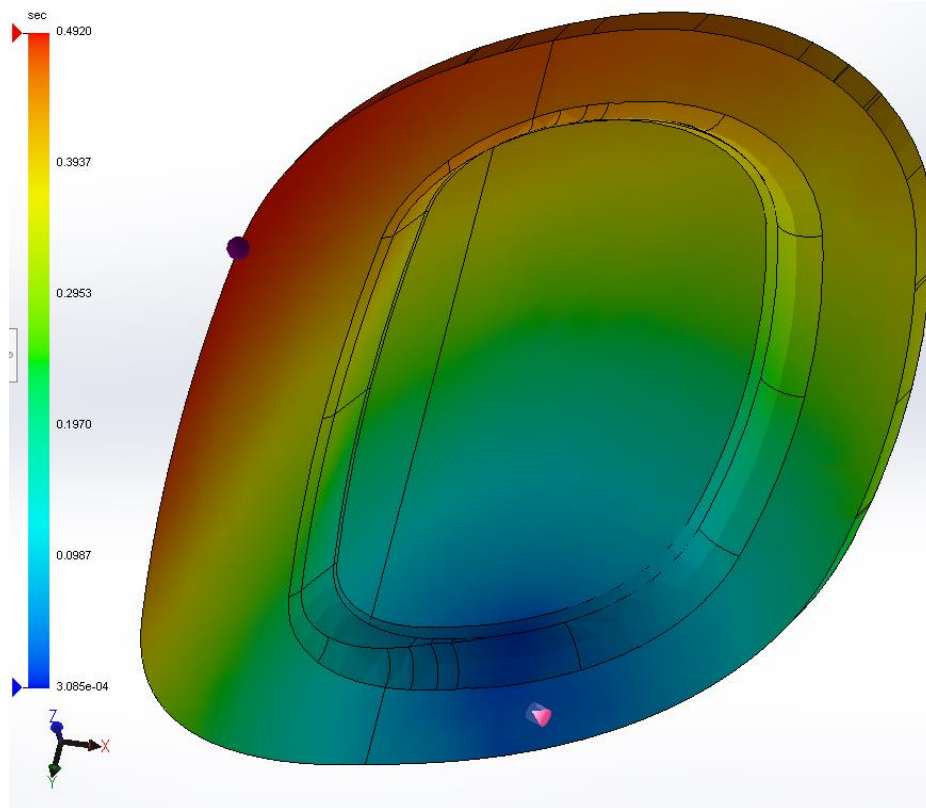


Figura 90 - Locais de aprisionamento do ar no HDPE

A tensão de corte máxima de 0,37 MPa (Tabela 20) é respeitada, tal como se verifica na Figura 91, onde a tensão máxima de corte existente na peça no final da injeção do HDPE é de cerca de 0,30 MPa.

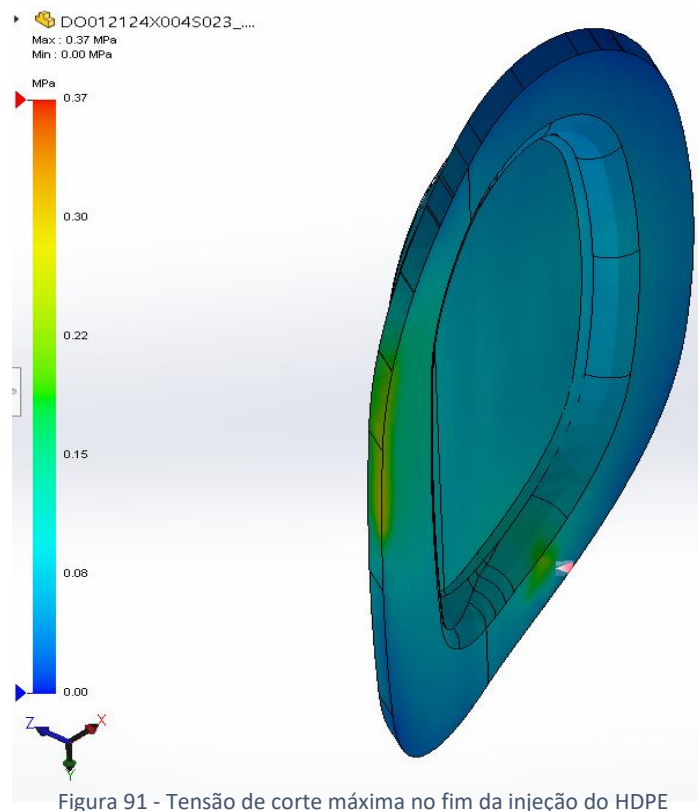


Figura 91 - Tensão de corte máxima no fim da injeção do HDPE

A taxa de corte máxima da parte da peça em HDPE indica que os limites são cumpridos (Figura 92), uma vez que o limite máximo se encontra nos 100000 por segundo (Tabela 20) e a peça está a uma taxa de corte na ordem dos 40360 por segundo, representado na Figura 92.

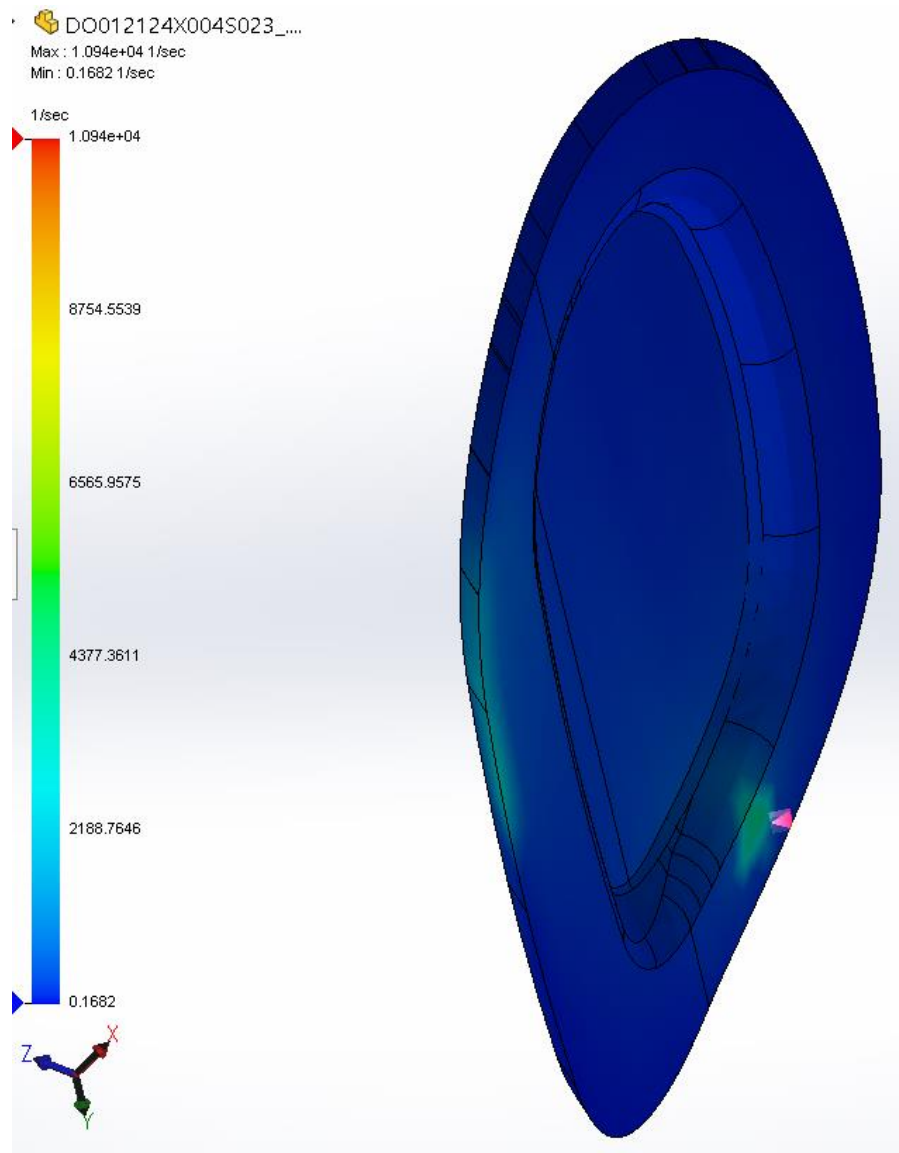


Figura 92 - Taxa de corte máximo do final da injeção de HDPE

A expansão do volume do HDPE em percentagem no final da injeção em relação às cotas desejadas, Figura 93, analisa-se juntamente com a Figura 88, pois onde a temperatura é mais baixa, é onde o incremento do volume da peça é menor. As zonas onde já se encontra perto dos 60°C, possuem uma percentagem de expansão volumétrica abaixo dos 5%, valor esse que se aproxima dos cerca de 2,8% de expansão expectável a 25°C, segundo o fornecedor da matéria-prima em questão.

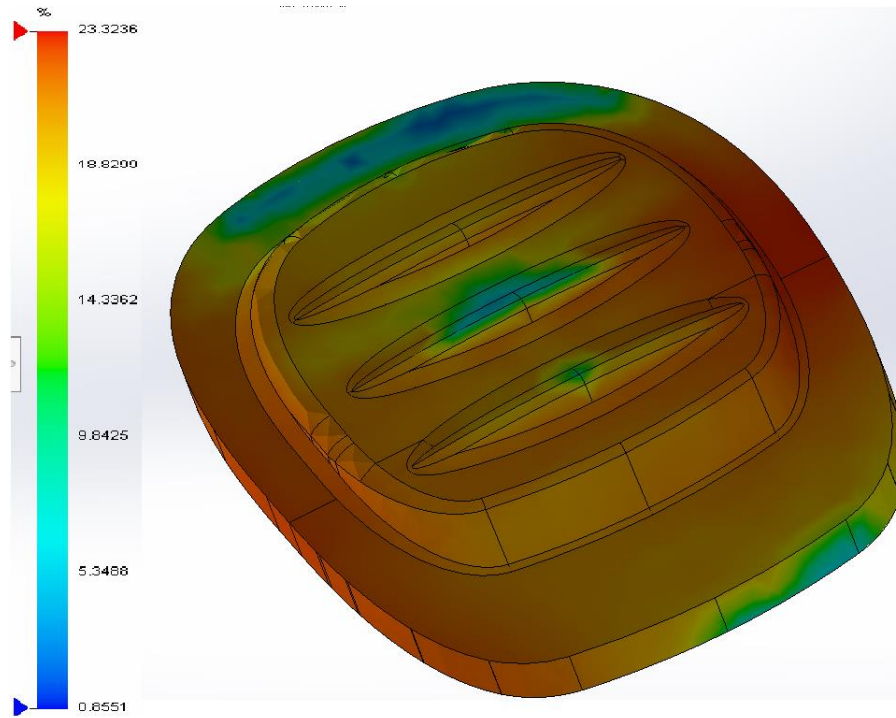


Figura 93 - Expansão volumétrica da peça no final da injeção do HDPE, em percentagem

Segundo a simulação, na Figura 94, o tempo de arrefecimento da parte da peça em HDPE, possui um máximo na ordem dos 3,5 segundos. Todavia, a maioria do volume da mesma, encontra-se já arrefecida a partir dos 1,8 segundos.

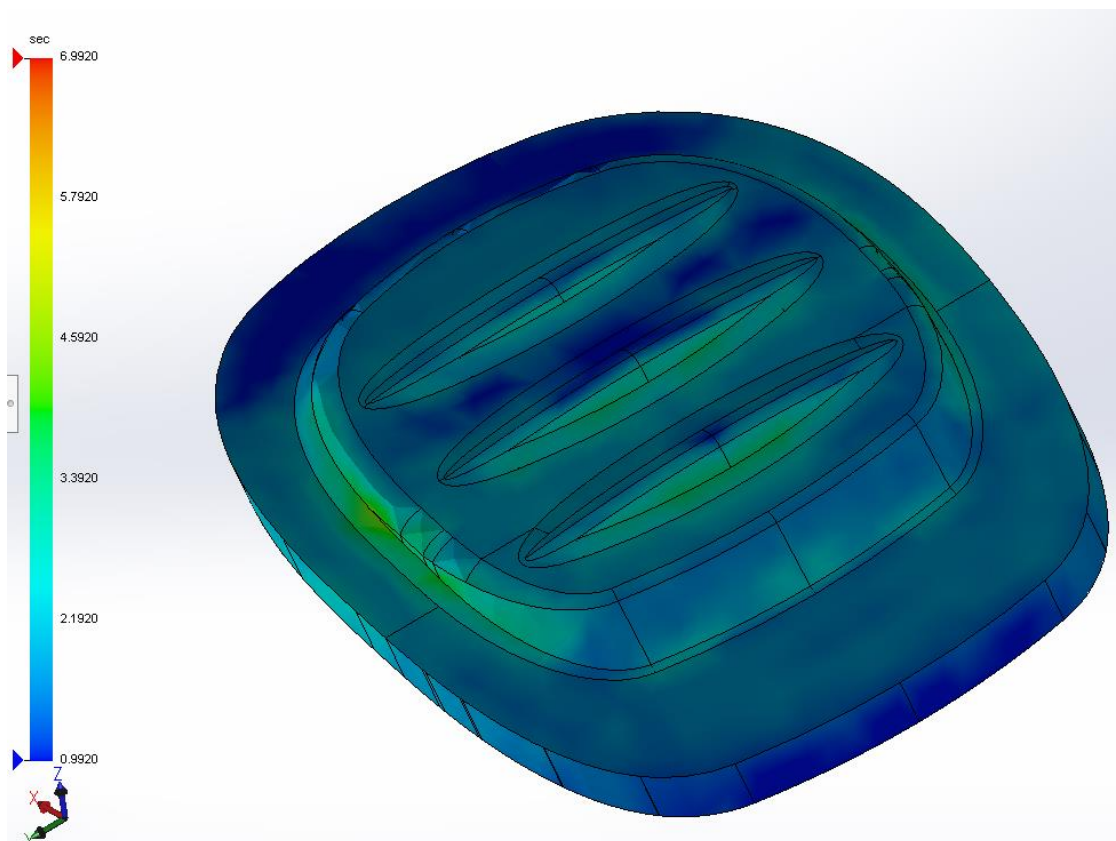


Figura 94 - Tempo de arrefecimento do HDPE

Esta informação, juntamente com a da Figura 95, permite verificar que grande parte da peça rapidamente fica a rondar os 60°C (temperatura do molde). Porém, como a temperatura de extração é de no máximo 73°C (Tabela 20), significa que a mesma pode ser extraída aos 1,5 segundos, aproximadamente.

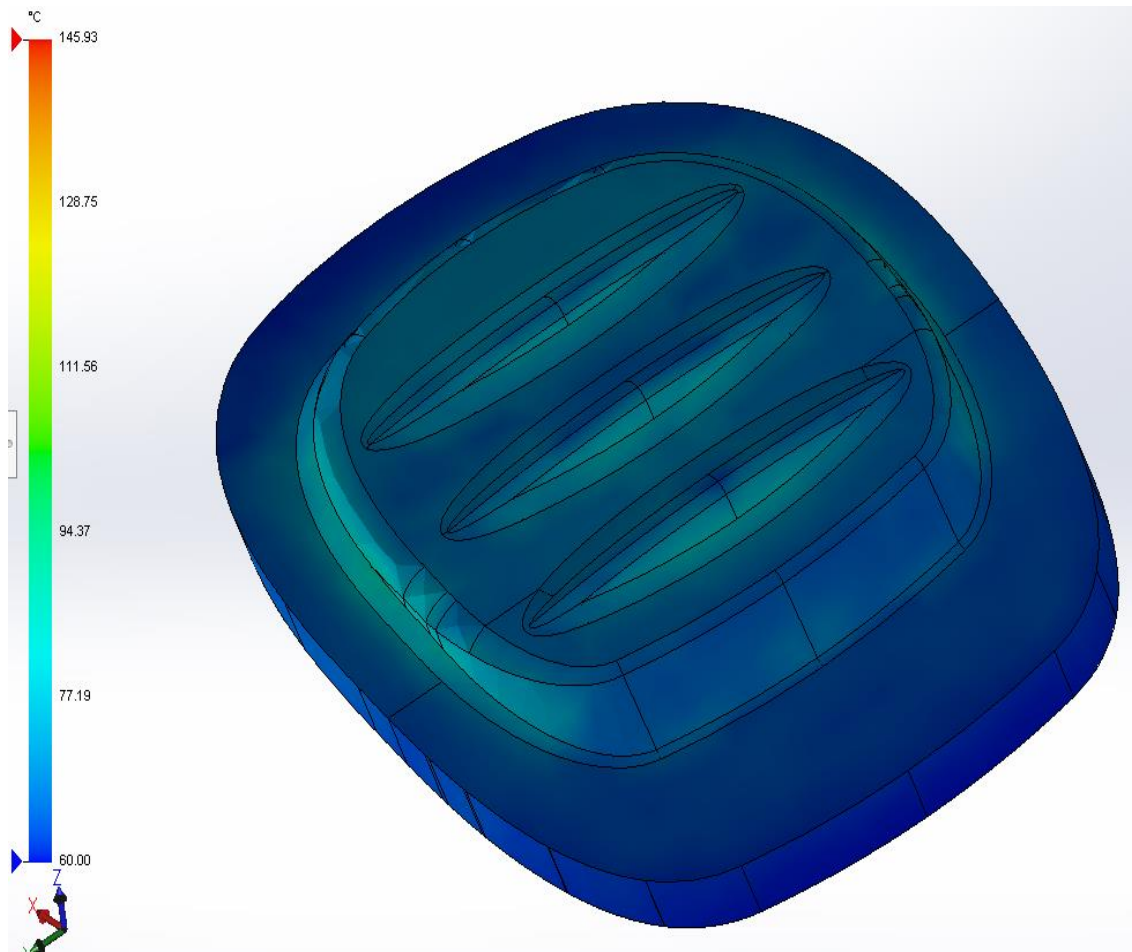


Figura 95 - Temperatura da parte da peça em HDPE após o arrefecimento

O resultado da análise da existência de chupados na peça em HDPE é muito bom, uma vez que são quase inexistentes, muito devido à sua geométrica básica (Figura 96).

Na Figura 96, verificam-se zonas com um azul esverdeado, que representam locais onde irá existir deformação com um máximo de 0.08 mm de profundidade.

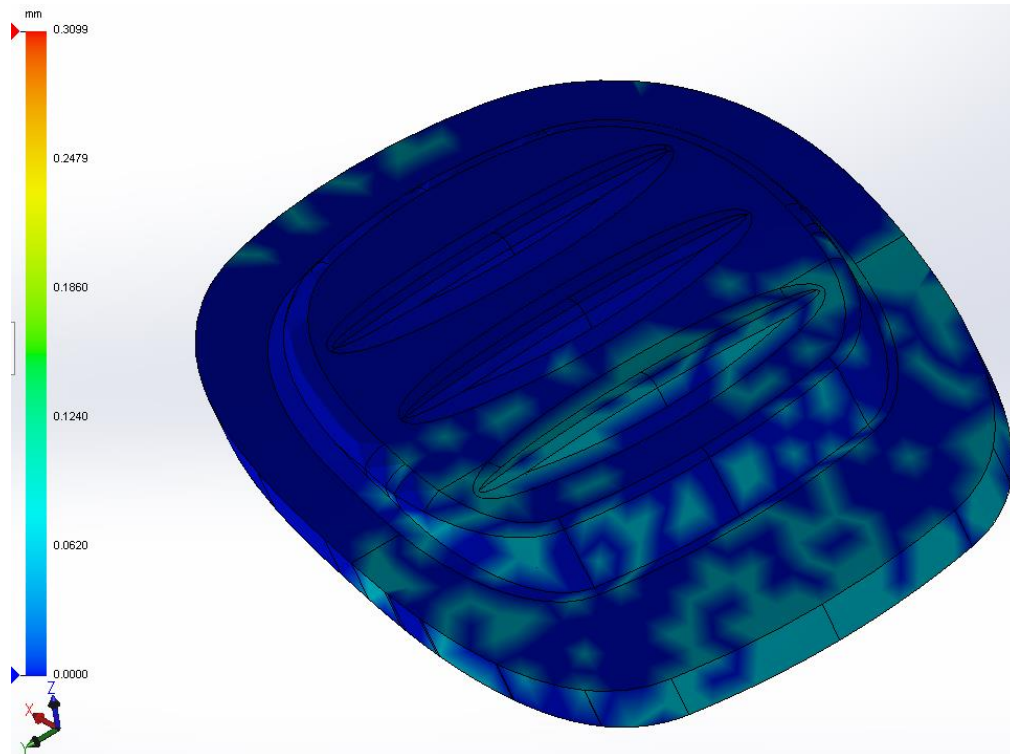


Figura 96 - Análise dos chupados existentes na injeção da parte da peça em HDPE

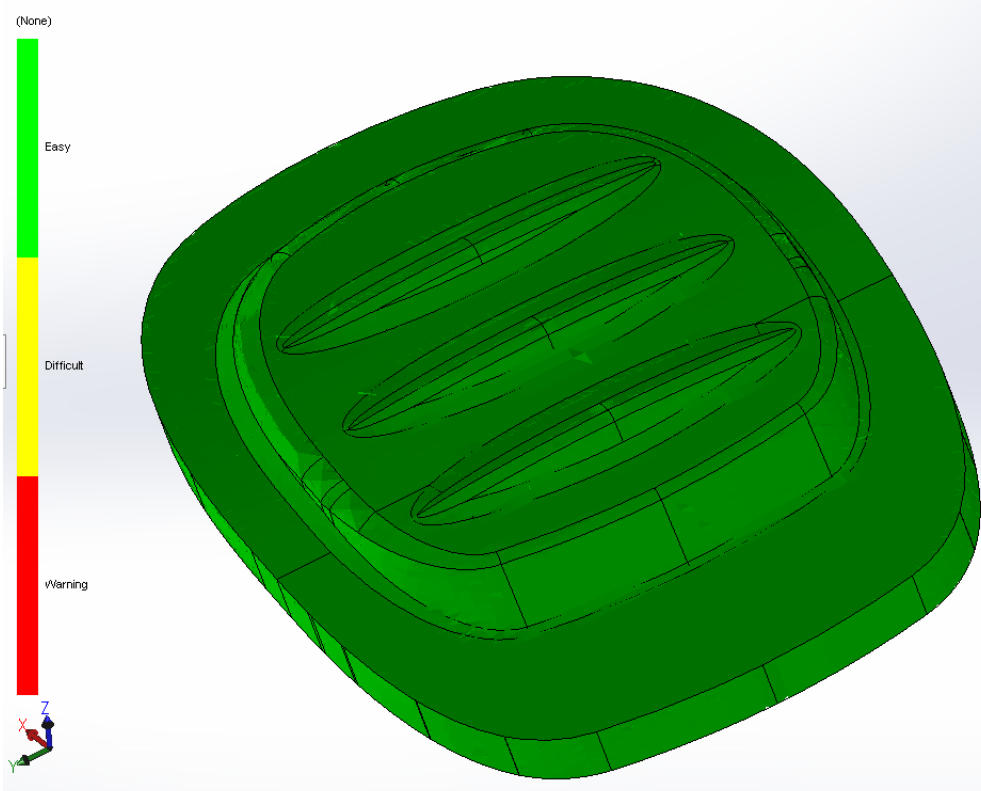


Figura 97 - Avaliação da facilidade de injeção da parte da peça em HDPE com base na análise em *SOLIDWORKS Plastics*

O diagrama da Figura 97, obtido na simulação realizada no *SOLIDWORKS Plastics*, considera que todo o volume da peça em HDPE é de fácil concepção ou injeção, identificado pela cor verde. O resultado é o ideal, e foi obtido devido às varias iterações realizadas até atingir os valores pretendidos.

3.7 Projeto: Fase preliminar

3.7.1 Desenhos preliminares e decisões tomadas com a *ULmolde* (Grupo *SIMOLDES*)

A peça *ADJUSTER COVER* em questão, trata-se de um modelo atualizado de uma outra já existente no mercado, pertencente à cadeira auto do modelo antecedente à que irá ser lançada no mercado em breve, já com esta nova peça. Ou seja, apesar da nova peça conter atualizações funcionais e estéticas, contém um bom desenvolvimento de raiz, devido ao prévio conhecimento técnico de modulação que o cliente final possui com a experiência passada. O cliente final entregou à *ULmolde* a peça tal como ela foi entregue à *SIMAN*.

Sendo assim, é natural que a mesma já esteja razoavelmente otimizada, facilitando o trabalho por parte da entidade que desenvolve o projeto do molde. Todavia foram trabalhados pormenores importantes com o objetivo de melhorar a qualidade do molde/peça, bem como reduzir custos.

A peça irá ter quatro movimentos que executam a extração simultânea da mesma, tendo sido discutido com o cliente e definidos os constituintes do molde:

1. Modulação e extração dos furos no topo da peça através de levantadores;
2. Modulação e extração da peça dos furos frontais/base recorrendo ao movimento extrator linear com o auxílio de movimentos responsáveis por moldar estes furos;
3. Alternância de injeção dos dois materiais, através de um movimento de translação, com acionamento hidráulico para cada cavidade.

A nível de alterações gerais à geometria, foi executada a que se apresenta na Figura 98, ao quebrar as arestas mais críticas no interior da peça, aplicando um raio de 0,5 mm nas mesmas, pois permite que o material flua mais facilmente durante a injeção, que a peça se torne mais suave e que também aumente um pouco a resistência da mesma, pois elimina zonas de concentração de tensões criadas por esforços aplicados [16].

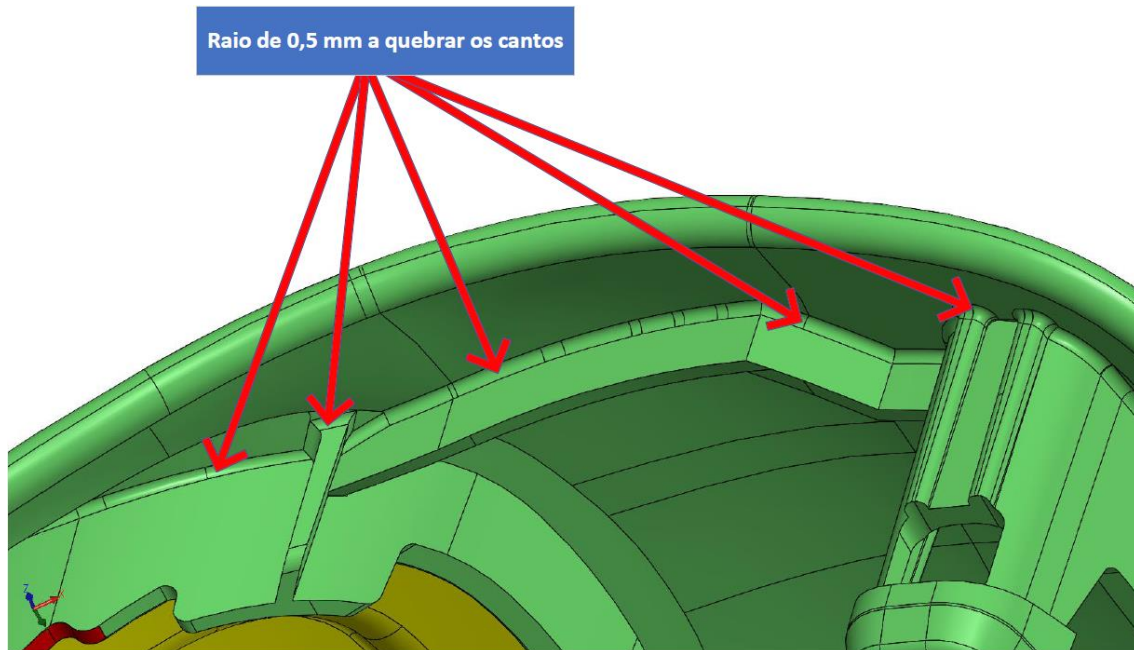


Figura 98 - Única alteração geral na *ADJUSTER COVER*

Visto de topo, a Figura 99 permite visualizar as posições e os eixos utilizados para todos os movimentos extratores que cada peça irá necessitar.

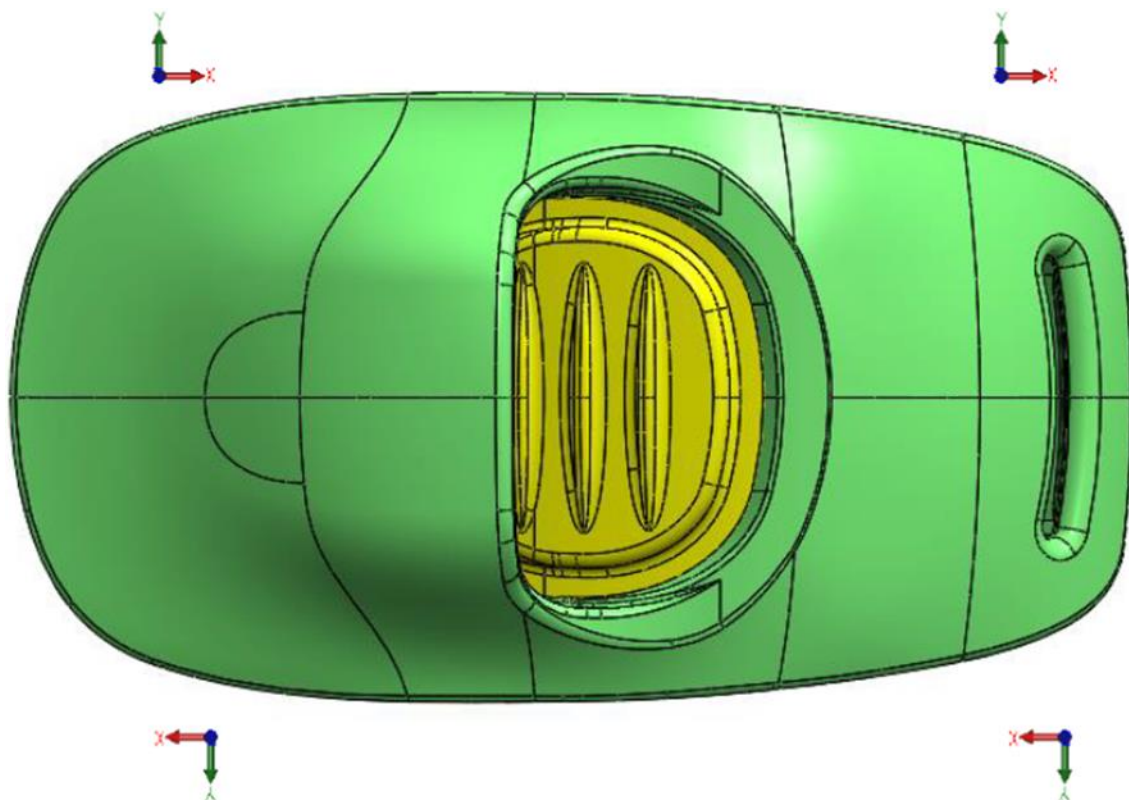


Figura 99 - Eixos e posições dos movimentos extratores

1. Modulação e extração dos furos no topo da peça

Uma vez que a estrutura do molde não possui espaço para conter um movimento para cada furo da peça, multiplicado por cada cavidade existente (resultaria em 8 movimentos), dois dos furos de cada peça têm de ser extraídos de outra forma.

Em reunião com a *Simoldes (Aços S.A)*, ficou decidido que os furos do topo da peça irão ser extraídos com o auxílio de levantadores. Esta decisão foi tomada em conjunto, pois todos os furos da peça continham superfícies planas e sem inclinação, porém, para os levantadores executarem corretamente o seu papel, neste caso, será necessário colocar uma inclinação acentuada nas superfícies de gravação da peça que o levantador irá conter.

Para os furos do topo, o cliente final permitiu colocar uma inclinação de $6,5^\circ$ na superfície que será a deslizante (na zona de modulação do levantador) ao desmoldar, tal como indica a Figura 100. Os furos da base da peça, geometricamente não possuem espaço para realizar este tipo de modificações, sem que altere a forma de fixação já existente com outros componentes do conjunto da cadeirinha auto para crianças.

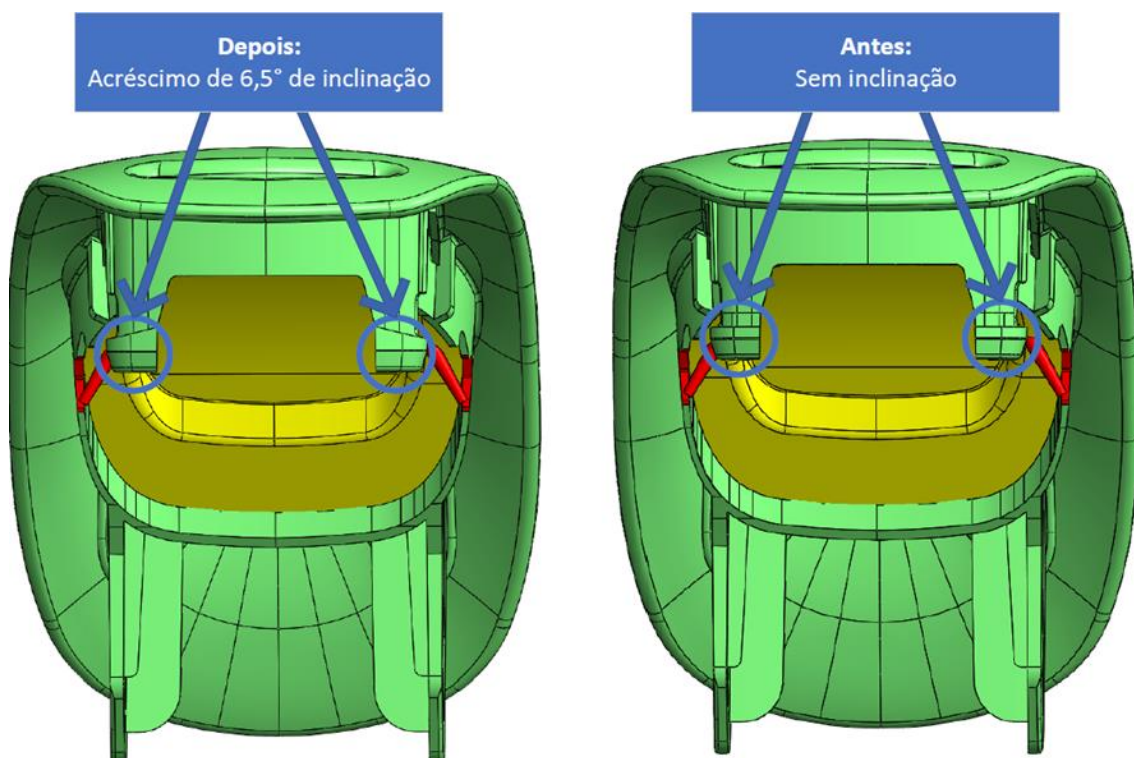


Figura 100 - Acréscimo de ângulos de saída nas furações do topo da peça

A geometria do interior da peça exige que, nas zonas dos quatro furos, o movimento de extração sejam na diagonal e/ou vertical, e não na horizontal, de modo a executar e extrair os furos (Figura 101). Este é o motivo que justifica a obrigatoriedade do uso de levantadores de extração.

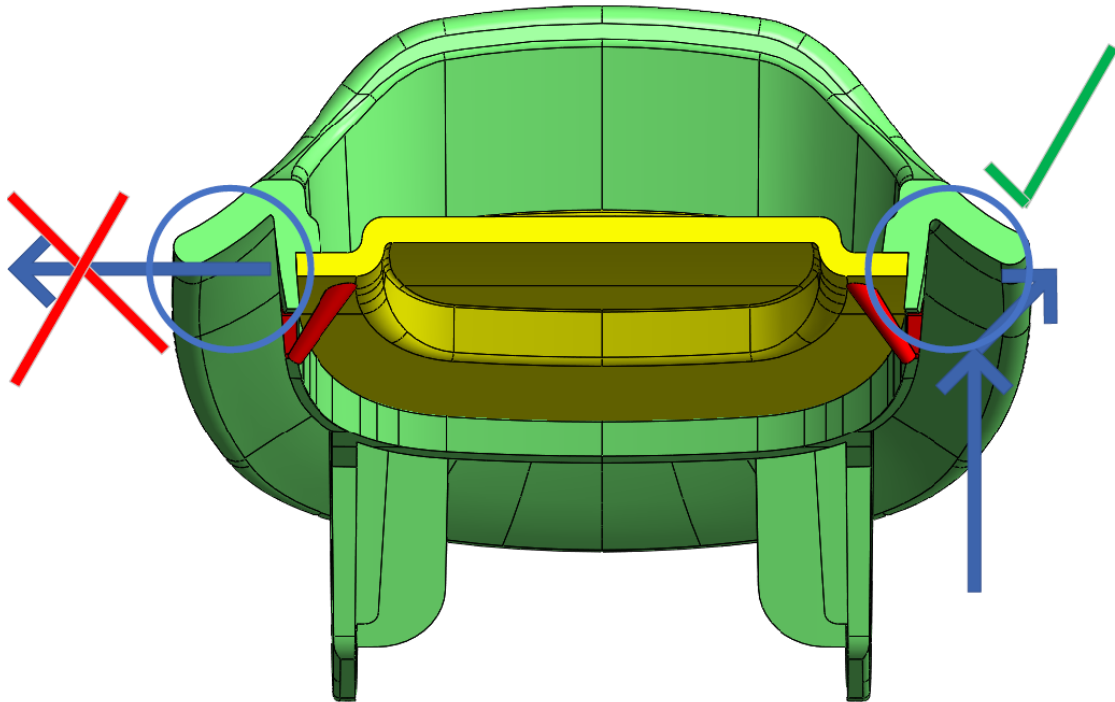


Figura 101 - Esquemática do correto movimento extrator

A Figura 102, exemplifica (em corte) o movimento desejado para extrair a peça na zona dos furos no topo, pois aqui o ângulo das superfícies do furo permite.

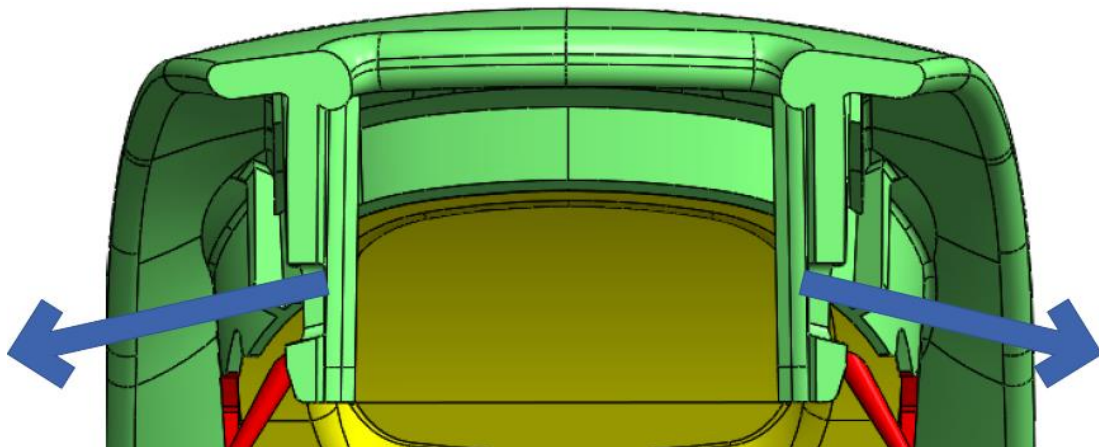


Figura 102 - Extração adequada para os furos do topo da peça

Foi executado um rascunho para demonstrar a zona de gravação/extração dos levantadores, bem como a sua inclinação de 4° e curso mínimo de extração de 45 mm, representado na Figura 103.

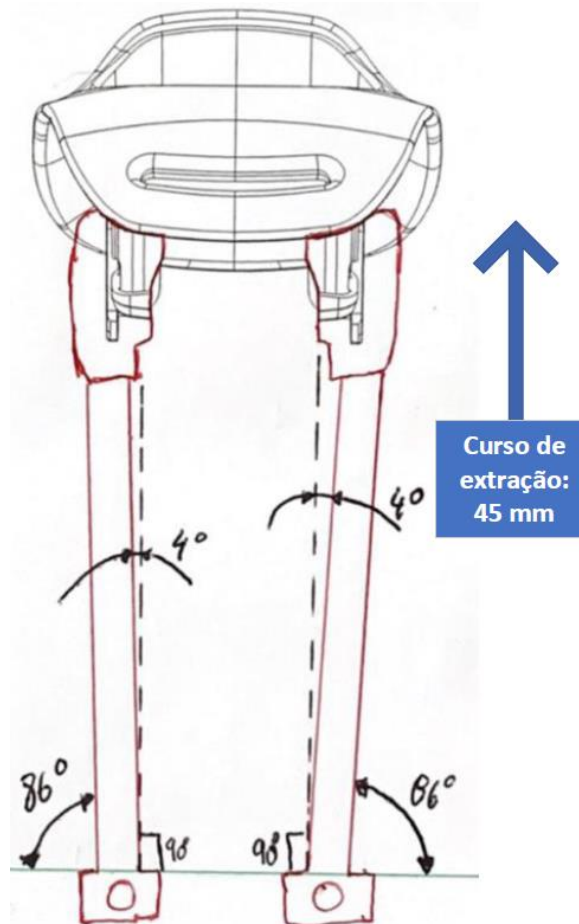


Figura 103 - Movimentos extratores aos furos no topo da peça, através de levantadores

2. Modulação e extração da peça dos furos frontais/base

Os furos frontais/base seguem a mesma metodologia que os furos anteriores, porém aqui não foi dada margem pelo cliente final para alterar nada, ou seja, a geometria dos furos da base da peça tem de ser respeitada (Figura 104). As superfícies ao redor dos furos na base da peça são planas, sem inclinação e sem arestas quebradas, portanto, terá de ser usado um movimento linear para realizar estes furos.



Figura 104 - Geometria dos furos da base da peça, tal como o cliente final deseja

A Figura 105 apresenta um esboço dos movimentos, onde a vermelho está a representação da zona de gravação e extração vertical da peça. Já a verde, estão representados os movimentos horizontais da base da mesma.

Portanto, o molde terá quatro movimentos lineares e horizontais para realizar as duas furações da base da peça em cada uma das duas cavidades do molde. Isto significa que, quando o molde estiver fechado, os movimentos horizontais e verticais da base da peça estarão unidos, de modo a fazer a gravação da peça. Assim que o molde abrir, durante o ciclo de injeção, os movimentos horizontais, responsáveis pela gravação dos furos da base da peça, recuam e só depois a placa de extração avança, realizando a extração vertical.

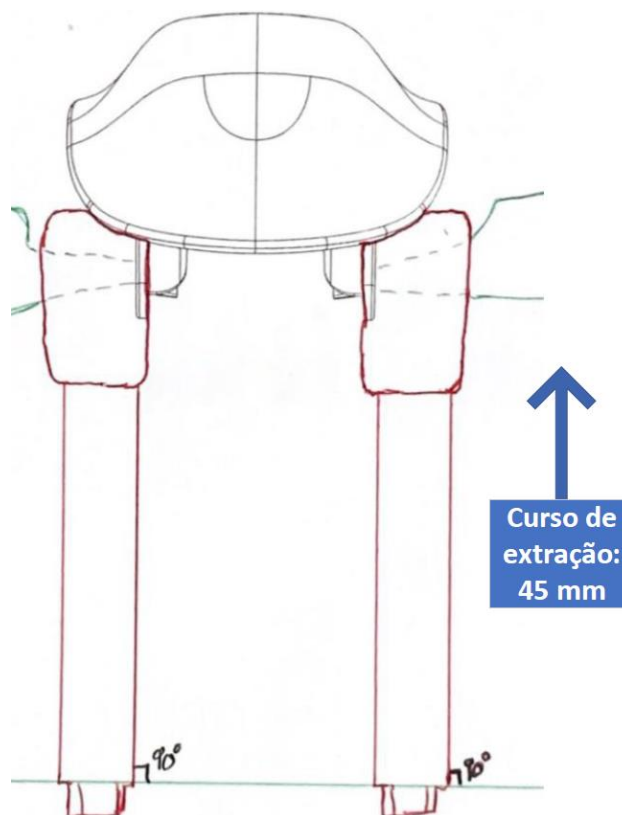


Figura 105 - Movimentos verticais e horizontais de gravação e extração na base da peça

Os movimentos horizontais, são perpendiculares em relação à linha de centro da peça, representada a vermelho na Figura 106, e têm que possuir no mínimo 25 mm de curso para poder recuar o suficiente, não só para sair da zona do furo, mas também para permitir os levantadores verticais da base da peça realizar o seu trabalho. Nesta mesma imagem, é possível ter a perceção da ocupação espacial de todos os movimentos de extração e gravação para uma cavidade, na cor preta e verde (desenho manual).

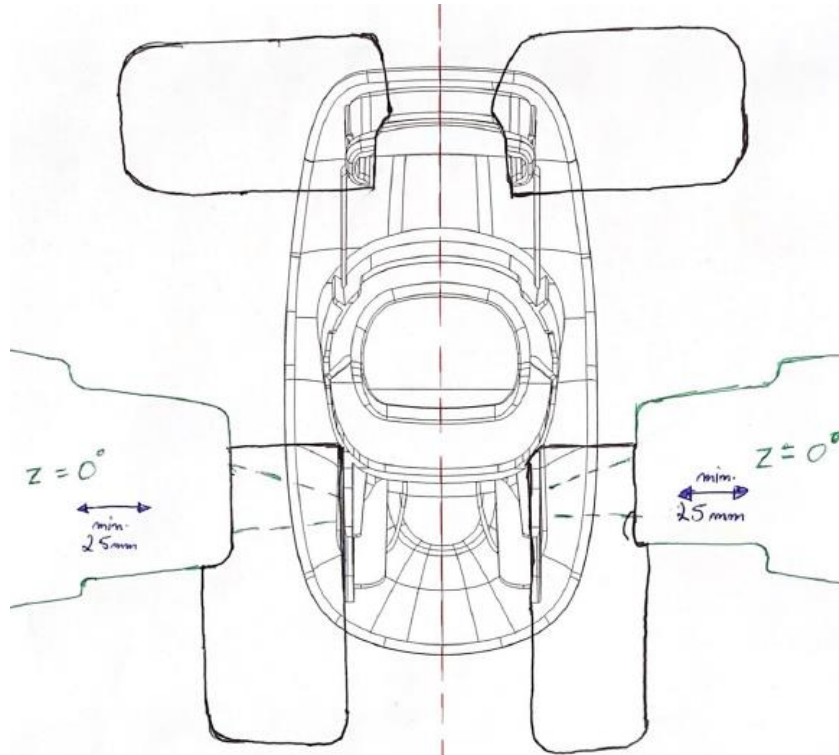


Figura 106 - Vista de baixo, para todos os movimentos de extração de uma cavidade

3. Alternância de injeção dos dois materiais

O primeiro material a ser injetado é o PP, pois representa grande percentagem da peça, e contém a vantagem de possibilitar a injeção do HDPE, após ser injetado e ter arrefecido até ganhar uma rigidez mínima.

A parte da peça em PP é de gravação direta no molde, enquanto a parte em HDPE é feita através de um postigo que terá duas posições, alternando entre as duas através de um mecanismo de acionamento hidráulico. A primeira posição deste postigo é quando o mesmo está fechado, permitindo apenas que o fluxo de material preencha o espaço existente para o PP. Após o PP ter solidificado, o movimento desce cerca de 4,7 mm para a sua segunda posição, abrindo desta forma espaço para o HDPE fluir e encher o seu devido volume.

Na Figura 107, está representada uma vista em corte do conjunto da peça *ADJUSTER COVER* (pintado a verde) e as linhas a azul apresentam o postigo de gravação do HDPE na sua posição fechada, onde é possível ver que este bloqueia todo o fluxo de material de entrar no espaço destinado ao HDPE, logo é nesta fase que é injetado o PP.

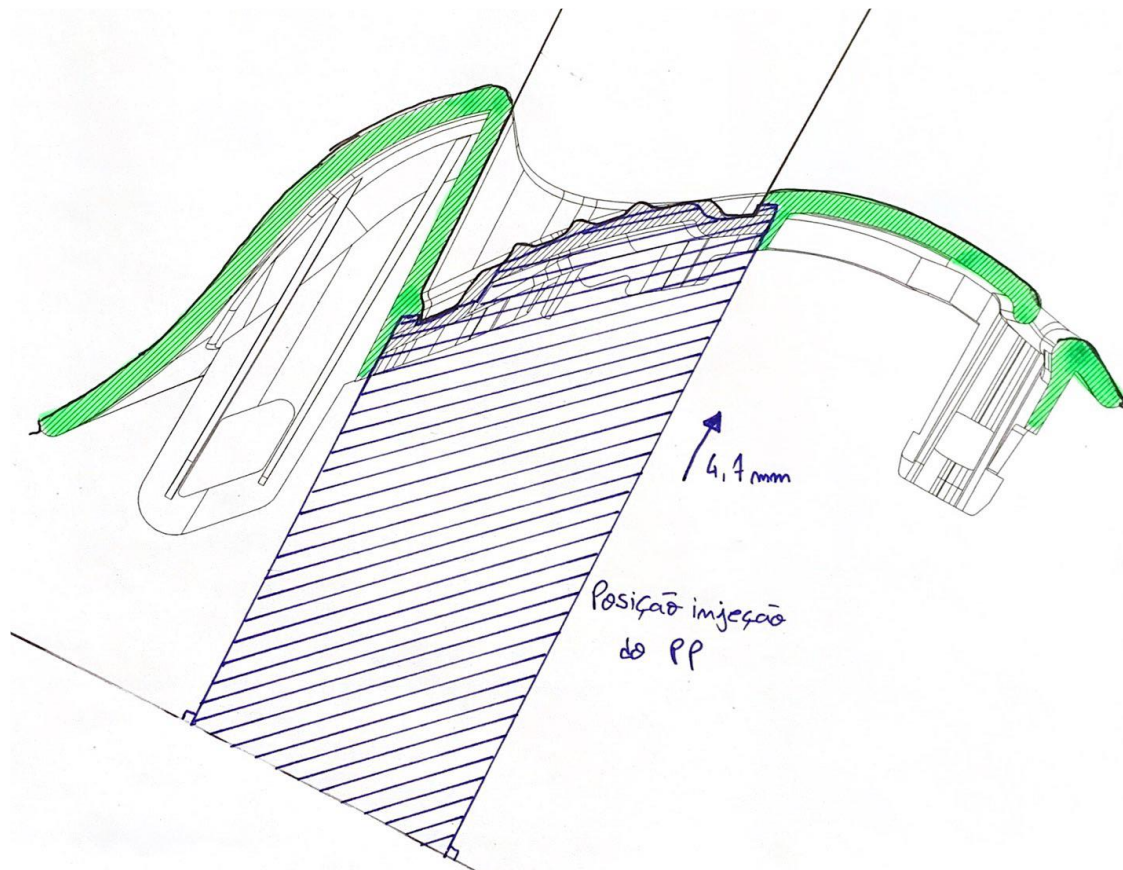


Figura 107 - Posição 1 do postigo de gravação do HDPE, acionado hidráulicamente

Por outro lado, na Figura 108, verifica-se que o postigo (linhas a vermelho) entrou na sua segunda posição, quando desce 4,7 mm e permite a injeção do HDPE (na cor amarela).

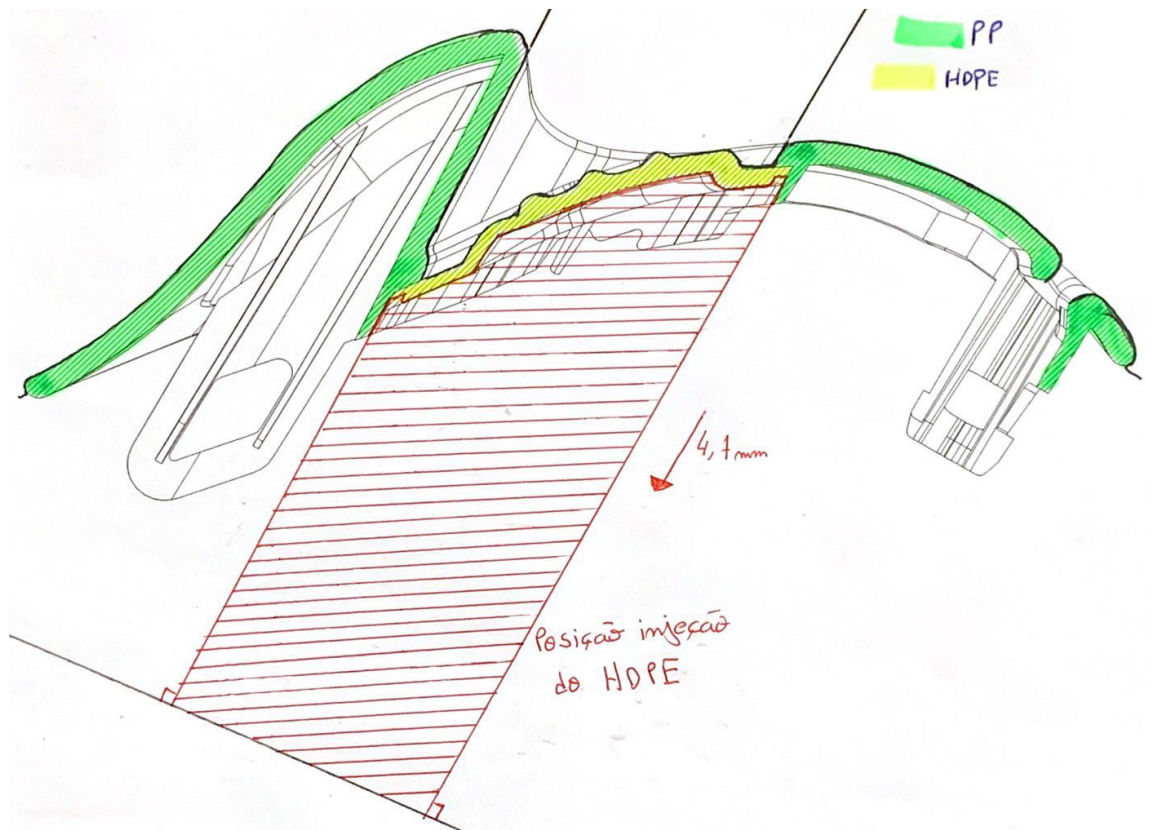


Figura 108 - Posição 2 do postiço de gravação do HDPE, acionado hidráulicamente

Numa reunião com a *ULmolde*, foi discutida a distância de separação entre cavidades, pois era possível otimizá-la ao diminuir um pouco a dimensão dos extratores frontais da peça.

Assim, permitiu a escolha de uma estrutura *standard* mais adequada para a produção do molde, pois diminui-se o tamanho da mesma, o que significa que os custos foram minimizados.

Na Figura 109, está presente uma vista de topo com o posicionamento das peças no molde, incluindo todos os movimentos extratores, porém, com a distância de 130 mm, sugerida pelo cliente, que separa uma cavidade de gravação da outra.

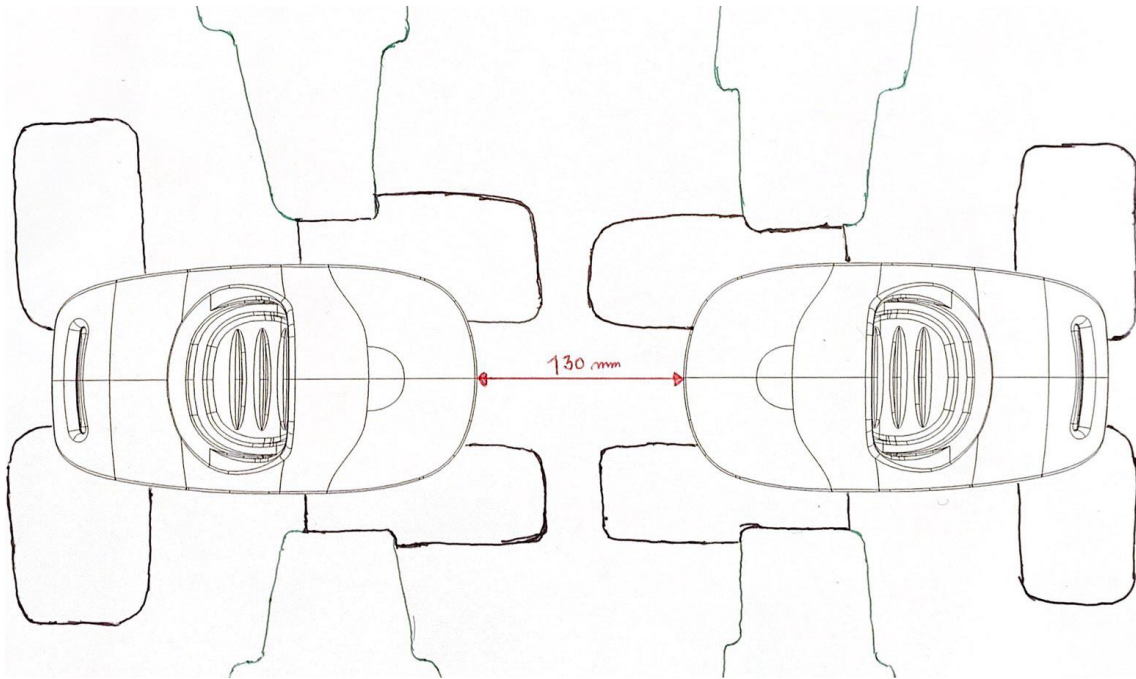


Figura 109 - Posicionamento das cavidades e dos movimentos no plano frontal do molde

Uma separação de 110 mm vai ser usada entre as duas cavidades de gravação do molde, pois satisfaz o cliente e cumpre as expectativas para o dimensionamento de uma estrutura *standard*. Com este resultado, a distância foi reduzida em 15,4%, tal como indica a Figura 110.

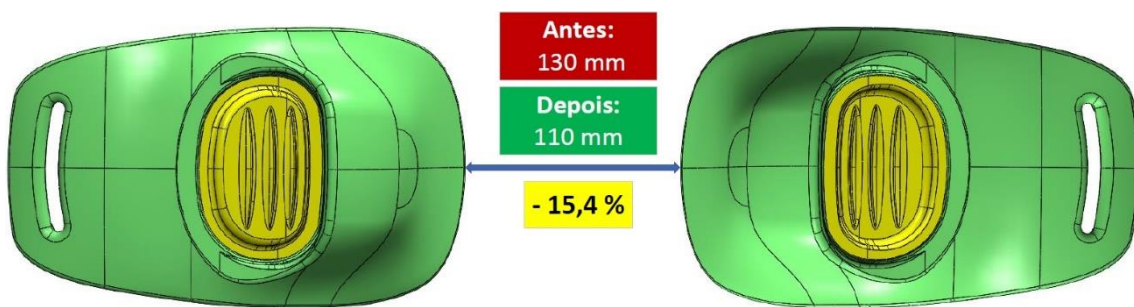


Figura 110 - Otimização da distância que separa as cavidades

No final, foi preenchido um formulário com vários pontos a verificar, de modo a evitar falhas preliminares no projeto. Esta ficha é assinada pelos respetivos responsáveis (ver anexo 11).

A grande diferença neste projeto está na forma como o sistema de bi-injeção é feito, de forma compacta, através de um movimento mecânico vertical em relação à peça, que é acionado por um movimento hidráulico perpendicular ao mecânico, sendo que tudo isto acontece num formato de molde convencional, que possui duas placas moldantes, duas placas de extração, duas de fixação, uma intermédia e um par de calços.

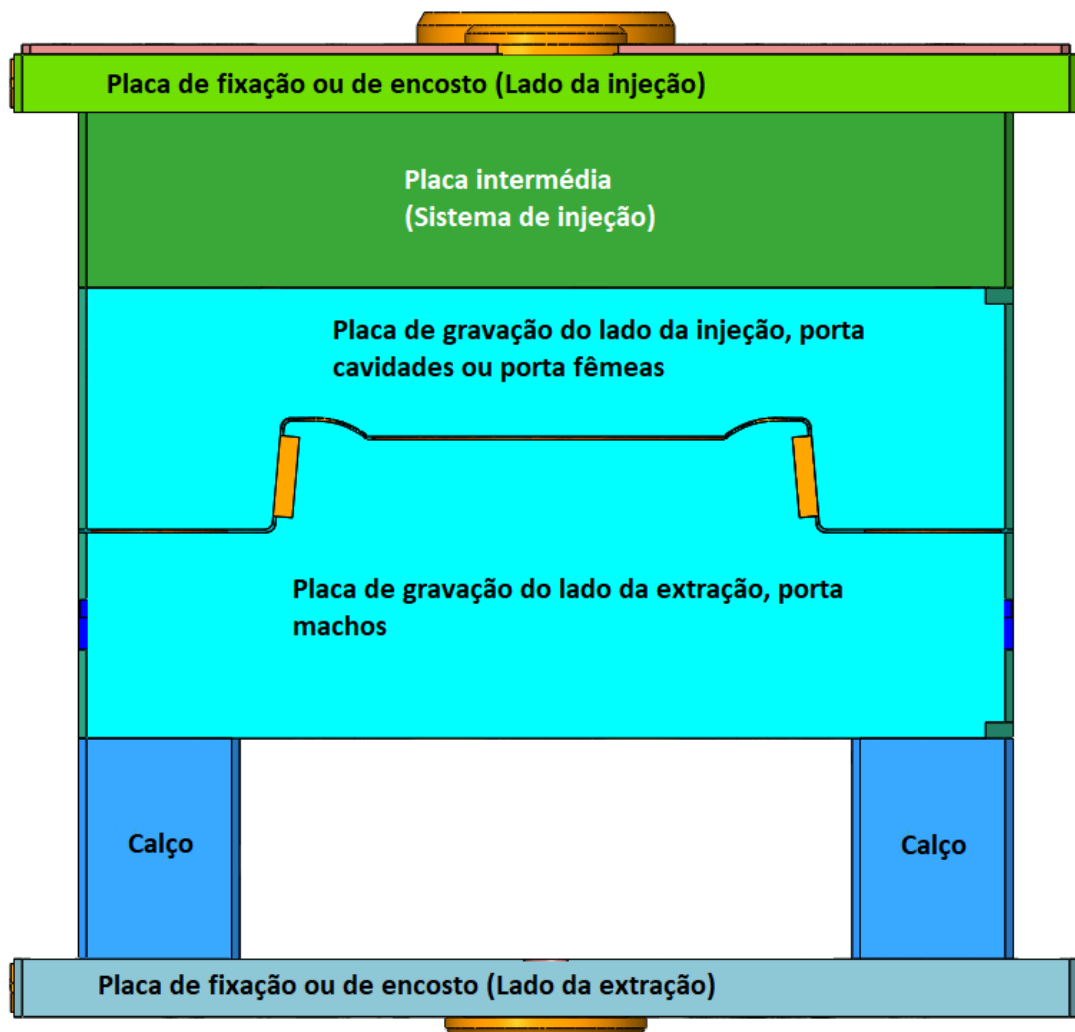


Figura 112 - Estrutura usual de um molde

As medidas designadas para a abertura do molde e curso da placa de extração, em função da máquina de injeção designada, encontram-se presentes na Figura 113, sendo que, como é visível, o molde terá um curso máximo de abertura de 400 mm.

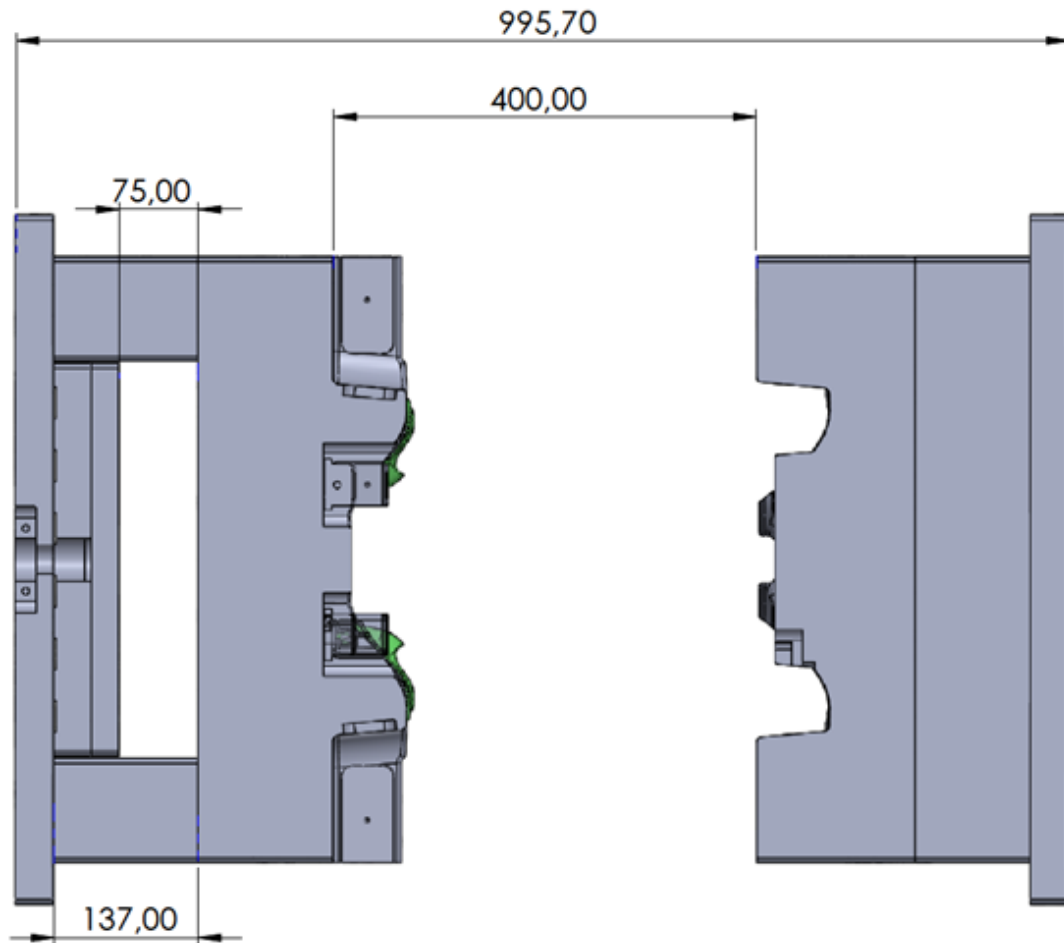


Figura 113 - Abertura desejada para o molde

3.8 Projeto: Construção dos elementos moldação

3.8.1 Análise da linha de junta

A ferramenta *Parting lines* do *SOLIDWORKS* permite analisar as superfícies de gravação de uma peça, tanto as do lado da injeção como as do lado da extração, bem como as superfícies paralelas ao movimento de extração (sem ângulo de saída). Para além disso, deteta os locais que necessitam de movimentos extratores. Todavia, o objetivo destas informações na respetiva ferramenta é apenas a de facilitar na perceção da definição da linha de partição.

Na Figura 114, verifica-se a localização da linha de partição, onde refere *Parting line 53*, e se visualiza uma linha a tracejado na cor roxa. A verde são as superfícies de gravação na placa das cavidades, a vermelho as de gravação no macho e a amarelo as superfícies sem ângulo de saída. A linha de partição da peça, encontra-se no fim do raio com a cor azul na referida imagem, sendo de notar que esta ferramenta não detetou os locais que não permitem uma desmoldagem direta, cabendo ao projetista essa análise.

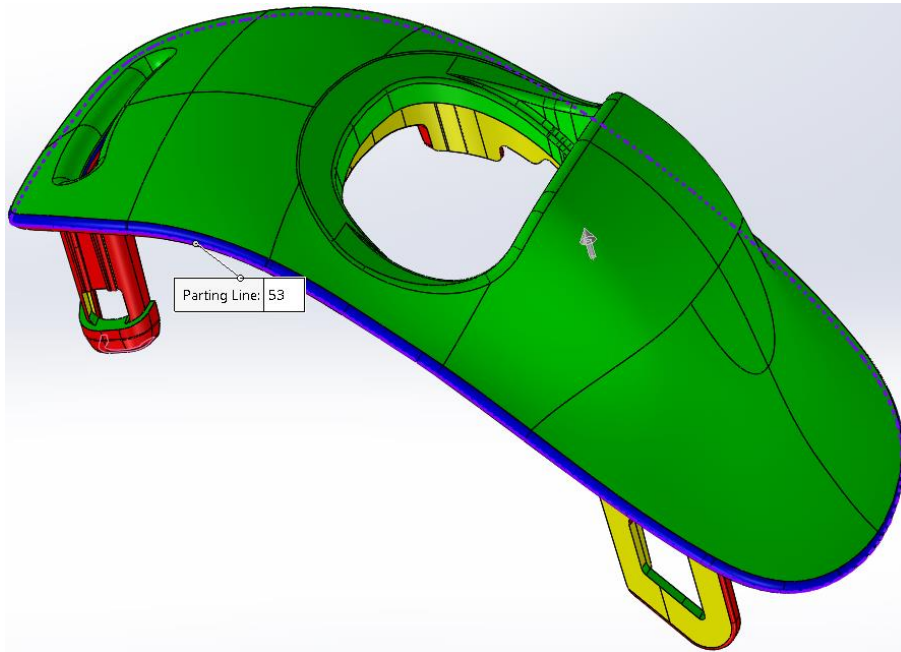


Figura 114 - Análise modular da parte da peça em PP (zona do macho)

Para a Figura 115, a análise é exatamente a mesma, porém vista de outro ângulo .

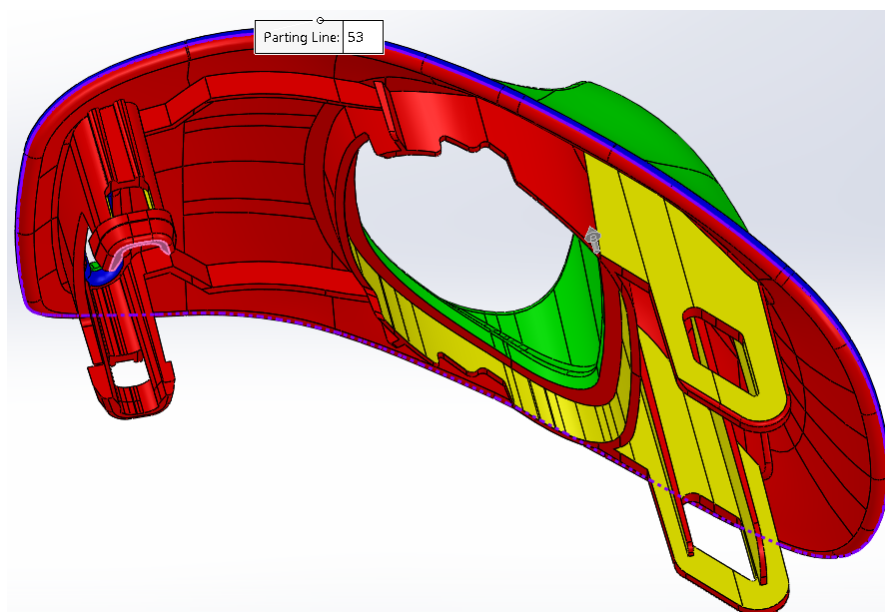


Figura 115 - Análise modular da parte da peça em PP (zona da cavidade)

A análise modular à parte da peça em HDPE, segue a mesma lógica de cores que a da parte em PP, sendo que aqui a linha de partição, também na cor roxa, se encontra a contornar toda a superfície que divide a zona verde da zona a vermelho.

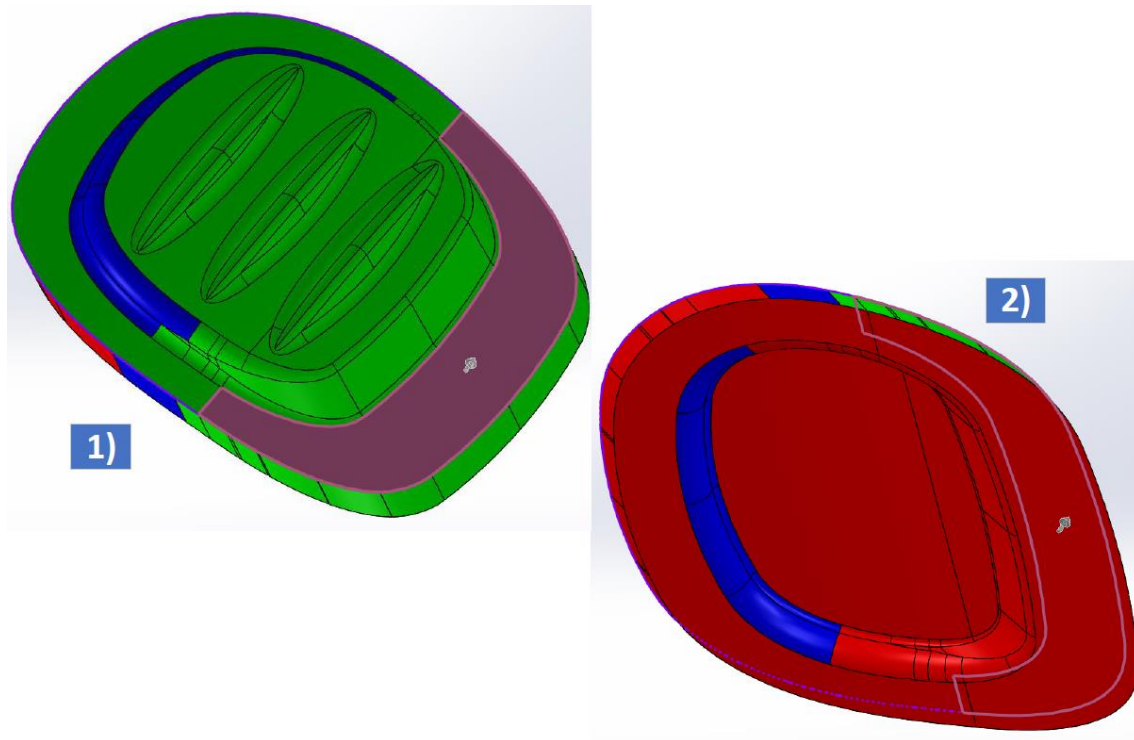


Figura 116 - Análise modular da parte da peça em HDPE: 1) Zona do macho; 2) zona da cavidade

3.8.2 Partição da peça nos seus componentes

Após analisar devidamente a peça e as suas necessidades, foi possível verificar que esta precisa de quatro movimentos de extração, um em cada local da peça, destinado a possuir a função de encaixe. A acrescentar a isto, também é necessário executar um postigo de gravação para a parte da peça em HDPE, de modo a que seja possível realizar um movimento que permita injetar primeiro o PP, e de seguida o HDPE.

Para tal, bastou seguir todos os comandos necessários no programa CAD utilizado, para obter todas as partes de moldação que serão necessárias ao molde.

Na Figura 117, estão assinaladas as zonas de gravação que farão parte dos movimentos extratores da peça *ADJUSTER COVER*.

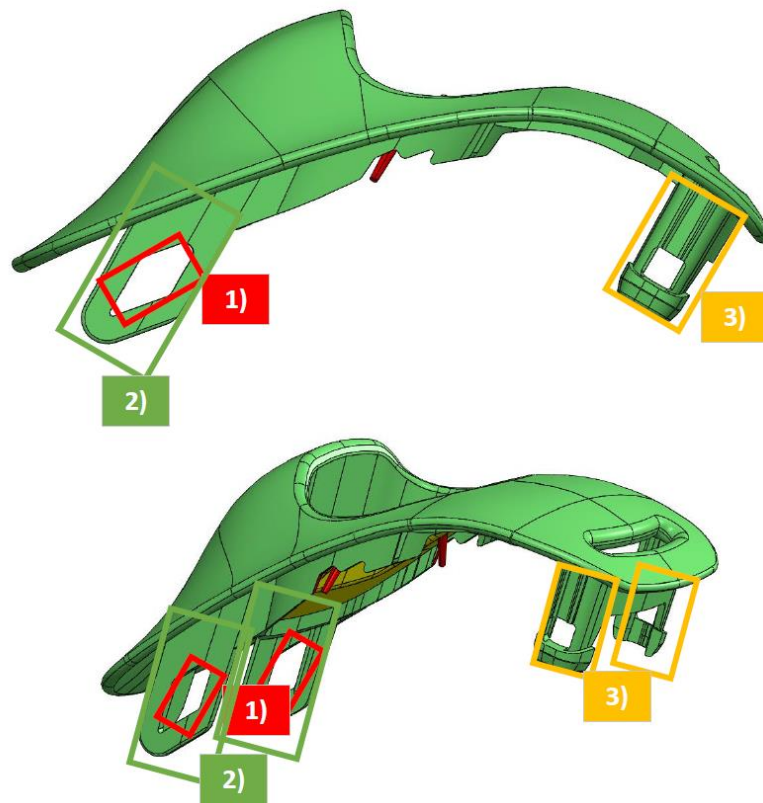


Figura 117 - Localização das zonas de gravação na peça: 1) Zona 1; 2) Zona 2; 3) Zona 3

Os postigos de gravação correspondentes às zonas indicadas na imagem da Figura 117, encontram-se igualmente enumerados na Figura 118, sendo que estes irão ser posteriormente acoplados aos movimentos extratores.

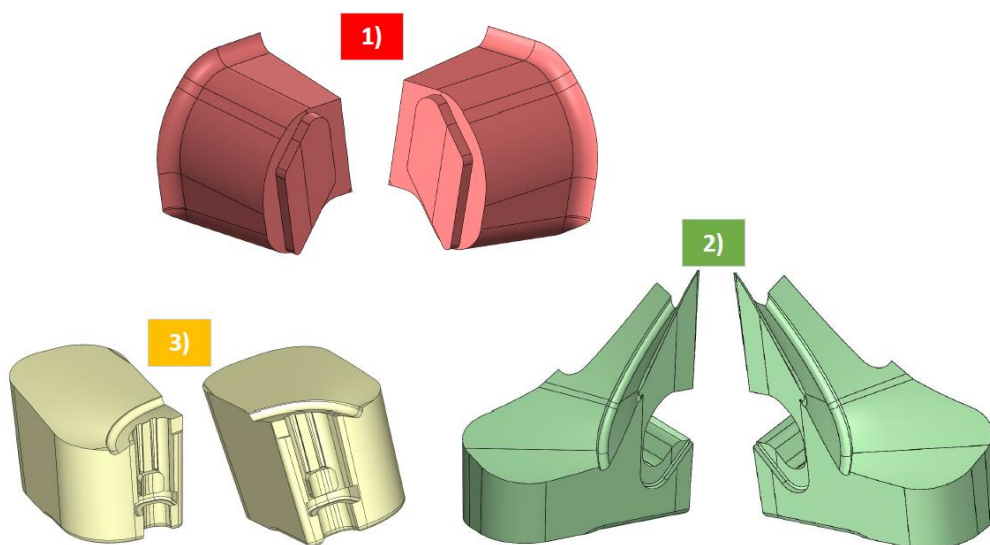


Figura 118 - Postigos de gravação: 1) Zona 1; 2) Zona 2; 3) Zona 3

Relativamente às gravações da restante peça (Figura 119), verifica-se a gravação da parte do HDPE do lado da extração (Macho) assinalado com o número 4, sendo que o número 5 representa a restante gravação da parte em PP, também na placa dos machos.

De lembrar que, no molde, no lado do macho, a gravação da parte da peça em HDPE é feita através de um posticho com movimento hidráulico (4), e a restante parte da peça em PP (a parte que não necessita de movimentos) é realizada por gravação direta no macho (5).

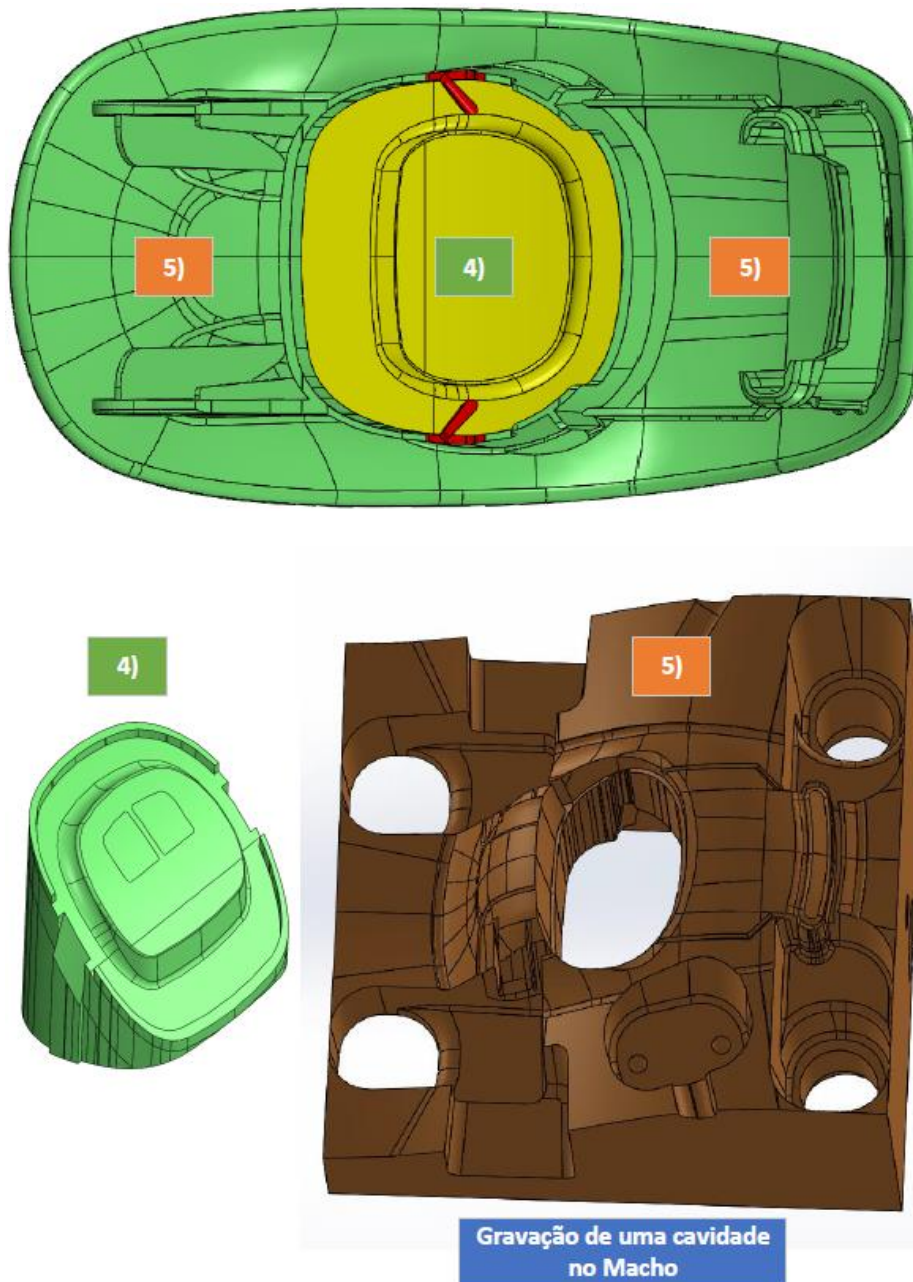


Figura 119 - Gravação do *ADJUSTER COVER* do lado da injeção: 4) Gravação do HDPE (Macho); 5) Restante gravação do PP (Macho)

A placa de gravação do lado da injeção, irá conter apenas gravações diretas da peça *ADJUSTER COVER*, tornando esta muito mais simples. Na Figura 120, estão representadas as zonas de gravação para cada parte desta peça. O número 6 indica a zona para o PP e o número 7 indica a zona para o HDPE.

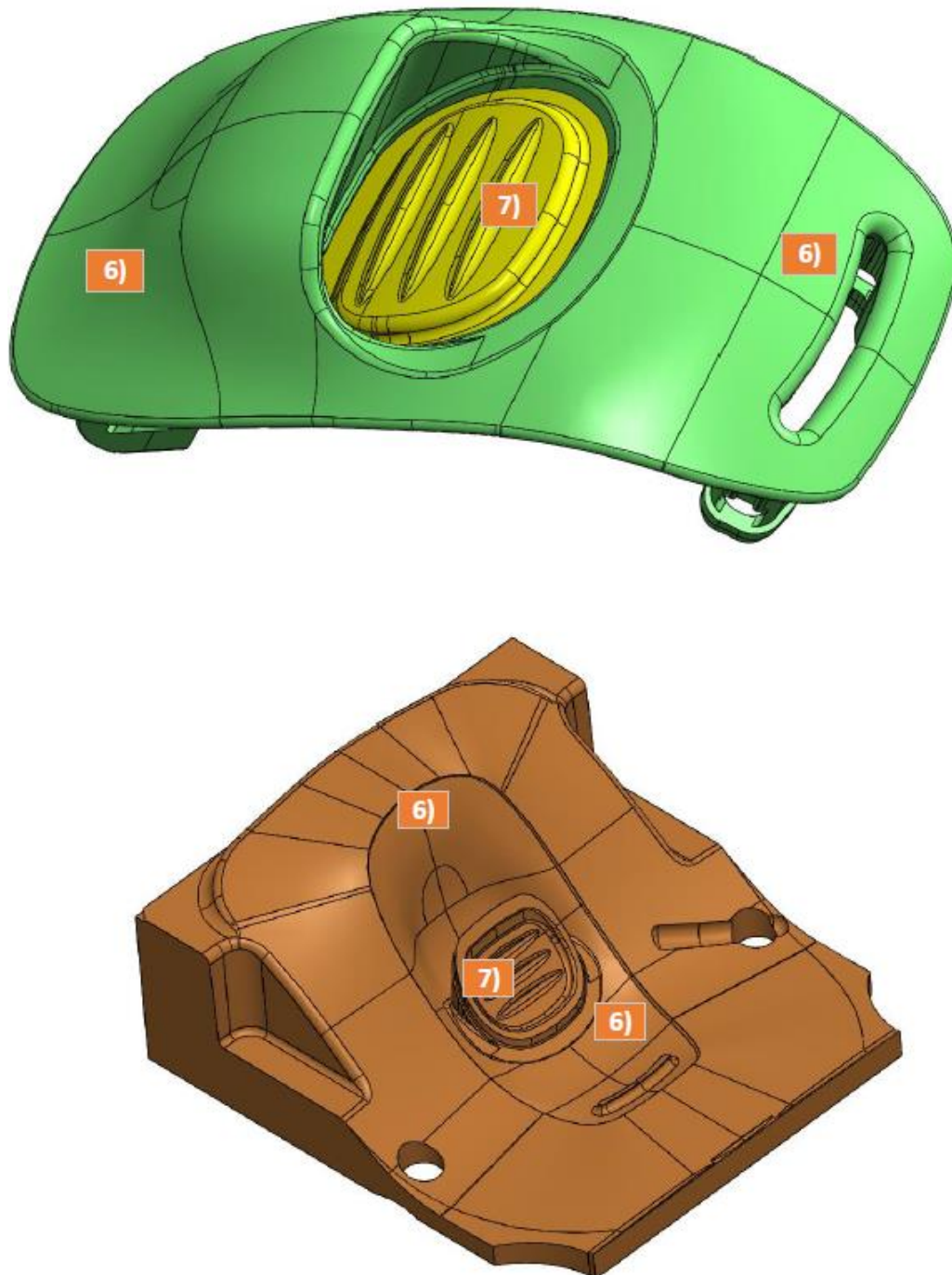


Figura 120 - Gravação do *ADJUSTER COVER* da extração: 6) Gravação do PP (Cavidade); 6) Gravação do HDPE (Cavidade)

3.8.3 Desenvolvimento da modelação

A continuação do desenvolvimento do molde foi realizada seguindo todos os aspetos já revistos anteriormente, sempre com recurso à ferramenta CAD (*computer aided design*).

Foi usado o mesmo código de cores que o grupo *Simoldes (Aços, S.A.)* habitualmente usa durante o desenvolvimento 3D de um molde, tal como indica a Tabela 22.

Tabela 22 - Código de cores

Nº	Cor	Aplicação
1		Superfícies de gravação no macho
2		Superfícies de gravação na cavidade
3		Superfícies da linha de junta do macho
4		Superfícies da linha de junta da cavidade
5		Superfícies de ajuste
6		Superfícies sem contacto (folga)
7		Superfícies com cotagem rigorosa/Levantadores
8		Cor neutra

A modelação em CAD foi executada de forma sequencial, de modo a que exista um plano de trabalho com coerência e rigor, através dos seguintes passos:

- Obtenção de todos os componentes *standard*, a partir dos cálculos executados (apresentados à posteriori) e dimensões visíveis na Figura 117;
- Desenvolver a estrutura do molde, juntamente com as cavidades da peça a injetar;
- Executar os postigos;
- Construção do sistema de extração e movimentos mecânicos;
- Desenvolvimento dos movimentos e sistemas hidráulicos;
- Aplicação do sistema de injeção;
- Gerar o sistema de controlo térmico;
- Criação do sistema de exaustão de gases;
- Desenvolvimento final, de todos os pormenores restantes (pequenos acessórios, almofadas, sistema elétrico, apoios do molde, etc.).

Todos os elementos do molde são identificados e numerados, tal como se verifica na Figura 121, Figura 122 e Figura 123, onde são identificados os principais elementos do molde UL598, sendo que a lista completa desses componentes está presente no anexo 12. A Figura 124 tem apenas como propósito fornecer mais cotas básicas, que permitam uma melhor perceção das dimensões do molde.

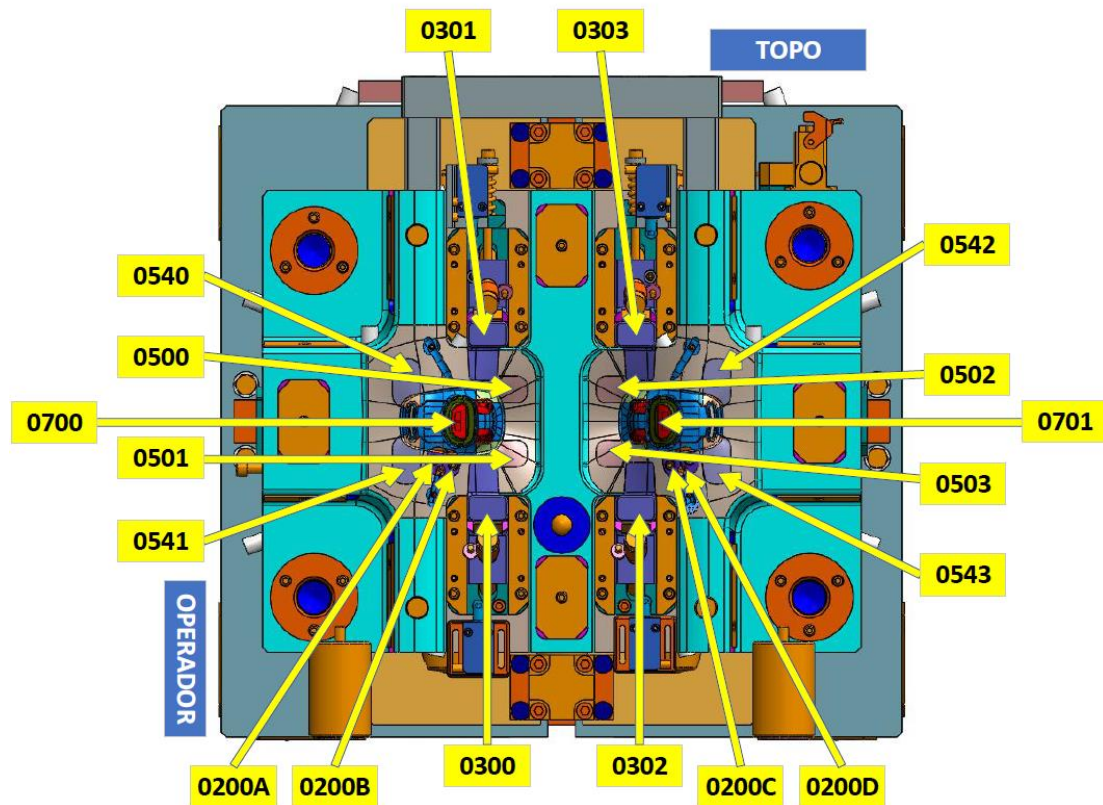


Figura 121 - Lista dos componentes principais do lado fixo (Macho)

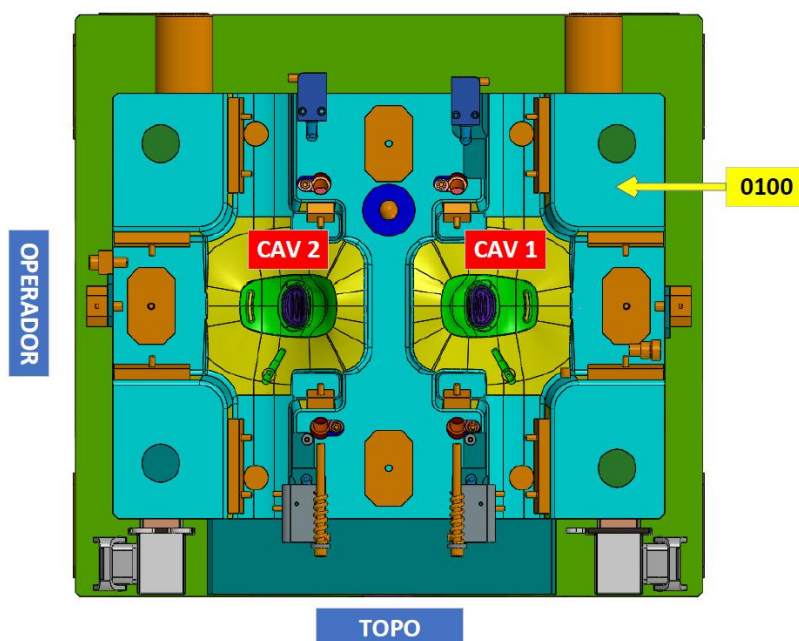


Figura 122 - Orientação e identificação das cavidades do lado móvel (Cavidade)

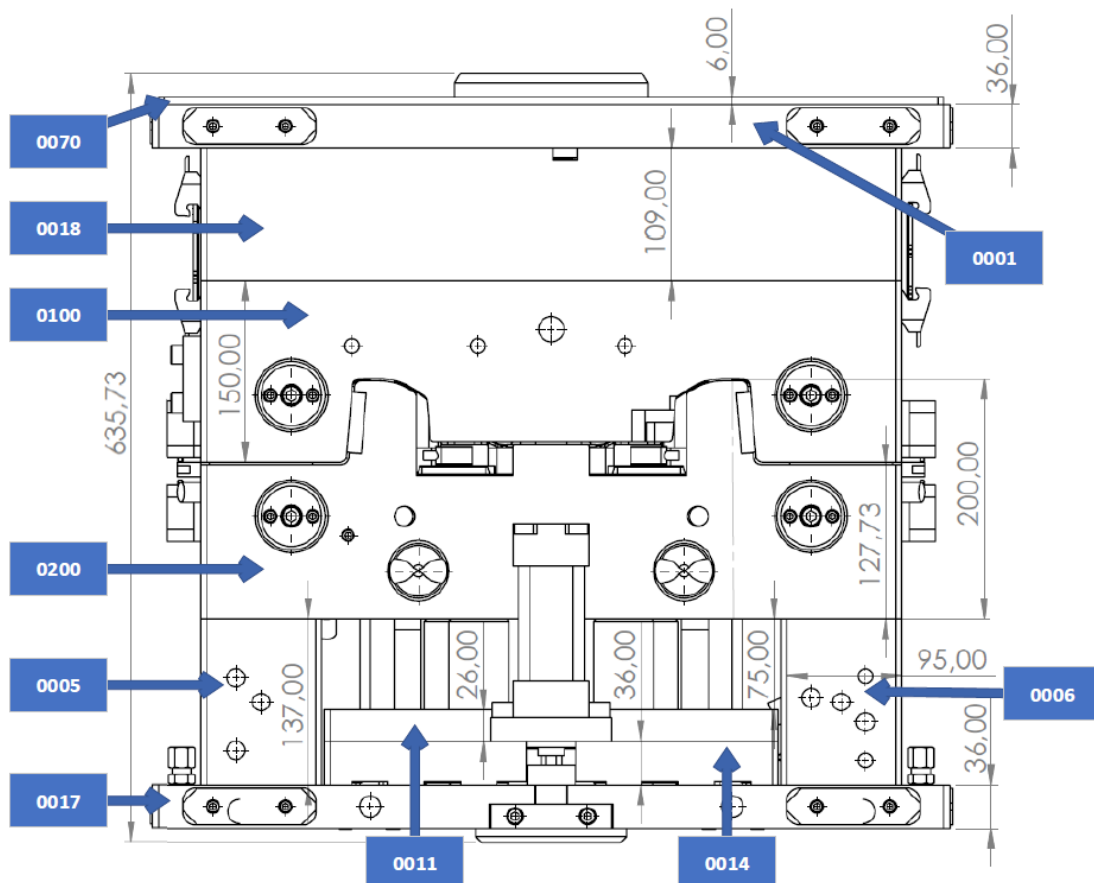


Figura 123 - Identificação dos vários componentes (Estrutura)

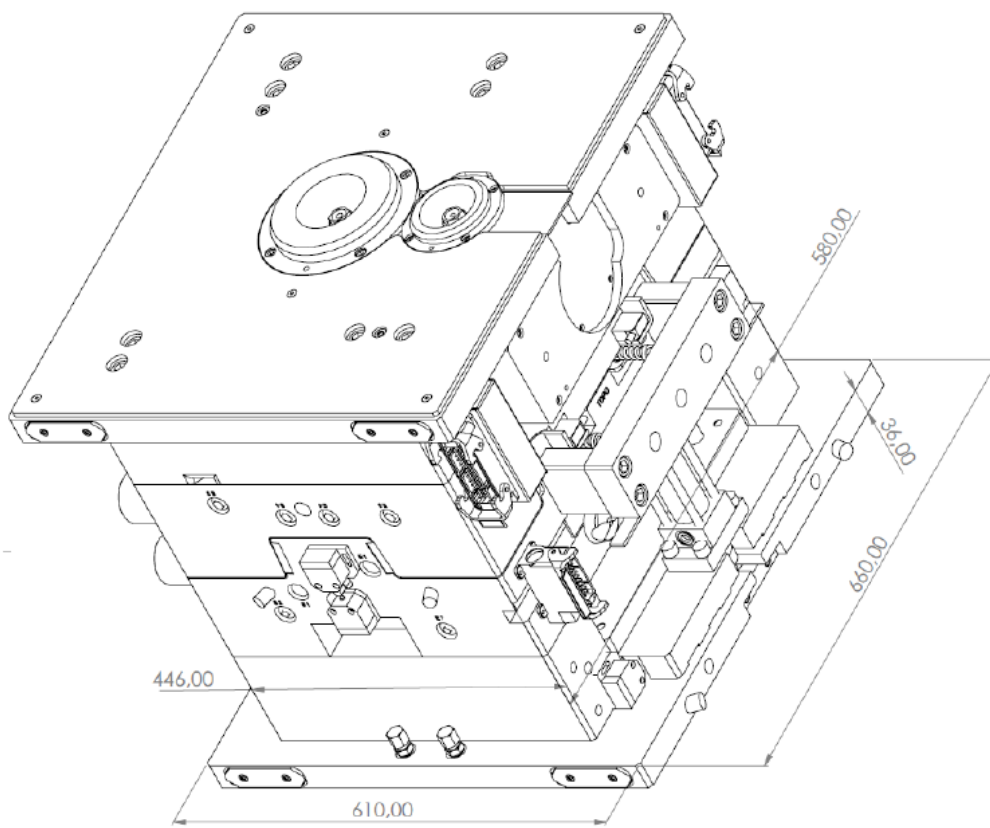


Figura 124 - Dimensões gerais do molde com referência UL598

3.9 Projeto: Fase final

A fase final do projeto consiste na reunião de toda a informação existente que foi apresentada, discutida e confirmada com o cliente e transformá-la num projeto final, pronto para ser entregue à produção.

No final, quando o projeto foi concluído, realizou-se a FLM (Ficha de Lançamento do Molde), onde as várias entidades de máxima responsabilidade em relação a este projeto assinam, validando-o para seguir em frente, para a sua produção (anexo 13).

3.9.1 Estrutura do molde

A estrutura do molde é um conjunto de placas em aço, responsáveis por comportar os componentes e funções do molde, respeitando os limites impostos pela máquina de injeção onde este irá operar. Os alicerces do molde, ou estrutura, para a peça *ADJUSTER COVER* está visível na Figura 125, em vista isométrica.

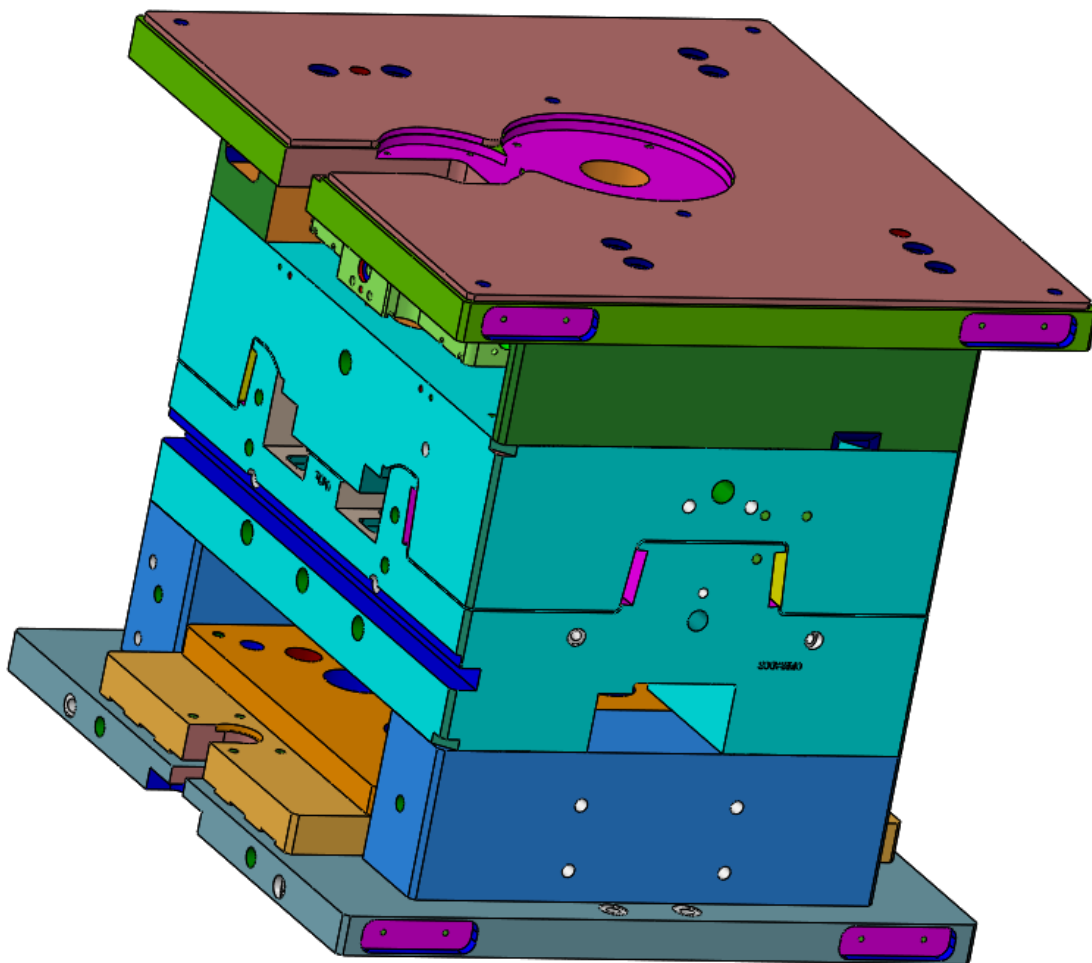


Figura 125 - Estrutura, vista isométrica

A Tabela 23, contém as vistas laterais da estrutura finalizada, necessitando apenas de lhe serem colocados os componentes, para que se possa denominar de molde.

Tabela 23 - Conjunto de vistas da estrutura final do molde para a *ADJUSTER COVER*

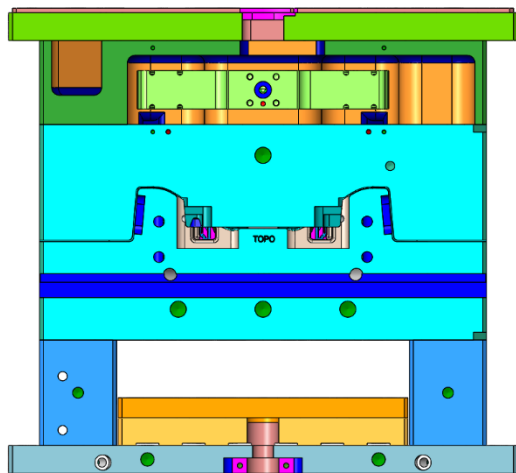


Figura 126 - Estrutura, vista do lado "topo"

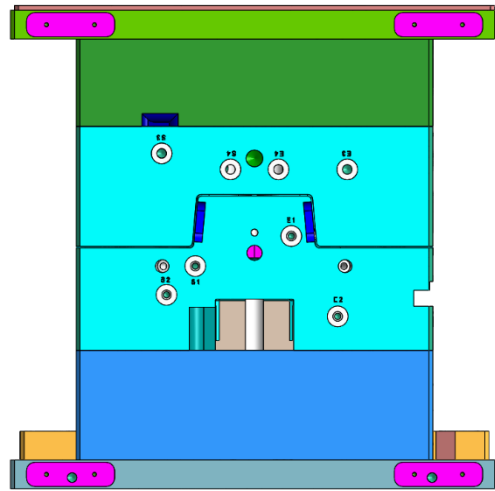


Figura 127 - Estrutura, vista do lado das entradas e saídas da refrigeração

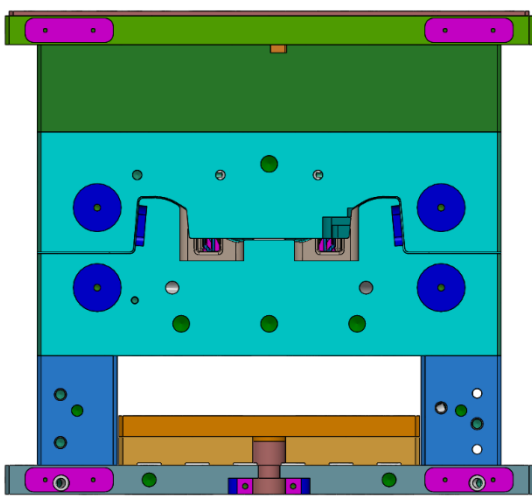


Figura 128 - Estrutura, vista do lado dos apoios

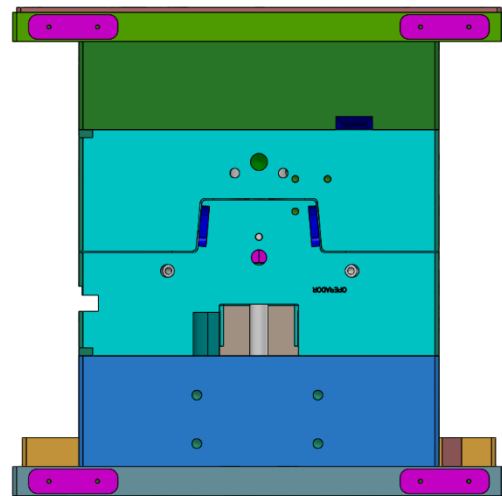


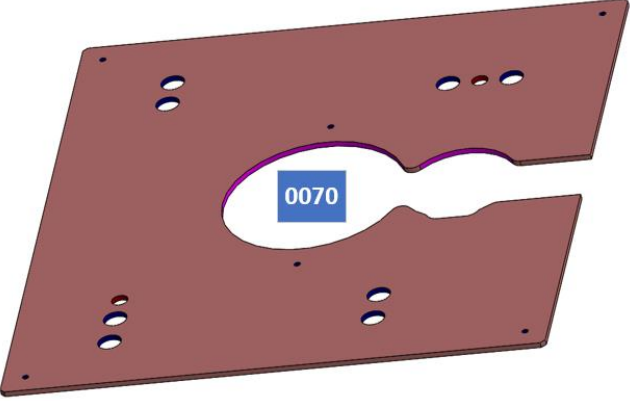
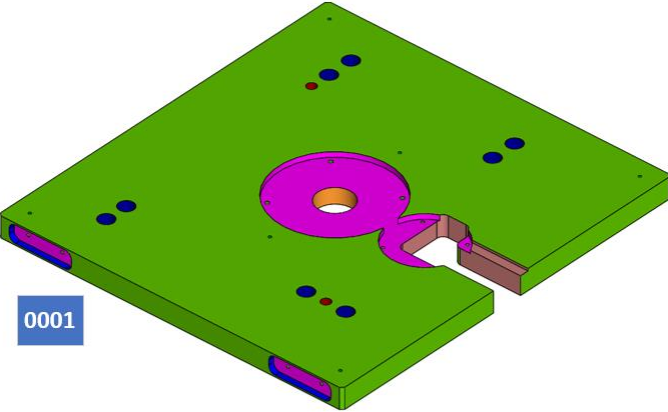
Figura 129 - Estrutura, vista do lado do operador

De notar que a vista designada de "Operador" (Figura 129) é aquela que ficará virada de frente para o mesmo, quando o molde estiver a operar na máquina. O molde visto deste lado e montado na máquina, criará a ilusão de que parece um molde simples, e não o UL598 de bi-injeção com sistemas de injeção a quente.

Do lado contrário, encontram-se as entradas e saídas de alimentação para o sistema de controlo térmico, visto idealmente se encontrem sempre do lado oposto ao operador.

A descrição de cada placa pertencente à estrutura do molde está apresentada e descrita na Tabela 24, sendo que cada um desses elementos já se encontra finalizado.

Tabela 24 - Componentes da estrutura do molde

Componentes	Descrição
	<ul style="list-style-type: none">➤ Possui a função de minimizar a transferência de calor por condução que o molde produz (sistema de injeção a quente) para os pratos de fixação na máquina de injeção.
Figura 130 - Placa isolante (Lado da injeção)	
	<ul style="list-style-type: none">➤ Fixar o lado móvel da estrutura ao prato de fixação do lado da injeção na respectiva máquina;➤ Comportar os dois anéis de centragem, um para o bico de injeção do PP e o outro para o de injeção do HDPE.
Figura 131 - Placa de fixação do lado da injeção ou placa de encosto do lado móvel	

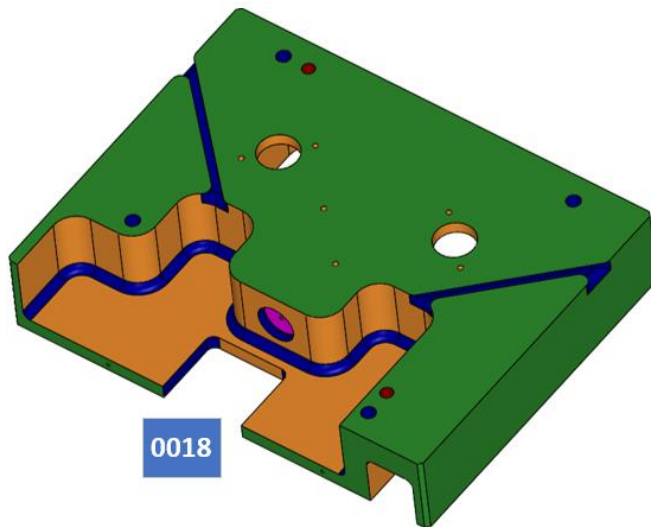


Figura 132 - Placa intermédia (Suporte injeção a quente): Vista isométrica

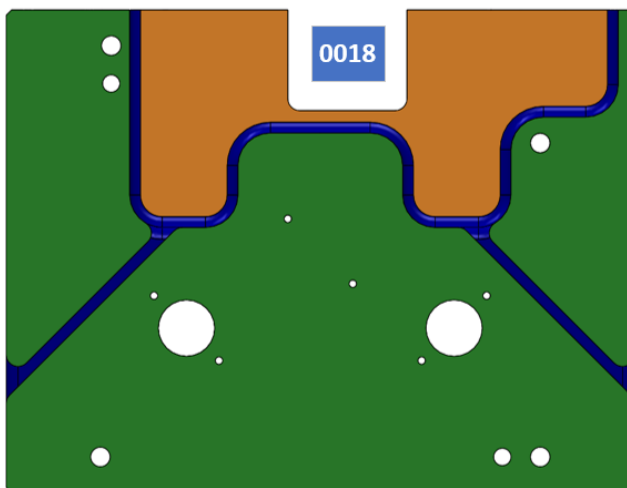


Figura 133 - Placa intermédia em vista de cima

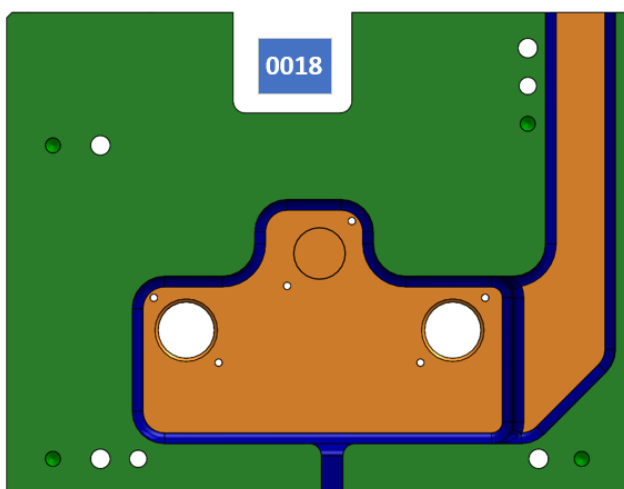


Figura 134 - Placa intermédia em vista de baixo

➤ Alojamos os dois sistemas independentes de injeção a quente, o que inclui:

1. Sistema de alimentação elétrico, para as resistências;
2. Dois módulos (Distribuidores) que contêm as resistências elétricas para aquecer o componente a uma dada temperatura, permitindo que seja conduzida para o seu interior onde circula o material polimérico, aquecendo-o através de condução térmica à temperatura desejada;
3. Condução de ambos os materiais poliméricos para o seu devido local na placa imediatamente abaixo.

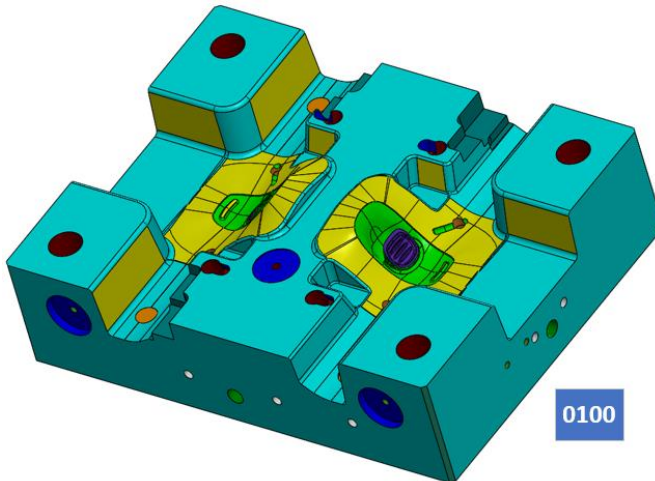


Figura 135 - Placa moldante, lado da injeção em vista isométrica

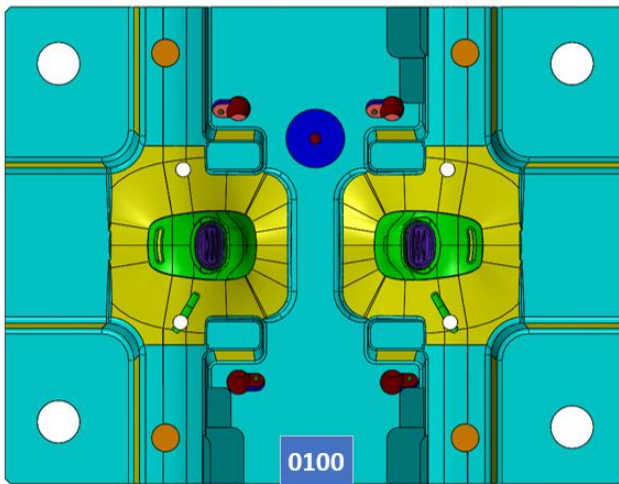


Figura 136 - Placa moldante, lado da injeção em vista de cima

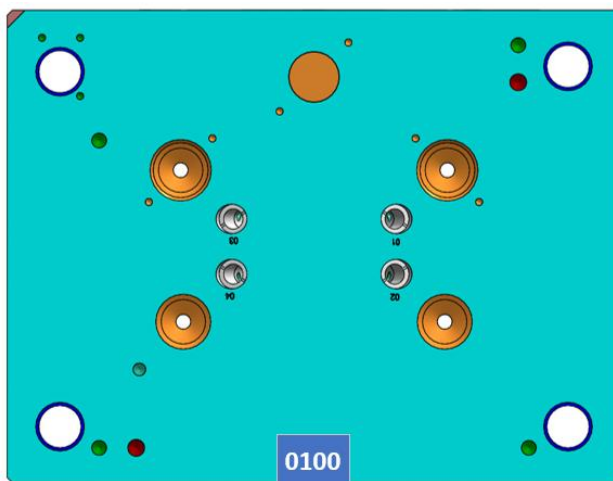


Figura 137 - Placa moldante, lado da injeção em vista de baixo

- Gravação direta da parte da peça *ADJUSTER COVER* que será visível, logo possui também a função de promover um bom acabamento superficial;
- Suporta os quatro injetores (Bicos quentes) que transportam e filtram os polímeros desde a sua saída dos módulos de aquecimento da placa intermedia até às entradas de injeção nas gravações da placa do lado da extração (Macho);
- Incorpora toda a parte do sistema de controlo térmico;
- Guiamento e centragem com a placa de gravação do lado da extração;
- Contém as quatro cunhas para fazer recuar os movimentos de extração horizontais na placa macho;
- Alojamento de parte dos pés do molde.

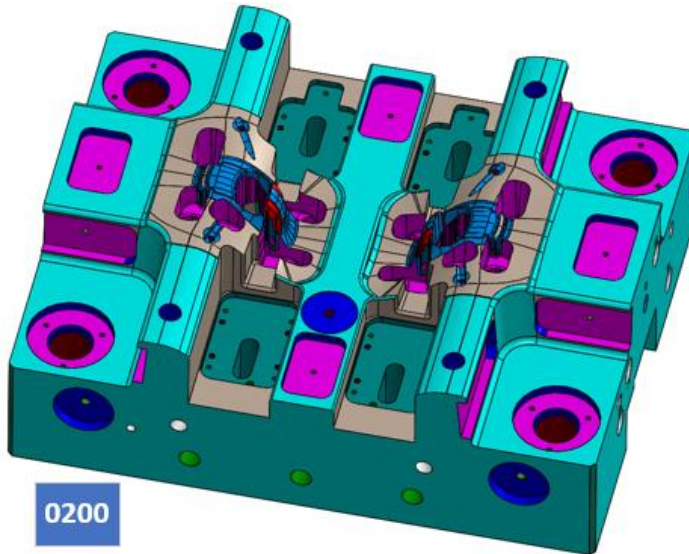


Figura 138 - Placa moldante, lado da extração em vista isométrica

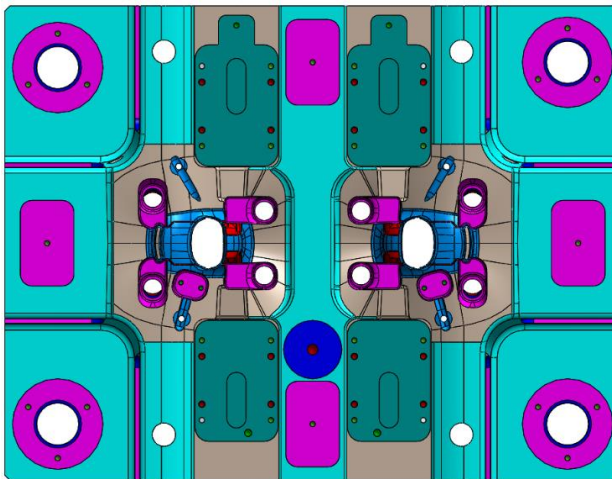


Figura 139 - Placa moldante, lado da extração em vista de cima

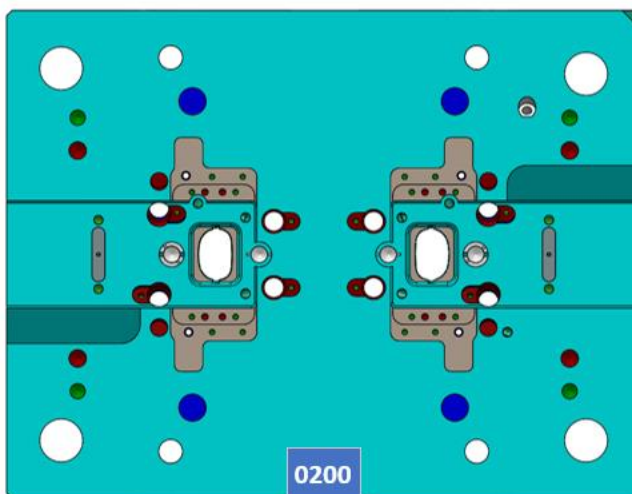


Figura 140 - Placa moldante, lado da extração em vista de baixo

- Gravação direta e indireta de todas as superfícies não visíveis da *ADJUSTER COVER*;
- Incorpora os quatro pontos de injeção;
- Suporta os quatro movimentos extratores horizontais, os quatro levantadores verticais e os quatro levantadores inclinados;
- Responsável por alojar todo o sistema hidráulico respetivo ao posição de gravação da parte da peça em HPDE, ou seja, o sistema de bi-matéria;
- Incorpora toda a parte do sistema de controlo térmico pertencente à respetiva placa;
- Guiamento e centragem com a placa de gravação do lado da injeção;
- Alojamento de parte dos pés do molde;
- Inclui o sistema de escape de gases.

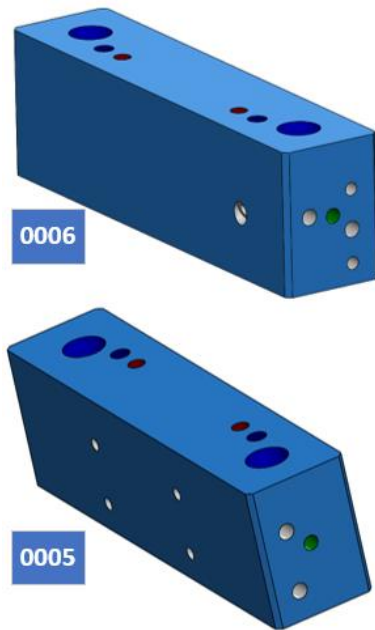


Figura 141 - Calços

- Criar um volume desocupado entre a placa de fixação do lado da extração e a placa macho, com altura suficiente para permitir incluir as placas de extração e um curso suficiente para ser possível extrair as peças injetadas;
- Suporte para parte do sistema hidráulico;
- Oferecer robustez à estrutura.

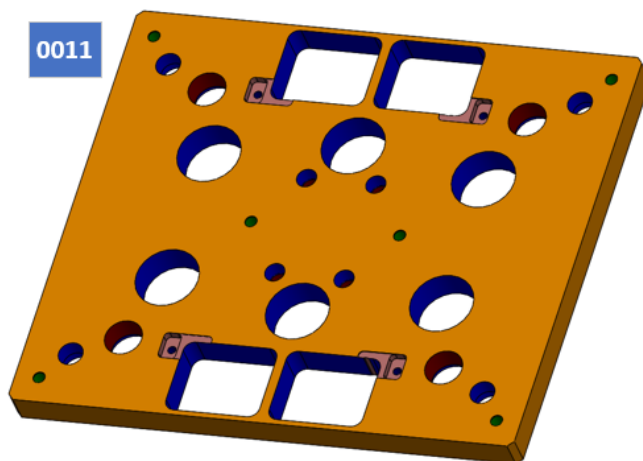


Figura 142 - Placa dos extratores

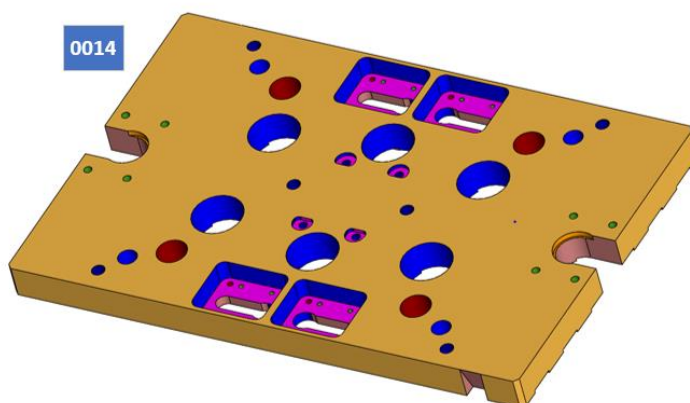


Figura 143 - Placa do aperto dos extratores em vista de cima

- Realizam um curso de 45 mm, com início na posição de encosto com a placa de fixação do lado da extração;
- Placas de suporte para o sistema mecânico de elevação dos oito levantadores e dos quatro movimentos extratores verticais;
- Contém quatro guiamientos para ambas as placas realizarem o movimento longitudinal sem desvios;
- Contém seis apoios de suporte para as placas moldantes;

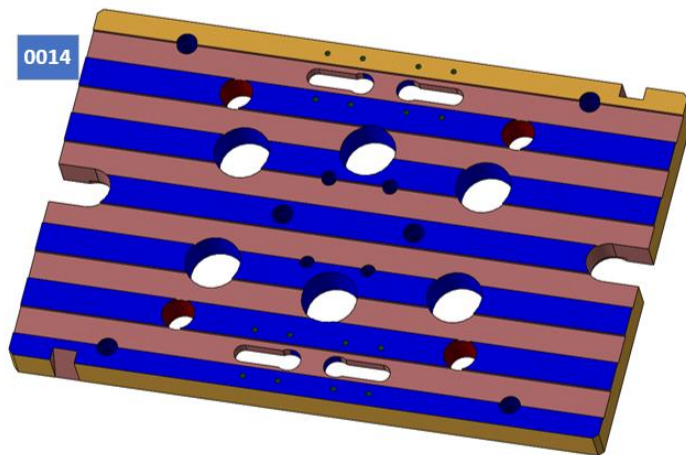


Figura 144 - Placa do aperto dos extratores em vista de baixo

- Contém quatro pernos de retorno, elemento de segurança que garante que, se algo correr mal, o dano ocorre aqui;
- Frisos na sua base, que evitam o esmagamento de resíduos que possam vir a acumular-se.

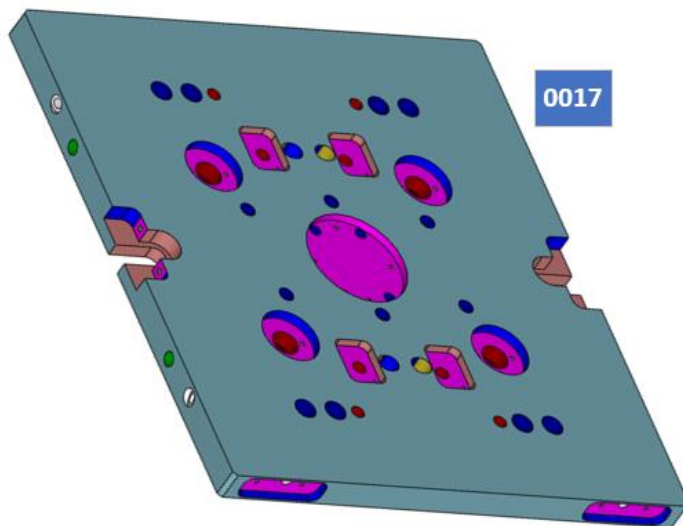


Figura 145 - Placa de fixação do lado da extração

- Fixar o lado da extração do molde ao prato de fixação do lado da máquina de injeção;
- Fixa elementos como os apoios nas placas de extração, guias das placas de extração e unidade de alimentação hidráulica;
- Suporte para parte do sistema hidráulico.

3.9.2 Postiços

O molde para a produção das peças *ADJUSTER COVER* possui postiços apenas na placa de gravação do lado da extração, ou seja, no macho. Na Figura 146, estão dois postiços responsáveis pela gravação da zona dos encaixes no topo da peça, sendo que estes postiços são parte integrante nos respectivos levantadores.

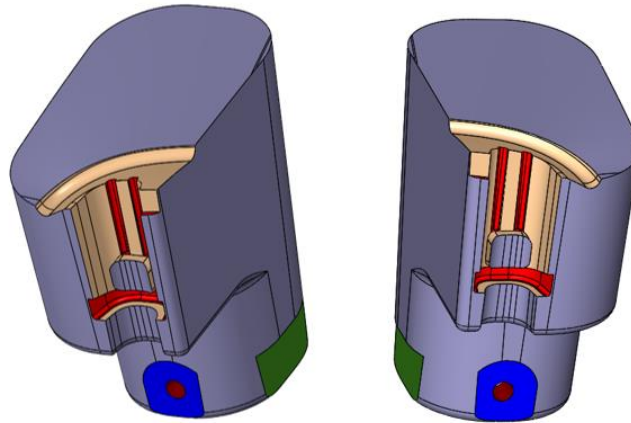


Figura 146 - Postiços dos levantadores inclinados (Esquerda e Direita)

A cabeça dos levantares verticais, responsáveis também pela gravação de parte da peça, estão visíveis na Figura 147, onde é possível verificar que possuem uma abertura desde a superfície a vermelho até à parte de trás, permitindo a passagem dos movimentos horizontais.

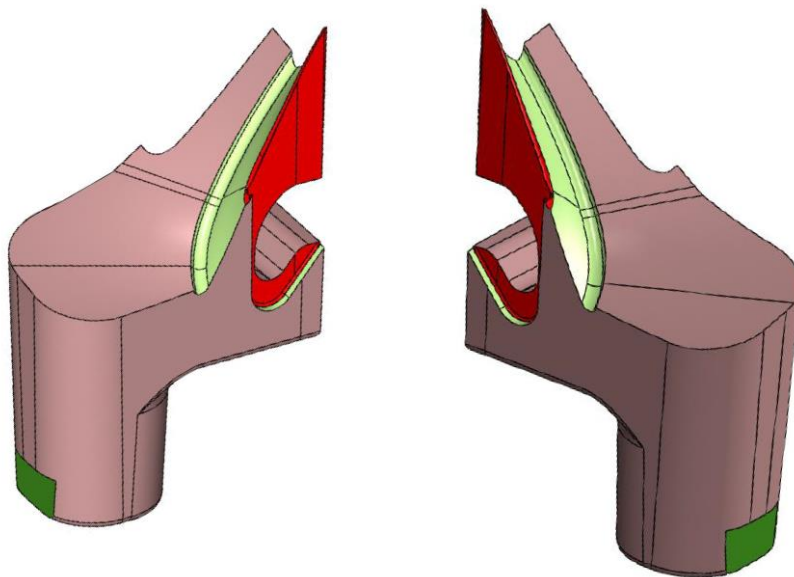


Figura 147 - Postiços dos extratores verticais (Esquerda e Direita)

As injeções para a parte da peça em PP são submarinas do tipo banana, pois é o melhor tipo de injeção quando se pretende ocupar pouco espaço e esconder o ponto de injeção no lado de baixo, e não visível da peça (Figura 148).

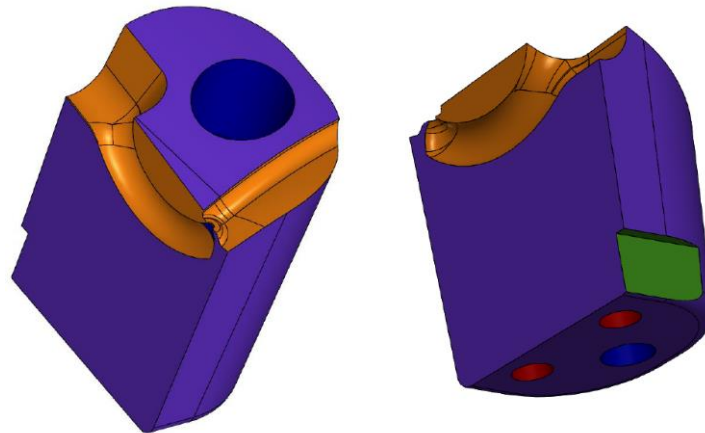


Figura 148 - Posições do canal de injeção do tipo “banana”

A zona inferior da parte da peça em HDPE é gravada através de um postigo que possui um movimento hidráulico. Este elemento encontra-se completo na Figura 149, onde a verde esta representada a zona responsável pela gravação e contacto com ambos os plásticos da peça em questão. Já a restante zona deste elemento possui funções relativas às deslocações necessárias para as duas posições que este movimento irá possuir. Os movimentos hidráulicos (na cor rosa, verde e vermelha) são constituídos pelo metal AMPCO 83, já as suas quatro placas de deslizamento (na cor amarela), são constituídas por outro metal AMPCO 18, dos quais mais à frente irão ser descritas as suas propriedades e motivos de seleção.

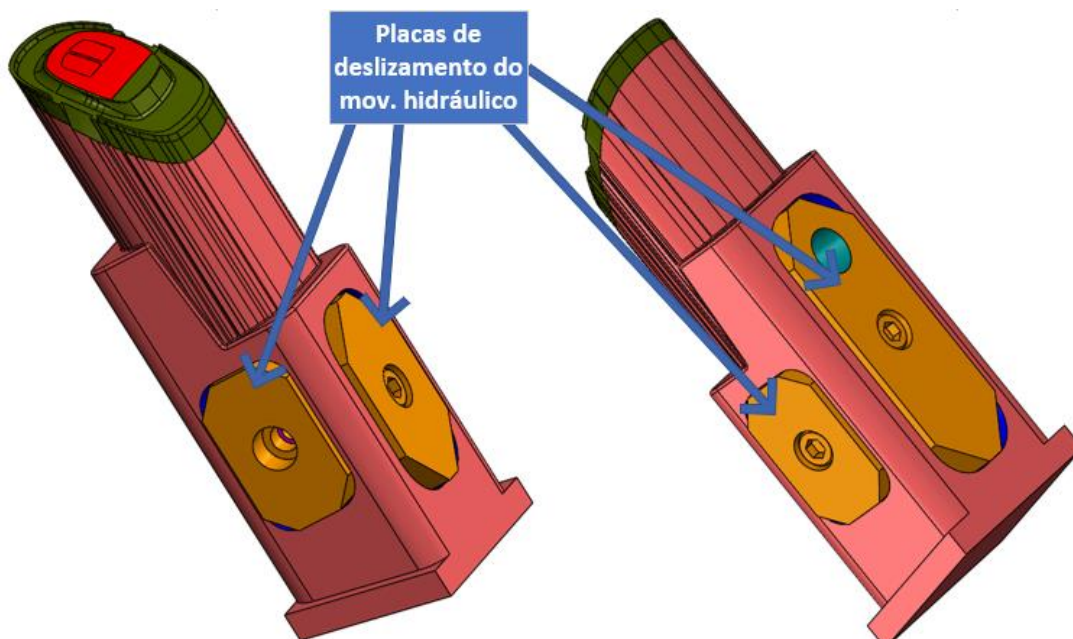


Figura 149 - Postigo completo para gravação de parte da peça em HDPE

3.9.3 Sistema de injeção a quente

Aqui começa a distinção deste molde em relação aos comuns, pois este, para além de possuir o tipo de injeção a quente, contém dois sistemas individuais deste tipo, que injetam polímeros totalmente distintos.

A empresa HRS foi a escolhida para ser a fornecedora destes sistemas de injeção a quente, tanto para fornecer os distribuidores, resistências elétricas e sistema elétrico, como para realizar a montagem das resistências nos distribuidores e montagem do sistema elétrico. As especificações destes componentes encontram-se no anexo 14.

A Figura 150 apresenta todo o sistema de injeção a quente, isolado do restante molde, sendo possível ter uma noção dos componentes do mesmo.

Na imagem referenciada à pouco, os bicos de injeção a quente que vão ser usados em cada uma das cavidades de gravação da peça *ADJUSTER COVER*, estão indicados com elipses a vermelho.

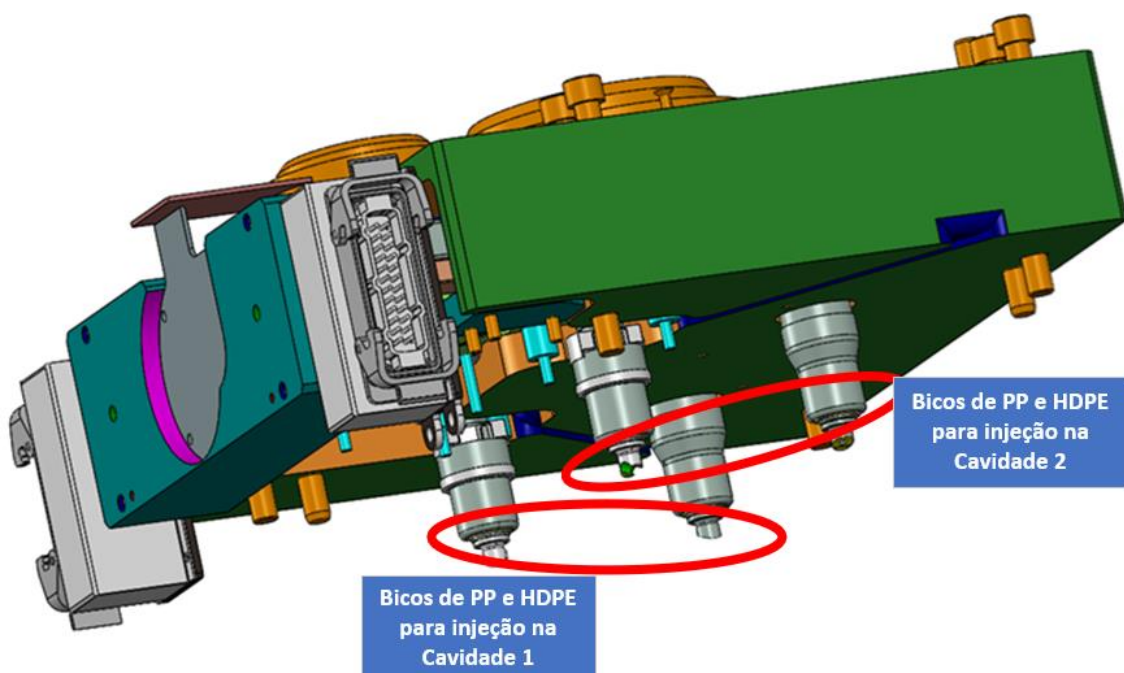


Figura 150 - Sistema de injeção a quente em vista isométrica

As imagens presentes na Figura 151, oferecem as vistas de baixo e de topo do sistema de injeção a quente, para oferecer uma melhor perceção dos seus componentes.

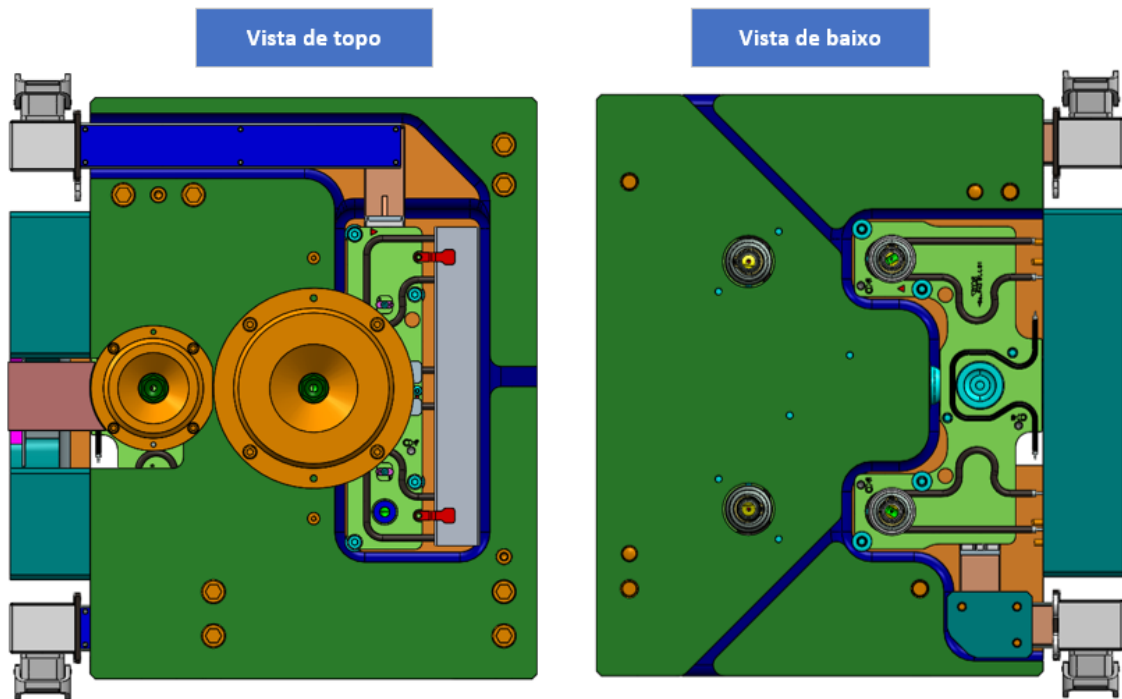


Figura 151 - Sistema de injeção a quente, em vista de topo e de baixo

A entrada do polímero PP no molde é realizada no bico com o anel de centragem maior, claramente visível na Figura 152, uma vez que o HDPE entra pelo outro anel de centragem. Toda a alimentação elétrica fica montada no topo do molde, mesmo ao lado da placa intermédia.

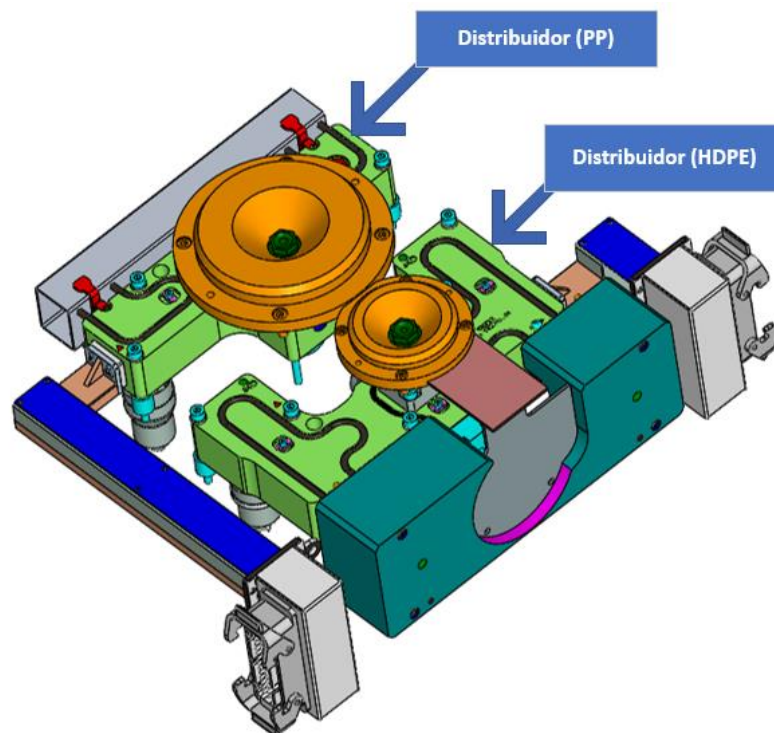


Figura 152 - Distinção dos dois sistemas de injeção quente, em vista isométrica

Tanto na Figura 152 como na Figura 153, é possível verificar todas as calhas (cor de cobre) em volta dos distribuidores, encaixados os conectores elétricos ou fichas (na cor cinzento claro), com a função de distribuir os cabos.

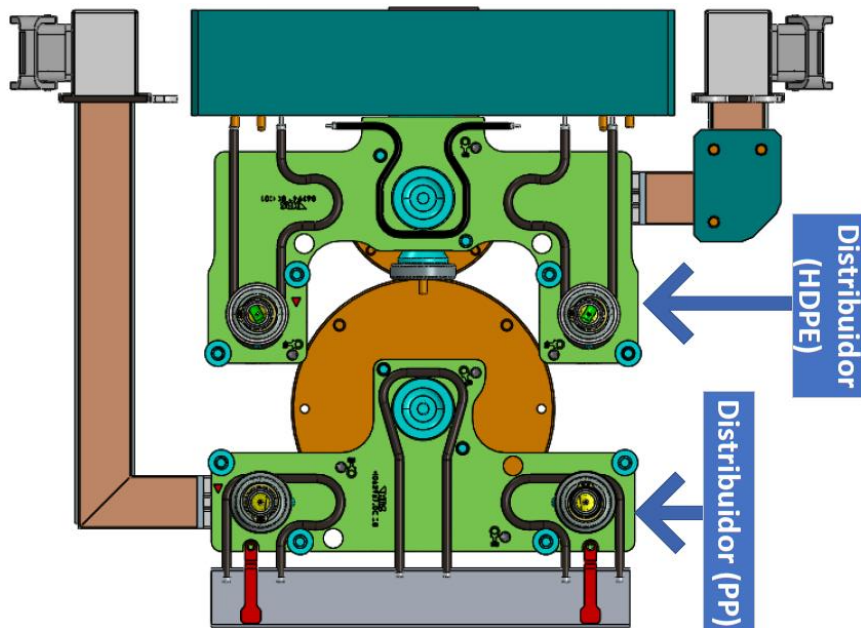


Figura 153 - Distinção dos dois sistemas de injeção quente em vista de baixo

Dentro dos distribuidores, existe um percurso que o material realiza enquanto é aquecido pelas resistências envolventes, até ao momento de saída (Figura 154).

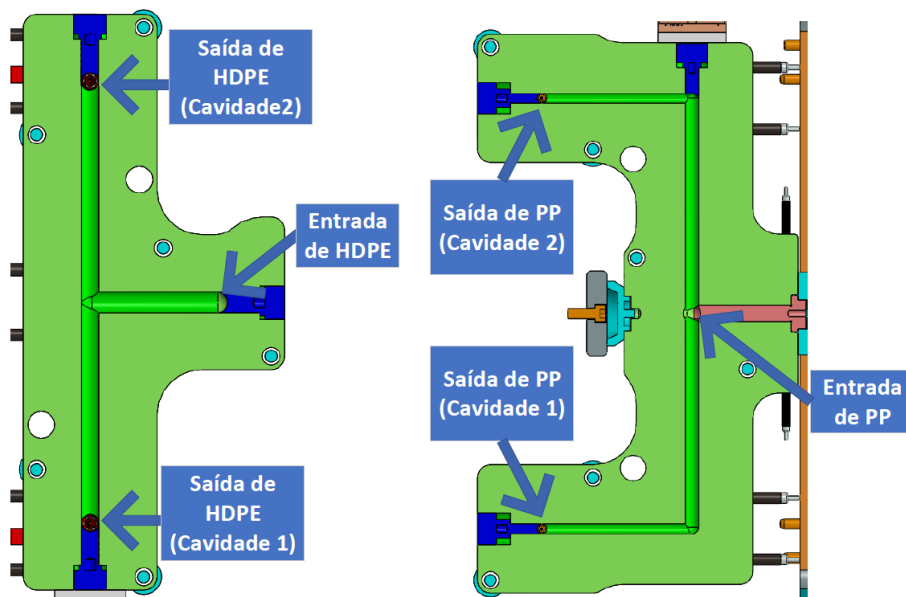


Figura 154 - Vista em corte dos canais no interior dos distribuidores

Os bicos a quente possuem um mecanismo que “filtra” o material que por ele passa, de modo a garantir uma homogeneidade na entrada destes polímeros para os canais de injeção das zonas de moldação (Figura 155).

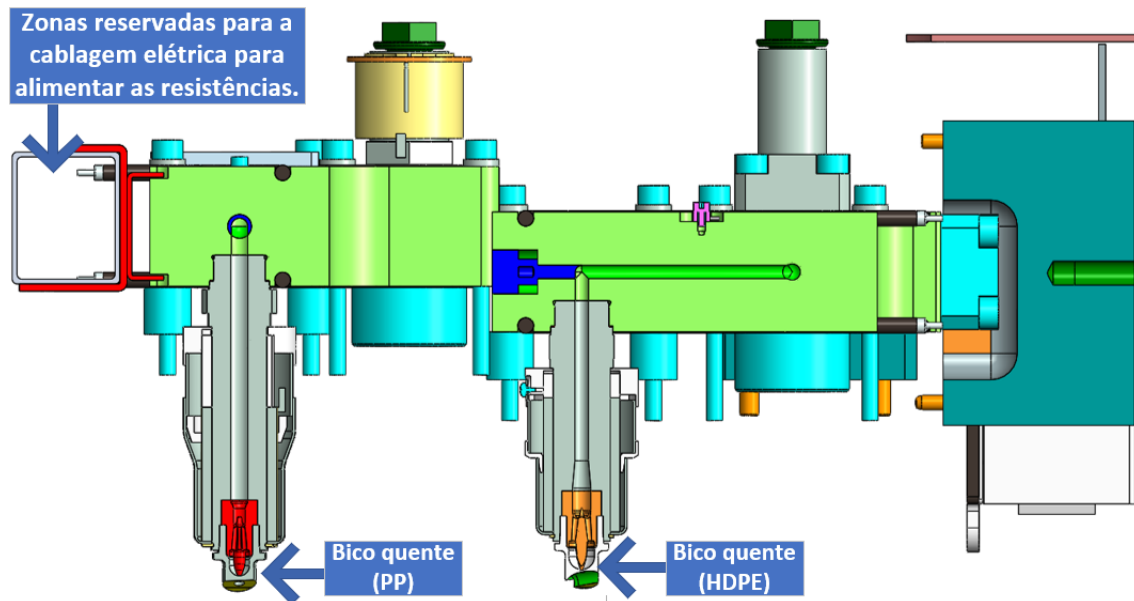


Figura 155 - Vista em corte dos distribuidores e bicos a quente

É possível verificar que a ponta do injetor é moldada em função do tipo de entrada de injeção para a peça, onde se verifica que o bico a quente para HDPE injeta material na entrada submarina para a parte da peça em HDPE, e o bico a quente do PP injeta o material para a entrada banana para a parte da peça em PP (Figura 156).

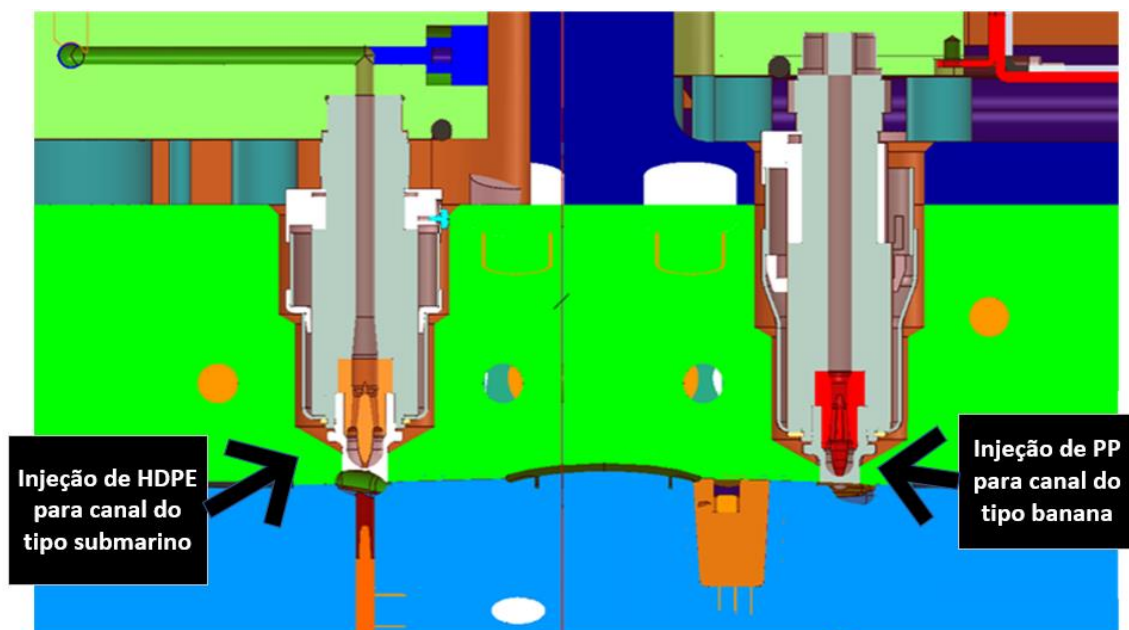


Figura 156 - Vista em corte dos bicos a quente montados no molde

3.9.4 Movimentos mecânicos (Extração)

Neste subcapítulo são apresentados todos os elementos responsáveis pela extração das peças *ADJUSTER COVER*. Como já tinha sido referido no subcapítulo 3.7.1, cada cavidade terá como elemento de extração dois movimentos extratores horizontais, dois levantadores verticais (a 90°) e dois levantadores com uma inclinação de 4° em relação a um eixo vertical. A Figura 157 é a vista de topo que inclui todos os elementos participantes na função de extração, de ambas as peças.

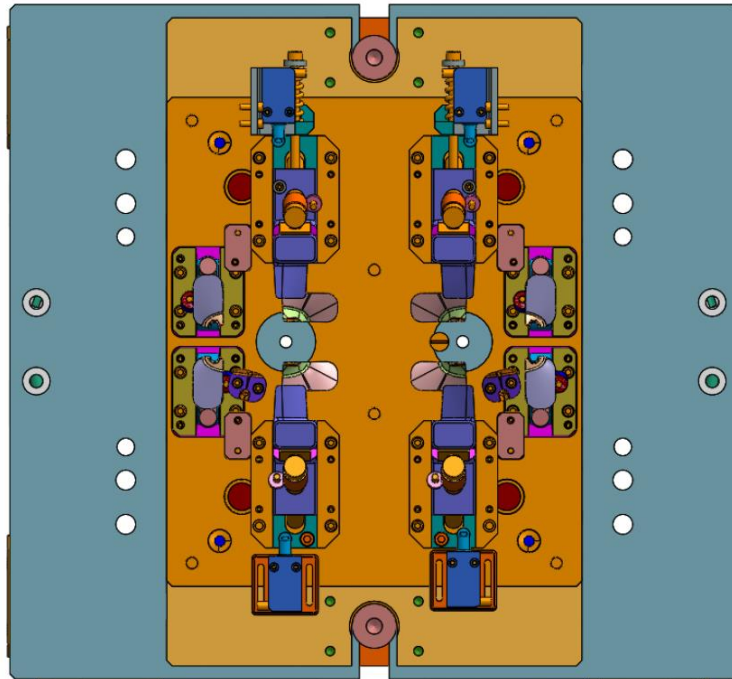


Figura 157 - Vista de topo de todos os elementos responsáveis pela extração

De seguida, é apresentada a Figura 158 que ajuda a melhorar a perceção espacial com uma vista isométrica destes elementos, mas já acompanhados com as peças a injetar.

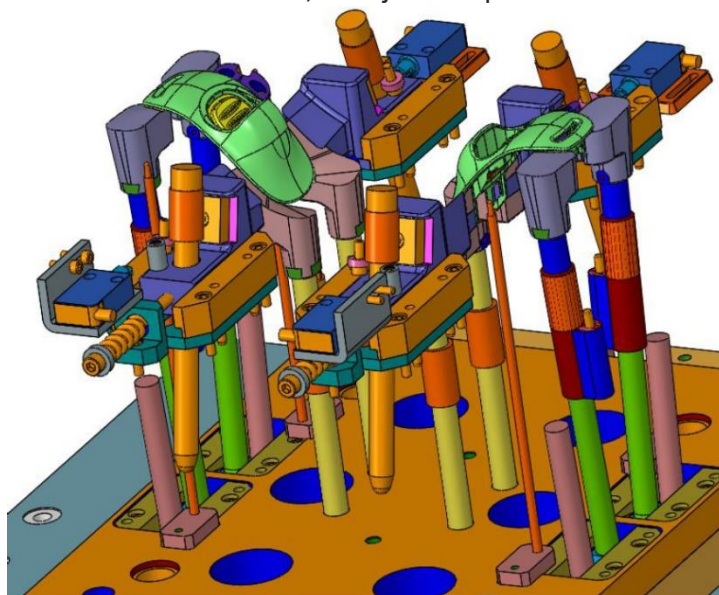


Figura 158 - Vista isométrica de todos os elementos responsáveis pela extração

Os doze elementos que executam a extração da peça são numerados na Figura 159, com o propósito de oferecer uma melhor compreensão, apesar destes já se encontrarem no subcapítulo 3.8.3, porém em outro contexto.

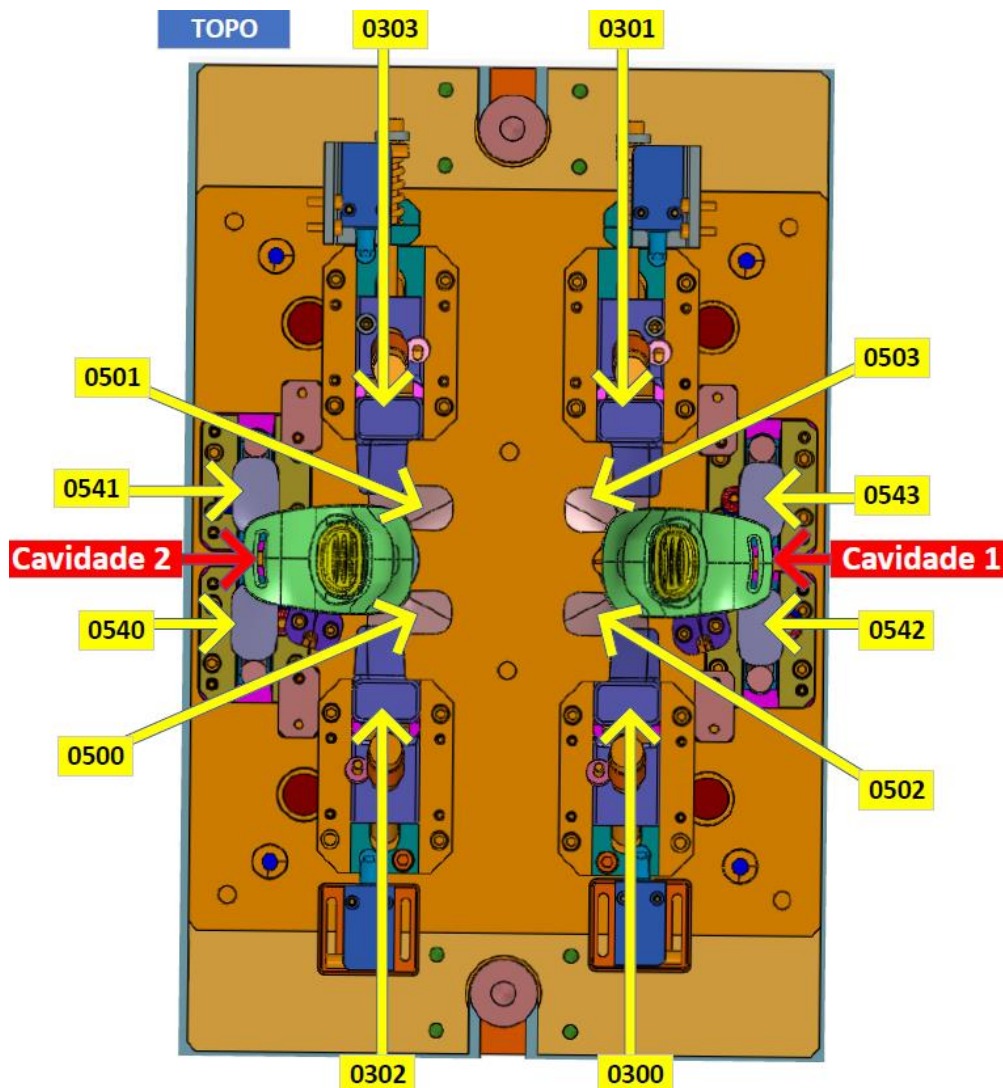


Figura 159 - Identificação dos elementos de extração

Os movimentos de extração horizontal (0300 a 0303) estão visíveis, em corte, na Figura 160, na sua posição de abertura ou avanço. As guias de cada um desses movimentos, têm a função de o conduzir durante a sua abertura e fecho, principalmente ao forçar a posição de avanço.

Os movimentos que ficam do lado do topo do molde, possuem molas com a função de os manter na posição de recuo, quando o molde se encontra aberto, pois como eles nessa posição estão contra o sentido da força de gravidade, necessitam de algo que os mantenha nessa posição quando a guia está afastada, juntamente com a parte móvel do molde.

Na Figura 159 é possível verificar para que lado fica o topo do molde, sendo que a gravidade aplica a sua força dali para baixo, daí a necessidade de molas nos movimentos de cima, enquanto os movimentos de baixo apenas necessitam de encostar num parafuso de cabeça cilíndrica M8 para limitar a “descida” destes dois movimentos para a sua posição de aberto.

Todos estes quatro movimentos horizontais incluem um *micro switch*, com a função de contar os ciclos de abertura e fecho dos mesmos, para controlo do tempo de vida útil destes componentes e do molde em geral.

O curso de recuo dos movimentos 0300 a 0303, vai de zero (posição de fecho ou recuo) até 45 mm, permitindo a desmoldagem da peça e o movimento de extração dos levantadores verticais 0500 a 0503.

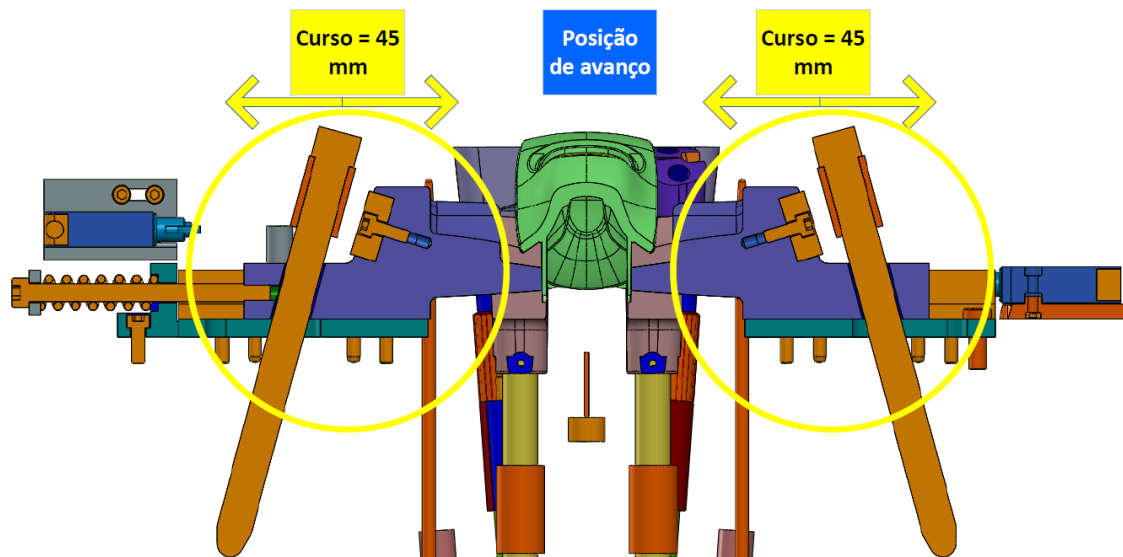


Figura 160 - Vista em corte dos extratores horizontais

A Figura 161, é uma vista em corte que permite verificar a posição dos movimentos 0300 a 0303, instalados nos levantadores 0500 a 0503, com a peça final no seu local de injeção, verificando assim o pormenor destes elementos de extração na posição de gravação dos furos da base da peça.

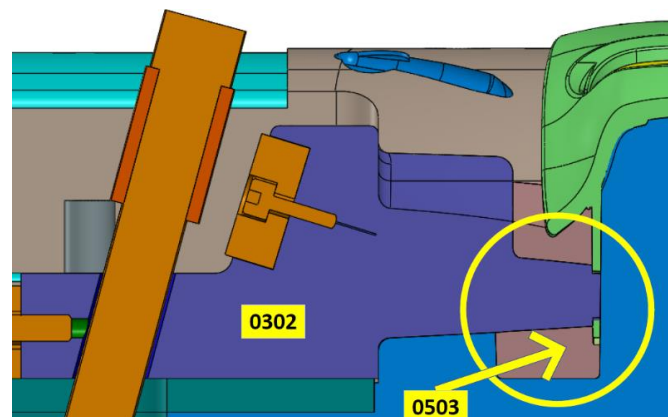


Figura 161 - Pormenor da execução da gravação na peça dos movimentos horizontais

A extração das peças tem como sequência iniciar pela abertura da parte móvel do molde (lado da injeção), que levará consigo as guias dos movimentos 0300 a 0303, obrigando-os a se deslocarem para a posição de recuo, permanecendo lá até todos os levantadores do moldes extraírem as peças de forma sequencial, através do movimento das placas de extração. Só depois a parte móvel do molde volta à posição do fecho, pois isto obriga as guias a entrarem dentro dos movimentos, fazendo-os correr para as posições de avanço.

A Figura 162 mostra do lado direito um movimento horizontal na sua posição de avanço (pronto para moldar o PP, naquela zona), e do lado esquerdo um outro movimento na posição de recuo (a guia subirá mais na abertura do molde, porém a partir daquele ponto, visível na imagem, já não fará recuar mais o movimento).

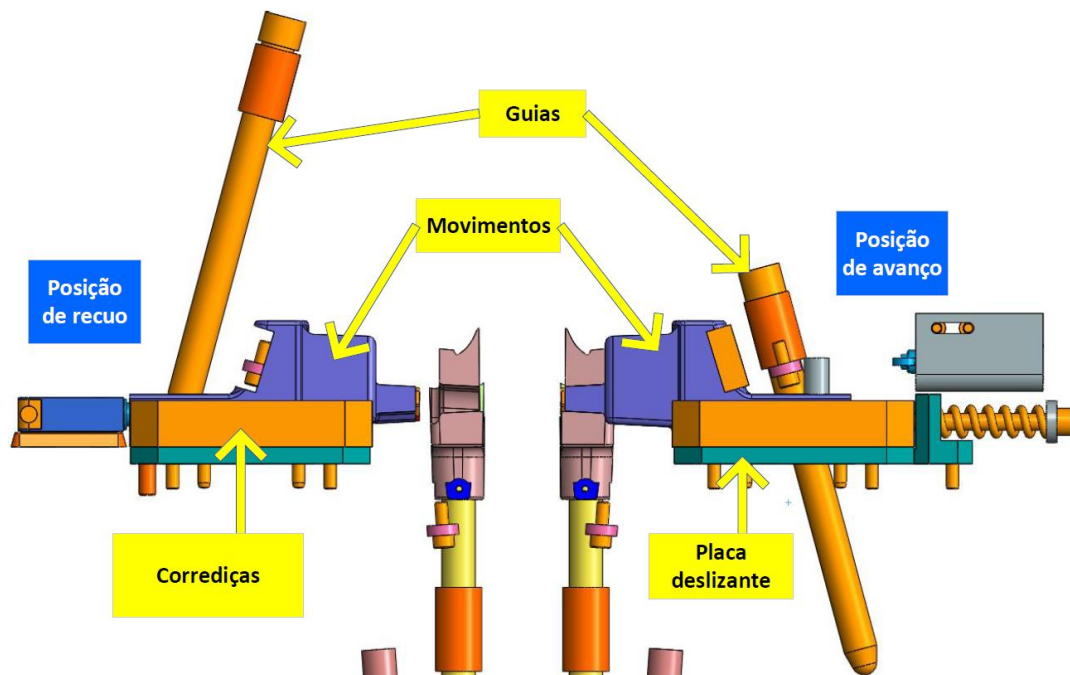


Figura 162 - Extratores horizontais (Posições fechada e aberta)

O espaço, posicionamento e fixação das guias dos movimentos de extração 0300 a 0303, nas placas moldantes, encontra-se visível na Figura 163.

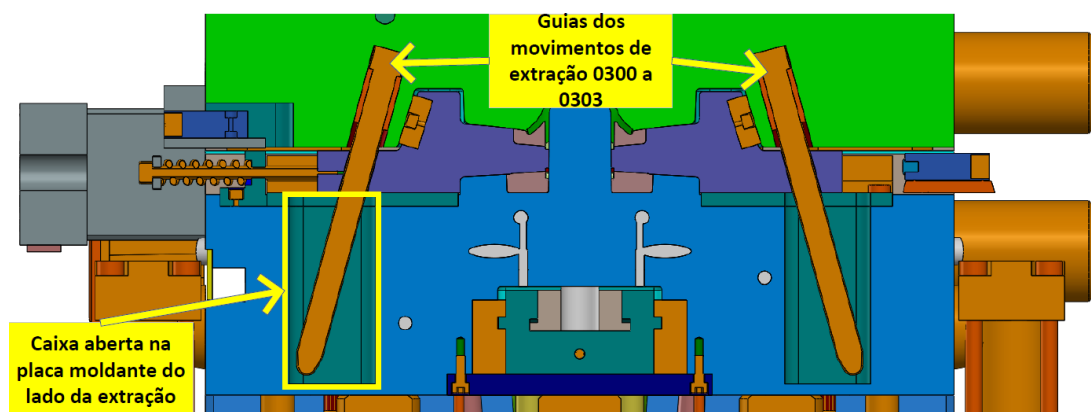


Figura 163 - Extratores horizontais, montados

Os levantadores 0500 a 0503, são os movimentos mais simples de extração do molde, pois apesar da sua cabeça ser um componente trabalhoso de maquinar, o corpo do mesmo é um simples extrator na vertical, que é aparafusado às placas de extração, tal como se encontra na Figura 164.

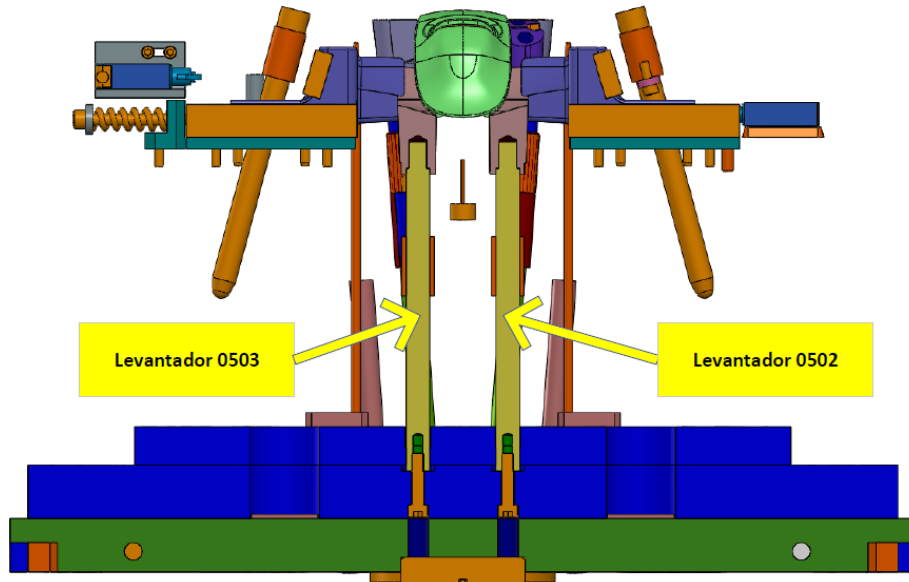


Figura 164 - Vista em corte (frontal) dos levantadores verticais a 90°

O desenho técnico da vista apresentada na Figura 164, é apresentado na Figura 165, que indica os ângulos de 90° dos levantadores em questão.

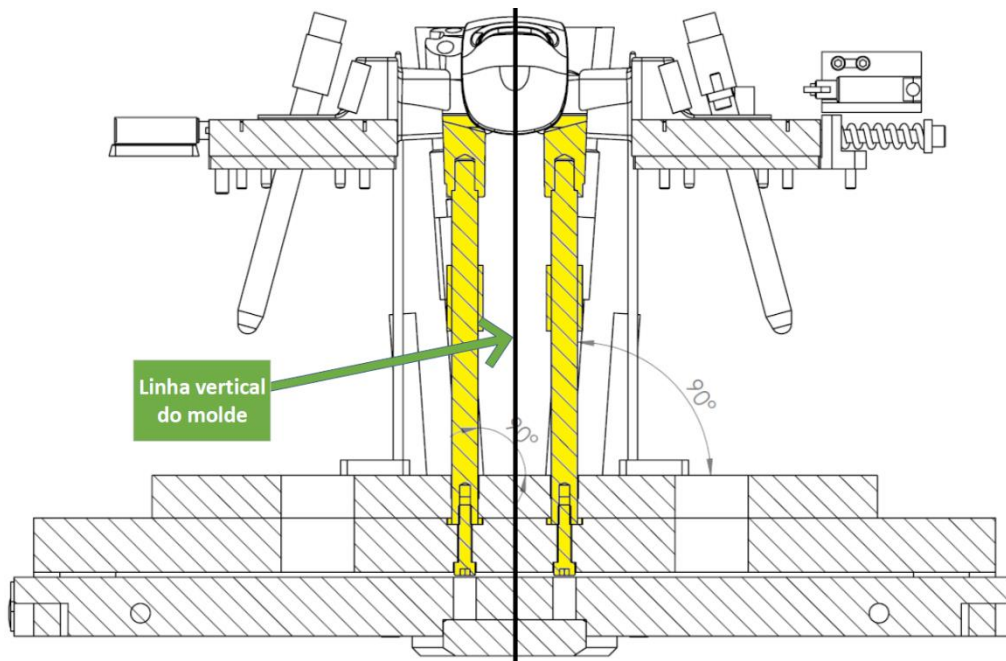


Figura 165 - Desenho técnico da vista em corte dos levantadores a 90°

A ocupação dos movimentos 0300 a 0303 dentro dos levantadores 0500 a 0503 é bem visível na vista lateral do molde, em corte (Figura 166).

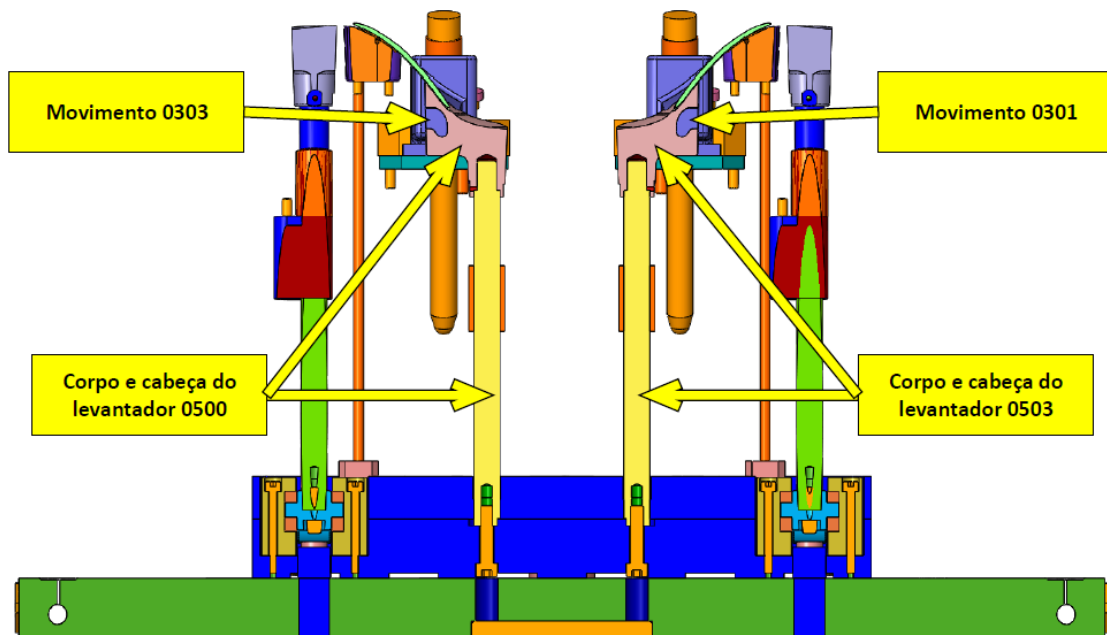


Figura 166 - Vista em corte (lateral) dos levantadores verticais a 90°

Os quatro levantadores inclinados, 0540 a 0543 (Figura 167), possuem também no seu topo uma cabeça (em contacto com a peça, pois é parte da gravação), que é aparafusada ao corpo do respetivo levantador. Estes levantadores realizam uma extração inclinada, estando fixados ao mecanismo nas placas de extração, que faz com que estes levantadores possuam um curso na diagonal, com a inclinação de 4° em relação à linha vertical do molde (linha essa identificada na Figura 165). Estes levantadores são do tipo “balancés”, ou com veio duplo, pois o seu ângulo de inclinação é inferior a 10° e existe espaço nas placas de extração para aplicar este tipo de extração.

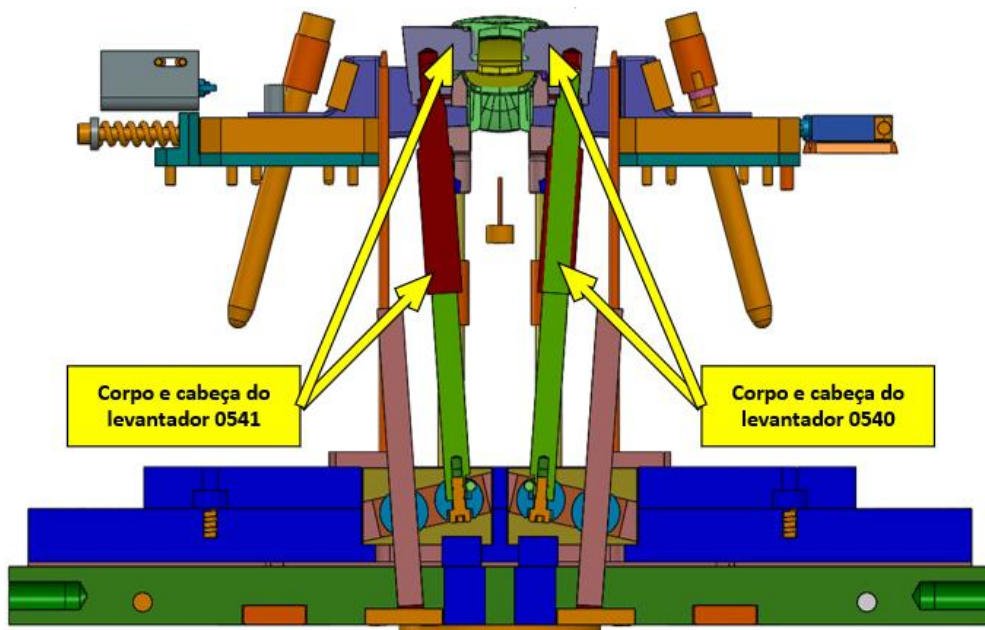


Figura 167 - Vista em corte dos levantadores com inclinação de 4°

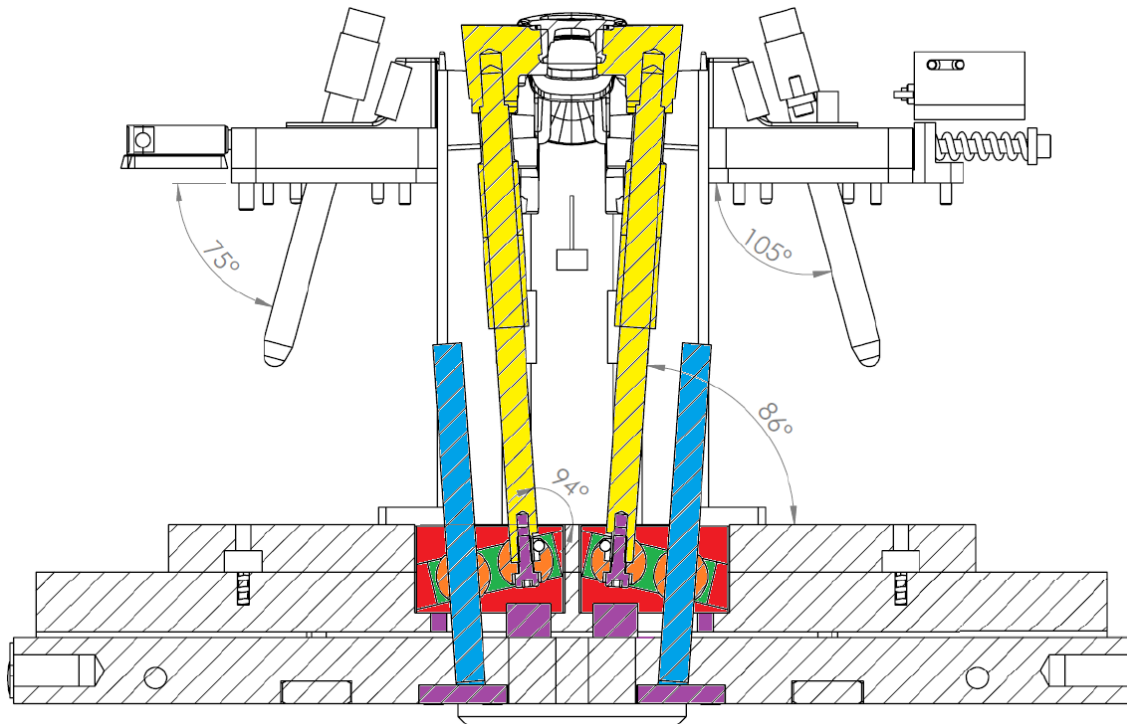


Figura 168 - Desenho técnico da vista em corte dos levantadores de 4°

A parte do mecanismo que permite a estes levantadores realizarem o movimento inclinado, são as guias, com a mesma inclinação de 4° em relação à linha vertical do molde, que ficam fixas à placa de encosto do lado da extração (guias na cor azul e fixações na cor roxa), uma vez que a restante parte do mecanismo está fixa às placas de extração que se movem (Figura 168).

Assim que as placas de extração avançam, alimentadas pelo sistema hidráulico, levam consigo as corrediças (na cor vermelha). Porém estes sobem a 90°, logo, de modo a que os levantadores ascendam não na vertical, mas na diagonal, dando uso à sua inclinação de 86° ou 94° (em relação à perpendicular das superfícies das placas), o mecanismo no interior das corrediças (na cor verde e laranja) têm como função movimentar a base do corpo destes levantadores (na cor amarela), lateralmente, de modo a que a base dos levantadores acompanhe a linha diagonal do mesmo. Ou seja, as guias (azul) são a parte fixa do mecanismo que ditam a direção do mecanismo no interior das corrediças (laranja e verde) que, por sua vez, guiam a base do corpo dos levantadores (amarelo), pois o restante corpo e cabeça dos mesmos são guiados pela placa de gravação do lado da extração (Figura 168).

O molde possui ainda, para a extração dos jitos, quatro extratores verticais e simples, que se fixam entre as corrediças dos levantadores, 0540 a 0543, e um pequeno suporte para cada, tal como é visível na Figura 169.

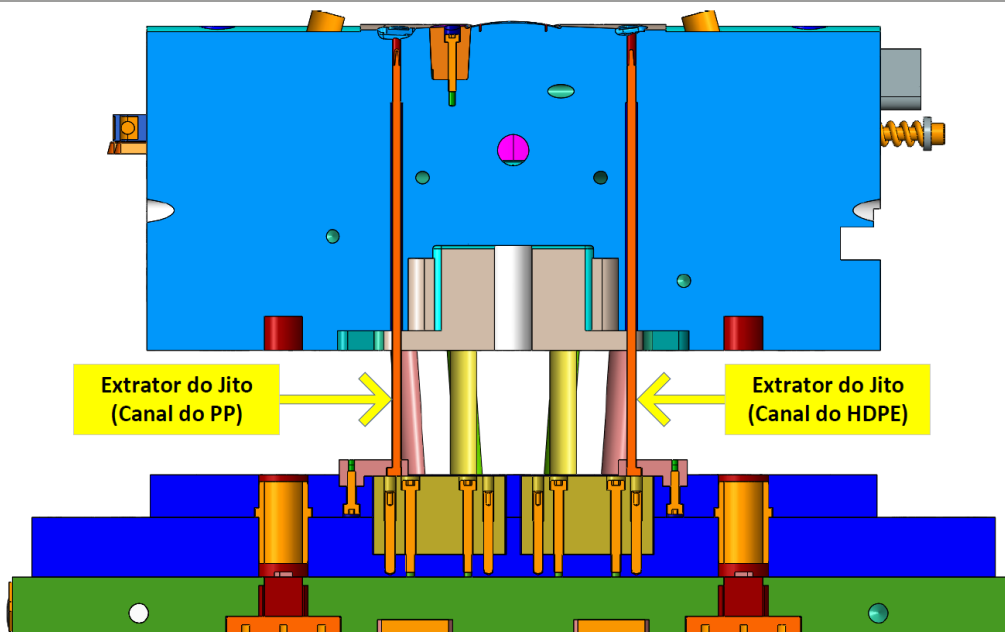


Figura 169 - Vista em corte dos extratores simples para o Jito

3.9.5 Movimentos hidráulicos e circuito hidráulico

Tanto os postigos de gravação do HDPE como as placas de extração, possuem movimentos hidráulicos, sendo quatro ao total: dois cilindros do tipo um para os postigos e dois cilindros do tipo dois para as placas de extração (Figura 170).

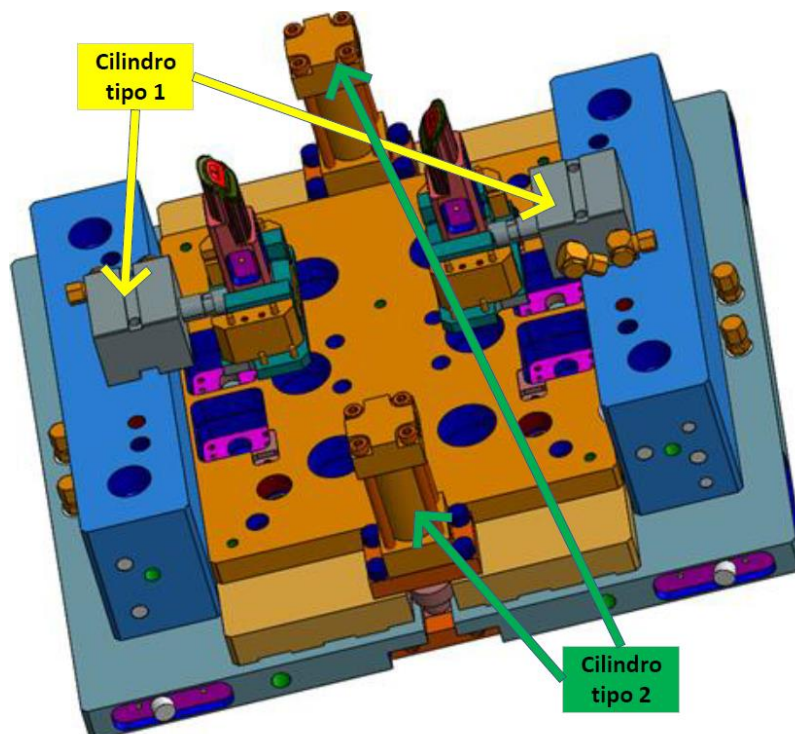


Figura 170 - Identificação da estrutura hidráulica

A Figura 171, permite ter uma noção das zonas por onde as redes de distribuição do fluido hidráulico passam, nos calços e na placa de fixação do lado da extração.

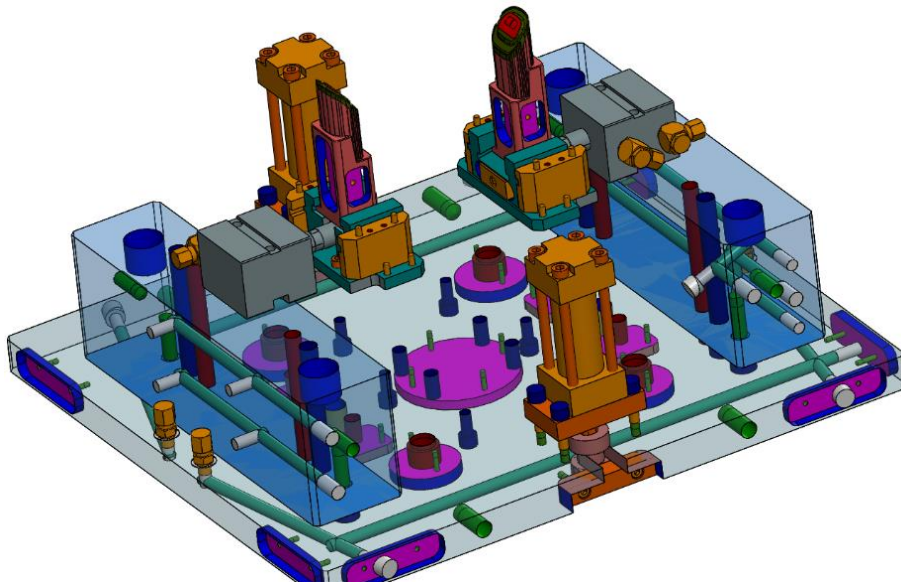


Figura 171 - Transparência dos aços que suportam as redes de distribuição hidráulica

De modo a melhorar a percepção e leitura das imagens que se seguem neste subcapítulo, a Figura 172, indica a posição dos dois calços com furações diferentes, pois cada um deles tem a função de servir de conector à entrada e saída do fluxo hidráulico de ambos os circuitos.

O circuito ou rede de distribuição número um, tem entrada e saída (independentes e alimentados pela máquina de injeção) no calço 0005 e distribuído através de dois circuitos na placa de extração do lado da injeção, sendo esses dois circuitos, um para a entrada e outro para a saída.

A rede de distribuição número dois, também alimentada de forma independente através da máquina de injeção, tem entrada e saída no calço 0006, sendo que a partir deste a distribuição vai direta aos cilindros do tipo dois (Figura 172).

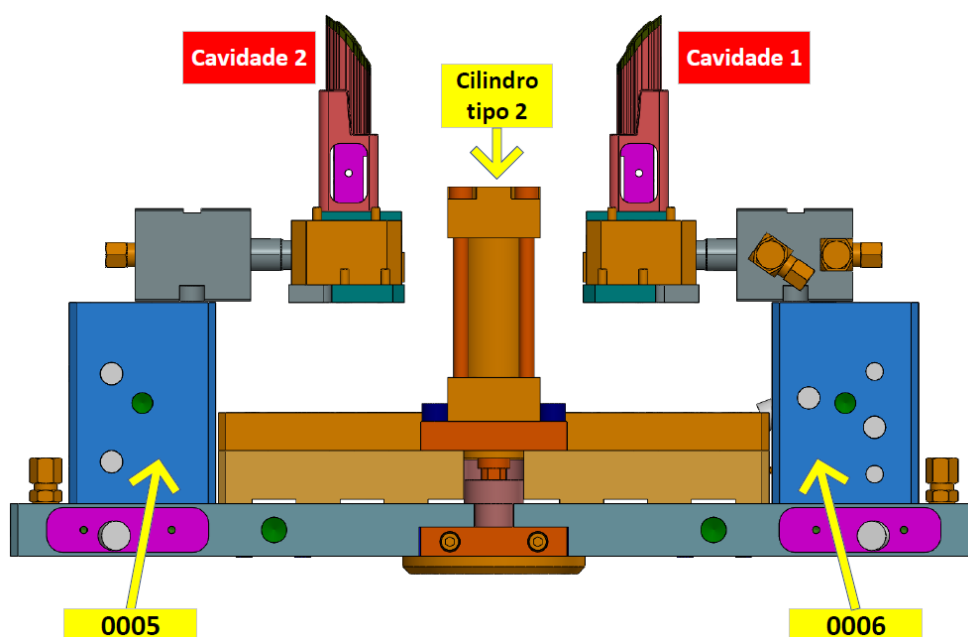


Figura 172 - Identificação dos calços em relação às cavidades (Sistema hidráulico)

O molde possui quatro cilindros hidráulicos, dois deles são do tipo um e os outros dois são do tipo dois. Os cilindros do tipo dois (Figura 173), são concebidos para realizar o movimento de extração e são mais robustos, pois vão estar expostos no exterior do molde ou contrario dos cilindros do tipo dois que estão no interior do molde, já os cilindros do tipo um (Figura 174), são mais compactos e ajustados para movimentos de postigos.

Todos eles partilham a mesma base de funcionamento, possuem uma entrada e uma saída de fluido hidráulico em locais opostos, ou seja, o seu avanço e recuo é controlado e efetuado hidraulicamente, mudando apenas o seu formato, que é adaptado ao objetivo desejado. Existem cilindros com recuo ou avanço através de uma mola integrada, porém, na reunião com a *Simoldes (Aços, S.A.)*, estes não foram tidos em conta, uma vez que não garantem tanta segurança no movimento realizado pela mola.

Os dois cilindros do tipo dois, responsáveis pelo avanço e recuo das placas de extração, usam como base fixa a placa de encosto do lado da extração, e o restante fixa-se às placas de extração, sendo que quando o pistão avança, o cilindro faz as placas subir os 45 mm necessários à extração das peças (Figura 173).

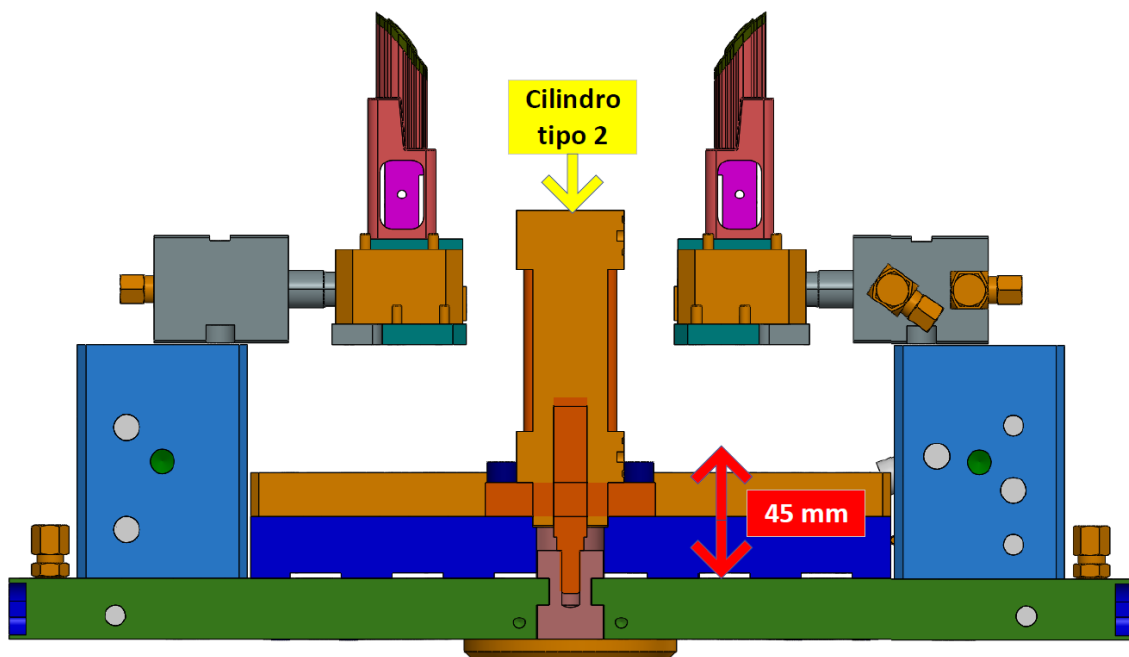


Figura 173 - Movimento hidráulico das placas de extração

A logica é exatamente a mesma para os cilindros do tipo um, sendo que estes estão fixos à placa de gravação do lado da extração e fazem movimentar um mecanismo, pois assim que os pistões destes cilindros avançam, eles elevam os dois postigos de gravação do HDPE 4,7 mm (Figura 174).

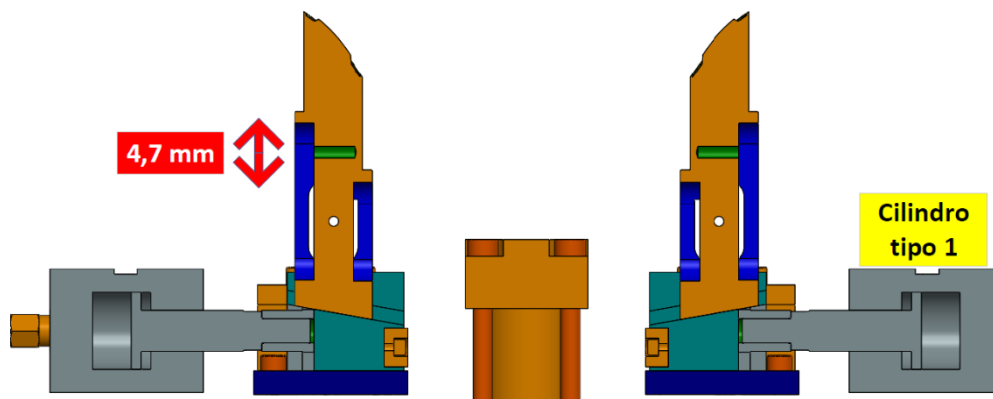


Figura 174 - Movimento hidráulico dos postigos de gravação do HDPE

Os cilindros do tipo um avançam e recuam em simultâneo, tal como os cilindros do tipo dois, porém em fases distintas do ciclo de injeção. Os do tipo um, executam os movimentos de recuo quando é para injetar o HDPE, após ter sido injetado o PP. Logo de seguida, os do tipo dois executam o movimento de avanço para os componentes responsáveis pela extração executarem a sua função e, após isso, eles realizam o movimento de recuo. Depois de os cilindros do tipo dois terem feito recuar as placas de extração, os cilindros do tipo um fazem recuar os postigos 0700 e 0701, ao mesmo tempo que o molde é fechado pela máquina de injeção, iniciando assim um novo ciclo de injeção. Foram referidas apenas as fases do ciclo de injeção onde os sistemas hidráulicos possuem intervenção.

Nenhum dos cilindros possui divisores de fluxo, de forma a conter os custos, uma vez que foi possível criar um bom equilíbrio de pressões em ambos os circuitos.

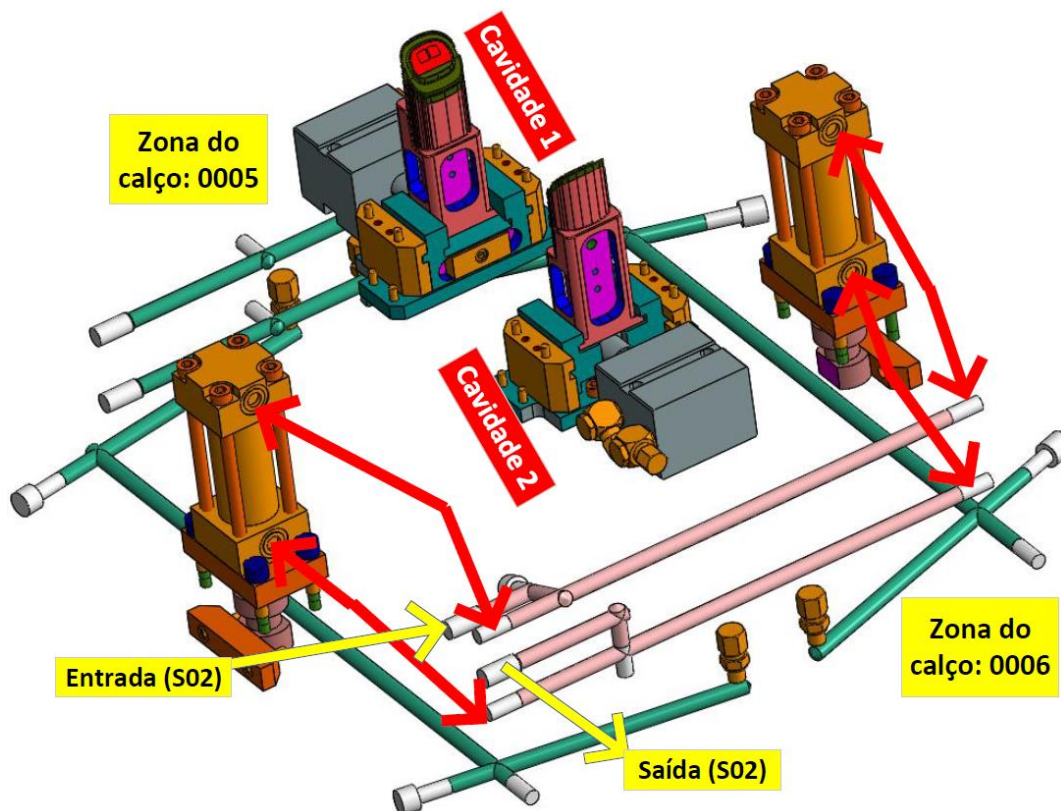


Figura 175 - Circuito hidráulico nº 2 (1ª Parte)

A Figura 175, indica as entradas e saídas do fluido hidráulico do circuito dois (Cor-de-rosa), bem como a sua rede de distribuição. Onde se encontram setas a vermelho, é onde serão colocadas mangueiras hidráulicas externas ao molde, que ligam a rede de distribuição existente no molde (interna), às ligações nos cilindros.

O calço 0005 possui duas saídas por cada entrada, o que permite duas configurações nas ligações hidráulicas externas ao molde. Na Figura 176, está esquematizado o circuito um (a verde), com a primeira configuração possível (Tipo 1).

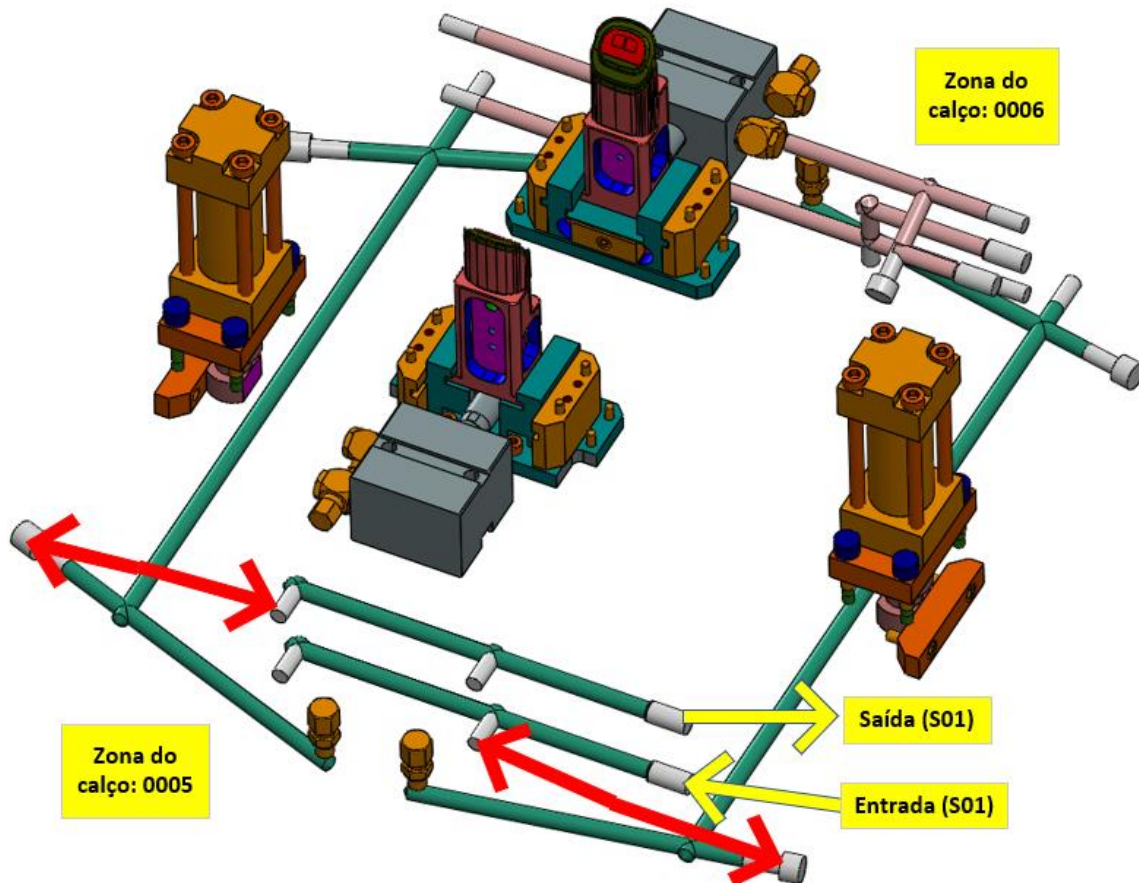


Figura 176 - Circuito hidráulico nº 1 do tipo 1 (1ª Parte)

A continuação desta configuração continua na Figura 177, onde o circuito um conecta ao cilindro da cavidade um.

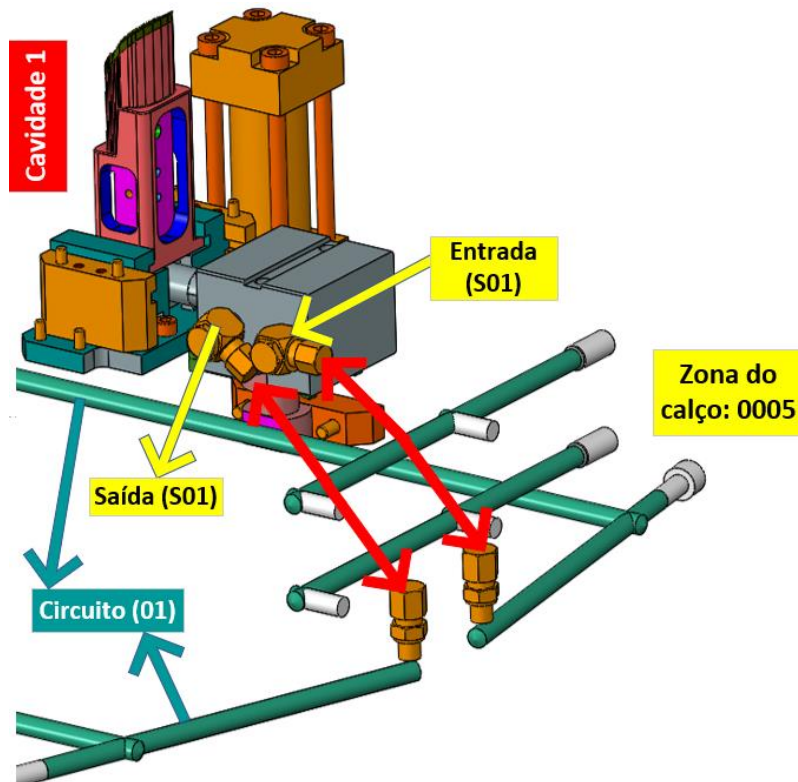


Figura 177 - Circuito hidráulico nº 1 do tipo 1 (2ª Parte)

Do lado oposto, o circuito um liga-se ao cilindro da cavidade dois, tal como representa a Figura 178.

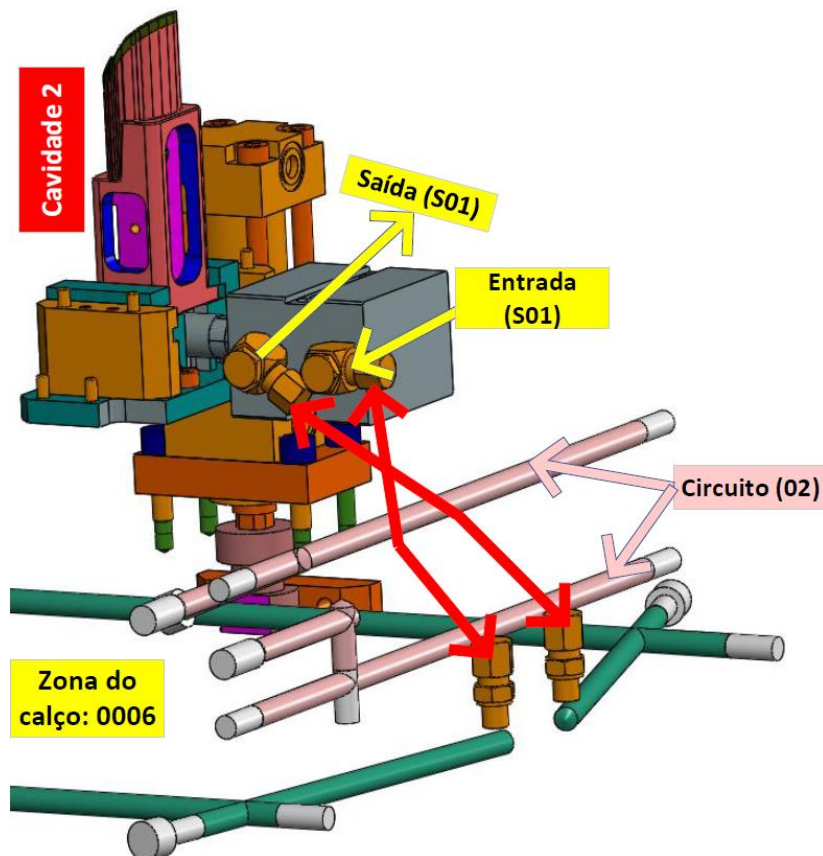


Figura 178 - Circuito hidráulico nº 1 do tipo 1 (3ª Parte)

A segunda configuração possível para o circuito um está representada na Figura 179.

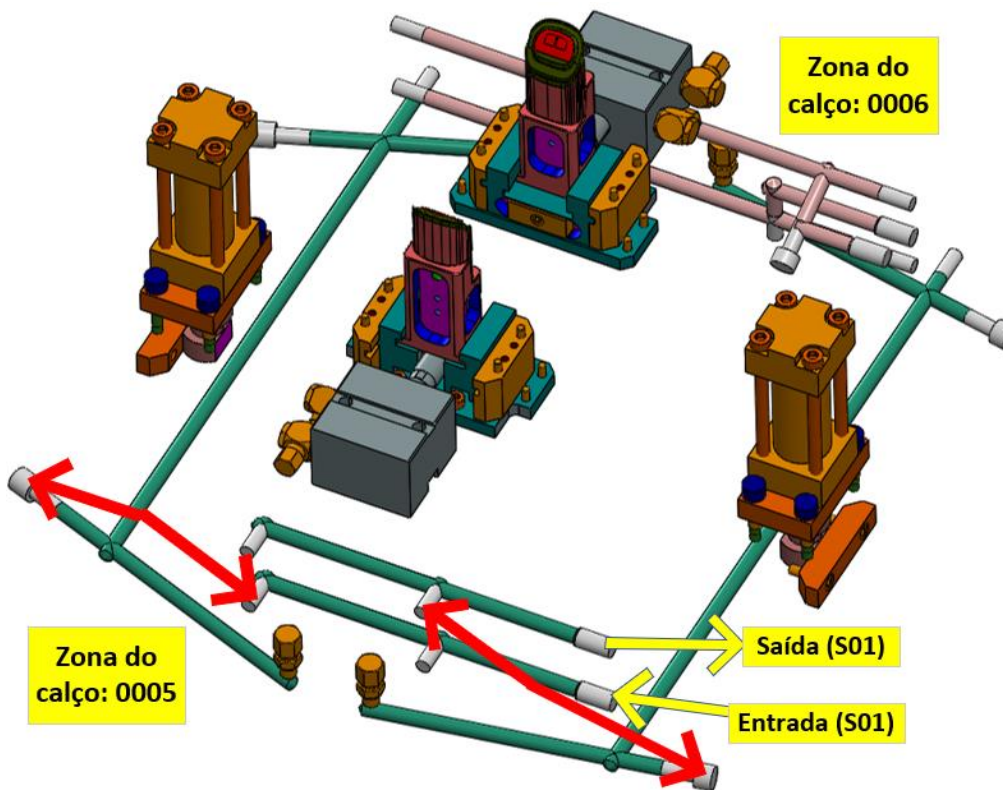


Figura 179 - Circuito hidráulico nº 1 do tipo 2 (1ª Parte)

A continuação desta configuração segue na Figura 180, onde o circuito um conecta ao cilindro da cavidade um.

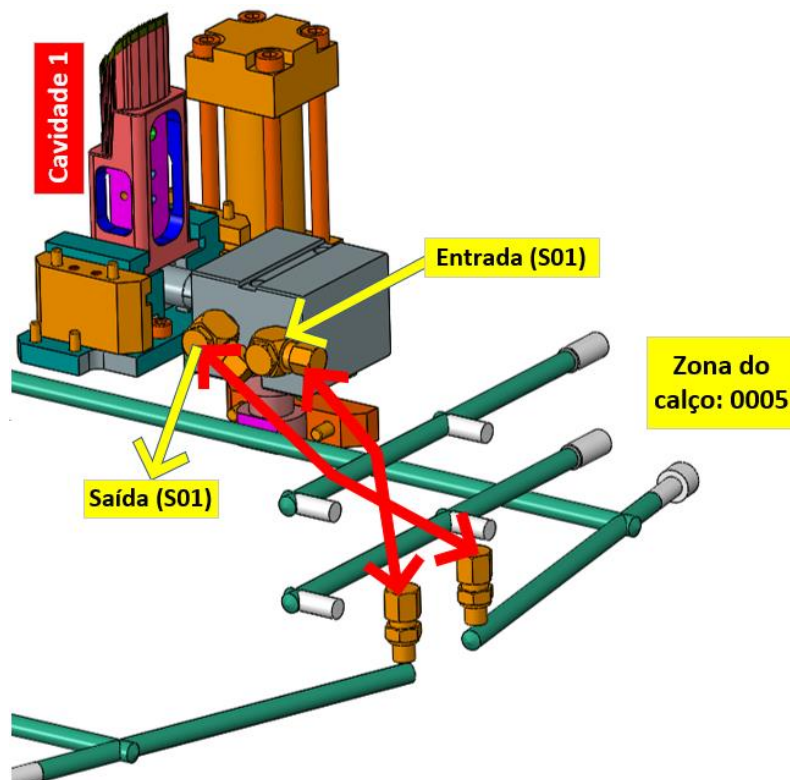


Figura 180 - Circuito hidráulico nº 1 do tipo 2 (2ª Parte)

Do lado oposto, o circuito um liga-se ao cilindro da cavidade dois, tal como representa a Figura 181.

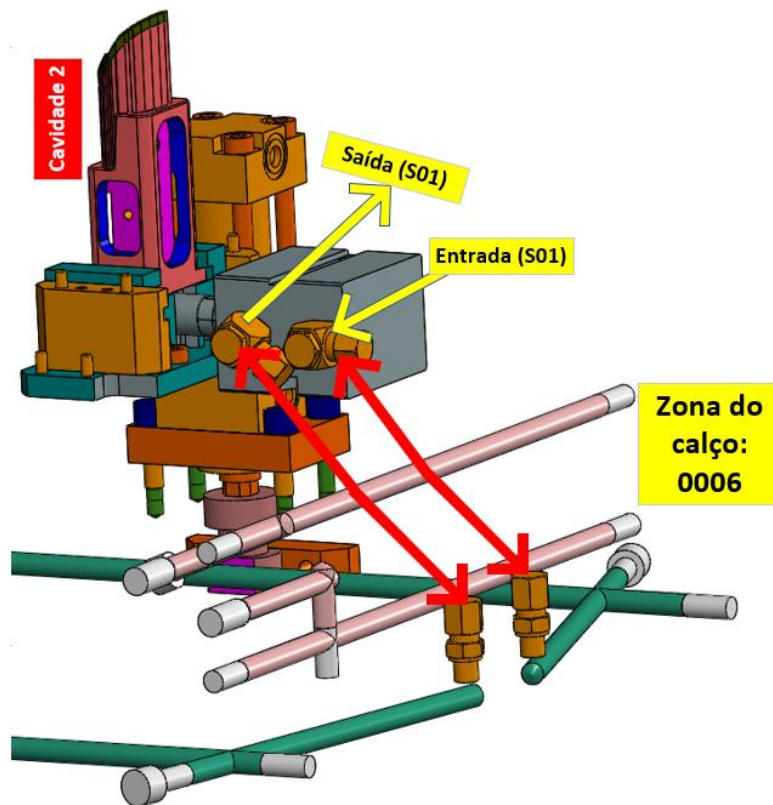


Figura 181 - Circuito hidráulico nº 1 do tipo 2 (3ª Parte)

Ambos os tipos de hidráulicos foram adquiridos à HPS – *Hydraulic Production Systems*, uma empresa especializada no ramo que cumpre os requisitos do grupo *Simoldes (Aços, S.A.)*. O anexo 15, contém a tabela de pressões para as referências dos cilindros hidráulicos abaixo mencionados.

Os cilindros do tipo um têm como referência VBL-40-M1-F-1-L1-S-25, e possuem uma capacidade de pressão máxima de 500 bar (anexo 15), porém a capacidade mínima deste cilindro é de 80 bar (mesmo anexo), sendo capaz de suportar uma força de 1025,1 kg no avanço e 715,02 kg no recuo (para um diâmetro de 40 mm). Mesmo que existam esforços acrescidos devido ao atrito e alguma perda de pressão da própria rede hidráulica, com estes cilindros a funcionar a 80 bar, prevê-se que sejam mais do que suficientes para fazer avançar e recuar os 1,41 kg de cada um dos postigos de gravação da parte da peça em HDPE.

Na posição mais avançada, a pressão de injeção (do PP) afeta o postigo, lateralmente, logo o hidráulico irá suportar, pois ele aplica a sua força na vertical (Figura 107). Já quando este se encontra na posição mais recuada, a pressão de injeção (do HDPE) já o afeta na vertical, porém como este se encontra na posição de repouso, mecanicamente ele está apoiado, o que fará com que resista facilmente à pressão nele aplicada.

Conclusão, esta é a justificação para a qual o tipo de hidráulico número um (simples), necessita apenas da pressão mínima (*standard*).

Os cilindros do tipo dois, com a referência de HVB-04-85-2-H-0, partilham da mesma tabela de pressões que os cilindros do tipo um (anexo 15), logo possuem um limite máximo de 500 bar e um limite mínimo de 80 bar.

É necessário deslocar uma massa de 74,02 kg (soma das duas placas de extração), acrescido de cerca de 6,3 kg dos componentes que estas elevam, mais um considerável atrito que estes causam, o que, tudo junto não justifica a necessidade de altas pressões. Porém para as dimensões do molde UL598, a *Simoldes (Aços S.A.)* possui uma regra que obriga o uso de no mínimo 160 bar, que se revela mais do que suficiente, pois executa uma força de avanço na ordem dos 2050,02 kg e no recuo aplica uma força de 1430,04 kg. Estes valores foram obtidos na tabela do anexo 15, para um diâmetro de 40 mm e uma pressão de 160 bar.

3.9.6 Placa de extração

As placas de extração deste molde possuem mais funcionalidades para além da extração do injetado. Inicialmente é apresentada na Figura 182 a vista isométrica de todos os elementos que as placas de extração comportam.

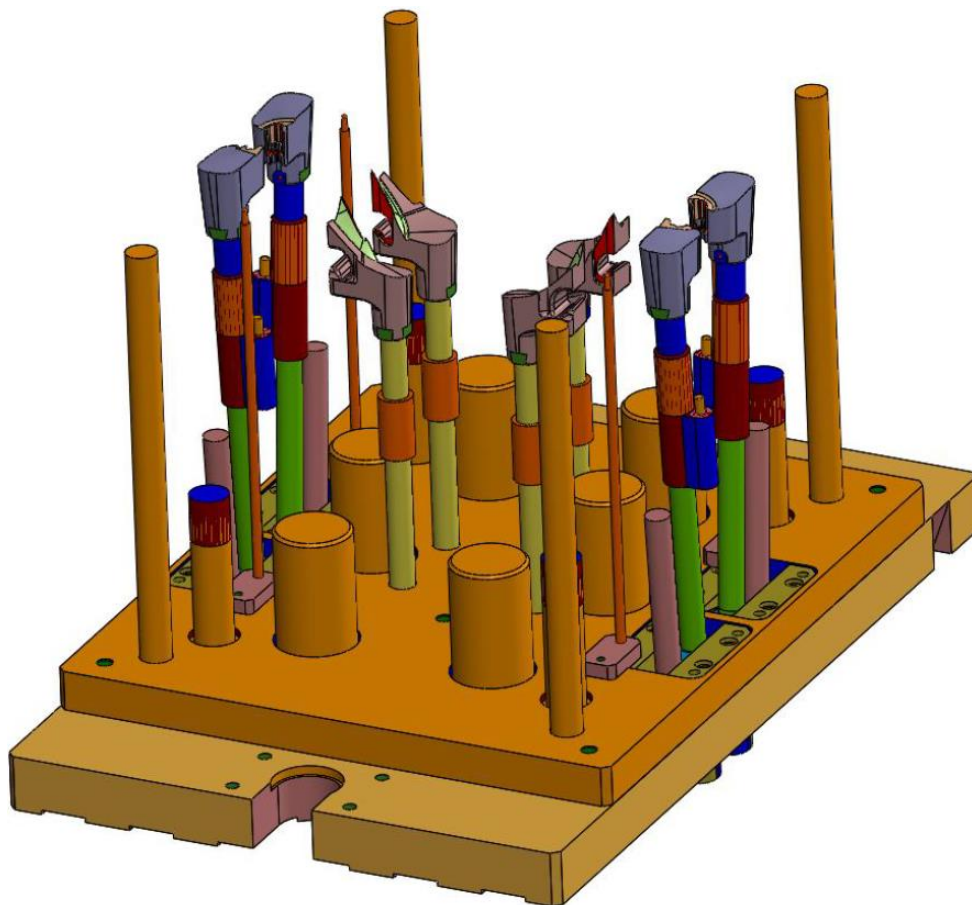


Figura 182 - Vista Isométrica da placa de extração e seus componentes

Uma vez que as placas de extração são de uma dimensão considerável, pois juntas pesam cerca de 74 kg, estas irão precisar de algum elemento que guie os seus movimentos de forma precisa e independente. A solução passou por adicionar quatro guiamentos para as placas, um em cada canto. Esta solução é idêntica ao guiamento *standard* da própria estrutura do molde, que consiste em colocar quatro casquilhos fixos entre as placas de extração e concentricamente a esses, colocar quatro guias que são fixas à placa de encosto, do lado da extração do molde.

Os casquilhos são fixos às placas e movem-se com elas, contendo no seu interior um veio que os guia e está fixo à placa de encosto, que não se move (Figura 183). As superfícies de contacto entre casquilho e guia permanecem constantemente lubrificadas.

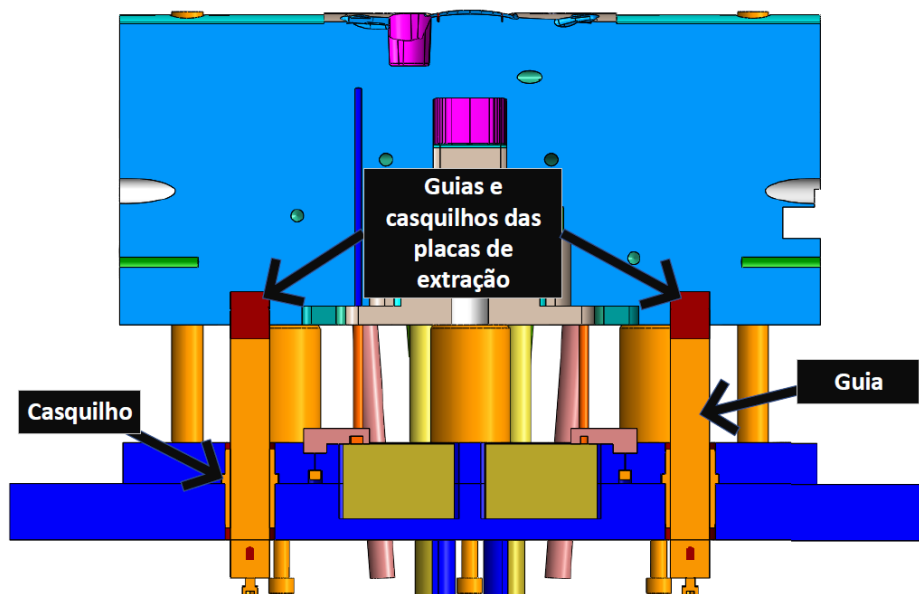


Figura 183 - Vista em corte das guias para as placas de extração

Uma das outras funções que estas placas contêm, são os chamados pernos de retorno, que são simples extratores, colocados nas possíveis extremidades do molde, ficando alinhados com a linha de fecho do mesmo, pois possuem a finalidade de garantir uma segurança no molde para o caso de, por algum motivo, as placas de extração não recuarem durante o ciclo de injeção.

O objetivo passa por, numa situação destas, estes pernos de retorno serem o primeiro e único elemento a bater nos correspondentes elementos do molde do lado da injeção, e suportarem as forças de fecho, de forma a não danificar os levantadores, que causaria um enorme dano ao molde, e prejuízos agravados relativamente à reparação de uns simples extratores. De notar que estes ainda possuem, na sua base, molas de amortecimento (Figura 184).

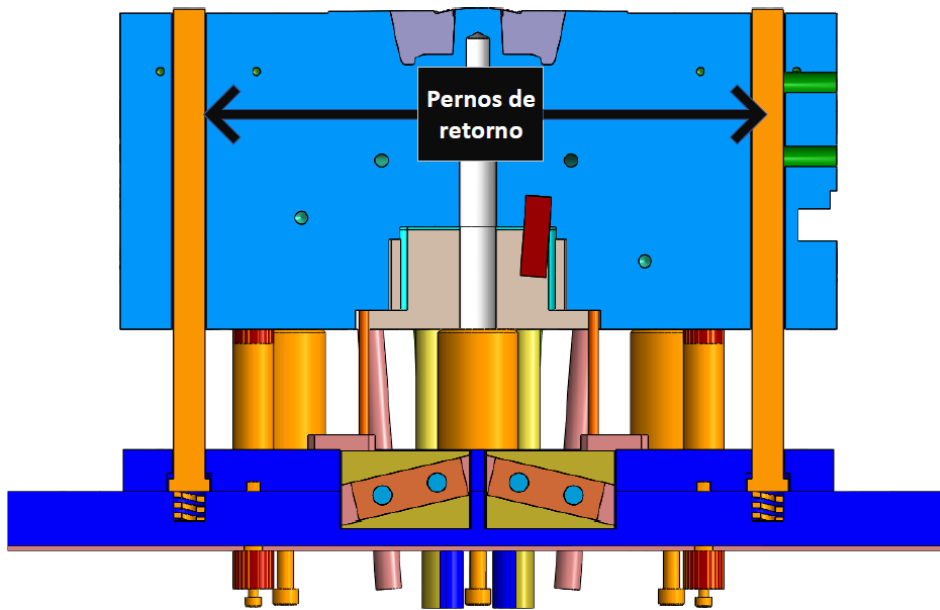


Figura 184 - Vista em corte dos pernos de retorno

Outra funcionalidade destas placas de extração são os apoios ou suportes, que consistem em cilindros maciços de aço, fixados à placa de encosto do lado da extração, e que passam pelas placas de extração até encostarem ligeiramente à placa de gravação do lado da extração, ou placa dos machos. O seu propósito é fornecer uma maior robustez ao molde, no trabalho de ajudar a suportar as forças de fecho, de modo a garantir a sua integridade ao longo do seu tempo de vida útil (Figura 185).

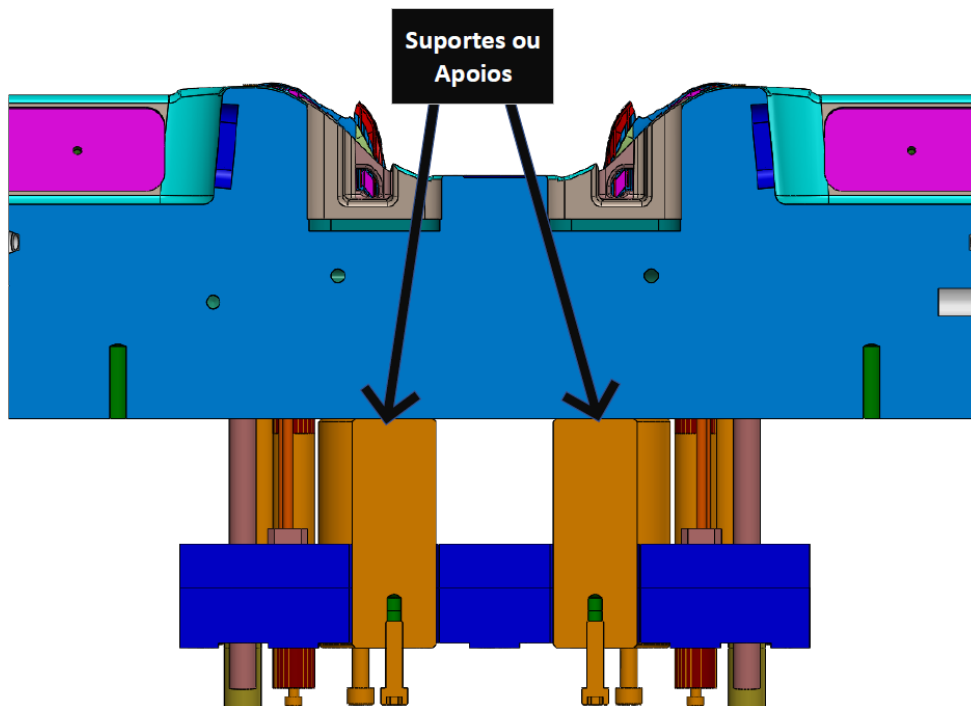


Figura 185 - Vista em corte dos suportes

Os restantes elementos que estas placas contêm e os que justificam a sua existência, são os quatros levantadores verticais (Figura 186), os quatros levantadores inclinados e os quatro extratores do jito (Figura 187), todos eles já mencionados ao detalhe no subcapítulo 3.9.4.

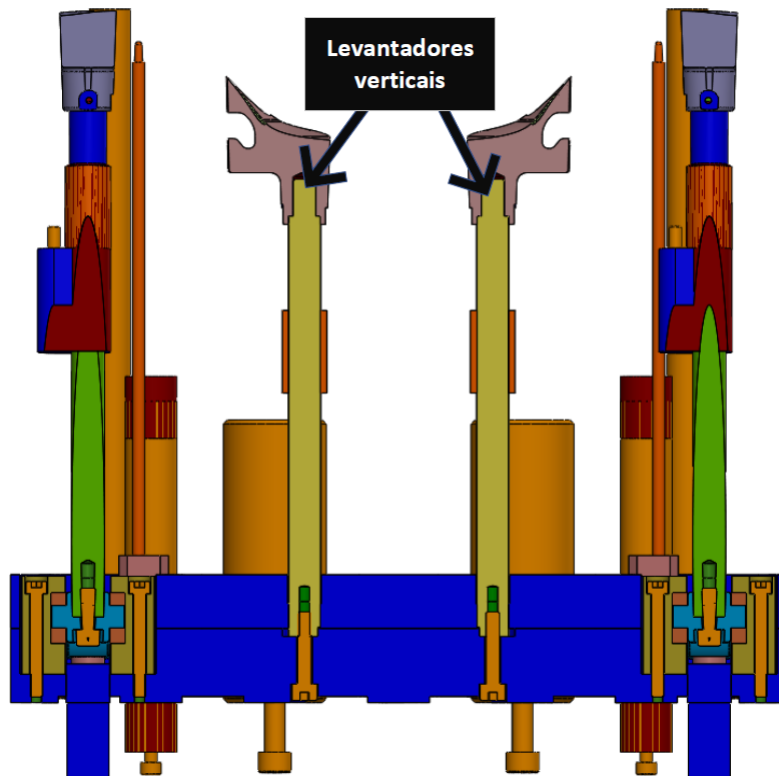


Figura 186 - Vista em corte dos levantadores verticais

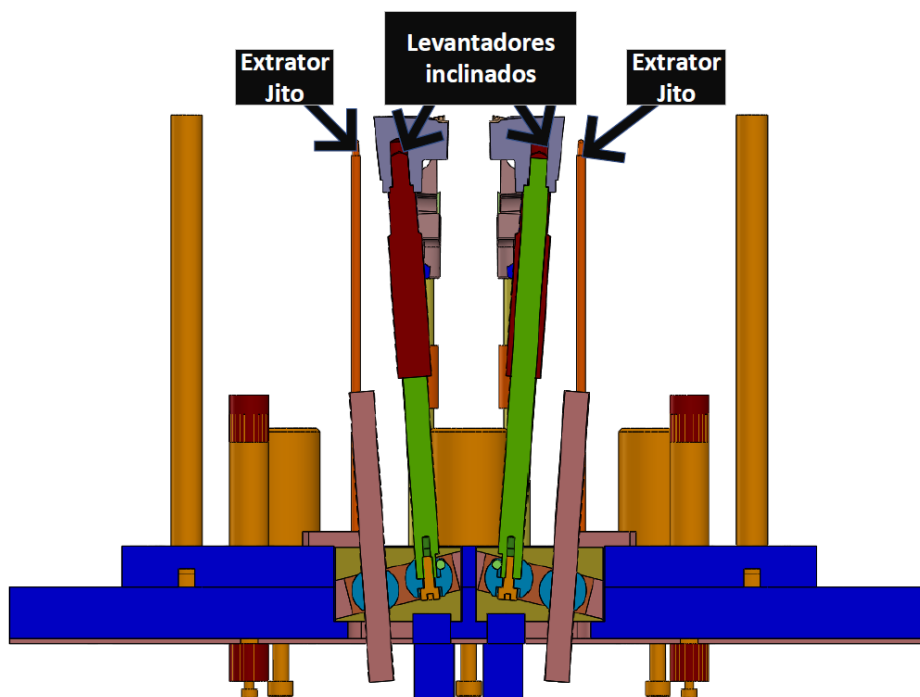


Figura 187 - Vista em corte dos levantadores inclinados

3.9.7 Sensores de posição

Embora apenas seja necessário colocar sensores de posição nos movimentos mecânicos que se localizem no topo do molde, para este caso em específico, todos os quatro movimentos (0300 a 0303) irão conter um sensor cada um, pois eles funcionam em sequência com os levantadores verticais, que são elevados por energia hidráulica. Na Figura 188, estão identificados todos os três constituintes de cada um destes sensores.

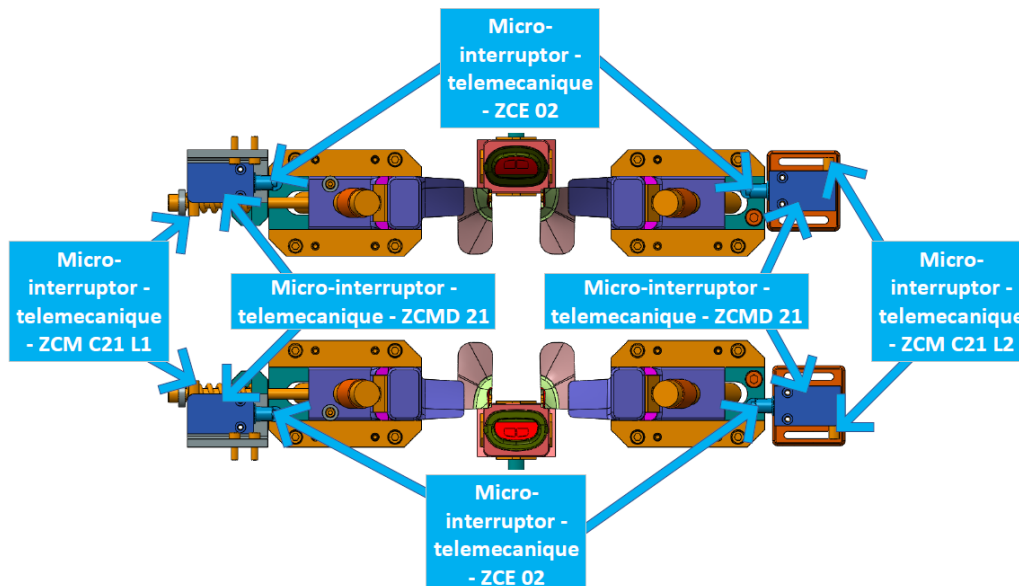


Figura 188 - Sensores de posição dos movimentos 0300 a 0303

As placas de extração, como são movimentadas por sistemas hidráulicos, têm de conter sensores de posição no fim e início do curso, tal como indica a Figura 189, sendo que é a placa do aperto dos extratores que os aciona.

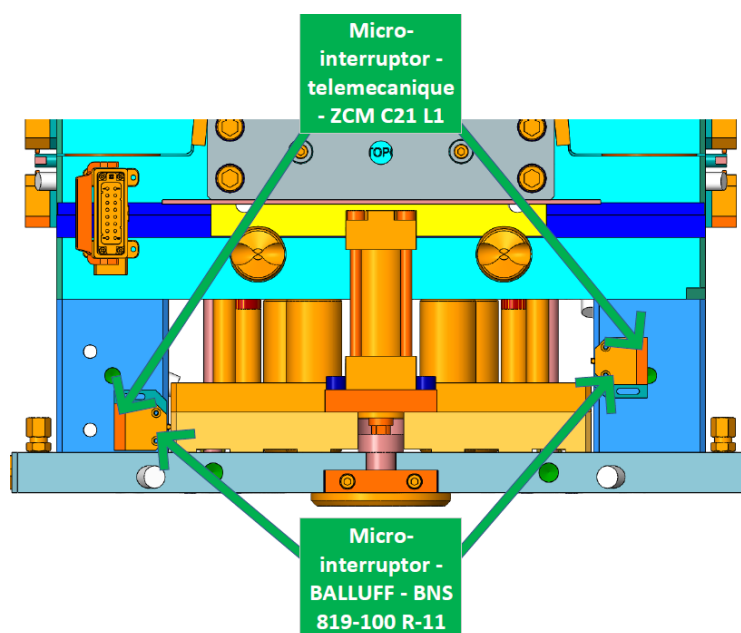


Figura 189 - Sensores de posição das placas de extração

Os postigos de gravação do HDPE, como são movimentados por sistemas hidráulicos, também têm sensores de posição para o fecho e abertura. Na Figura 190 é possível verificar um veio acoplado ao postigo, que sempre que este se mover, tanto para cima como para baixo, vai acionar um dos sensores. Isto aplica-se se o movimento estiver a decorrer como previsto, caso contrário, significa que existe um problema com o molde e, portanto, este deve ser analisado. Para o caso da cavidade dois, o mecanismo é exatamente o mesmo.

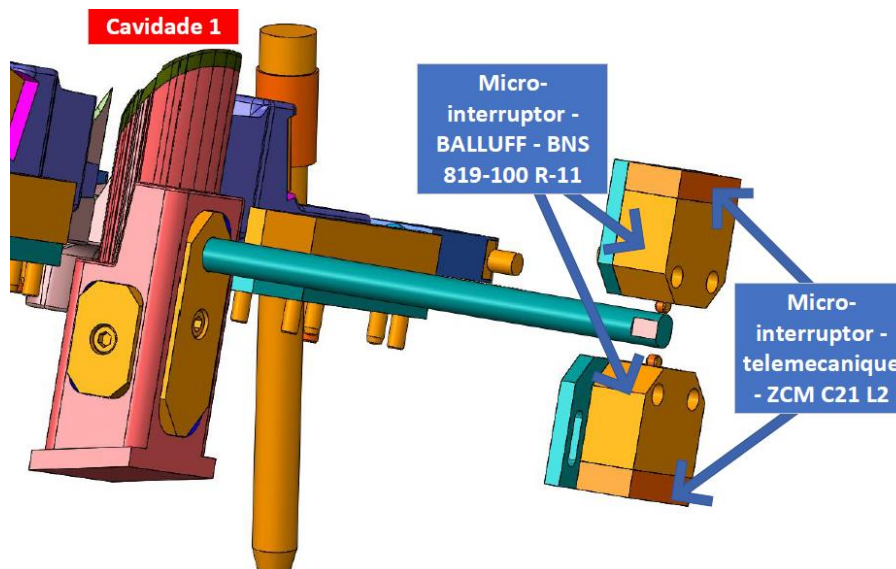


Figura 190 - Sensores de posição do hidráulico do postigo da cavidade 1

A Figura 191 ilustra e indica (numa vista em corte) o movimento possível para estes mecanismos, incluindo qual a função de ambos os sensores.

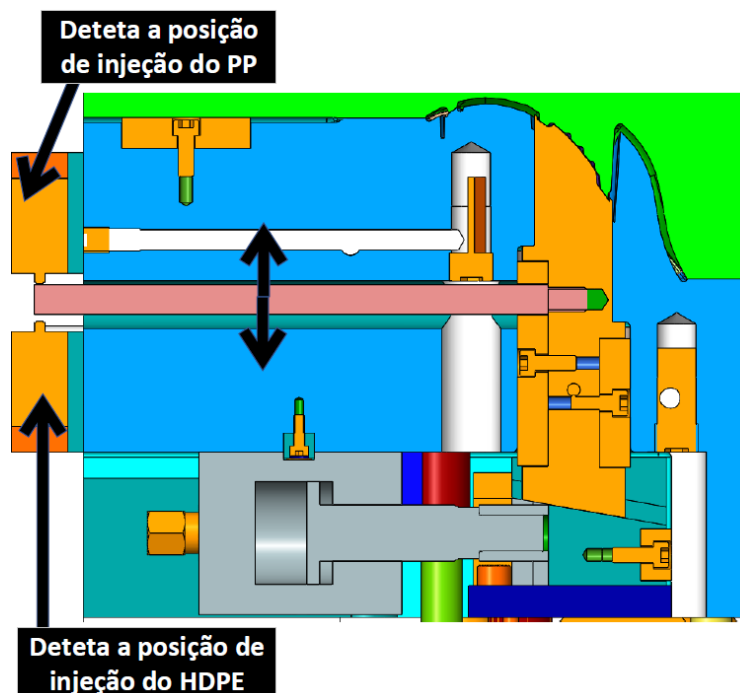


Figura 191 - Sensores de posição do hidráulico do postigo da cavidade 2, vista em corte

3.9.8 Guiamento, ajuste e centragem

O guiamento, garante que o molde fecha corretamente na sua posição ideal, ajustado e centrado, de modo a minimizar tanto quanto possível os desvios entre as gravações da peça, isto é, para que a gravação do lado da cavidade encaixe perfeitamente com a gravação do lado do macho [16]. As placas de ajuste também têm a função de centragem e alinhamento [16].

Para o molde em questão, foi necessário colocar placas de ajuste nos dos postigos hidráulicos do HDPE, sendo que cada um leva quatro, um por cada uma das frentes de contacto com a placa de gravação, do lado da injeção. Na Figura 192, estas placas de ajustamento estão representadas na cor amarela, numa vista em corte.

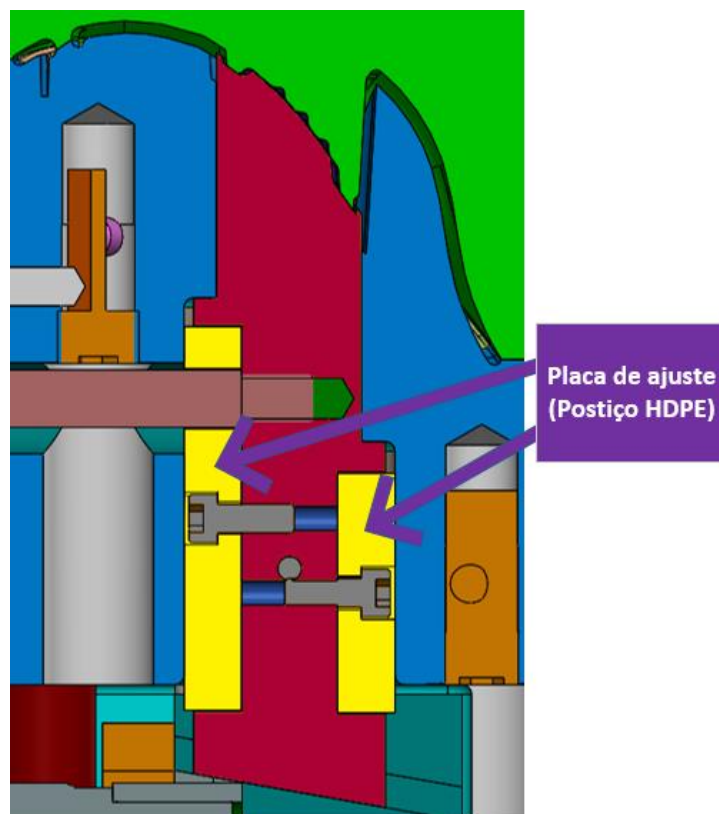


Figura 192 - Vista em corte das placas de ajuste do postigo de gravação HDPE

As placas de pressão, ou “almofadas”, possuem a principal função de concentração das pressões de fecho aplicadas ao molde, pela máquina de injeção. Estas sofrem um desgaste idêntico às de ajuste. Portanto, é-lhes aplicado o mesmo critério relativo à nitruração.

Elas existem para ajudar a concentrar a força de fecho aplicada na zona envolvente às gravações (cor cinza na Figura 193), pois a força de fecho é também uma pressão aplicada nas superfícies de contacto entre a placa das cavidades e a placa dos machos, e a esta traduz-se em:

$$Pressão = \frac{Força}{Área} \quad (14)$$

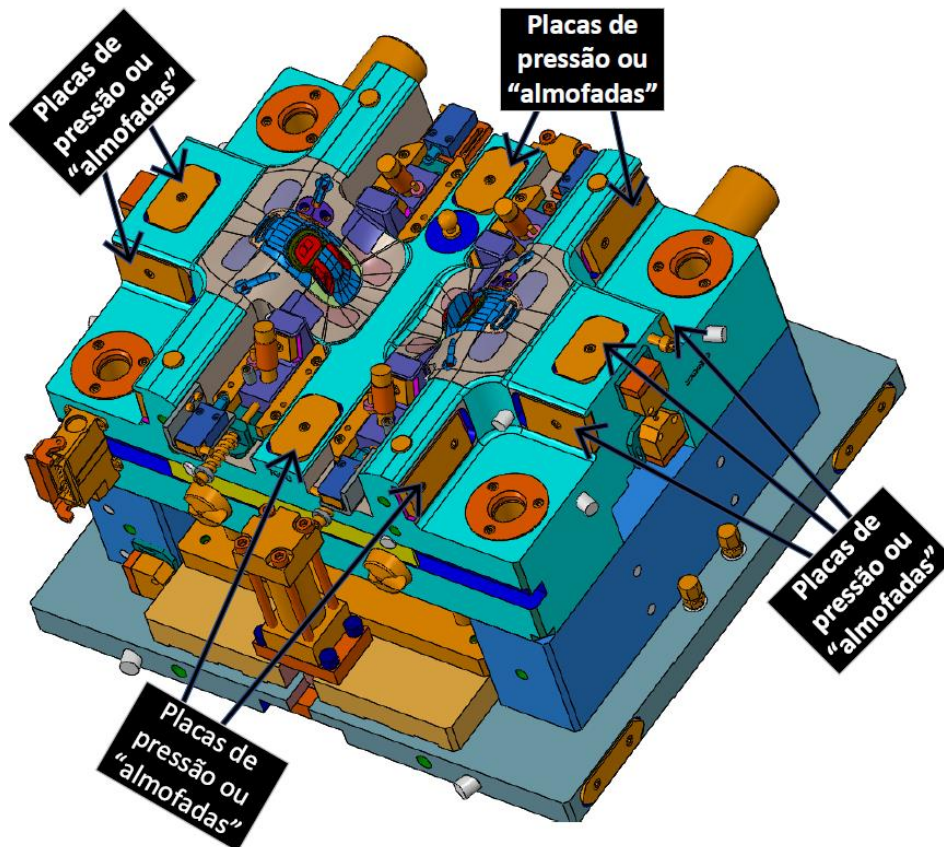


Figura 193 - Vista isométrica para as placas de pressão ou "almofadas" do molde (Lado 1)

Logo, quanto menor for a área, para a mesma força, maior será a pressão aplicada nessa área. Esta é a lógica por detrás da escolha do uso das placas de pressão.

Como o molde UL598 pretende concentrar a força de fecho na zona envolvente às gravações, significa que nas restantes superfícies são colocadas placas de pressão, resultando num total de doze, assinaladas na Figura 193 e Figura 194 [16]. É de assinalar que os anéis de pressão cumprem exatamente a mesma função que as placas de pressão, mudando apenas a sua geometria, pois estes trabalham a área envolvente às guias principais.

Um dos requisitos do cliente relativamente ao sistema de guiamento (subcapítulo 3.4.2), refere que as placas de pressão, e os anéis de pressão, elevam-se 2 mm acima das superfícies onde são aplicados, sendo que isso foi considerado no UL598.

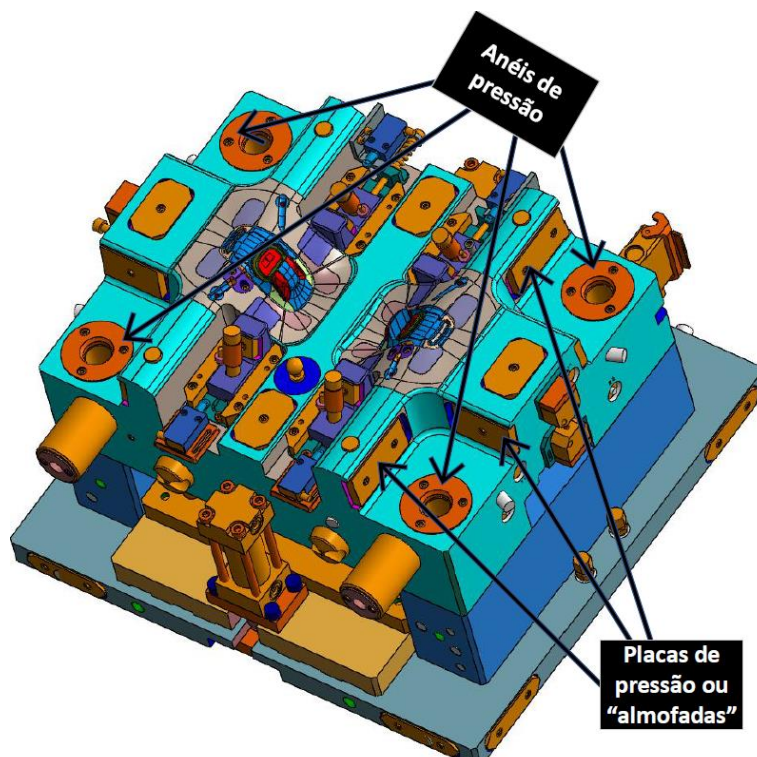


Figura 194 - Vista isométrica para as "almofadas" do molde (Lado 2)

Este molde possui quatro guiamentos principais, entre o lado fixo e o lado móvel do molde, tal como se observa na Figura 195, que mostra uma vista em corte de dois destes quatro guiamentos, incluindo as guias e respetivos casquilhos cilíndricos. As guias e casquilhos utilizados são *standard* (normalizados).

O diâmetro funcional das guias é de 32 milímetros, mas para que o molde tenha apenas uma posição de encaixe entre a parte móvel e fixa, foi acordado numa reunião com a *Simoldes (Aços S.A.)*, que um dos furos de guiamento seria deslocado cinco milímetros para dentro em relação aos outros, uma vez que é uma prática habitual nessa empresa.

Este é o principal mecanismo do molde, concebido para garantir o perfeito alinhamento no fecho do molde ao longo do seu tempo de vida útil, em todos os ciclos de injeção.

Relativamente ao aperto entre a placa de encosto do lado da extração do molde, calços e placa do machos (Figura 195), é possível observar que as conexões aparafusadas permitem retirar elementos individualmente ou em conjunto, pois é possível retirar apenas a placa dos machos ou retirar apenas a placa de encosto do lado da extração, sobrando o respetivo conjunto.

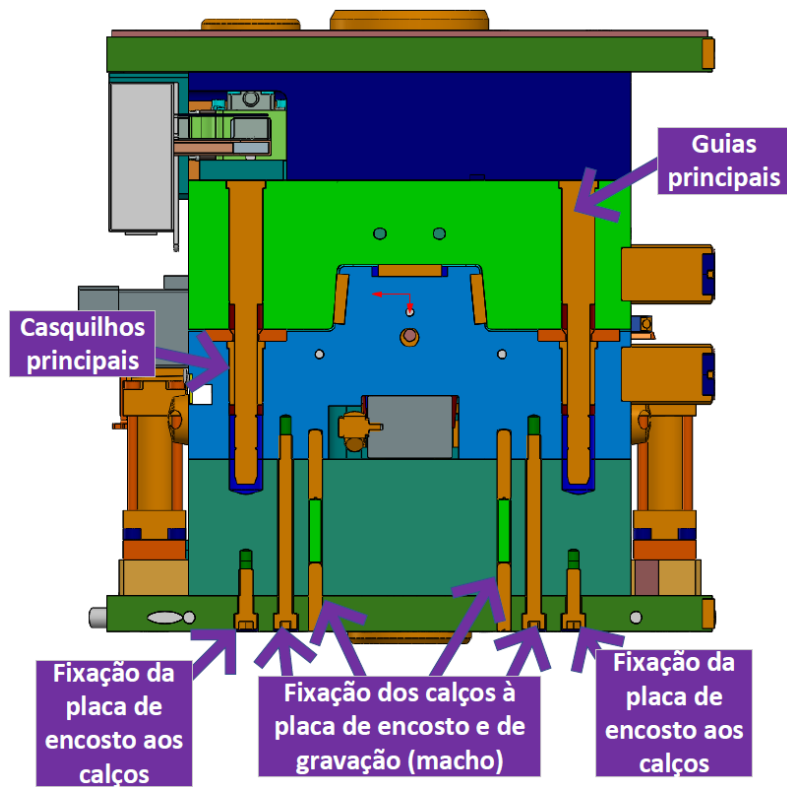


Figura 195 - Fixações da placa de encosto do lado da extração à placa macho

A mesma lógica existe para o lado móvel do molde, onde é possível desacoplar apenas a placa de encosto do lado da injeção, ou apenas a placa das cavidades, ficando montado apenas o restante conjunto (Figura 196).

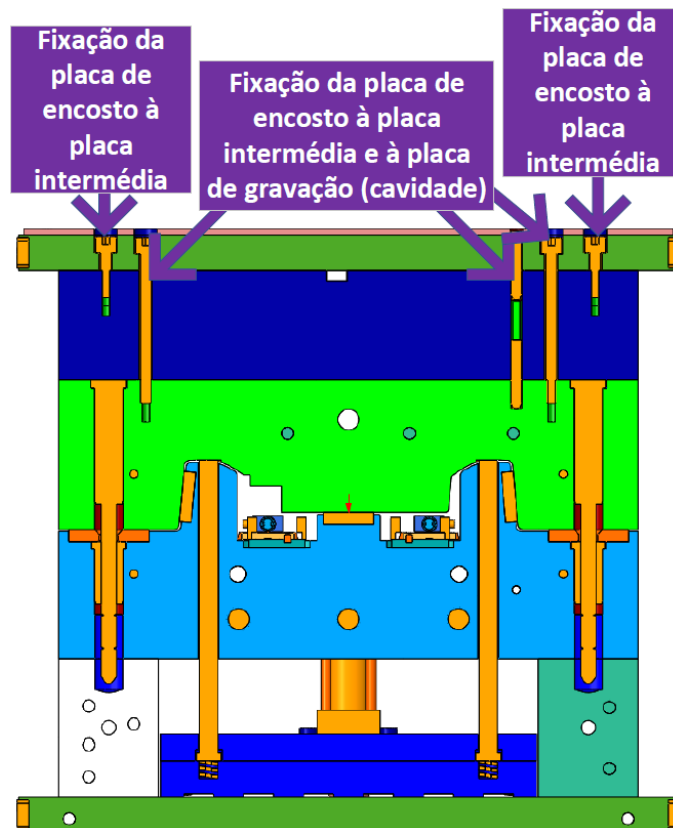


Figura 196 - Fixações da placa de encosto do lado da injeção à placa cavidade

3.9.9 Sistema de controlo térmico

O molde possui quatro circuitos independentes para o controlo térmico, sendo que cada cavidade de injeção da peça possui dois deles, um na parte superior (Placa cavidade) e outro na parte inferior (Placa macho). O fluido, ao circular dentro destes circuitos, transfere a sua energia/temperatura para o aço das placas moldantes, através de condução térmica, que por sua vez irá transferir à peça recém injetada, da mesma forma. Assim sendo, o objetivo é passar o número suficiente de canais de controlo térmico, o mais próximo possível da peça recém injetada, de modo a proporcionar uma rápida estabilização térmica da mesma, antes de a extrair.

Obviamente que, devido às limitações ao nível do espaço disponível, grande parte do comprimento das furações efetuadas não afeta diretamente ou eficazmente a peça, sendo que se deve focar nos locais que passam perto do volume recém injetado.

Por questões económicas, irá ser utilizada água da rede como fluido, que irá circular no interior dos quatro circuitos. São também respeitadas as regras de segurança relativas ao posicionamento das entradas e saídas do fluido [16], que obrigam, sempre que possível, a colocá-las todas do mesmo lado do molde e do lado oposto ao que ficará virado para o operador na máquina de injeção (Figura 197). Isto mesmo é indicado nos requisitos impostos pelo cliente, relativamente ao sistema de controlo térmico no subcapítulo 3.4.2.

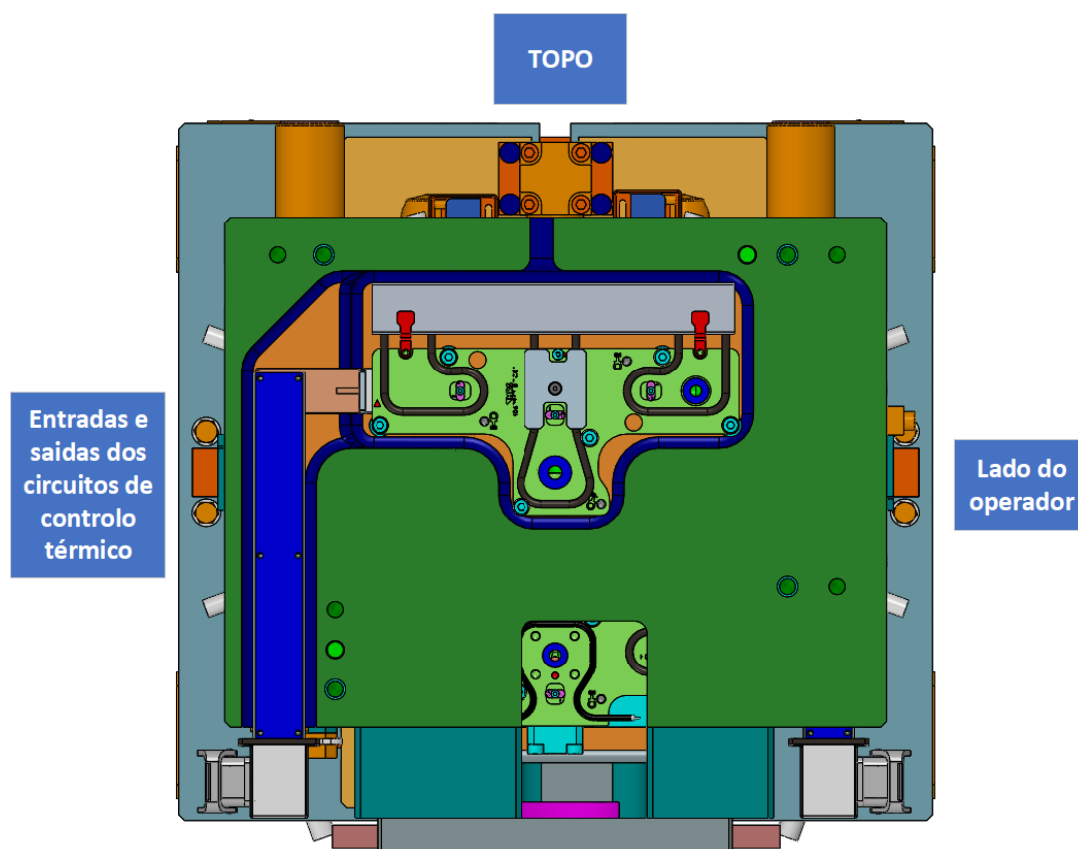


Figura 197 - Posicionamento das entradas e saídas dos circuitos de controlo térmico

A Figura 198, Figura 199 e Figura 200 apresentam, em várias vistas, todos os circuitos de controlo térmico que ambas as zonas de gravação da peça *ADJUSTER COVER* possuem.

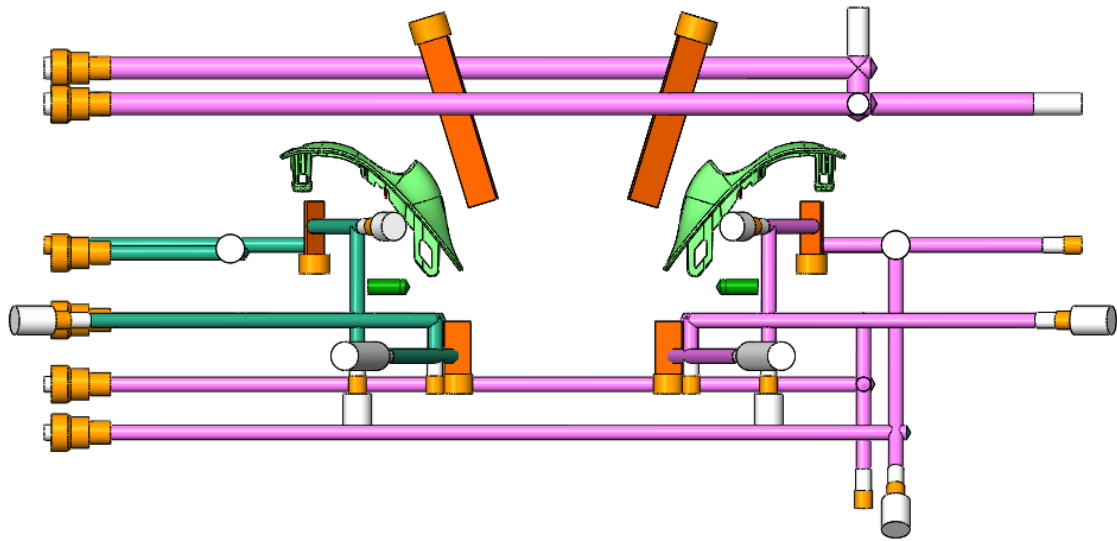


Figura 198 - Rede completa do sistema de controlo térmico (Vista lateral)

A figura anterior, permite mostrar o quanto o circuito chega perto das peças, a nível de profundidade. Já as duas figuras seguintes (Figura 199 e Figura 200), apresentam uma noção do percurso dos mesmos.

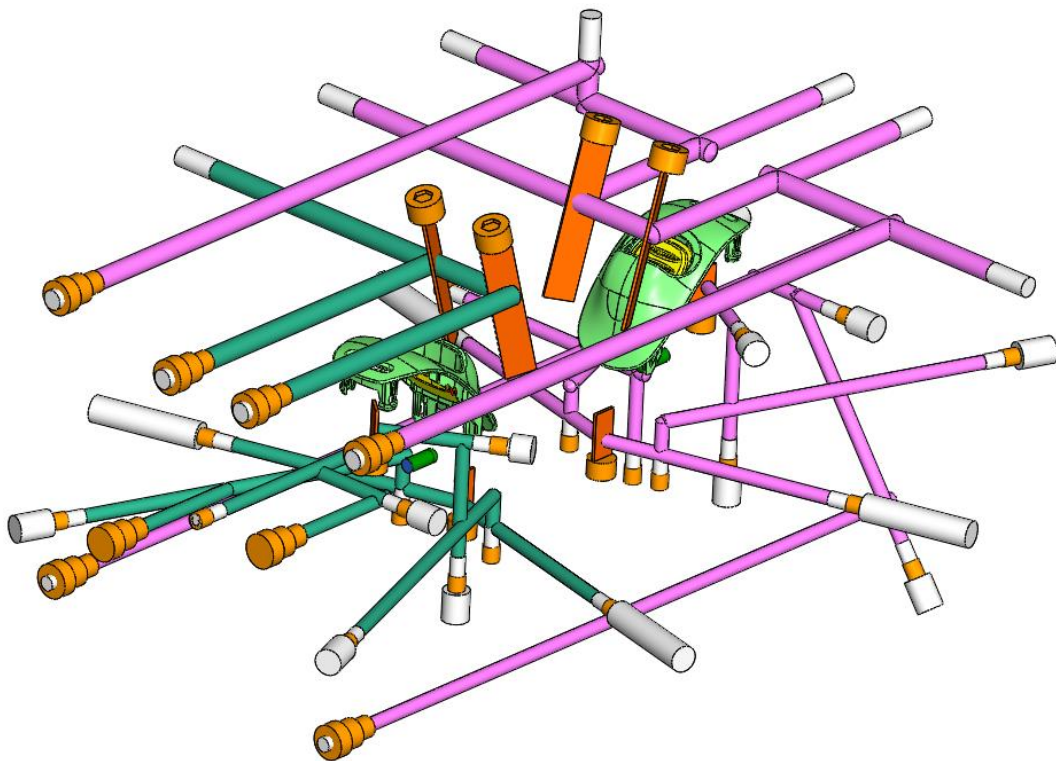


Figura 199 - Rede completa do sistema de controlo térmico (Vista Isométrica)

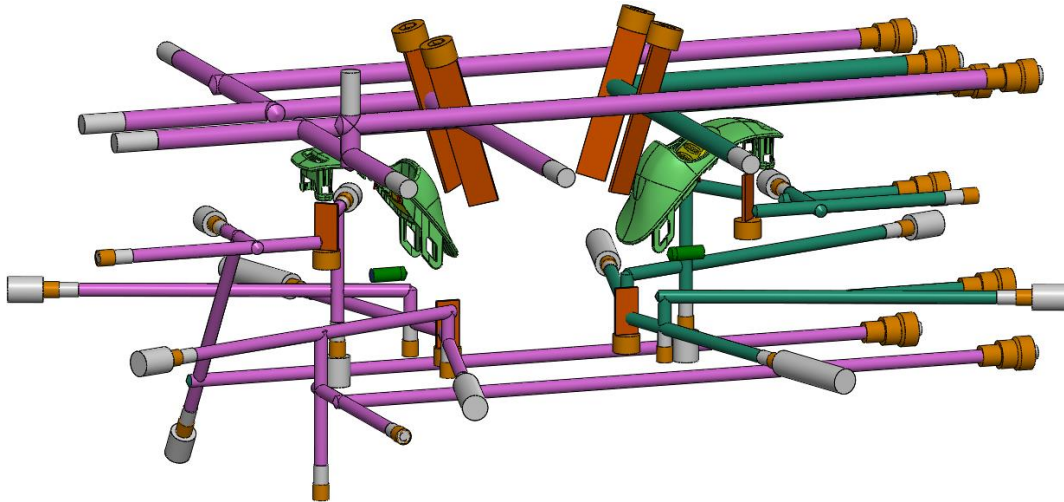


Figura 200 - Rede completa do sistema de controlo térmico (Vista auxiliar)

Nota:

Os próximos circuitos apresentados neste subcapítulo, não possuem na sua representação, os chamados tacos, que consistem em tampões de cobre colocados dentro dos circuitos, em locais estratégicos, que impedem o fluído de circular pelas zonas indesejadas, obrigando-o a percorrer o caminho pretendido.

Circuito 1

O circuito número um do sistema de controlo térmico é apresentado na Figura 201 e Figura 202, com os caminhos na cor verde, a qual estará integrada na placa de gravação do lado da extração, sendo que começa na entrada um e acaba na saída um.

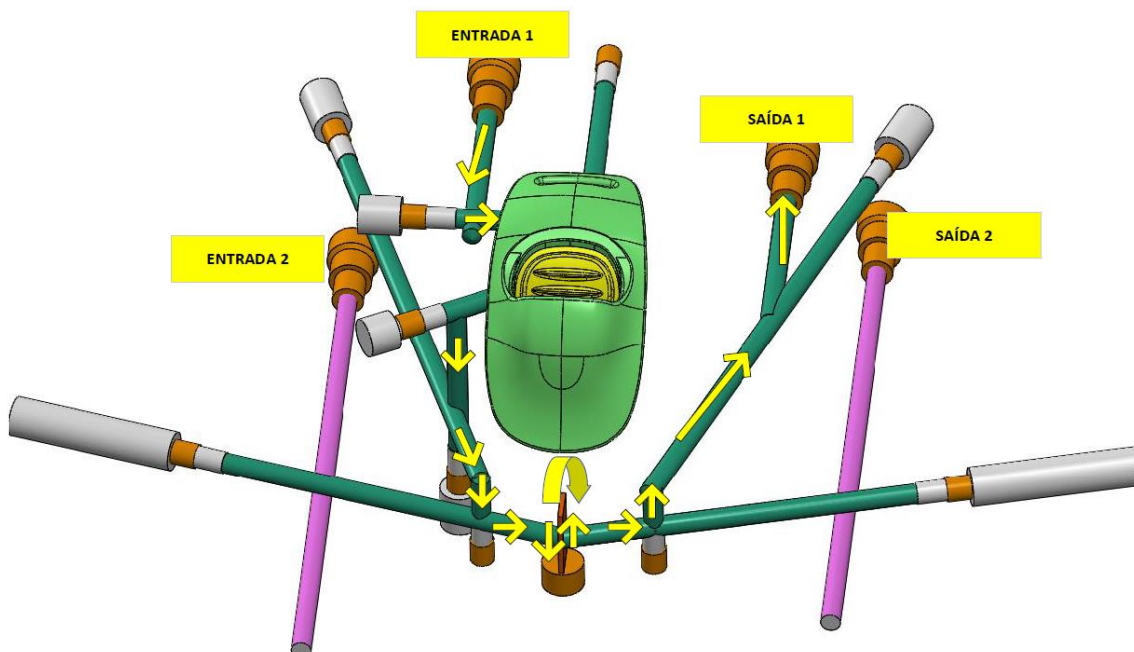


Figura 201 - Análise do circuito 1 (Vista 1)

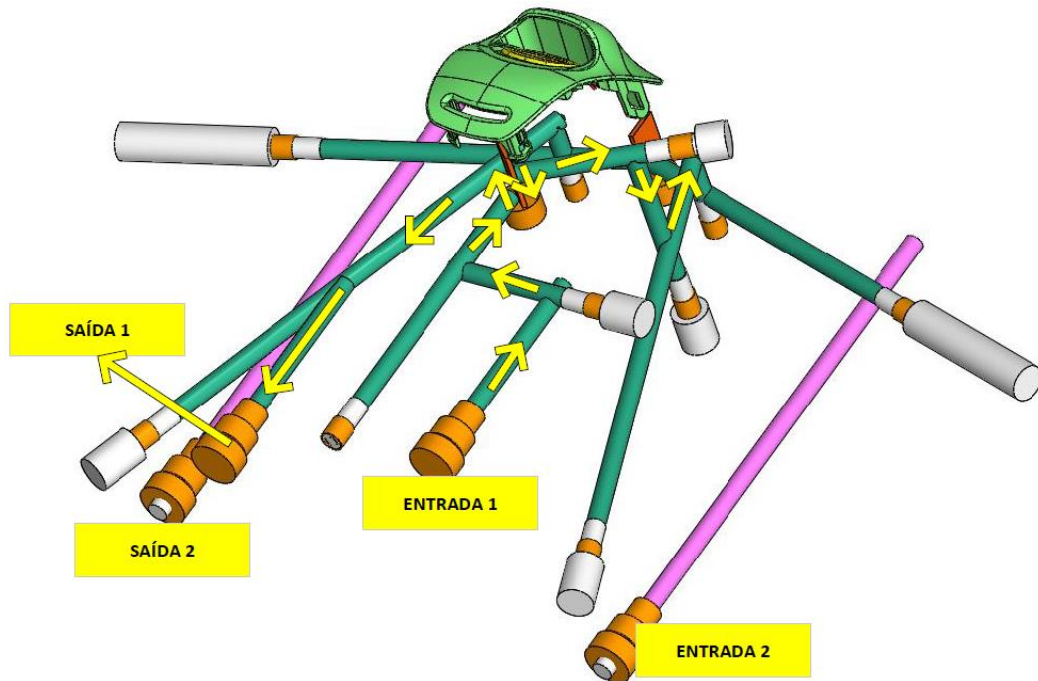


Figura 202 - Análise do circuito 1 (Vista 2)

Circuito 2

O circuito número dois é apresentado na Figura 203 e Figura 204, com os caminhos na cor rosa, que pertencem à placa de gravação do lado da extração, tendo início na entrada dois e fim na saída dois.

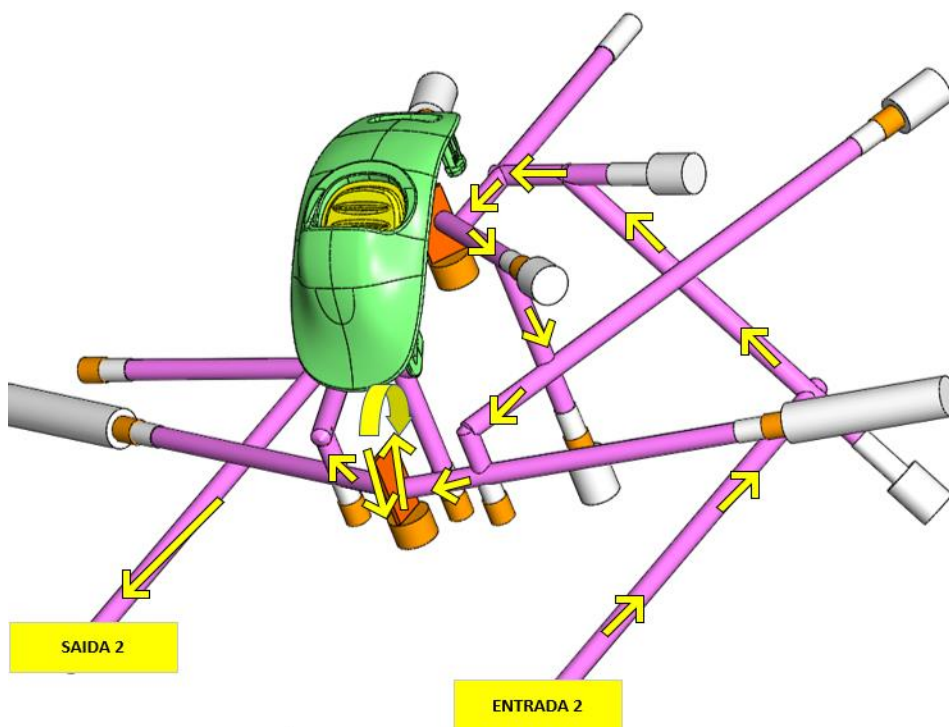


Figura 203 - Análise do circuito 2 (Vista 1)

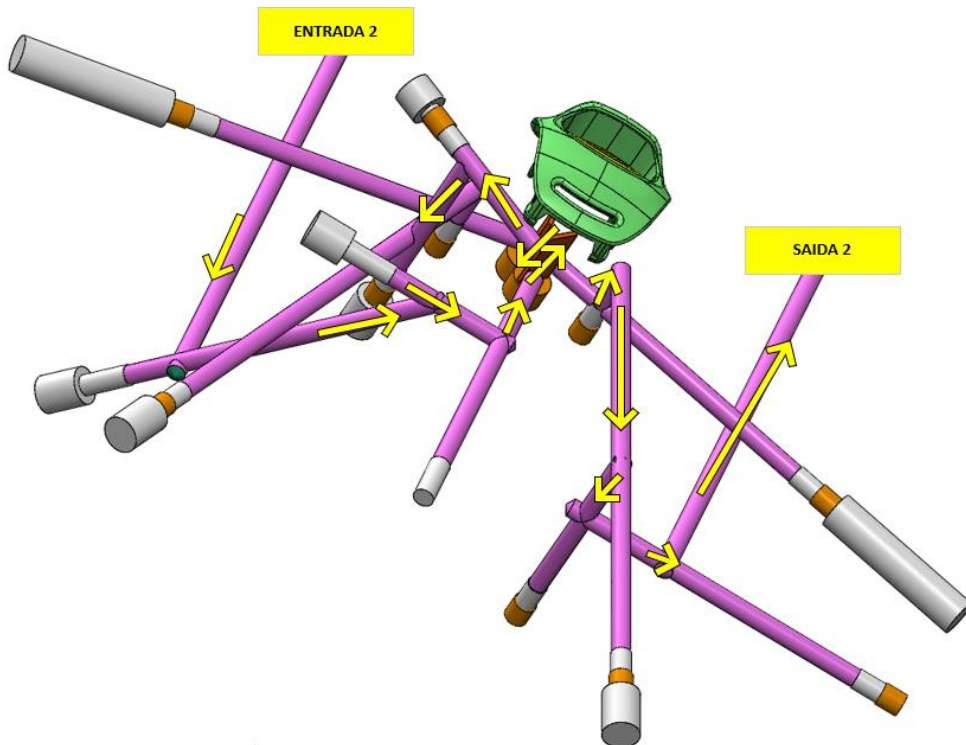


Figura 204 - Análise do circuito 2 (Vista 2)

Circuito 3

O circuito número três é apresentado na Figura 205 e Figura 206, com os caminhos na cor rosa, com início na entrada três e término na saída três. Este circuito já integra a placa de gravação do lado da injeção.

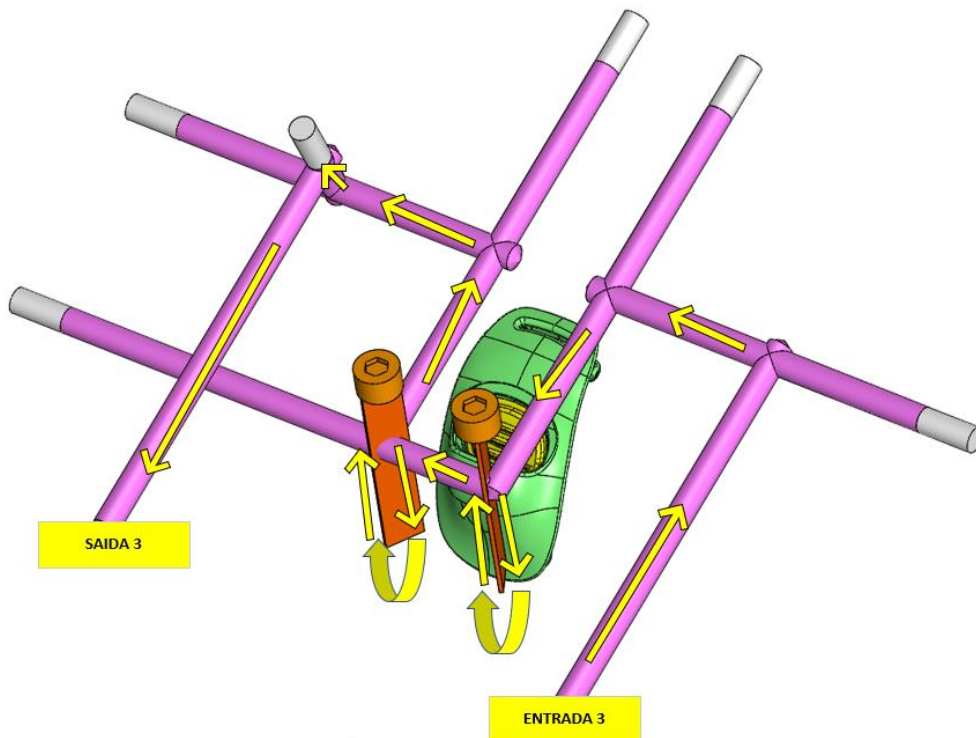


Figura 205 - Análise do circuito 3 (Vista 1)

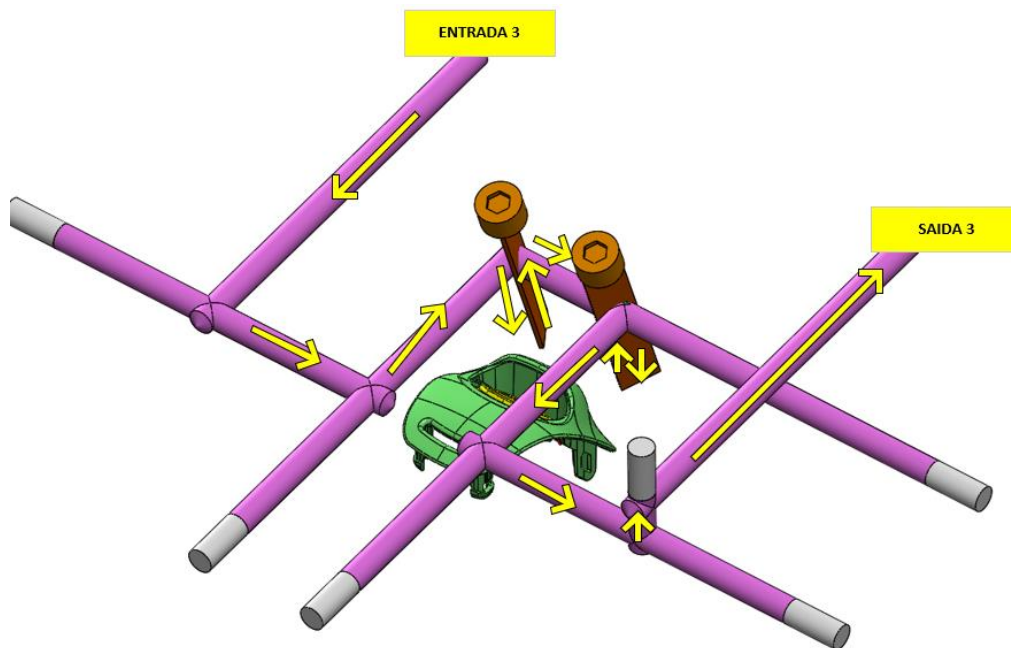


Figura 206 - Análise do circuito 3 (Vista 2)

Circuito 4

O circuito número quatro é apresentado na Figura 207, com os caminhos na cor verde, com início na entrada quatro e término na saída quatro. Este circuito também integra a placa de gravação do lado da injeção.

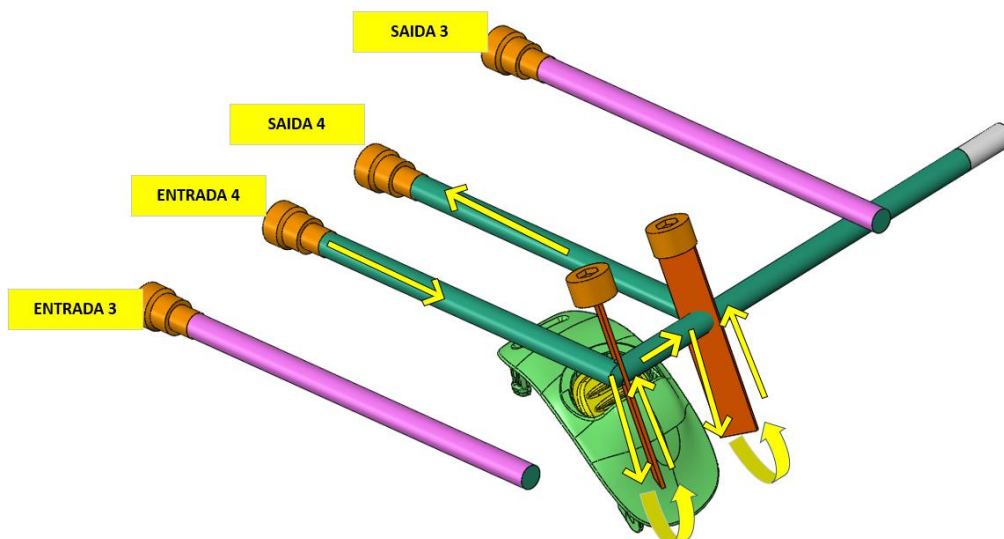


Figura 207 - Análise do circuito 4

Os pormenores das zonas de profundidade, perto das peças, nos circuitos de controlo térmico e denominados de poços de refrigeração, são apresentados na Figura 208, onde se verifica o posicionamento das alhetas, que têm como função dividir o furo em duas zonas de passagem do fluido, permitindo-o descer por um lado e subir pelo outro, tudo no mesmo furo.

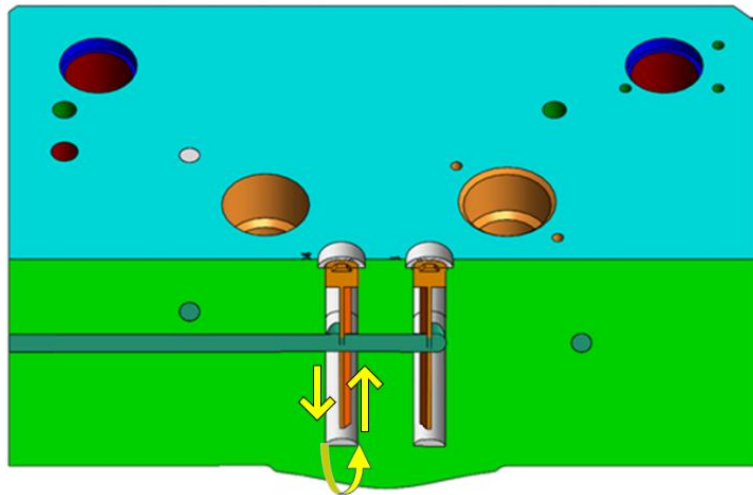


Figura 208 - Vista em corte dos poços de refrigeração dos circuitos de controlo térmico

De modo a concluir e confirmar a eficiência da refrigeração do molde, é realizada uma análise percentual ao rendimento de cada um dos quatro circuitos (Tabela 25). Para tal, é necessário conhecer o comprimento de cada um na zona de gravação e, posteriormente, dividir essa medida pelo comprimento total do mesmo circuito.

Os troços de cada circuito hidráulico, foram medidos manualmente no projeto 3D com recurso ao *SOLIDWORKS*, sendo que isso permitiu somar os comprimentos totais e úteis de cada um dos quatro circuitos existentes no molde.

O comprimento total é toda a extensão do circuito em questão. Já o comprimento útil é só o comprimento que está próximo da peça, e que permuta calor diretamente com ela.

Após esse meticoloso passo, para poder preencher a Tabela 25, restou realizar os seguintes cálculos:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Comprimento total (mm)}}{\text{Comprimento útil (mm)}} \times 100 = \frac{1642}{2990} \times 100 = 54,92\% \quad (15)$$

$$\text{Circuito 2: Rendimento} = \frac{1054}{1711} \times 100 = 61,60\%$$

$$\text{Circuito 3: Rendimento} = \frac{1437}{2472} \times 100 = 58,13\%$$

$$\text{Circuito 4: Rendimento} = \frac{664}{1084} \times 100 = 64,30\%$$

Tabela 25 - Análise do rendimento da refrigeração

Lado do molde	Componente	Nº do Circuito	Rendimento
Fixo (Macho)	0200, 0200A, 0200B, 0300, 0301, 0500, 0501, 0540, 0541, 0700	1	Comprimento total do circuito = 2990 mm Comprimento útil = 1642 mm Rendimento = 54,92%
	0200, 0200C, 0200D, 0302, 0303, 0502, 0503, 0542, 0543, 0701	2	Comprimento total do circuito = 1711 mm Comprimento útil = 1054 mm Rendimento = 61,60%
Móvel (Cavidade)	0100	3	Comprimento total do circuito = 2472 mm Comprimento útil = 1437 mm Rendimento = 58,13%
	0100	4	Comprimento total do circuito = 1084 mm Comprimento útil = 664 Rendimento = 64,30%

Tendo em conta que não foram usados os métodos mais avançados tecnologicamente e mais eficientes de construção (descritos no subcapítulo 2.9) no sistema de controlo térmico construído (foi usado o mais barato), os rendimentos destes circuitos são bastante aceitáveis, pois encontram-se todos acima dos 50% [16].

Há que ter em conta que, ao usar o método de furações retas e convencionais para os circuitos hidráulicos, é normal que uma considerável parte do mesmo não participe diretamente nas permutas de calor com a peça injetada, pois é necessário perfurar o molde, desde a sua extremidade até às zonas de gravação, consecutivamente até perfazer um caminho que constitua um circuito de controlo térmico.

3.9.10 Sistema de escape de gases

A parte da peça *ADJUSTER COVER* em PP será aquela que terá maior tendência a acumular gases pois, dentro do respetivo molde, é a zona de maior volume.

Nas figuras presentes na Tabela 19 do subcapítulo 3.6.2, é possível observar o sentido de enchimento da parte da peça em PP, sendo que com essa informação, se junta a da Figura 70, que permitem perceber que todos os quatro cantos dessa parte da peça irão ter tendência a acumular gases.

Com esta informação, torna-se evidente a necessidade de colocar pequenas saídas de ar nas cabeças dos quatro levantadores que cada cavidade de gravação possui.

Para tal, bastou maquinar uma pequena ranhura na base da zona de gravação de cada um destes levantadores. Precisamente 0,03 milímetros são suficientes para os gases saírem, mas não o suficiente para o polipropileno sequer criar rebarba, na zona de escape do ar [16].

A restante parte destes mesmos elementos possui folgas iguais ou superiores a 0,03 milímetros, de modo a que os gases circulem até à saída mais próxima do molde (Figura 209 e Figura 210).

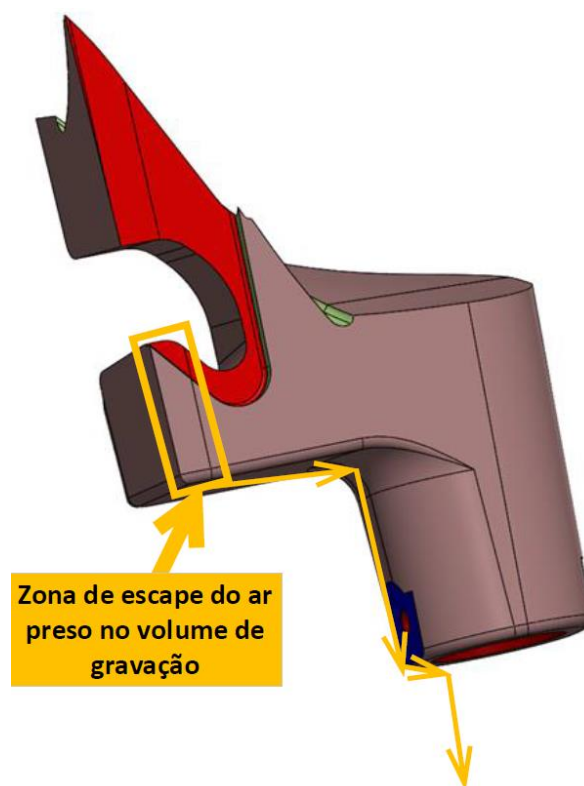


Figura 209 - Pormenor da zona de escape de gases nos postigos 0500 a 0503

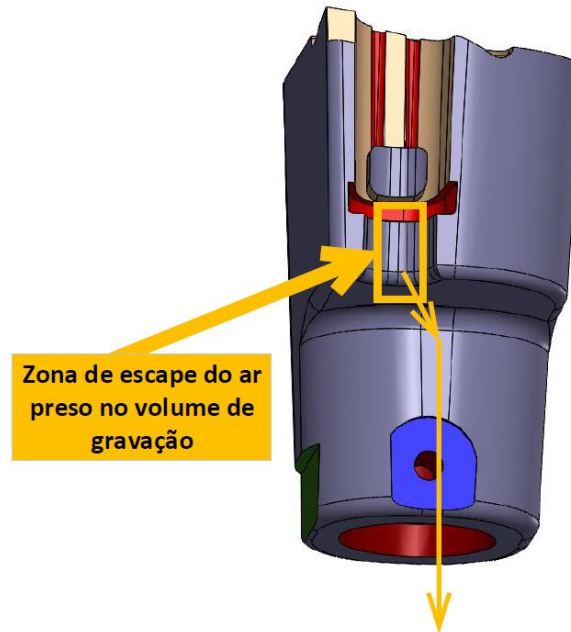


Figura 210 - Pormenor da zona de escape de gases nos postigos 0540 a 0543

A parte da peça *ADJUSTER COVER* em HDPE possui uma forma diferente de lidar com a acumulação de gases, pois não existe um caminho para fora do molde, mas apenas uma zona criada para o ar ficar preso sem prejudicar a geometria da peça, sendo esta zona oposta ao local de injeção, tal como se observa na Figura 211.

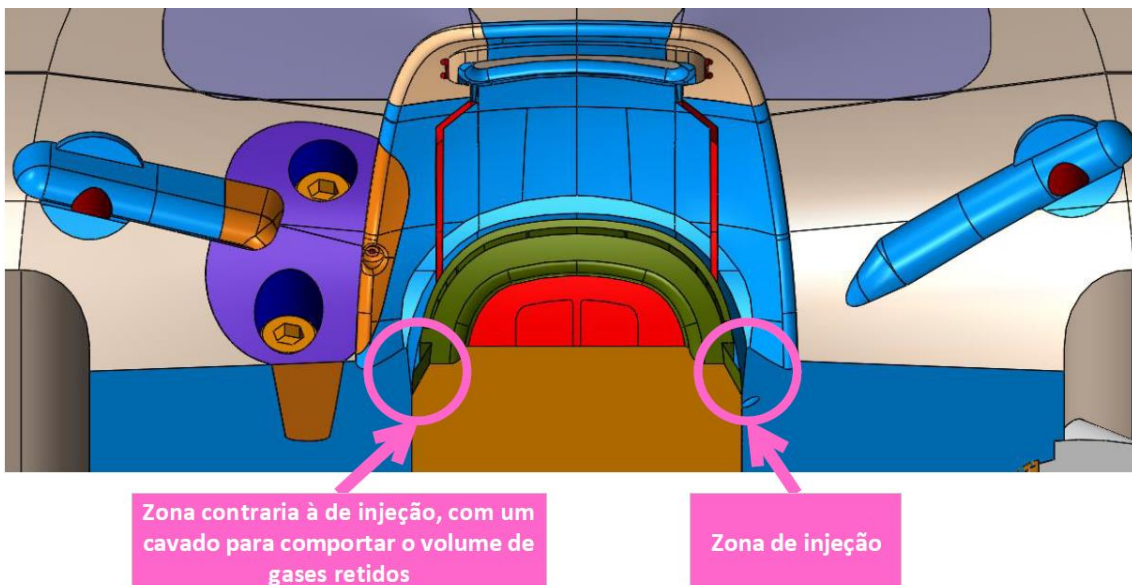


Figura 211 - Zona de acumulação de gases para a injeção de HDPE

3.10 Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde

Os materiais de construção deste molde já foram impostos e descritos, tanto na FEM como pelo cliente no CEM, assim como aprovados por ambas as entidades. Foram tidos em conta aspetos como:

- Número de ciclos de injeção (dentro do tempo de vida útil expectável do mesmo);
- Matéria-prima das peças a injetar;
- Limitação do orçamento;
- Esforços mecânicos e químicos que o molde deve suportar;
- Condições climáticas onde o molde irá operar;
- Acabamentos das zonas de gravação das peças;
- Facilidade de processamento dos aços.

Os materiais que constituem o molde devem possuir várias características de seleção às quais são dadas prioridade, de forma a se obter um molde com a qualidade necessária e aprovado pelo cliente final, que são:

- **Coeficiente de dilatação térmica** ($10^{-6} K^{-1}$ (20 a 300 °C));
 - Entre dois aços com as mesmas qualidades, deverá ser escolhido o que tiver uma menor e mais estável dilatação térmica.
- **Resistência à compressão** (MPa ou N/mm²);
 - A máquina de injeção irá exercer uma força de fecho máxima de 200 toneladas, que resultará numa pressão de compressão exercida no molde UL598, logo esta resistência deve ser adequada.
- **Resistência à corrosão** (Escala de *Likert*);
 - Os aços devem ser resistentes à corrosão do meio ambiente no geral, principalmente dentro do tempo de vida expectável para o molde, de modo a manterem a qualidade geométrica e dimensional desejada. Os aços que suportarem os canais de controlo térmico deverão ser os mais resistentes neste especto.
- **Custo** (€/kg);
 - O custo do aço deve ser ajustado à realidade do orçamento aprovado com o cliente final.
- **Condutividade térmica** ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ a 20 °C (293 K));
 - Quanto maior a capacidade do aço em dissipar calor ou manter uma estabilidade térmica, melhor, pois torna-o mais eficiente no que toca à capacidade de perder ou ganhar temperatura.
- **Maquinabilidade**, (Nível de dureza do aço (*Brinell* - HB));
 - A facilidade em maquinar é importante, pois torna o processo mais económico, pela poupança de tempo e pelo menor desgaste aplicado aos consumíveis e equipamento usado.

- **Capacidade de tratamento superficial** (Escala de *Likert*);
 - A capacidade de um aço aceitar um acabamento superficial é essencial para um molde, seja ele para aumentar a dureza superficial, aplicar textura nas zonas de conformação, ou outras finalidades.
- **Rigidez específica** (Índice do material M1):
 - É fundamental uma boa relação entre o módulo de *Young* (elasticidade) e a densidade num aço, pois quanto mais alto o módulo de elasticidade e mais baixa a densidade for, melhor comportamento mecânico este material irá ter, sem pesar muito. Este índice do material, define-se então pela seguinte formula:

$$\text{Índice do material (M1)} = \frac{\text{Módulo de Young (MPa)}}{\text{Densidade (g/cm}^3\text{)}} \quad (16)$$

Um tratamento térmico nos aços posterior à maquinagem, também é um bom complemento a ter em consideração.

A escala de *Likert*, para este caso, serve de método de avaliação quantitativa, ao atribuir uma escala numérica às propriedades mecânicas que são qualitativas. Esta escala inicia no 1, que é o “Não aceitável” e progride até ao 5, que é o “Excelente”. Na Tabela 26 é apresentada a situação descrita, usada para este estudo e adaptada a esta situação em específico. Esta escala é usada para quantificar a qualidade das propriedades de cada material, relativamente ao tratamento superficial e resistência á corrosão, presentes na Tabela 28, Tabela 29 e no calculo final da Figura 212.

Tabela 26 - Escala de *Likert*, adaptada ao caso

1	Não aceitável
2	Pouco satisfatório
3	Aceitável
4	Boa
5	Excelente

3.10.1 Requisitos para os vários componentes do molde

O molde será construído para garantir a qualidade desejada para um total de quatrocentos mil ciclos de injeção, tal como indica a Tabela 12. Os elementos essenciais do molde, incluindo todos os aços que não são normalizados, tiveram os seguintes materiais como opção [1,16,31,64]:

- **1.1730** (W.NR.) ou F10 (AISI)
 - Perfeito para a estrutura, devido ao seu baixo preço (em relação os demais nesta lista), cumprimento de uma boa resistência e uma aceitável resistência ao desgaste.
- **1.2311** (W.NR.) ou PM300 (Ramada) ou P20 (AISI)
 - Esta é a opção base, mais antiga e mais comum para as placas moldantes, pois possui uma resistência e dureza aceitável, média condutividade térmica e média resistência à corrosão, oferecendo ainda uma boa maquinabilidade e boa capacidade de polimento e texturização.
- **1.2312** (W.NR.) ou PM400 (Ramada)
 - Trata-se de uma versão mais atual do 2311, sendo que o preço é idêntico, assim como todas as outras características, à exceção de conter uma percentagem de enxofre superior, o que torna o aço um pouco mais macio e mais maquinável.
- **MG50** (Ramada) ou 1.2344 (W.NR.)
 - O seu ponto forte é a elevada resistência mecânica e resistência ao desgaste, sendo muito bom para os componentes da estrutura, porém à custa de um preço consideravelmente superior ao 1730.
- **1.2738 HH** (Ramada)
 - É um aço com origem no 2311, mas com níquel. É um aço de qualidade superior, logo mais caro. Possui uma dureza bem acima do 2311, média condutividade e boa resistência à corrosão, tendo como ponto forte uma melhor soldabilidade e maior aptidão à texturização.
- **1.2085** (W.NR.)
 - Aço estrutural excelente, principalmente para placas moldantes, usual para aplicações exigentes em termos de resistência à corrosão, porém, apresenta grande perda na condutividade térmica relativamente ao 2312, 2311 e 2738.
- **AMPCO 18**
 - O melhor metal para ser usado em pequenos insertos no molde, que combina uma alta tenacidade e dureza, juntamente com uma boa resistência ao desgaste e fadiga.
- **AMPCOLOY 83**
 - Caracteriza-se por possuir uma boa rigidez específica, mas principalmente uma excelente condutividade térmica.

Estes são aços de referência que atualmente existem no mercado para a indústria dos moldes [1], indicados para o volume do molde UL598 e para a realidade da qualidade desejada para a peça final, incluindo o cumprimento de um orçamento ajustado a uma peça que não é de grandes dimensões, nem necessita de um acabamento de topo, porém necessita de cumprir uma geometria perfeita, rigor dimensional e de resistir a esforços elevados para uma peça plástica, uma vez que se trata de um componente para um conjunto de segurança rodoviária, o que acarreta normas apertadas a cumprir.

A Tabela 27, indica todos os principais componentes do molde (através das referências – anexo 13), associado ao respetivo material em que vai ser produzido, seguido de uma breve descrição, que possui o propósito de justificação para a sua escolha.

Tabela 27 - Propriedades necessárias para os vários elementos do molde

Metal	Ref.	Descrição
1730	0001, 0017, 0005, 0006, 0018, 0019	O aço da estrutura é <i>standard</i> , chega já retificado e mandrilado com as furações para as guias. Estes possuem apenas a finalidade estrutural, tendo como objetivo ser o mais económico dentro do aceitável, respeitando as resistências necessárias.
2312	0011, 0014	O aço é <i>standard</i> , chega já retificado e mandrilado com as furações para as guias. Excelente aço de construção, parecido com o 2311, porém com maior percentagem de enxofre que o torna mais macio, logo mais fácil de maquinar, desgastando menos as ferramentas de desbaste.
2738 HH	0049, 0050, 0085, 0086, 0100, 0200, 0200A, 0200B, 0200C, 0200D, 0300, 0301, 0302, 0303, 0365, 0580, 0725, 0745, 0765, 1454, 1845	O aço da estrutura é <i>standard</i> , chega já retificado e mandrilado com as furações para as guias. Excelente aço de construção, não tão fácil de maquinar quanto o 2312, porém oferece uma rigidez específica muito superior, sendo excelente para um pós-tratamento superficial como a nitruração. Alta resistência à compressão. A condutividade térmica e resistência à corrosão são mais que aceitáveis neste aço, sendo estes dois aspetos essenciais para as placas de gravação.
AMPCO 18	0385, 0386, 0570, 0405, 0596, 0726, 0735, 0736, 0737, 0738	São peças de sacrifício, com uma grande resistência ao desgaste e rigidez específica. O seu objetivo é desgastarem-se entre si, com a fricção normal dos movimentos, em vez de desgastarem os grandes componentes do molde. É uma forma de desgastar partes estratégicas do molde, que são desenhadas e concebidas para que possam ser facilmente reparadas de um modo mais económico.

AMPCOLOY 83	0500, 0501, 0502, 0503, 0540, 0541, 0542, 0543, 0700, 0701	Este aço foi usado para as partes dos movimentos hidráulicos e mecânicos, que possuem na sua extremidade a função de gravação na peça, pois acrescentam essencialmente uma alta condutividade térmica relativamente aos outros aços, respeitando aceitavelmente as outras necessidades. Porém, o custo deste mesmo aço é significativamente mais caro em comparação com os outros, daí o seu uso ser restrito.
----------------	--	--

3.10.2 Método de seleção

Os materiais de construção do molde que se apresentam na Tabela 27, foram selecionados através de um método denominado de “Matriz de seleção” [65], onde foram tidas em conta as limitações impostas pelo cliente e pelo orçamento aprovado.

Neste subcapítulo, irá ser apenas demonstrada a sequência de uso deste método para a escolha do aço 2738 HH, sendo que os restantes resultados estão presentes no anexo 16, pois a metodologia repete-se, variando apenas os resultados finais.

Etapas do processo de seleção, “Matriz de seleção”:

1. Preencher as tabelas das propriedades (Tabela 28 e Tabela 29);

Tabela 28 - Propriedades relevantes na seleção dos materiais para o molde, parte 1

Material	Módulo de Young (MPa)	Coefficiente de Dilatação Térmica ($10^{-6} K^{-1}$ (20 a 300 °C))	Tratamento superficial (Escala de Likert)	Maquinabilidade (Dureza - Brinell (HB))
1 - Aço 1730	200	13,1	3	207
2 - Aço 2311	205	13,20	3	310
3 - Aço 2312	210	13,50	3	280
4 - Aço 2738 HH	205	13,70	5	340
5 - Aço MG50	215	12,20	4	235
6 - Aço 2085	212	11,20	3	300

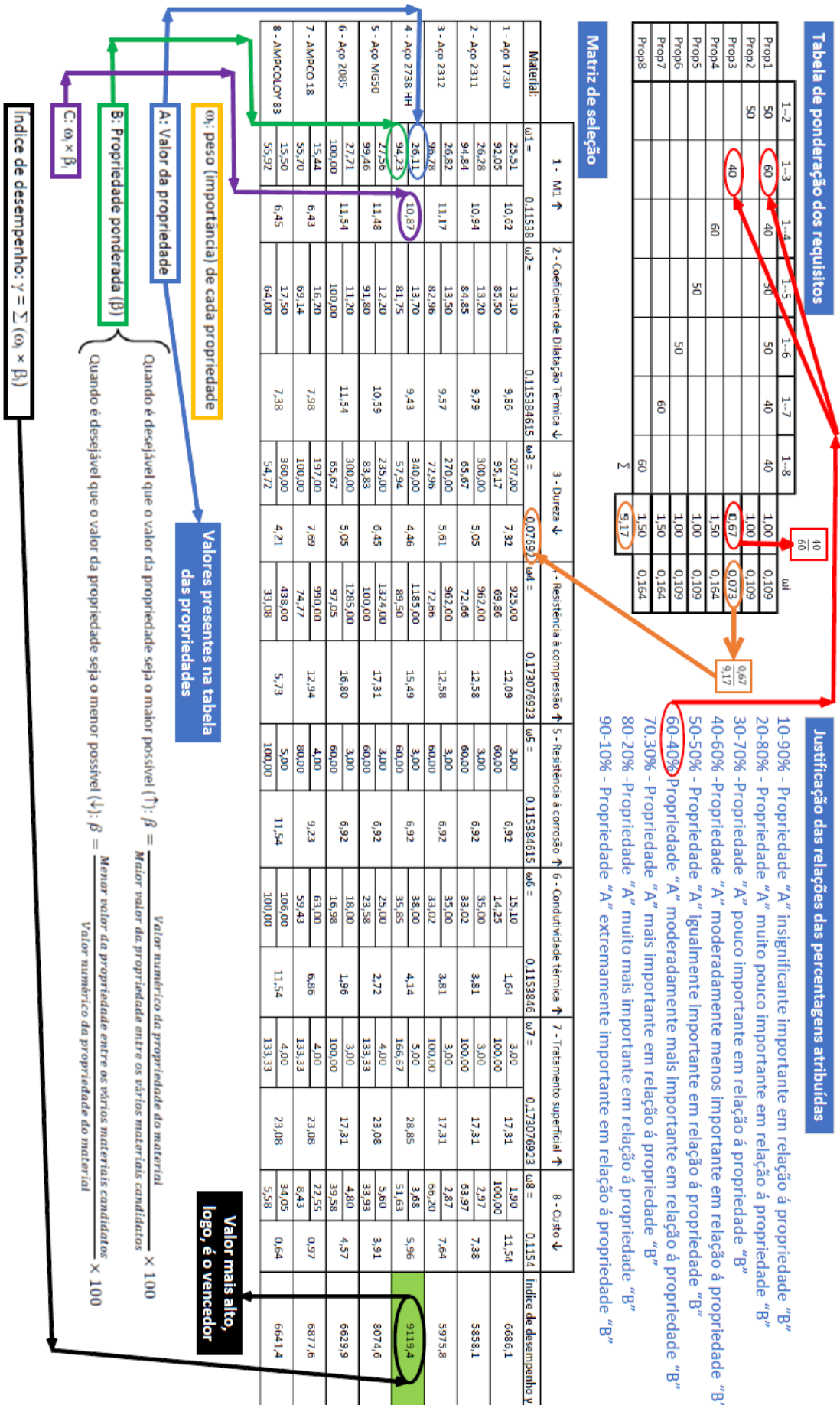
Material	Módulo de Young (MPa)	Coefficiente de Dilatação Térmica ($10^{-6} K^{-1}$ a 300 °C)	Tratamento superficial (Escala Likert)	Maquinabilidade (Dureza - Brinell (HB))
7 - AMPCO 18	115	16,20	3	187
8 - AMPCOLOY 83	128	17,50	3	360

Tabela 29 - Propriedades relevantes na seleção dos materiais para o molde, parte 2

Material	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à corrosão (Escala de Likert)	Condutividade térmica ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ (20 °C))	Densidade (g/cm^3)	Custo (€/kg)
1 - Aço 1730	965	3	15,10	7,84	1,90
2 - Aço 2311	862	3	35,00	7,80	2,97
3 - Aço 2312	862	3	35,00	7,83	2,87
4 - Aço 2738 HH	1185	3	38,00	7,85	3,68
5 - Aço MG50	1324	3	25,00	7,80	5,60
6 - Aço 2085	1285	3	18,00	7,65	4,80
7 - AMPCO 18	990	4	63,00	7,45	22,55
8 - AMPCOLOY 83	438	5	106,00	8,26	34,05

2. Fazer a tabela de ponderação dos requisitos;
3. Preencher a tabela da matriz de seleção.

Estas últimas duas etapas encontram-se esquematizadas na Figura 212, com as respectivas fórmulas de cálculo e esquematização dos procedimentos a efetuar para preencher a tabela, de modo a ser possível um resultado final.



Valores presentes na tabela das propriedades

Quando é desejável que o valor da propriedade seja o maior possível (!): $\beta = \frac{\text{Valor numérico da propriedade entre os vários materiais candidatos}}{\text{Valor numérico da propriedade do material}} \times 100$

Quando é desejável que o valor da propriedade seja o menor possível (!): $\beta = \frac{\text{Menor valor da propriedade entre os vários materiais candidatos}}{\text{Valor numérico da propriedade do material}} \times 100$

Índice de desempenho: $\gamma = \Sigma (\omega_i \times \beta_i)$

Valor mais alto, logo, é o vencedor

Figura 212 - Esquematização da etapa 1 e 2 do processo de seleção de materiais

Para este caso, é possível verificar que o vencedor incondicional é o aço 2738 HH, apesar de cada categoria de materiais do molde possuir critérios mínimos a cumprir (Tabela 30), o que, à partida pode eliminar um ou mais candidatos que no fim obtiveram uma pontuação maior, como é o caso da seleção do AMPCO 18 (anexo 16), que embora não tendo ficado em primeiro lugar na matriz de seleção, é o material com o índice de desempenho mais alto que cumpre os requisitos mínimos.

Tabela 30 - Requisitos mínimos a cumprir na seleção dos materiais para o molde

Vencedores	Critério mínimo
1.1730	Custo: $\leq 3,00 \text{ €/Kg}$
1.2312	Custo: $\leq 3,50 \text{ €/Kg}$; Condutividade térmica: $\geq 30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (a 20 °C)
1.2738 HH	Condutividade térmica: $\geq 30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (a 20 °C)
AMPCO 18	Dureza: $\leq 200 \text{ HB}$
AMPOCOLY 83	Condutividade térmica: $\geq 50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (a 20 °C)

3.11 Seleção de componentes normalizados para o molde

Para a construção do molde, foram usados elementos *standard* para facilitar o processo, pois nos dias que correm, fica mais barato comprar estes elementos prontos, do que comprar aço para posterior maquinaria nas próprias instalações. São eles:

- Elementos da estrutura do molde;
- Todo o sistema de injeção a quente e respetivo sistema elétrico;
- Todas as guias e respetivos casquilhos;
- Elementos principais de ambos os sistemas hidráulicos;
- Pernos de retorno e extratores do jito;
- Corrediças, placas deslizantes, guias dos movimentos de extração e acessórios;
- Todos os parafusos, cavilhas, pernos roscados e anilhas;
- Anéis de centragem;
- Acessórios do sistema de controlo térmico;
- Micro interruptores e sensores de posição e respetivo sistema elétrico;
- Datadores do mês e ano;
- Pés do molde, barras de transporte e barras de segurança.

Obviamente, que mesmo estes elementos precisaram de ser trabalhados, ajustados e montados no molde, sendo que os da estrutura do molde só vêm retificados com as dimensões exteriores e mandrilados com as furações para os guamentos principais. O restante é maquinado nas instalações da *SIMAN*.

3.12 Dimensionamento do molde

A base teórica para o desenvolvimento prático neste subcapítulo, está presente no subcapítulo 2.2, que integra a revisão bibliográfica. Aqui, o foco passa por, através de fórmulas matemáticas, criar uma estrutura teoricamente bem dimensionada, com uma expectativa de fiabilidade que permite garantir o período necessário de produção das quatrocentas mil peças.

3.12.1 Dimensionamento das placas e guias do molde

Cálculo da força de fecho

Este cálculo foi executado através da fórmula (1), presente no subcapítulo 2.2.1.

Tabela 31 - Variáveis para o cálculo da força de fecho

Variáveis	Valores
A_p	11124 mm ²
P_i	33,344 MPa
K_m	1
N_{cav}	2
CS	1,15

$$F_f = \frac{11124 \times 33,344 \times 1 \times 2 \times 1,15}{1000} = 853,113 \text{ kN}$$

O valor obtido do cálculo da força de fecho é de 85,31 toneladas, o que significa que uma máquina de injeção com a capacidade de cem toneladas de força de fecho já era suficiente, porém a máquina mais pequena para injeção bi-matéria que a *Simoldes*

(Plásticos S.A.) tem disponível é a já referida, de duzentas toneladas de capacidade, sendo por isso a usada.

Dimensionamento dos calços e da espessura mínima para a placa de gravação do lado da extração

Para a obtenção destes valores, foram tidas em conta a expressão abaixo, complementada pelas expressões (2), (3) e (4) do subcapítulo 2.2.2.

$$\sigma_{adm} = \frac{R_m}{CS} \quad (17)$$

Onde:

- CS – Coeficiente de segurança;
- R_m – Tensão de rotura (MPa);
- σ_{adm} – Tensão admissível (MPa).

Foi tido em conta o aço 1.1730, material que constitui os calços. Já a placa de gravação do lado da extração, embora seja constituída pelo aço 2738 HH, irá ser dimensionada juntamente com os calços. Usam-se os valores característicos do aço 1730 ($R_m = 560 \text{ MPa}$), que possui propriedades mecânicas inferiores, por isso, se este for aprovado, também o seria ao usar os valores do 2738 HH.

Para o aço 1.1730:

$$\sigma_{adm} = \frac{560}{5} = 112 \text{ MPa}$$

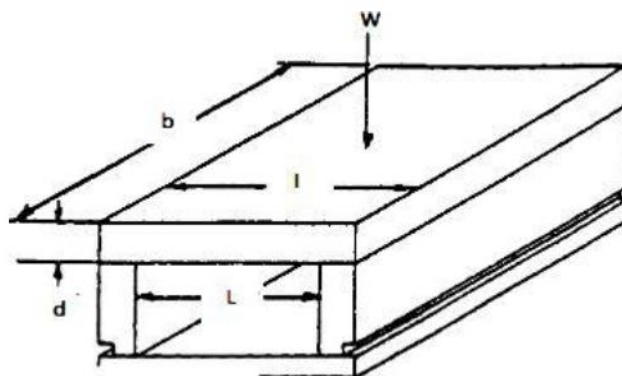


Figura 213 - Legendagem para as fórmulas (2) e (3)

Tabela 32 - Variáveis para o dimensionamento dos calços e da espessura mínima para a placa do macho

Variáveis	Valores
W	980,665 kN
L	580 – (95 × 2) = 390 mm
σ_{adm}	112 MPa
B	446 mm

A carga aplicada (W), é considerada cem toneladas, pois a máquina de injeção só necessita de funcionar a metade da capacidade. A distância entre calços (L) é automática, uma vez que a estrutura do molde é *standard* (Figura 123 e Figura 124).

$$Z = \frac{W \times L}{8 \times \sigma_{adm}} \Leftrightarrow Z = \frac{980,665 \times 390}{8 \times 112} = 426,852 \text{ mm}^3$$

$$Z = \frac{B \times d^2}{6} \Leftrightarrow d = \left(\frac{426,852 \times 6}{446} \right)^{\frac{1}{2}} = 2,40 \text{ mm}$$

A espessura mínima admitida para a placa de gravação do lado da extração (macho), é de aproximadamente 3 milímetros. Este cálculo direto permite validar que uma placa com 2,4 mm de aço 1.1730, apoiada em dois calços, aguenta 100 toneladas de força. Porém, a placa atual possui 127 milímetros (na zona menos alta), uma vez que necessita de cumprir todas as outras funções de um molde, para além de suportar a força que a máquina de injeção exerce nele.

$$A = \frac{W}{\sigma_{adm}} \Leftrightarrow A = \frac{980,655}{112} = 8,756 \text{ mm}^2$$

Os calços também estão sobredimensionados, já que os atuais possuem uma área útil de 84740 milímetros quadrados, face à área mínima admitida de 8,756 milímetros quadrados.

Dimensionamento da espessura mínima para a placa de gravação do lado da injeção

Foram usadas as expressões (11) e (12), presentes no subcapítulo 2.2.7, para este cálculo. Estas fórmulas irão ser usadas para o cálculo da espessura da placa da cavidade, que usa o aço 1.2738 HH. Portanto, o módulo de elasticidade na Tabela 33 é respetivo ao aço 1.2738 HH.

Tabela 33 - Variáveis para o cálculo da espessura mínima da placa intermédia

Variáveis	Valores
E	205000 MPa
h	50 mm
L	119,63 mm
P	33,344 MPa
y	0,025 mm

A altura máxima que as peças ocupam na placa de gravação do lado da injeção é de 50 milímetros (h), logo, esta placa terá de possuir uma espessura superior.

$$W = 33,344 \times 50 = 1667,19 \text{ N/mm}$$

$$t = \left(\frac{5 \times 1667,19 \times 119,63^4}{32 \times 205000 \times 0,025 \times 50} \right)^{\frac{1}{3}} = 59,27 \text{ mm}$$

Segundo esta fórmula, a placa necessita de aproximadamente 60 milímetros de espessura para suportar as cargas. No entanto, isto não corresponde à realidade, pois a mesma necessita de comportar muitos outros sistemas, como o de injeção e o de controlo térmico, que a obrigam a possuir uma espessura bem superior, de modo a possuir espaçamento suficiente.

Dimensionamento das guias principais do molde

Aqui são usadas as fórmulas (7) e (8), presentes no subcapítulo 2.2.4, para efetuar os cálculos necessários à obtenção do diâmetro mínimo das guias principais do molde.

Tabela 34 - Variáveis para o dimensionamento das guias principais do molde

Variáveis	Valores
E	205000 MPa
m	1
L	330 mm

A carga na coluna (F) é calculada ao dividir a força de fecho (obtida na página 179) exercida no molde, pelas quatro colunas de guiamento:

$$F = \frac{(853,113 \times 1000)}{4} = 213276,95 \text{ N}$$

$$I = \frac{213276,95 \times 330^2}{1 \times \pi^2 \times 205000} = 11479,37 \text{ mm}^4$$

$$r = \left(\frac{11479,37 \times 4}{\pi} \right)^{\frac{1}{4}} = 10,995 \text{ mm}$$

$$d = 2 \times 10,99953 = 21,990 \text{ mm}$$

Em suma, o diâmetro mínimo necessário para as guias principais, segundo as fórmulas, é de 22 milímetros. Porém, como as guias acompanham as medidas *standard* do restante molde, as selecionadas para o molde UL598 possuem um diâmetro de 32 milímetros, logo, estão sobredimensionadas, o que indica que não causarão problemas.

3.12.2 Dimensionamento do sistema de extração

Cálculo da força de extração

A força necessária para extrair uma ou mais peças é calculada através das fórmulas (5) e (6) do subcapítulo 2.2.3.

Em primeiro lugar, é de mencionar que estes cálculos serão feitos para uma peça, ou seja, vai ser calculada primeiro a força necessária para extrair uma peça (uma cavidade) e como o molde possui duas, no fim é só multiplicar o valor resultante de “P” por dois.

As dimensões máximas ao nível do comprimento e largura de uma peça *ADJUSTER COVER* são de 119,7 x 65 milímetros, para efeitos do cálculo da área e do perímetro da mesma.

Tabela 35 - Variáveis para o cálculo da força de extração

Variáveis	Valores
E (do Polipropileno)	1250 MPa
E (do aço 2738 HH)	205000 MPa
A	7780,50 mm ²
Perímetro (uma peça)	369,40 mm
t	1,3738 mm
α	0,0000085 K ⁻¹
ΔT	126 K
μ	0,36
ν	0,3868
L	336 mm
m	1

O diâmetro do círculo equivalente ao perímetro da cavidade pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{Perímetro da peça} = \pi \times d \quad (18)$$

Que resulta no seguinte:

$$369,4 = \pi \times d \Leftrightarrow d = 117,58 \text{ mm}$$

Cálculo intermédio:

$$S_t = (0,0000085 \times 126) \times 117,58 = 0,13 \text{ mm}$$

Cálculo final:

$$P = \frac{0,1259 \times 1250 \times 7780,50 \times 0,36}{117,58 \times \left(\frac{117,58}{2 \times 1,3738} - \frac{117,58}{4 \times 1,3738} \times 0,3868 \right)} = 108,61 \text{ N}$$

Cada peça necessita de, no mínimo, 108 N de força para ser extraída.

Cálculo do diâmetro mínimo para os extratores

O diâmetro mínimo para os extratores é obtido através do uso das fórmulas (7) e (8) do subcapítulo 2.2.4.

Cada peça terá quatro levantadores responsáveis pela sua extração, que, embora a sua cabeça não seja circular, o seu corpo é cilíndrico. O valor do diâmetro do corpo dos levantadores é o pretendido nestes cálculos. Segue-se a mesma lógica do cálculo para uma peça apenas.

$$F = \frac{P}{4} \Leftrightarrow F = \frac{108,61}{4} = 27,15 \text{ N}$$

Cada elemento extrator necessita de exercer uma força elevatória de aproximadamente 27 Newton, no mínimo.

$$I = \frac{43,81 \times 336^2}{1 \times \pi^2 \times 205000} = 2,445 \text{ mm}^4$$

$$r = \left(\frac{2,445 \times 4}{\pi} \right)^{\frac{1}{4}} = 1,328 \text{ mm}$$

$$d = 2 \times 1,328 = 2,657 \text{ mm}$$

Concluindo, o diâmetro mínimo aceitável para os veios de cada elemento extrator para uma *ADJUSTER COVER* é de aproximadamente 2,7 milímetros.

Porém, todos os quatro elementos de extração de cada peça, possuem um veio com o diâmetro exterior de 16 milímetros (garante que não sofre encurvadura), de modo a ficar proporcional ao seu respetivo topo, e de garantir fiabilidade ao mecanismo em questão, ao longo do tempo, até porque não são extratores circulares.

A área de atuação mínima sobre a peça é de:

$$A = \pi \times r^2 \Leftrightarrow A = \pi \times 2,7^2 = 22,9 \text{ mm}^2$$

Já a área de atuação dos quatro levantadores atuais da peça é de:

$$A = (19 \times 14) \times 2 + (25 \times 14) \times 2 = 1232 \text{ mm}^2$$

Portanto, como a área de atuação real é de 53,8 vezes superior à mínima, está garantido que os levantadores não causarão dano nas superfícies da peça a injetar.

3.12.3 Dimensionamento do sistema de controlo térmico

Cálculo do tempo de arrefecimento de uma peça

O tempo mínimo de arrefecimento da peça *ADJUSTER COVER* (PP + HDPE) é obtido através do uso da fórmula (9) do subcapítulo 2.2.5.

Tabela 36 - Variáveis para o dimensionamento do sistema de controlo térmico

Variáveis	Valores
Q	19437000 J
massa (1 peça)	0,029885 kg
T_f	513,15 K
T_i	387,15 K
ρ (aço 2738 HH)	7,85 g/cm ³
K	38000 (W/(m·K))
t	0,137375 cm
$T_c = T_1$	240°C
$T_m = T_2$	60°C
T_x	114°C
k	0,64
T_e	30°C
T_s	35°C
C_p (do PP)	0,458584 kcal/kg°C
L	23,9 kcal/kg

Faltam ainda duas variáveis necessárias para o cálculo do θ , na fórmula (9), para as quais irão ser realizados os seguintes cálculos intermédios:

$$Q = \text{Capacidade (W)} \times \text{Tempo de aquecimento (s)} \quad (19)$$

$$\Leftrightarrow [(8 \times 2000) + 650 + 400] \times (19 \times 60) = 19437000 \text{ J}$$

A máquina de injeção possui oito resistências de 2000 watts ao longo do cilindro, uma de 650 watts no centro do bico de injeção e uma última na ponta do bico de injeção de 400 watts, sendo que a matéria-prima demora cerca de 20 minutos desde a tremonha até à entrada no molde. Tudo isto resulta numa necessidade de 17050 Joules de energia para injetar o plástico fundido a 240 graus Celcius.

$$C_p = \frac{Q}{m \times (T_f - T_i)} \quad (20)$$

$$C_p = \frac{19437000}{0,029885 \times (T_i - T_f)} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow C_p = \frac{19437000}{0,029885 \times (513,15 - 387,15)} = 5161850,586 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

Onde:

- C_p – Calor específico em Joules por quilograma Kelvin ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$);
- Q – Quantidade de calor em Joules (J);
- m – Massa em quilogramas (kg);
- T_f – Temperatura final, em Kelvins (K);
- T_i – Temperatura inicial, em Kelvins (K).

No último cálculo, foi feita a diferença da temperatura inicial pela temperatura final pois aqui o cálculo incide sobre uma perda de energia (arrefecimento), de modo a ser possível calcular o tempo de arrefecimento.

$$\alpha = \frac{K}{C_p \times \rho} \quad (21)$$

$$\alpha = \frac{38000}{5161850,586 \times 7,85} = 0,0009378 \text{ cm}^2/\text{s}$$

Onde:

- α – Difusidade térmica (cm^2/s);
- ρ – Densidade, em (g/cm^3);
- K – Condutividade térmica ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$).

Agora estão reunidas todas as variáveis para que finalmente se possa calcular o tempo de arrefecimento (fórmula (9) do subcapítulo 2.2.5) para uma peça, considerando a parte em PP e a parte em HDPE.

$$\theta = \frac{-0,137375^2}{2\pi \times 0,0009378} \times \log \left[\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{114 - 60}{240 - 60} \right) \right] = 2,01 \text{ s}$$

Pelos cálculos provenientes das fórmulas anteriores, o tempo de arrefecimento necessário é muito menor do que os 12,23 segundos simulados pelo *SOLIDWROKS Plastics*.

Isto deve-se ao facto destas fórmulas matemáticas terem apenas em conta as propriedades térmicas do aço e do polímero, sendo que o simulador CAE possui um poder de cálculo muito superior, tendo em conta todas as variáveis possíveis.

Em suma, é possível perceber que, no mínimo, são precisos cerca de 2 segundos para arrefecer a peça completa, e no máximo serão necessários cerca de 13 segundos para o mesmo efeito.

Cálculo do caudal de fluído de controlo térmico

Este cálculo é iniciado pela fórmula (10) do subcapítulo 2.2.6, que fornece o valor que indica a quantidade de calor necessária a retirar por cada segundo. De forma a prosseguir com coerência, estes cálculos irão ser executados apenas para uma peça, sendo que no fim é necessário ter em conta que o molde possui duas cavidades. A Tabela 37 indica todas as variáveis necessárias aos cálculos.

Tabela 37 - Variáveis necessárias para o dimensionamento do caudal de fluído de controlo térmico

Variáveis	Valores
C_p	0,458584 kcal/kg°C
T_1	240°C
T_2	60°C
L	23,9 kcal/kg
k	0,64
T_e	30°C
T_s	35°C

É necessário realizar um cálculo intermédio (“m”), para obter todas as variáveis necessárias ao cálculo do “q”, é ele:

$$m = \frac{\text{massa do PP (kg)} + \text{massa do HDPE (kg)}}{\text{Tempo de injeção do PP (s)} + \text{Tempo de injeção do HDPE (s)}} \quad (22)$$

$$m = \frac{(0,026698 + 0,003187)}{(1,2323 + 0,492)} = 0,017332 \text{ kg/s}$$

Cálculo do “q”:

$$q = 0,017332 \times [0,458584 \times (240 - 60) + 23,9] = 1,845 \text{ kcal/s}$$

Por último, é calculado o caudal de água necessário para retirar 1,845 kcal/s do molde.

$$\dot{m} = \frac{q}{k \times (T_s - T_e)} \quad (23)$$

Onde:

- K – Coeficiente de eficácia (canais de refrigeração nas placas moldantes);
- \dot{m} - Caudal mássico da água (kg/s);
- T_e – Temperatura de entrada da água (°C);
- T_s – Temperatura de saída da água (°C).

$$\dot{m} = \frac{1,845}{0,64 \times (35 - 30)} = 0,577 \text{ kg/s} \Leftrightarrow \dot{m} = 0,577 \text{ L/s} \quad (24)$$

O molde necessita de possuir um fluxo de água de 1,153 litros por segundo, para assegurar o arrefecimento de ambas as peças no tempo desejado.

3.13 Processos de fabrico utilizados e respetiva sequência

As imagens que se seguem na Tabela 38, demonstram os locais e equipamentos responsáveis pela produção do molde no seu processo de fabrico, de forma sequencial.

Tabela 38 - Processos de fabrico

Processo	Secções de produção
<p>Escritório – Desenvolvimento do projeto.</p>	 <p data-bbox="858 947 1075 976">Figura 214 - Escritório</p>
<p>Ponte - Receção e transporte dos aços.</p>	 <p data-bbox="770 1507 1163 1536">Figura 215 - Zona principal de passagem</p>
<p>Serra elétrica - Corte de aços para elementos menores.</p>	 <p data-bbox="842 1964 1091 1993">Figura 216 - Corte do aço</p>

Processo**Secções de produção**

Secção do desenvolvimento das programações de maquinagem em CNC (comando numérico computadorizado), ou seja, o trabalho de CAM (*computer aided manufacturing*).



Figura 217 - Programação CNC

CNC 1 – Retificações e desbastes de menor precisão.



Figura 218 - Zona da CNC 1

CNC 2 – Maquinagem maioritária, principalmente as de maior precisão.



Figura 219 - Zona da CNC 2

Processo

Secções de produção

Eletroerosão –

Maquinagem de detalhes que as CNC não suportem. Grava geometrias que necessitem de uma fresa com menos de 1 mm de diâmetro ou gravações que tenham mais de 30 mm de profundidade e menos de 2 mm de diâmetro.



Figura 220 - Eletroerosão

Furadora vertical –

Usada para executar furações retas com qualquer inclinação, até 800 mm de profundidade. Para o molde UL598, os circuitos de controlo térmico foram todos feitos aqui, uma vez que ele apenas contém furações retas, onde só muda a posição e inclinação das mesmas.



Figura 221 - Furadora vertical

Bancada 1 - Ajustes, pré-acabamentos e montagem do molde por secções.



Figura 222 - Bancada 1

Processo**Secções de produção**

Fresadora –
Maquinagens simples.



Figura 223 - Fresadora

Retificadora -
Maquinagens simples.



Figura 224 - Retificadora

Torno mecânico -
Maquinagens simples.



Figura 225 - Torno mecânico

3.14 Estimativa de custos para o molde

Os custos apresentados neste capítulo não são reais, devido ao impedimento em os demonstrar, por parte da empresa que subcontratou a *SIMAN* para a produção do UL598, logo, estes irão ser multiplicados por um fator, que será omitido.

Os custos associados a todos os componentes do molde UL598 estão presentes na tabela do anexo 19, que indica o custo de cada componente, sendo que no fim apresenta um total de 33377,62 €. Este resultado não é relevante devido ao facto referido no parágrafo anterior, porém a tabela em questão é interessante, pois possui a capacidade de demonstrar a diferença de custos entre os vários componentes, permitindo ter a perceção daquilo que realmente encarece um molde na injeção de plásticos.

3.14.1 Custos associados ao processo de conceção do molde

Para a Tabela 39, os critérios de omissão dos valores reais relativos aos custos foram iguais aos da tabela presente no anexo 19.

Tabela 39 - Custos associados à produção do molde

Operação	Rest. Estrutura /componentes		Macho		Cavidade		Movi. e levantadores		Total	
	t (h)	v (€)	t (h)	v (€)	t (h)	v (€)	t (h)	v (€)	t (h)	v (€)
Erosão	7	221	7,2	23	11,	380,	79,2	237,6	10	1072
				4,0	7	3			4,9	,4
Maquinagem convencional	0	0	17,	76	14,	648,	0	0	31,	1417
			1	9,5	4	0			5	,5
Desbaste grosseiro	15,	342,0	0	0	0	0	131,	3164,4	14	3506
	8						9		7,6	,4
Projeto técnico	9	198	17	38	12	3217	0	0	31	7263
			4	48	8,7	,5			1,9	,0
Polimento	0	0	14,	21	23,	351,	89,1	1336,5	12	1906
			6	9,4	4	0			7,1	,9
Maquinagem CNC	39,	2292,8	64,	39	61,	3816	4,7	292,5	16	1039
	5		1	92,	2	,6			9,5	3,9
				1						
Trabalho de bancada	18,	283,5	58,	87	49,	742,	153,	2295,0	27	4198
	9		5	7,5	5	5	0		9,9	,5
Controlo dimensional	4,5	112,5	0	0	0	0	0	0	4,5	112,
										5
Produção dos elétrodos	4	158	4,5	20	4,7	210,	38,9	1749,6	51,	2320
				2,5		6			7	,2

Operação	Rest. Estrutura /componentes		Macho		Cavidade		Movi. e levantadores		Total	
	t (h)	v (€)	t (h)	v (€)	t (h)	v (€)	t (h)	v (€)	t (h)	v (€)
Fresagem	11	243	0	0	0	0	0	0	11	243
Torneamento	9,0	216,0	0	0	0	0	7	168,5	16,0	384,5
Acabamento	0	0	56,3	29,36	42,8	1923,8	150,8	6783,8	24,9,8	1164,3,8
Valor total	117,8	4065,8	39,6,5	13,07	33,6,4	1129,0,2	654,5	16027,8	15,05	4446,2,4
				8,7					1	

Os valores criados nesta última tabela não andam muito longe do real. Por exemplo, as aproximadamente 1500 horas que o molde precisou para ser produzido, a dividir por três operadores que trabalham em média 10 horas por dia, significa que o molde se faz em dois meses e meio, não tendo em consideração que as CNC trabalham 24 horas por dia.

Outro aspeto interessante é o facto dos movimentos e levantadores serem a parte mais cara e demorada no molde, o que para quem já possui alguma experiência, não cria espanto, pois estes são os elementos mais difíceis de maquinar, devido à enormidade de detalhe e precisão necessária.

3.15 Montagem final do molde

É necessária uma sequência de montagem lógica dos componentes do molde, de modo a ser possível integrá-los a todos no seu devido local, à primeira e sem danificar nada.

Na Tabela 41, é apresentada essa sequência para o molde UL598, através da demonstração de vários conjuntos que são montados individualmente, e que posteriormente se montam entre eles, até resultar no conjunto final, ou seja, o molde completo.

Tabela 40 - Etapas da montagem do molde UL598

Montagem do molde

Conjunto de montagem A:

Montagem da placa de fixação do lado da injeção, juntamente com a placa isoladora e anéis de centragem.

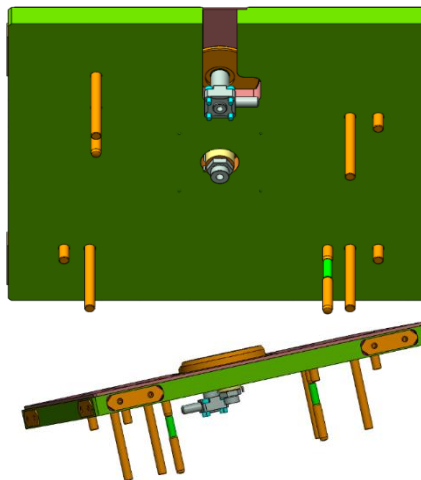


Figura 226 - Montagem do conjunto A

Conjunto de montagem B:

Montagem do sistema de injeção a quente, realizada pela HRS.

Embora não representado na Figura 227, as respectivas ligações elétricas são instaladas nesta fase.

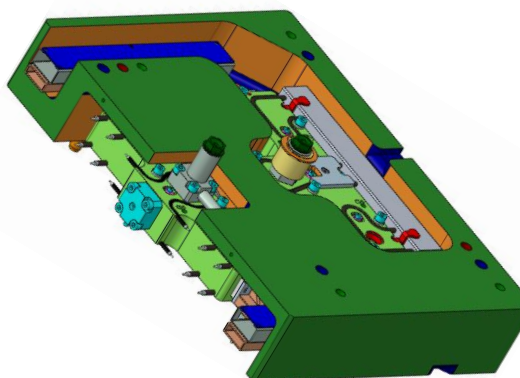


Figura 227 - Montagem do conjunto B

Conjunto de montagem C:

Montagem da placa intermédia e seus componentes à placa de encosto do lado da injeção.

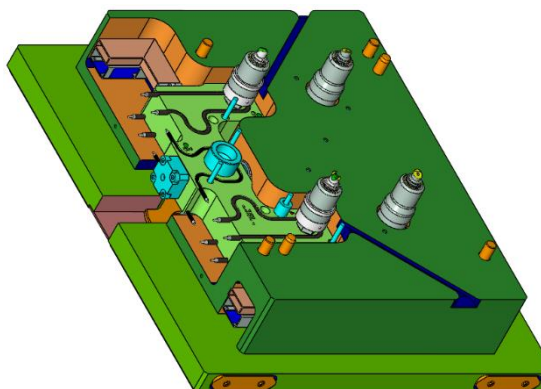


Figura 228 - Montagem do conjunto C

Montagem do molde

Conjunto de montagem D:

Montagem da placa de gravação do lado da injeção (Fêmea ou cavidade) e seus componentes.

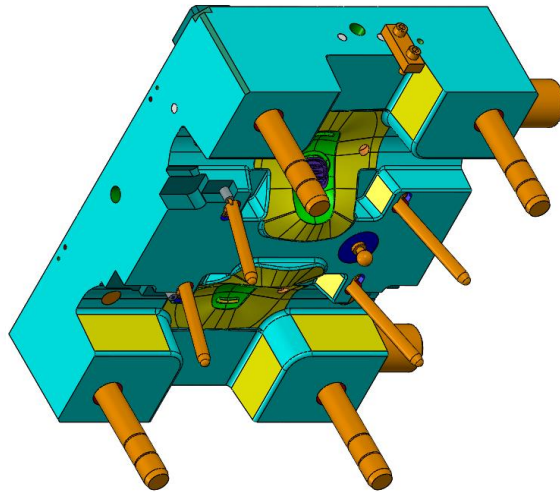


Figura 229 - Montagem do conjunto D

Conjunto de montagem E:

Montagem do conjunto C com o D.

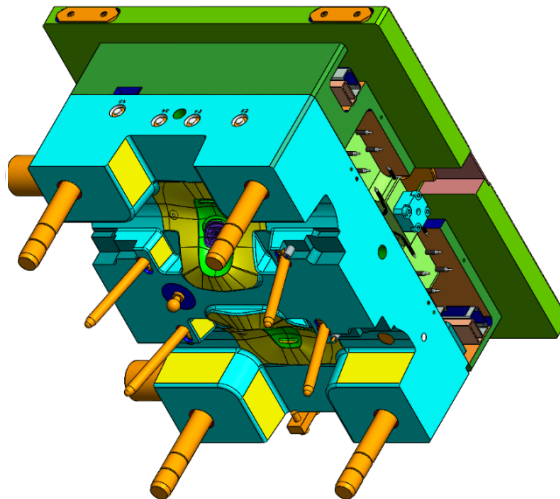


Figura 230 - Montagem do conjunto E

Montagem do molde

Conjunto de montagem F:

Montagem das fichas de alimentação elétrica, caixilharia, proteções e respectivas ligações elétricas relativas à alimentação elétrica do sistema de injeção a quente.

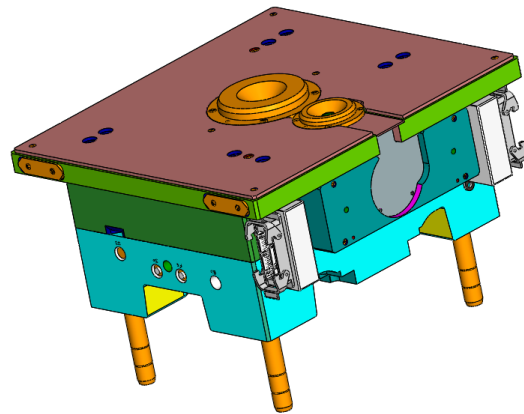


Figura 231 - Montagem do conjunto F

Conjunto de montagem G:

Montagem da placa de gravação do lado da extração (Macho) e respetivos componentes, incluindo todos os postigos, topos e veios da extração, através de levantadores e movimentos de extração.

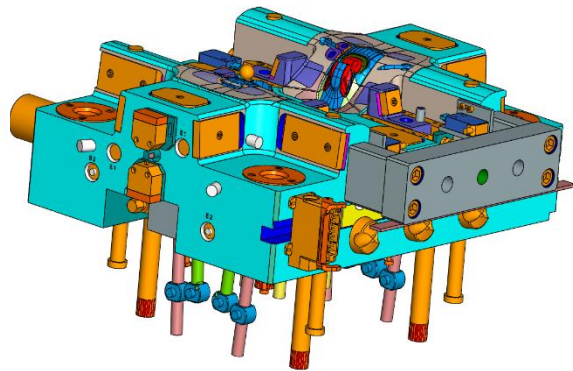


Figura 232 - Montagem do conjunto G

Conjunto de montagem H:

Montagem da placa dos extratores e respetivos componentes.

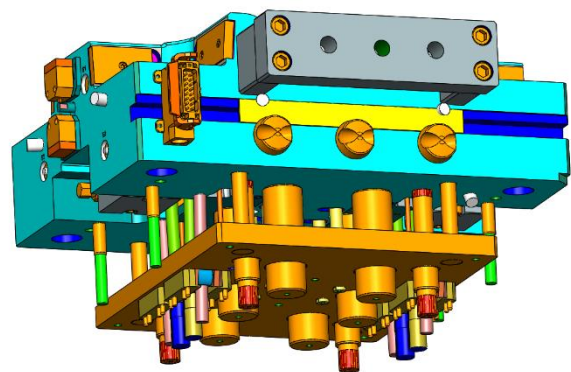


Figura 233 - Montagem do conjunto H

Montagem do molde

Conjunto de montagem I:

Montagem da placa de aperto dos extratores e pré-montagem do sistema hidráulico.

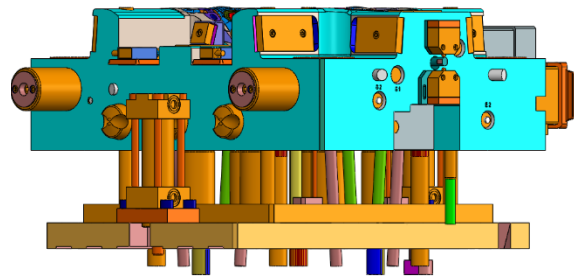


Figura 234 - Montagem do conjunto I

Conjunto de montagem J:

Montagem dos calços no molde.

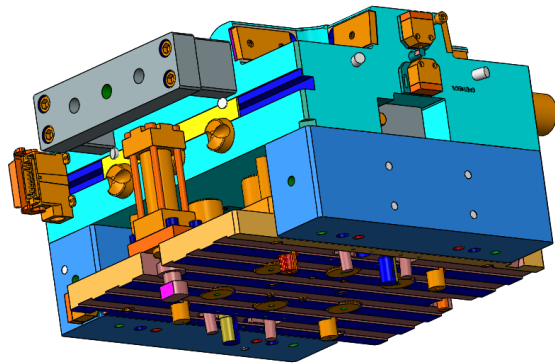


Figura 235 - Montagem do conjunto J

Conjunto de montagem L:

Montagem da placa de encosto do lado da extração ao conjunto de elementos de aperto nos calços e dos elementos de fixação presentes nas placas de extração.

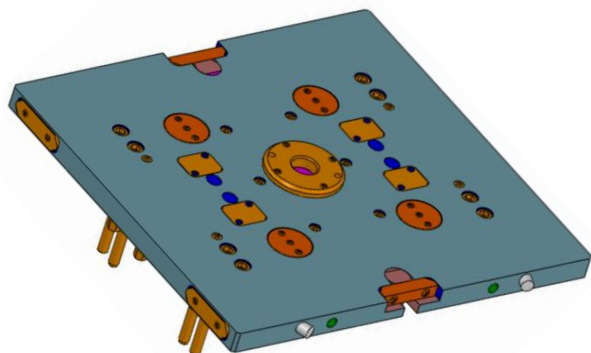


Figura 236 - Montagem do conjunto L

Montagem do molde

Conjunto de montagem M:

Montagem final do lado da extração do molde.

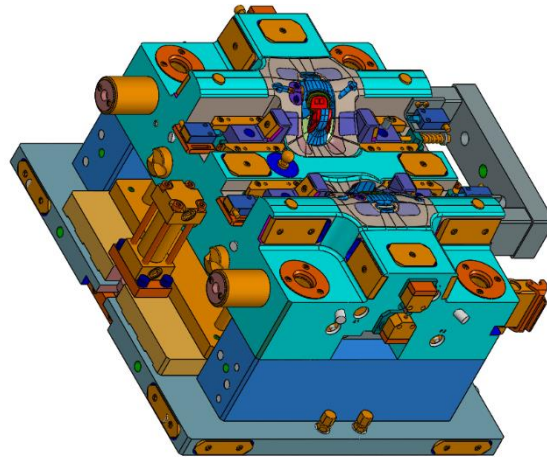


Figura 237 - Montagem do conjunto M

Conjunto final, molde completo:

Encaixe e aperto do lado da injeção do molde com o lado da extração do mesmo.

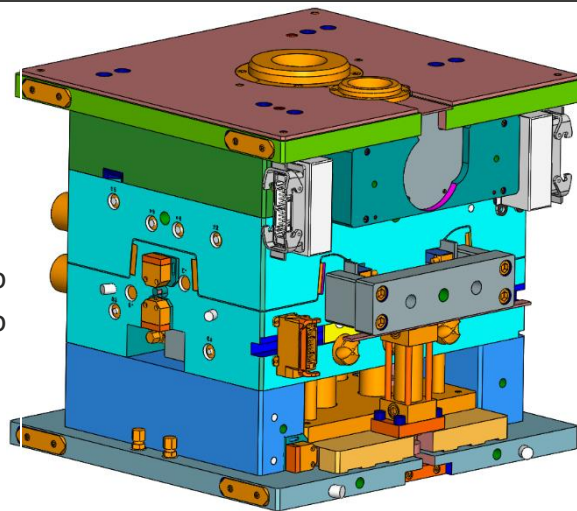


Figura 238 - Montagem do molde completo

O molde segue uma lógica estruturada e simples na sua montagem e desmontagem, apesar da sua complexidade e elevada quantidade de componentes. O conjunto de figuras presentes na Tabela 40 só não demonstram graficamente os cabos elétricos e os tubos de ligação hidráulica.

3.15.1 Sistema de içamento do molde

Os moldes normalmente são transportados em paletes, o que facilita o transporte em veículos e empilhadores. Porém, para os transportar para fora das paletes, por exemplo para uma bancada, para uma CNC ou para os instalar numa máquina de injeção, estes necessitam de possuir olhais de içamento fixados em locais estratégicos, tanto na parte do lado da injeção como na parte do lado da extração do molde.

Estes olhais são fixados em locais que permitem o equilíbrio do conjunto, assim que suspenso no ar, sendo que, para tal, ajuda determinar a massa e o centro gravidade do molde completo, bem como dos conjuntos “F” e “M” separados.

3.15.1.1. Içamento da parte do molde do lado da injeção

A massa da parte do molde do lado da injeção é de aproximadamente 466 quilogramas, segundo os cálculos executados através do *software* SOLIDWORKS.

O centro de gravidade da parte do lado da injeção do molde UL598 fica 126,82 milímetros abaixo da superfície mais elevada da placa das cavidades e, obviamente, no centro do molde, tal como indicam as Figura 239 e Figura 240.

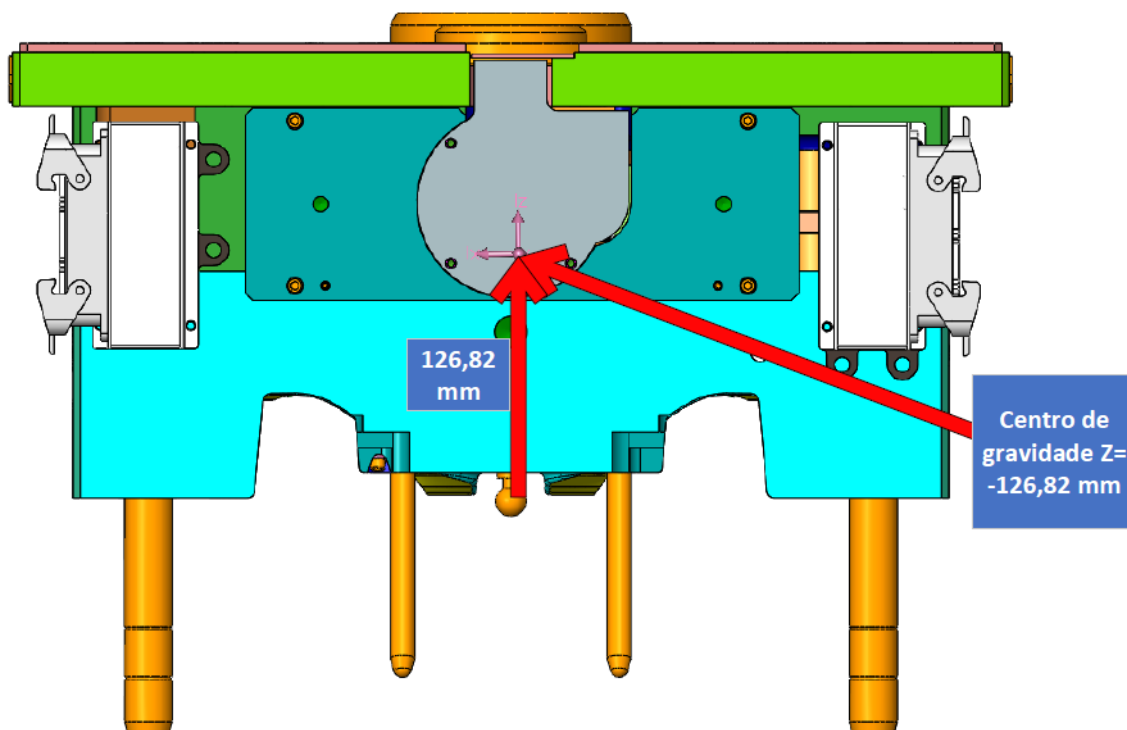


Figura 239 - Vista em altura do centro de gravidade do lado da injeção

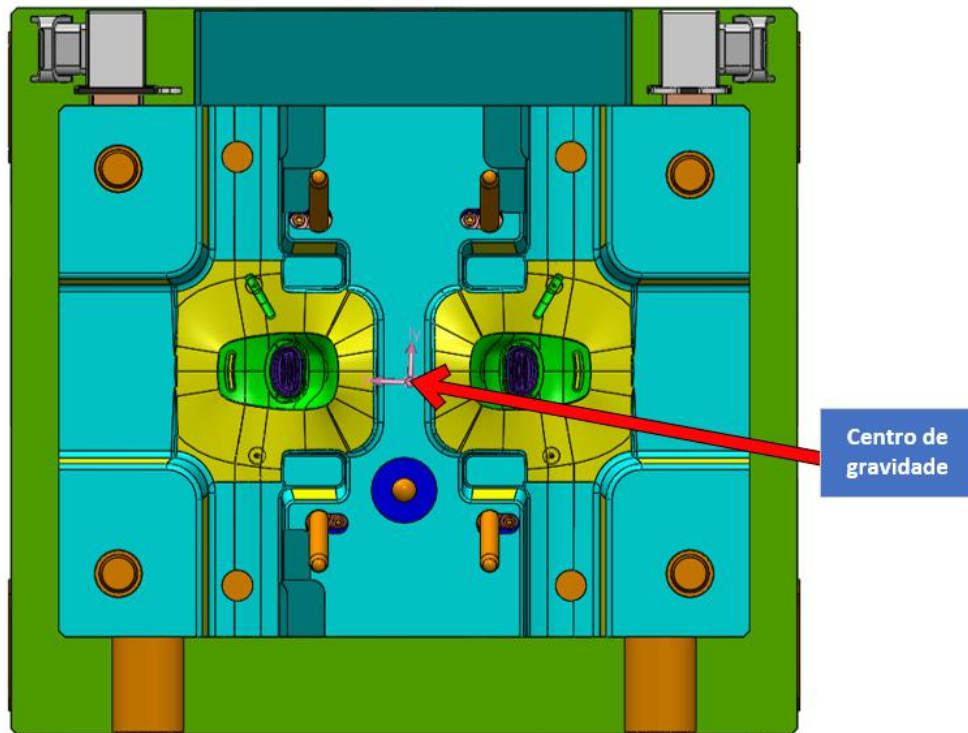


Figura 240 - Vista de topo do centro de gravidade do lado da injeção do molde UL598

Irá ser usado um coeficiente de segurança 3 para o cálculo do peso que os olhais ter o de suportar. Para este caso, resulta em:

$$446 \text{ kg} \times 3 = 1338 \text{ kg}$$

Devido ao centro de gravidade (da parte fixa do molde) se encontrar na zona da prote o dos cabos de alimenta o elétrica para o sistema de inje o a quente e da inexistência de aço para realizar o furo para a fixa o do olhal de içamento nesse preciso local, este irá ser deslocado 40 milímetros em dire o às zonas de grava o do molde, de modo a ser exequível. Como consequência, esta aço provocar  um ligeiro desequ brio no momento em que o molde for içado, resultando no entanto numa inclina o pouco acentuada (Figura 241).

Isto significa que, segundo o anexo 17 e a norma DIN 580, o diâmetro da zona de aperto do olhal a usar para o içamento do lado da inje o do molde UL598   de 24 milímetros (Figura 241).

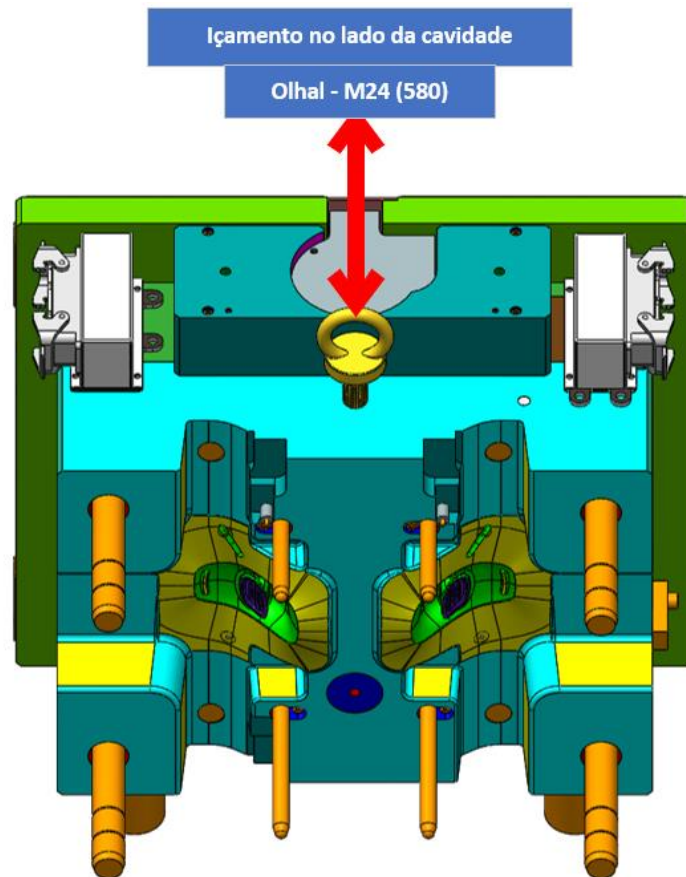


Figura 241 - Olhais de içamento do lado da injeção do molde UL598

3.15.1.2. Içamento da parte do molde do lado da extração

A massa da parte do molde do lado da extração é de aproximadamente 701 quilogramas, segundo os cálculos executados através do *software SOLIDWORKS*.

O centro de gravidade da parte do lado da injeção do molde UL598 fica 152,11 milímetros abaixo da superfície mais elevada da placa dos machos e, obviamente, no centro do molde, tal como indicam as Figura 242 e Figura 243.

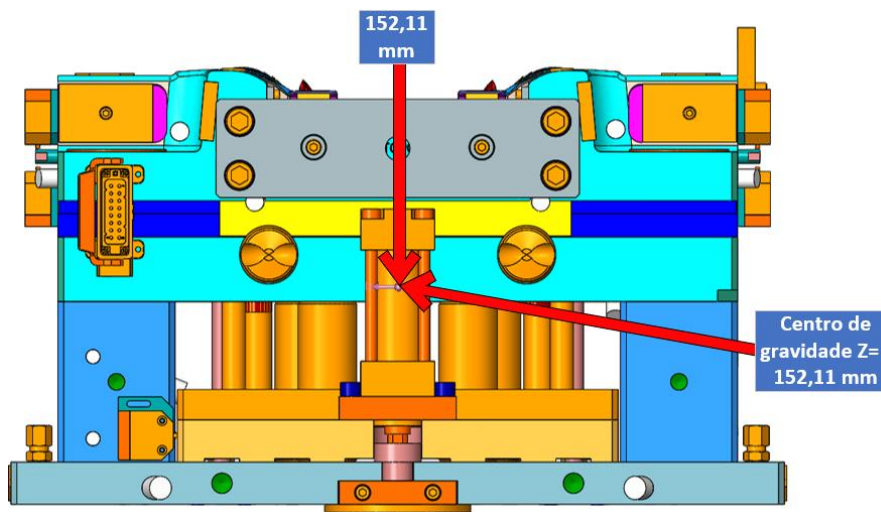


Figura 242 - Vista em altura do centro de gravidade do lado da extração

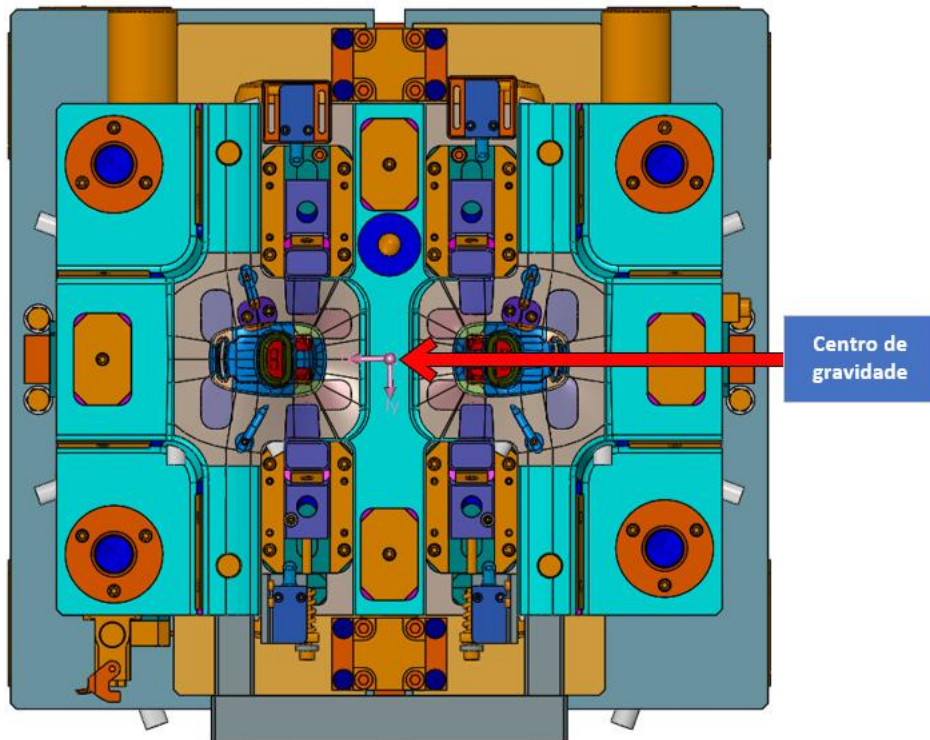


Figura 243 - Vista de topo do centro de gravidade do lado da extração do molde UL598

Irá ser novamente usado um coeficiente de segurança 3 para o cálculo do peso que os olhais ter o de suportar. Ora, para este caso, resulta em:

$$701 \text{ kg} \times 3 = 2103 \text{ kg}$$

Para este lado do molde não vai ser possível usar apenas um olhal, porque na zona do centro de gravidade existem elementos que impedem a sua fixa o, logo ter o de ser colocados dois olhais alinhados na linha do centro de gravidade, tal como mostra a Figura 244.

Isto significa que, segundo o anexo 17 e a norma DIN 580, o diâmetro da zona de aperto do olhal a usar para o içamento do lado da inje o do molde UL598   de 24 milímetros (Figura 244).

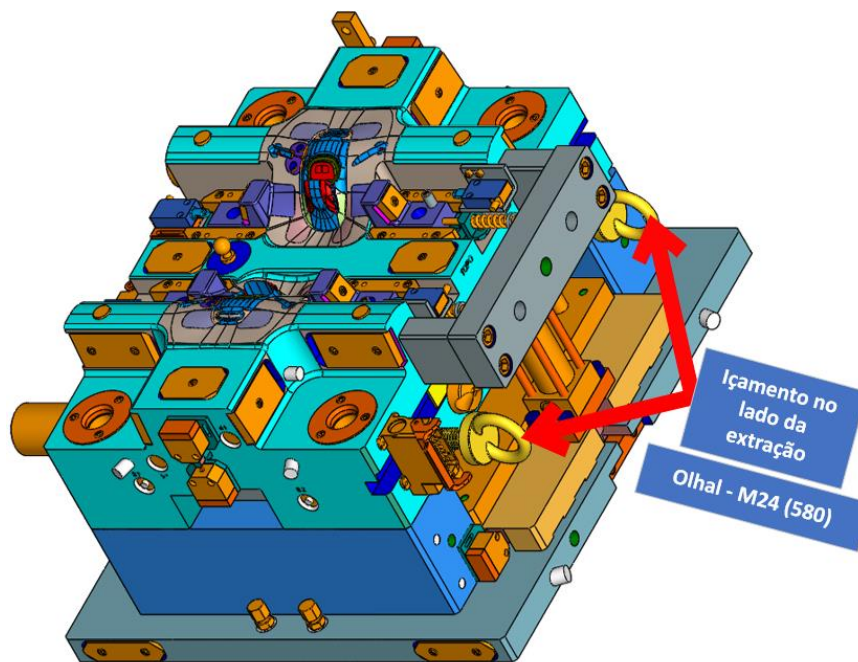


Figura 244 - Olhais de içamento do lado da extração do molde UL598

3.15.1.3. Içamento do molde completo

Para içar o molde completo e fechado, terão de ser usados os três olhais disponíveis para uma execução segura do procedimento, tal como demonstra a Figura 245.

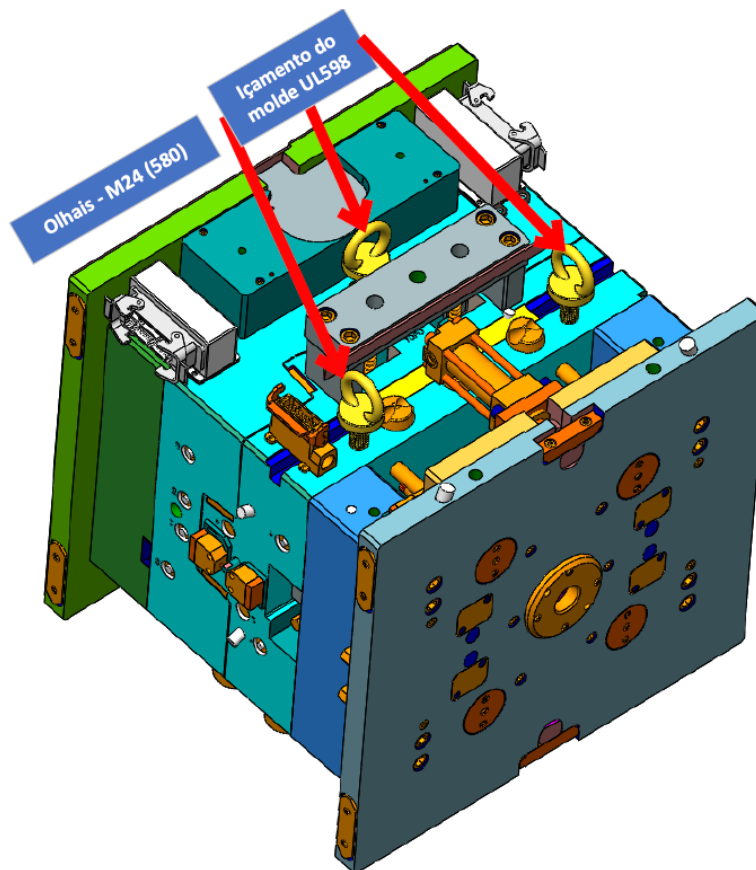


Figura 245 - Içamento do molde UL598

3.16 Ligações elétricas do molde

Existem dois sistemas elétricos independentes presentes no molde UL598, sendo que um é o que pertence ao sistema de injeção a quente, e o outro é o do sistema de segurança e controlo dos movimentos hidráulicos, incluindo as placas de extração.

Os sensores presentes no sistema de segurança (Tabela 14) fazem a máquina de injeção entrar em paragem de emergência caso os movimentos, tanto dos postigos 0700 e 0701 (Figura 121) como das placas de extração, não cumpram a sua devida sequência no ciclo de injeção. Basta um destes elementos não cumprir, que a máquina entra em paragem.

Este sistema pode ser subdividido em dois, o esquema elétrico dos sensores de posição dos postigos 0700 e 0701 e o esquema elétrico do sistema de sensores de posição das placas de extração.

3.16.1 Esquema elétrico para o sistema de injeção a quente

O esquema de ligações elétricas das duas tomadas de alimentação individual dos dois módulos de aquecimentos está apresentado na Figura 246.

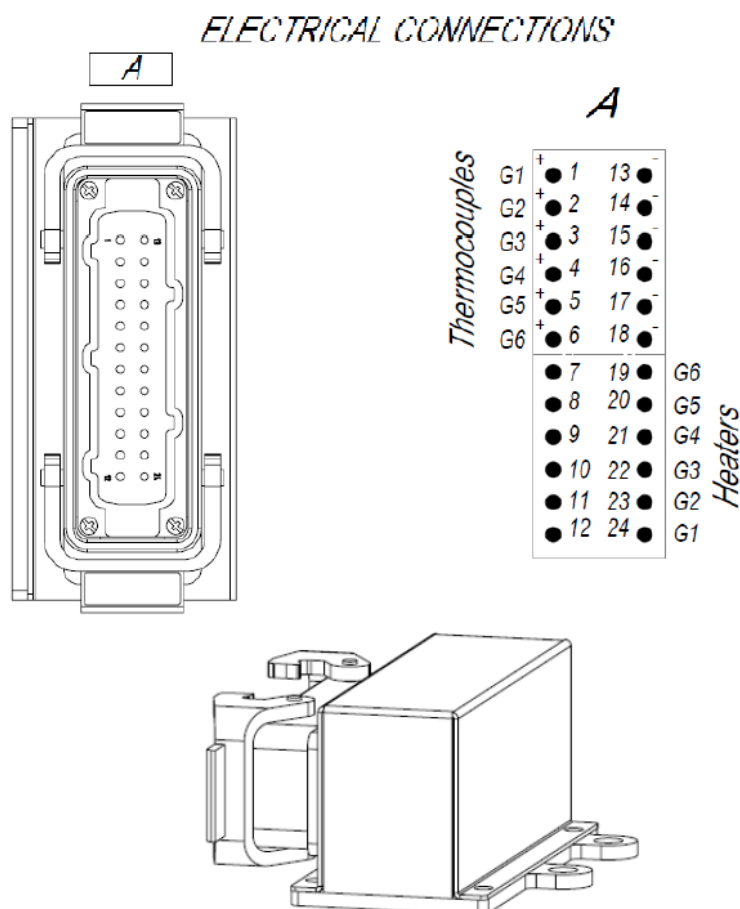


Figura 246 - Ligações dos terminais das tomadas de alimentação elétrica do sistema de injeção a quente

A Figura 247 providencia o esquema de ligação existente entre as tomadas de alimentação elétrica e os módulos (distribuidores + resistências elétricas).

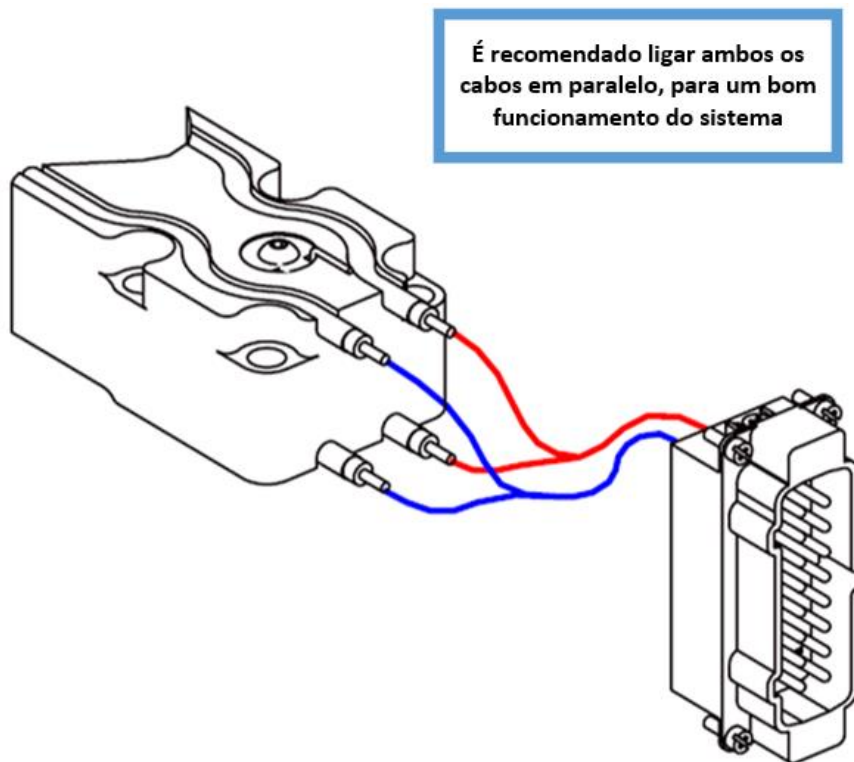


Figura 247 - Esquemática das ligações elétricas entre as tomadas e os módulos

Foram ainda fornecidas pela HRS algumas especificações sobre estes elementos, bem como um esquema de ligações elétricas do sistema em questão, presentes no anexo 18.

3.16.2 Esquema elétrico do sistema de segurança da extração

A base do esquema elétrico das ligações para os sensores de posição do sistema de segurança para as placas de extração, segue a lógica representada na Figura 248.

A ficha de alimentação é a mesma para o sistema de alimentação dos sensores de segurança para as placas de extração, e para os postigos de gravação da parte da peça em HDPE (0700 e 0701), pois possui mais pinos do que o necessário.

De modo básico, o que cada micro-interruptor (sensor de posição) faz é ligar e desligar o fluxo de corrente elétrica que por ele passa, à medida que este é acionado ou não pelos movimentos que ocorrem, e que fisicamente lhe tocam.

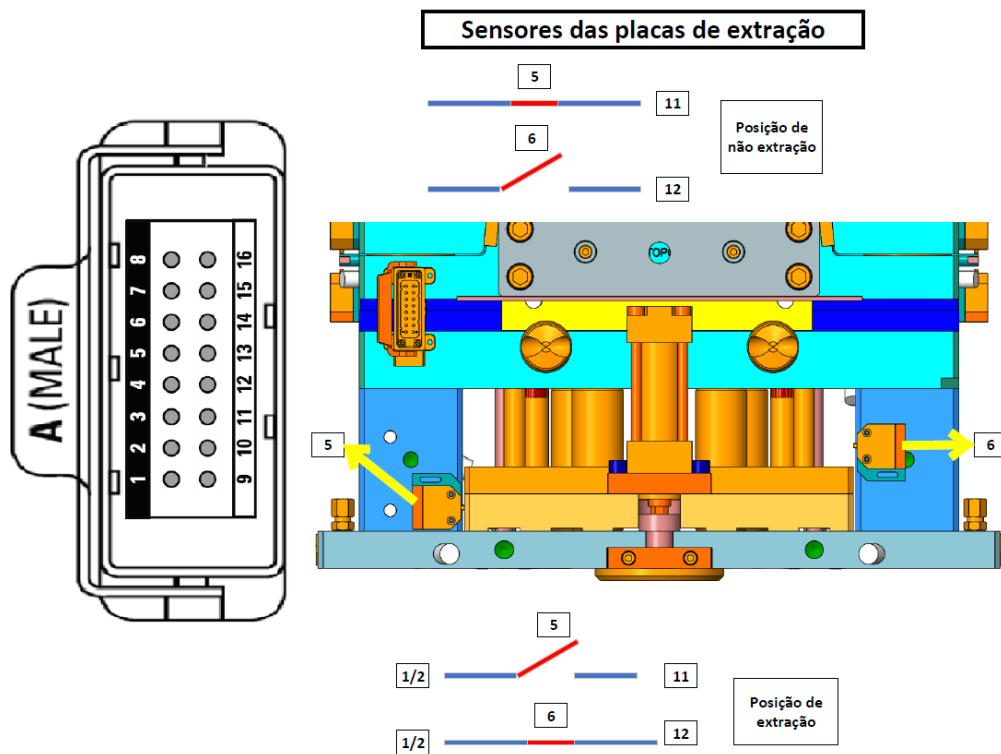


Figura 248 - Esquema de ligações elétricas do sistema de segurança dos postigos

3.16.3 Esquema elétrico do sistema de segurança dos movimentos hidráulicos

A base do esquema elétrico das ligações para os sensores de posição do sistema de segurança dos movimentos hidráulicos, segue a lógica representada na Figura 249.

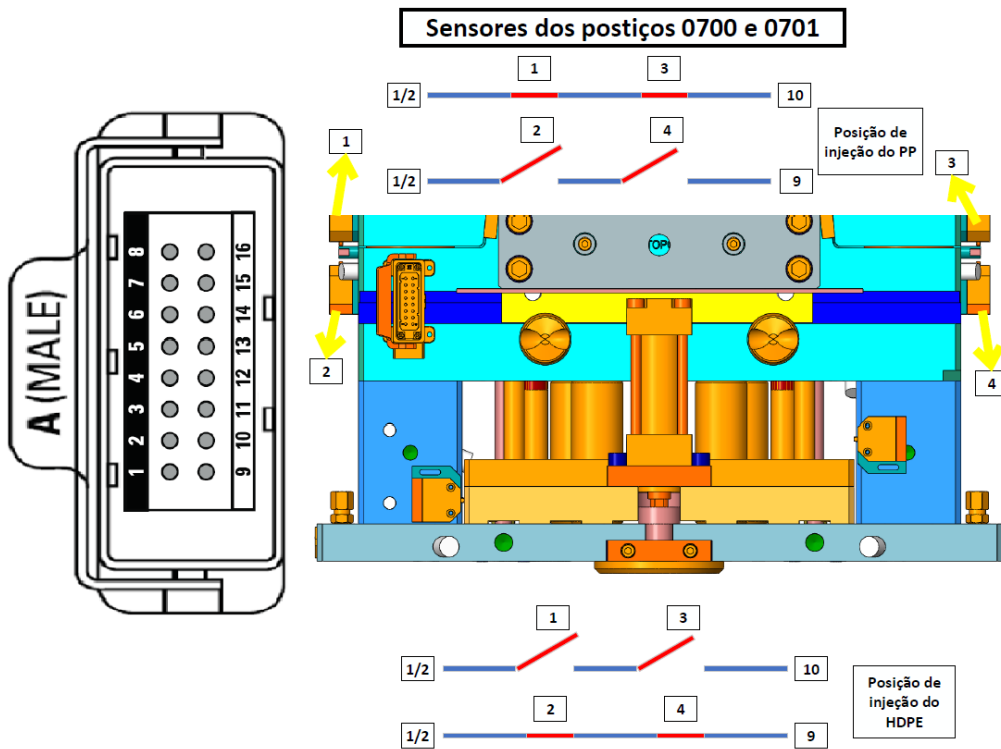


Figura 249 - Esquema de ligações elétricas do sistema de segurança das placas de extração

3.17 Ajustes finais ao molde

Existem sempre pequenas imperfeições e cotas que não são cumpridas devido a inúmeras variáveis, desde algum desvio desconhecido na CNC até à temperatura ambiente que possa provocar alterações nos metais envolvidos durante o processo de fabrico. Por isso, de modo a evitar que esse facto prejudique a qualidade desejada na peça, no fim e antes de produzir peças plásticas finais, são realizados ajustes manuais a todos os componentes pertencentes ao lado da extração e da injeção do molde, que entram em contacto no seu fecho.

As placas de pressão e zonas de contacto envolventes às superfícies de conformação existentes foram ajustadas, de modo a garantir que a pressão de fecho desejada entre as superfícies envolventes às duas gravações do molde seja cumprida.

Consequentemente, todas as cabeças dos levantadores que, como já referido, executam parte da gravação da peça, necessitam também de ser ajustados, de modo a criarem uma linha de fecho o mais impercetível possível, pois este é um fator que dita em muito a qualidade de injeção de uma peça. Juntamente com estes, os quatro movimentos 0300 a 0303 (Figura 121), também passam pelo mesmo processo cuidadoso.

O processo de execução destes ajustes, consiste em pintar as superfícies de contacto de um componente a ajustar e montá-lo no respetivo local, desmontar e verificar quais as superfícies que ficaram menos coloridas devido à fricção. Estando agora identificadas as zonas do componente a corrigir, deve-lhe ser feito, de forma muito ligeira, um desbaste leve com o retificador pneumático. Repetir o processo até o componente ficar devidamente ajustado no seu local (Figura 250).

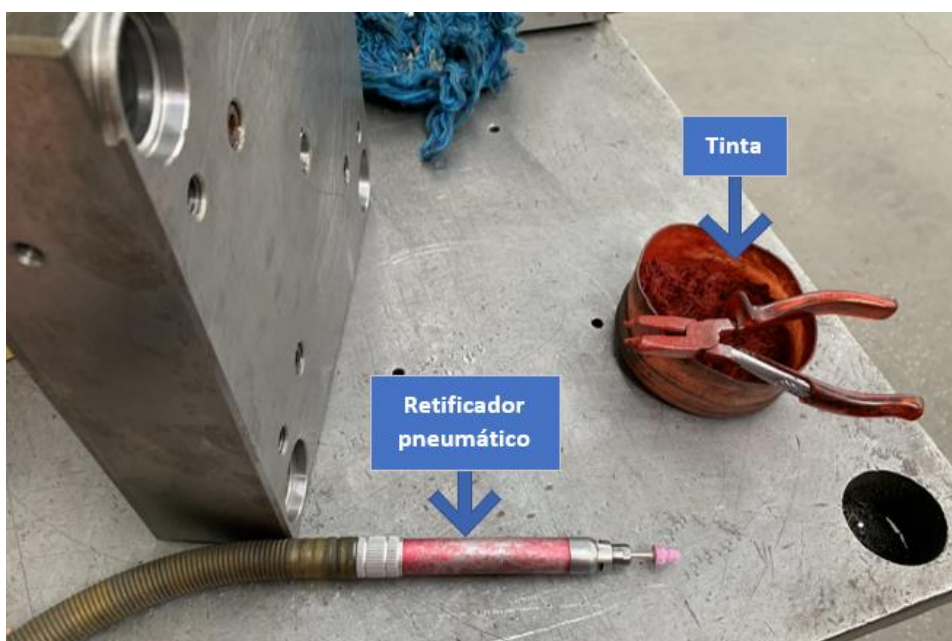


Figura 250 - Periféricos de suporte aos ajustes do molde

3.18 Acabamentos e marcações superficiais na peça

A peça *ADJUSTER COVER* que o molde UL598 produz, nas suas duas cavidades, irá possuir dois acabamentos distintos nas superfícies visíveis. Estas superfícies da peça são todas aquelas que são gravadas na placa de gravação do lado da injeção e estão visíveis na Figura 251 e Figura 252.



Figura 251 - Descrição das zonas de gravação e tipo de acabamento na parte da peça em PP e em HDPE

Observa-se que a parte da peça em HDPE, a cinzento na Figura 251, irá levar um acabamento do tipo MT 11010, em toda a área que está sublinhada com marcador preto, sendo que o “anel” que entra em contacto com a parte da peça em PP, a preto na mesma figura, não receberá qualquer acabamento.



Figura 252 - Descrição das zonas de gravação e tipo de acabamento na parte da peça em PP em maior detalhe

Já a parte da peça em PP, a preto na Figura 252, irá receber um acabamento do tipo MT 11020 (texturizado simples), em toda a área visível desta parte da peça, até 0,3 milímetros antes de tocar nas linhas de junta ou de partição.

As peças possuirão marcações que identificam o seu ano e mês de produção, bem como o número do molde no registo de todo o grupo da *SIMOLDES*, identificação dos materiais usados e a cavidade a que a peça pertence. Tudo isto com um tamanho de letra igual a 5 milímetros e localizado na zona de gravação da peça assinalada a verde na Figura 253.

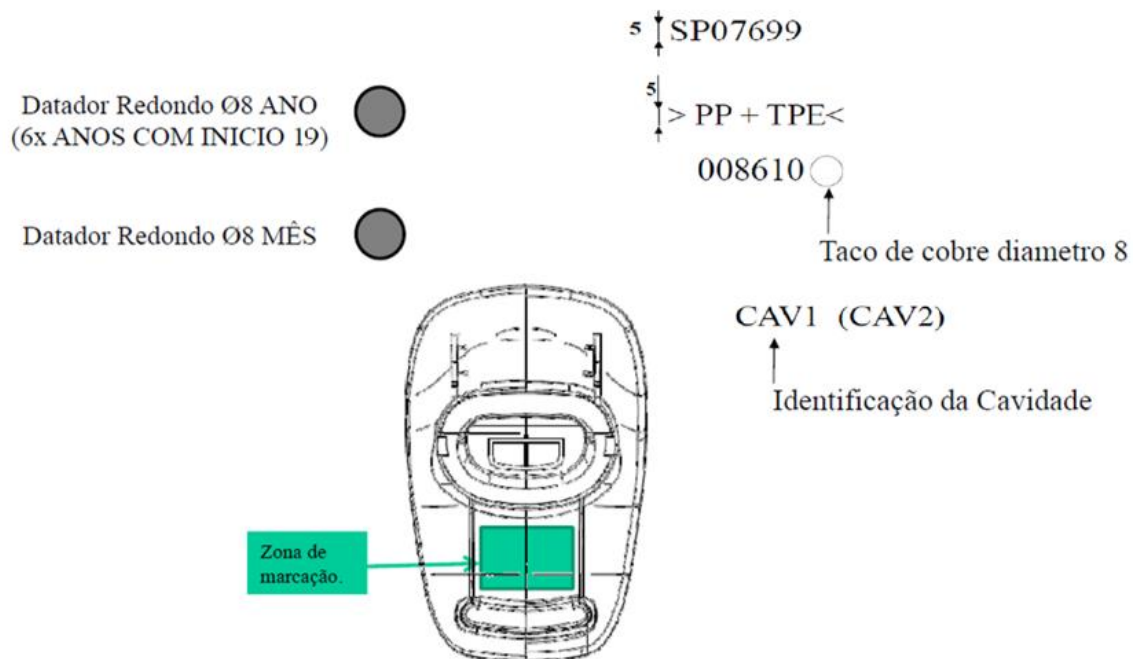


Figura 253 - Marcações na *ADJUSTER COVER* da cavidade 1 e 2

O polietileno de alta densidade (HDPE) é um termoplástico de baixa densidade, com grande resistência ao desgaste e ao impacto, possuindo também bom comportamento para ser usado em moldes de injeção de polímeros, para além de ser relativamente económico, sendo que estes foram inicialmente os motivos da sua seleção.

Porém, após o molde se encontrar na fase final da sua produção, o cliente final decidiu substituir o HDPE por um TPE (elastómero termoplástico) para as primeiras produções, o que é possível, pois ambos possuem coeficientes de contração idênticos.

Este novo material, embora também seja resistente, o seu custo é superior ao do HDPE, mas possui a vantagem de oferecer uma sensação ao tato mais suave. Muito provavelmente, foi esse o motivo da substituição para este material por parte do cliente final.

Todavia, no caso de considerarem que as primeiras produções não correspondam às expectativas, podem sempre voltar ao HDPE, pois o molde assim o permite.

3.19 Resultado final da peça *ADJUSTER COVER*

Em seguida, é apresentada uma amostra final da peça *ADJUSTER COVER* injetada na cavidade número dois do molde UL598, que foi cedida pela empresa do grupo *Simoldes (Plásticos S.A.)* (Figura 254).

Esta já apresenta as cores, acabamentos e aspeto finais, desejados e aprovados pelo cliente final.



Figura 254 - *ADJUSTER COVER*: 1) vista de trás, 2) vista de frente, 3) vista lateral

Os resultados das superfícies não visíveis da peça em questão são apresentados na Figura 255, onde se observa que embora estas não tenham tratamento superficial e sejam gravadas por postigos, possuem um aspeto bastante agradável.



Figura 255 - Parte não visível da peça

O local de injeção nesta peça cria uma marcação bem vincada no lado não visível da mesma, tal como é perceptível na Figura 256, pelo que não levanta problemas para o cliente final.



Figura 256 - Pormenor do local de injeção

A Figura 257, mostra as linhas criadas na peça provocadas pelos levantadores, e como se observa, são linhas pouco perceptíveis, que terminam assim que as superfícies visíveis começam.



Figura 257 - Marcas criadas na peça pelos levantadores verticais

As marcas mais longas que a peça possui são as provocadas pelos levantadores inclinados, juntamente com as induzidas pelos movimentos horizontais. Porém, ainda assim, são linhas de pouco relevo e apenas nas superfícies que ficaram escondidas (Figura 258).



Figura 258 - Marcas na peça criadas pelos movimentos horizontais e levantadores inclinados

Os resultados finais dos acabamentos na peça, estão visíveis na Figura 259, onde se observa que na parte em polipropileno (PP) o acabamento MT11020 é bem perceptível, tanto visualmente como ao tato. Já o acabamento MT11010 na parte em polietileno de alta densidade (HDPE) não fica tão perceptível visualmente, sendo-o mais ao tato, o que poderia levantar problemas com o cliente final.

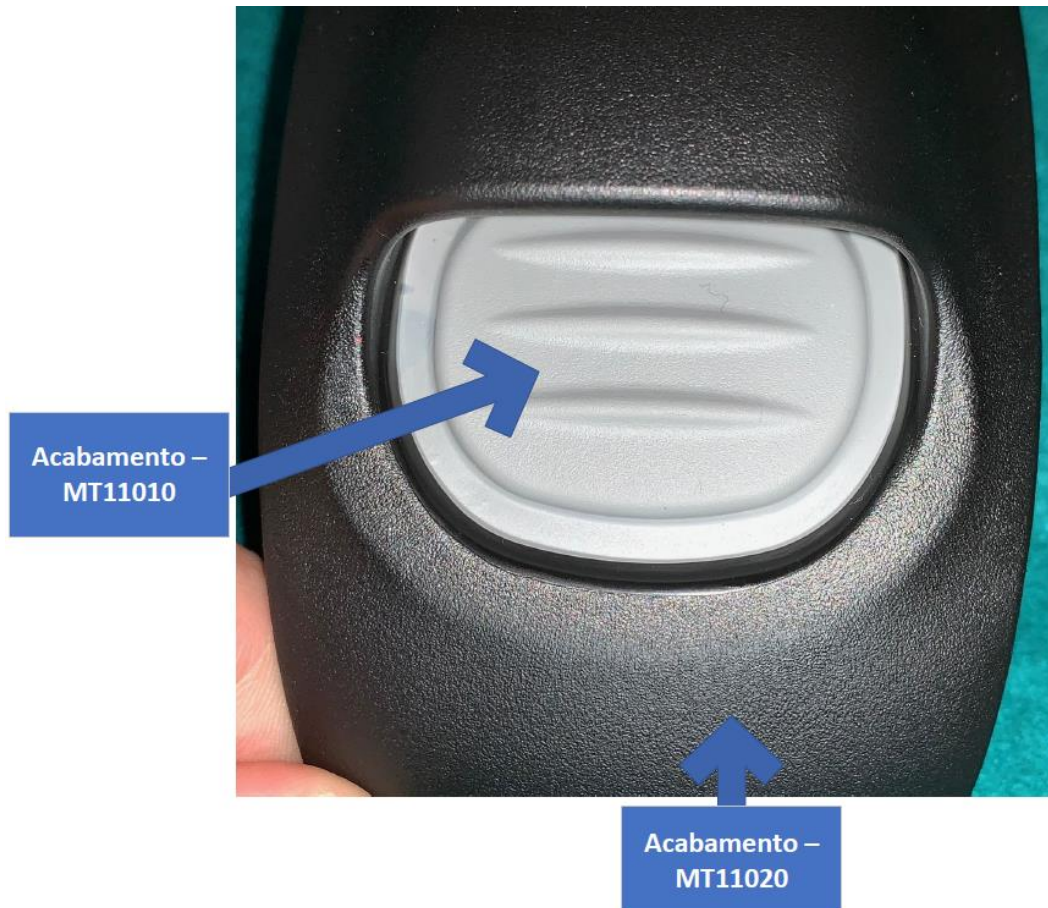


Figura 259 - Acabamentos finais na peça *ADJUSTER COVER*

CONCLUSÕES

4.1 - Conclusões

4.2 Propostas de trabalho futuro

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO

4.1 CONCLUSÕES

O grande sucesso deste molde reflete-se na forma como este realiza a sua componente de bi-injeção, pois foi usado um mecanismo relativamente simples, porém extremamente eficaz. O mecanismo consistiu num movimento hidráulico horizontal, que aciona um dispositivo mecânico perpendicular ao mesmo, o que permitiu um molde bastante compacto, sendo que acima de tudo, possibilitou que este pudesse ser usado numa injetora mais pequena e simples, que se, reflete em custos de injeção significativamente mais baixos. Esta é uma metodologia que permite aos moldes possuírem movimentos, seja de que origem forem, e ocuparem muito menos espaço no seu trabalho, ao desmultiplicá-los em vários movimentos.

Tal como esperado, os movimentos de extração, executados por quatro levantadores por cavidade, foram mais do que suficientes para extrair as peças injetadas, completas, sem as danificar e, sobretudo, sem lhes causar marcações muito visíveis.

Na revisão bibliográfica, foi apresentada uma metodologia avançada para os sistemas de controlo térmico, através de posições de controlo térmico por conformação que otimizaria o tempo de arrefecimento do molde. Porém, acabou por ser algo desconsiderado, pois iria obrigar a que o molde possuísse dimensões bem superiores para comportar os posições das zonas de gravação das peças, para além de que a produção desses posições tornar-se-ia demasiado cara para o projeto que se tinha em mãos, considerando que tem uma expectativa de vida para a injeção de 400000 mil peças, que resulta em 200000 mil ciclos de injeção.

Este facto, relativo à quantidade de ciclos de injeção esperados para o projeto, também desmotivou o uso de algum acabamento superficial nas superfícies de gravação, que aumentariam o seu tempo de vida (metodologia revista no subcapítulo 2.9), uma vez que só iria aumentar os custos de produção de forma desnecessária, pois não aumentaria a satisfação do cliente final.

Por último, é de frisar o enorme papel que os programas/simuladores CAE/CAD representam atualmente num projeto desta dimensão, pois permitem um estudo extremamente detalhado do funcionamento do molde e das posteriores características de injeção, possibilitando a deteção de erros, problemáticas a solucionar, e estudos que visam melhorar a eficiência de todo o sistema, mesmo antes da sua produção.

Em suma, a execução deste projeto foi bastante aliciante e interessante, pois foram usados métodos de relevância, que no fundo serviram para aumentar a experiência de todos os envolvidos na *SIMAN*, incluindo eu próprio. O projeto possuía um prazo de entrega curto, com uma qualidade expectável acima da média e, uma vez que o cliente ficou bastante satisfeito com o resultado final, tendo em consideração também o que investiu, considera-se que, foi executado o projeto com sucesso, que se encontra em funcionamento desde a data de entrega desta dissertação (aproximadamente).

4.2 PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO

Existem tecnologias emergentes que se têm vindo a tornar viáveis, tanto a nível de qualidade de execução como monetário, que é o caso das impressões 3D de peças, para o devido estudo do cumprimento das características desejadas e expectáveis às mesmas, de modo a permitir realizar alterações, caso necessário, antes mesmo de se iniciar o projeto do molde, evitando elevados custos desnecessários com alterações, uma vez que estas alterações prejudicam, em muito, a qualidade do molde, e posteriormente, a qualidade da peça injetada. Esta proposta passa por realizar amostras de uma futura peça, impressas numa impressora 3D, para que esta seja estudada até que cumpra os requisitos necessários, de modo a prever anomalias antes de se iniciar a produção do molde.

Sempre que as quantidades de produção previstas no projeto permitirem amortizar o investimento de sistemas de controlo térmico por posições de conformação, estes devem ser tidos em séria consideração, uma vez que aumentam consideravelmente a eficiência do controlo térmico, reduzindo o tempo nos ciclos de injeção, que é muita das vezes um fator diferenciador da concorrência, pois asseguram-se preços mais competitivos. Ou seja, se em algum projeto futuro, for concebível esta técnica de produção, ela deve ser aplicada devido às vantagens referidas neste parágrafo.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Bibliografia

Outras fontes de informação

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Bibliografia

- [1] CENTIMFE, "*Manual do Projetista para Moldes de Injeção de Plástico*", 2003.
- [3] Z.Kamal, "Trouble Shooting in Plastic Injection Molding Machines", Department of Manufacturing Engineering, p. 125, 1993.
- [4] McGraw-Hill, "*Handbook of die design*", Ivana Suchy, United States of America, 2006. ISBN: 0-07-146271-6.
- [5] J. A. Brydson, "*Plastics Materials*", Butterworth-Heinemann, Oxford OX2 8DP, 1999. ISBN: 0-7506-4132-0.
- [6] R. J. Crawford, "*Plastics Engineering*", 3rd Edition, Butterworth-Heinemann, Oxford OX2 8DP, 1998. ISBN: 0-7506-3764-1.
- [7] L. SORS, L. Bardócz, I. Radnóti, "*Plásticos - Moldes e Matrizes*", Hemus, Hungria, 2002. ISBN: 9-7885-2890-0194.
- [8] J. Harada, "*Moldes para Injecção de Termoplásticos - Projetos e Princípios Básicos*", Artliber, São Paulo: 2004. ISBN: 8-5880-9818-0.
- [9] E. W. Series, "Co-injection Process: Technical Challenges and Solutions", Moldex3D R11 European Webinar Series, pp. 1–75, 2012.
- [10] M.-L. Wang, R.-Y. Chang, C.-H. (David) Hsu, M.-L. Wang, R.-Y. Chang, and C.-H. (David) Hsu, "Co-/Bi-Injection Molding, *Molding Simul. Theory Pract.*", no. Mcm, pp. 357–376, 2018.
- [11] V. Goodship, J.C Love, "Multi-Material Injection Moulding", vol. 13, Rapra, 2002. ISSN: 0889-3144.
- [16] Dominick V. Rosato P.E, Donald V. Rosato PH.D, Marlene V. Rosato P. E, "*Injection Molding Handbook*", Springer Science+Business Media, LLC, New York, 2000. ISBN: 978-1-4613-7077-2.
- [17] V. A. M. Pais, "Projeto de molde sandwich para a injeção de duas peças para a indústria automóvel", pp. 1-249, 2016.
- [19] R. Cuzziol, Extração por machos em moldes de injeção, 2017.
- [20] M. M. M. Moreira, "Projeto de molde para a injeção de peça plástica complexa

- para a indústria automóvel", pp. 1-372, 2015.
- [21] L. M. de A. F. da Silva, "Projeto de molde para peça automóvel injetada com dois materiais poliméricos distintos", pp. 1-324, 2017.
- [23] Eng. F. Provenza, "*Moldes para Plásticos*", Editora F, Bbrasil, 1993.
- [24] Sérgio da Cruz, "*Moldes de injeção*", Hemus, Brasil, 2002. ISBN: 8-5289-0311-7.
- [26] J. Harada, "*Moldes para injeção de termoplásticos*", ArtLiber, Brasil, 2004. ISBN: 9-7885-8809-8183.
- [27] J.H. DuBois, "Plastics Mold Engineering Handbook 2", Springer US, New York, 1978. ISBN: 978-1-4684-6580-8.
- [28] J.H. DuBois, "Plastics Mold Engineering Handbook 3", Springer US, New York, 1978. ISBN: 978-1-4684-6580-9
- [29] S. do Brasil, "Notas de Injecao - Calculo de Forca de Fechamento", pp. 1-4, 2010.
- [30] A. B. Glanvill, E. N. Denton, "*Moldes de Injeção - Princípios Básicos e Projetos*", Blucher LTDA, Brasil, 1989.
- [37] R. J. Crawford, "*Plastics engineering*", Butterworth-Heinemann, Suffolk, 1998. ISBN: 0-7506-3764-1.
- [38] W. F. Smith, "*Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais*" (3rd Edition), Mc Graw Hill, Brasil, 1998. ISBN: 9-7282-9868-4.
- [39] L. C. Resnauer, "Polímeros de Engenharia", pp. 1-41, 2011.
- [42] C. Maier and T. Calafut, "Polypropylene", William Andrew, Inglad, 1998. ISBN: 9-7808-1551-8716
- [43] N. B. O. C. & Engineers, "The Complete Technology Book on Plastic Films", HDPE and Thermoset Plastics, 1st Edition, NIRR, Asia Pacific Business Press Inc, 2018. ISBN: 8-1783-3011-3.
- [44] G. C. Onwubolu, "Introduction to *SOLIDWORKS*", *Introd. to SOLIDWORKS*, pp. 1-9, 2018.
- [45] O. S. Plastics, S. Plastics, and S. Plastics, "Why choose *SOLIDWORKS Plastics*? A buyer 's guide", pp. 1-4, 2018.
- [46] O. The, D. Of, P. Parts, and I. Molds, "Optimize the design of plastic parts and injection molds *SOLIDWORKS Plastics*", pp. 1-4, 2018.
- [47] M. A. León-Cabezas, A. Martínez-García, and F. J. Varela-Gandía, "Innovative advances in additive manufactured moulds for short plastic injection series", *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 732–737, 2017.
- [48] J. Kang *et al.*, "Additive manufacturing-driven mold design for castings", *Addit. Manuf.*, vol. 22, no. 2010, pp. 472–478, 2018.
- [49] G. Venkatesh and Y. Ravi Kumar, "Thermal Analysis for Conformal Cooling Channel", *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 2, pp. 2592–2598, 2017.

- [50] K. Bobzin *et al.*, "Enhanced replication ratio of injection molded plastic parts by using an innovative combination of laser-structuring and PVD coating", *Surf. Coatings Technol.*, vol. 332, no. September, pp. 474–483, 2017.
- [51] J. Fu and Y. Ma, "A method to predict early-ejected plastic part air-cooling behavior towards quality mold design and less molding cycle time", *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 56, no. August 2018, pp. 66–74, 2019.
- [52] P. Kennedy and R. Zheng, "Polymer Injection Molding: Moldflow", *Encycl. Mater. Sci. Technol.*, no. i, pp. 7375–7378, 2004.
- [53] J. Li, T. Li, Y. Jia, S. Yang, S. Jiang, and L. S. Turng, "Modeling and characterization of crystallization during rapid heat cycle molding", *Polym. Test.*, vol. 71, pp. 182–191, 2018.
- [54] L. Crema, M. Sorgato, and G. Lucchetta, "Thermal optimization of deterministic porous mold inserts for rapid heat cycle molding", *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 109, pp. 462–469, 2017.
- [55] X. Wang, G. Zhao, and G. Wang, "Research on the reduction of sink mark and warpage of the molded part in rapid heat cycle molding process", *Mater. Des.*, vol. 47, pp. 779–792, 2013.
- [56] G. Venkatesh, Y. Ravi Kumar, and G. Raghavendra, "Comparison of Straight Line to Conformal Cooling Channel in Injection Molding", *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 2, pp. 1167–1173, 2017.
- [57] S. A. Jahan and H. El-Mounayri, "Optimal Conformal Cooling Channels in 3D Printed Dies for Plastic Injection Molding", *Procedia Manuf.*, vol. 5, pp. 888–900, 2016.
- [58] H. S. Park and X. P. Dang, "Development of a Smart Plastic Injection Mold with Conformal Cooling Channels", *Procedia Manuf.*, vol. 10, pp. 48–59, 2017.
- [59] G. Singh, M. K. Pradhan, and A. Verma, "Multi Response optimization of injection moulding Process parameters to reduce cycle time and warpage", *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 2, pp. 8398–8405, 2018.
- [60] L. Vera Candioti, M. M. De Zan, M. S. Cámara, and H. C. Goicoechea, "Experimental design and multiple response optimization. Using the desirability function in analytical methods development", *Talanta*, vol. 124, pp. 123–138, 2014.
- [61] P. Kualitas and R. K Roy, "*Taguchi Method*", One SME Drive, Michigan, 2015. ISBN: 978-0-87263-864-8.
- [62] X. Liu *et al.*, "An Alternating Skin – Core Structure in Melt Multi-Injection-Molded Polyethylene", vol. 1700465, pp. 1–6, 2018.
- [63] W. F. Zoetelief, "Polymer Injection Moulding - Multi material Moulding", no. June, pp. 1–5, 2017.
- [65] A.G. Magalhães, "Seleção de materiais - Matrizes de seleção de materiais", Porto, pp. 1-27, 2017

Outras fontes de informação

- [2] Cefamol, “História do sector (Associação nacional da industria dos moldes).” [Online]. Available: <https://www.cefamol.pt/index.php?id=29>. [Accessed: 16-Fev-2019].
- [12] I. Maguibeth, “Injetados Maguibeth LTDA injeção em bi-componente,” 2015. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Qb4DnJ8ORqg>. [Accessed: 08-Mar-2019].
- [13] C. N. Pinto, R. Bernardes and T. Reis, “SIMAN database”, SIMAN, Arouca, 2019.
- [14] D. Industry, “Mesa elevatória tipo tesoura / hidráulica / móvel / de rolos.” [Online]. Available: <http://www.directindustry.com/pt/prod/bueter-hebetechnik-gmbh/product-62131-1796682.html>. [Accessed: 09-Mar-2019].
- [15] M. Silva, “Não menos importante V.” [Online]. Available: <http://mariosilvatecnicoindustrial.blogspot.com/2014/03/nao-menos-importante-v.html>. [Accessed: 10-Mar-2019].
- [18] D. Industry, “Prato magnético eletropermanente.” [Online]. Available: <http://www.directindustry.com/pt/prod/roemheld-gmbh-friedrichshuette/product-16654-1731399.html>. [Accessed: 10-Mar-2019].
- [22] ARRAY, “Moldes.” [Online]. Available: http://formacao.training.pt/?page_id=933. [Accessed: 23-Apr-2019].
- [25] S. L. Silva, F. A. Forcellini, and R. K. Scalice, “Sistemas de refrigeração para moldes de injeção de termoplásticos.” [Online]. Available: <http://moldesinjecao plasticos.com.br/sistemas-de-refrigeracao-para-moldes-de-injecao-de-termoplasticos/>. [Accessed: 02-Apr-2019].
- [31] “Meusburger.” [Online]. Available: <https://www.meusburger.com>. [Accessed: 16-Apr-2019].
- [32] “OLX.” [Online]. Available: <https://pr.olx.com.br/regiao-de-curitiba-e-paranagua/servicos/polimento-de-moldes-601025424>. [Accessed: 16-May-2019].
- [33] “Mercado livre.” [Online]. Available: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-780807272-viseira-capacete-liberty-evolution-788-3g-4g-22mm-cristal-JM?quantity=1>. [Accessed: 17-Apr-2019].
- [34] “Solostocks.” [Online]. Available: <https://www.solostocks.com.br/venda-produtos/equipamento-logistico/outros-equipamentos-logistica/texturizacao-em-molde-tecnico-para-injecao-plastica-792462>. [Accessed: 9-Apr-2019].
- [35] M. F. Ashby, *Materials selection in mechanical design*. 1999. 2002. [Accessed: 22-Apr-2019].
- [36] L. AMPCO METAL Portugal, “AMPCO.” [Online]. Available: <https://www.ampcometal.com/pt-br/productos/ligas-de-alta-condutividade/ampcoloy-83-extrudado/>. [Accessed: 22-Apr-2019].

- [40] “MatWeb.” [Online]. Available: <http://www.matweb.com/index.aspx>. [Accessed: 28-Apr-2019].
- [41] “Tudo sobre plásticos.” [Online]. Available: <https://www.tudosobreplasticos.com/default.asp>. [Accessed: 28-04-2019].
- [64] Ovar, “Ramada Aços.” [Online]. Available: <https://www.ramada.pt/pt/>. [Accessed: 24-Jun-2019].

ANEXOS

Anexo 1 - Tabela de compatibilidades entre polímeros comuns usados para bi-injeção

Anexo 2 - Relação entre pressão de injeção, espessura da parede da peça e percurso do material ao longo da cavidade

Anexo 3 - Valores de K_m para o cálculo da força de fecho

Anexo 4 - Calços para vão de extração

Anexo 5 - Tipos de conexões terminais de vigas (constante m para encurvadura)

Anexo 6 - Seleção dos aços em função dos polímeros e produção dos moldes

Anexo 7 - Defeitos na injeção vs soluções

Anexo 8 - Ficha das propriedades do material: *SABIC*® PP PHC26

Anexo 9 - Ficha de propriedades do material: *Rigidex* HD6070UA

Anexo 10 - Ficha técnica da máquina de injeção de plásticos

Anexo 11 - Revisão do projeto preliminar do molde

Anexo 12 - Ficha de lançamento do molde

Anexo 13 - Lista completa dos componentes do molde para a peça *ADJUSTER COVER*

Anexo 14 - Especificações dos distribuidores (Injeção a quente)

Anexo 15 - Tabela de forças para os cilindros hidráulicos

Anexo 16 - Resultados da seleção dos materiais (Matriz de seleção)

Anexo 17 - Norma interna (*SIMOLDES*) para o dimensionamento dos olhais de içamento

Anexo 18 - Esquemas das ligações elétricas do sistema de injeção a quente

Anexo 19 - Tabela detalhada dos custos de todos os elementos do molde UL598

ANEXOS

Anexo 1 – Tabela de compatibilidades entre polímeros comuns usados para bi-injeção [10]

Material Combinations		ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA6.6	PBT	PC	PE	PET	PMMA	POM	PP	PPO Mod.	PS	PSU	Plasticised PVC	SAN	TPE-A	TPE-E	TPE-S	TPE-U	TPE-V	EPDM	NR/SBR	SBR	LSR	
		ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA6.6	PBT	PC	PE	PET	PMMA	POM	PP	PPO Mod.	PS	PSU	Plasticised PVC	SAN	TPE-A	TPE-E	TPE-S	TPE-U	TPE-V	EPDM	NR/SBR	SBR	LSR	
Thermoplastics	ABS	●	●	●				●	●		●	●			●	●		●	●	●	●	●	●						
	ABS / PC																				●	●	●	●					
	ASA	●	●	●	●				●			●			●	●				●				●					
	CA	●	●	●	●										●	●				●				●					
	EVA		●	●	●						●				●	●													
	PA 6					●	●				●			●							●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PA 6 (Mod.+ 25%GF)																				●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PA 6.6					●	●	●	●		●			●							●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PA 6.6 (Mod. + 25%GF)																				●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PA 6.12																												
	PA 12 (Mod. + 25%GF)																				●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PBT							●	●	●							●				●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PC	●	●					●	●	●							●	●			●	●	●	●	●				●
	PC / PBT																				●	●	●	●	●	●			●
	PE	●	●	●	●	●	●			●	●			●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PET	●										●		●						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PMMA	●	●									●	●				●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	POM	●	●	●		●	●				●			●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PP	●	●	●	●	●	●						●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PPO Mod.	●	●	●												●	●				●	●	●	●	●	●	●	●	●
PPE Mod.																										Ⓟ	Ⓢ	Ⓢ	
PS	●	●	●	●	●	●		●							●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
PSU									●								●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	
PCV-hart																				●	●	●	●	●	●	●	●	●	
SAN	●	●	●					●	●		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
TPE	TPE-E							●	●	●										●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	TPE-U	●	●	●		●	●		●						●	●				●				●					
Elastomers	BMC																												
	EPDM							●																		●			
	NR																									●	●	●	
	SBR																										●	●	●
	LSR																											●	●
		Thermoplastics															TPE					Elastomers							

- Good adhesion
- Poor adhesion
- No adhesion
- Ⓜ Adhesion modified
- Ⓟ Peroxide cross-linkage
- Ⓢ Sulphur-linkage

ANEXO 2

Relação entre pressão de injeção, espessura da parede da peça e percurso do material ao longo da cavidade

Anexo 2 – Relação entre pressão de injeção, espessura da parede da peça e percurso do material ao longo da cavidade [8]

ξ	Espessuras em (mm)																					
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	Pressão na cavidade (Kg/cm ²)																					
50:1	270	240	220	200	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
75:1	400	375	325	300	270	240	220	200	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
100:1	480	450	400	370	340	300	290	280	250	230	210	190	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
150:1	720	670	580	530	480	440	425	400	375	360	340	320	260	220	210	180	180	180	180	180	180	180
200:1	900	850	750	720	700	630	580	520	500	450	430	410	360	320	290	260	240	220	180	180	180	180
250:1	1050	1000	900	850	800	700	660	620	560	530	500	480	420	360	330	300	275	250	225	200	180	180

ANEXO 3

Valores de K_m para o cálculo da força de fecho

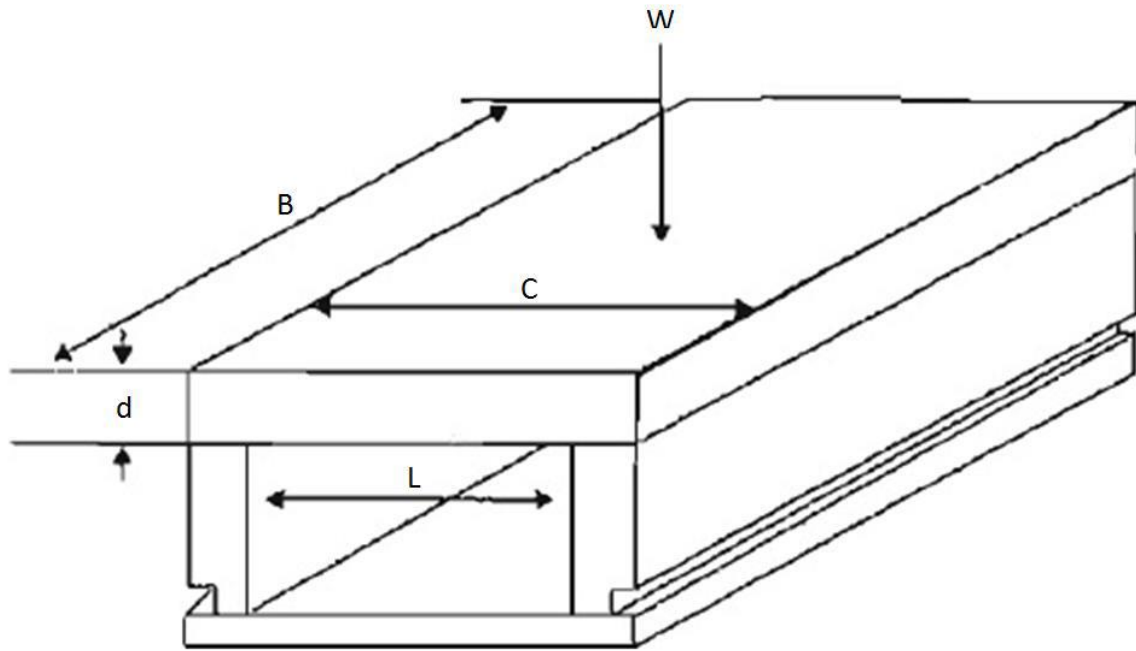
Anexo 3 – Valores de K_m para o cálculo da força de fecho [8]

Valores em Km							
PE	PS	PP	PA	ABS	PMMA	PC	PVC
1	1	1	1,2 - 1,4	1,3 - 1,4	1,5	1,7	2

ANEXO 4

Calços para vão de extração

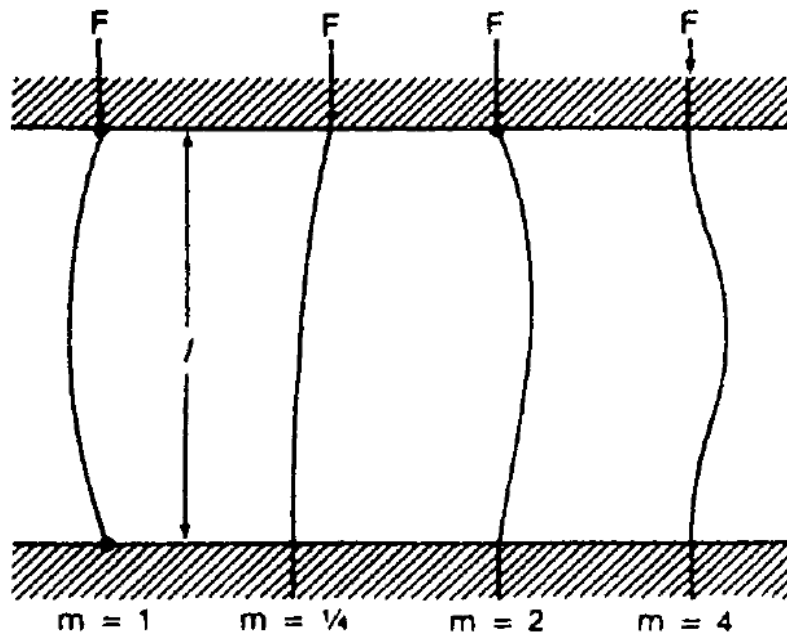
Anexo 4 – Calços para vão de extração [8]



ANEXO 5

Tipos de conexões terminais de vigas (constante m para encurvadura)

Anexo 5 – Tipos de conexões terminais de vigas (constante m para encurvadura)
[16]



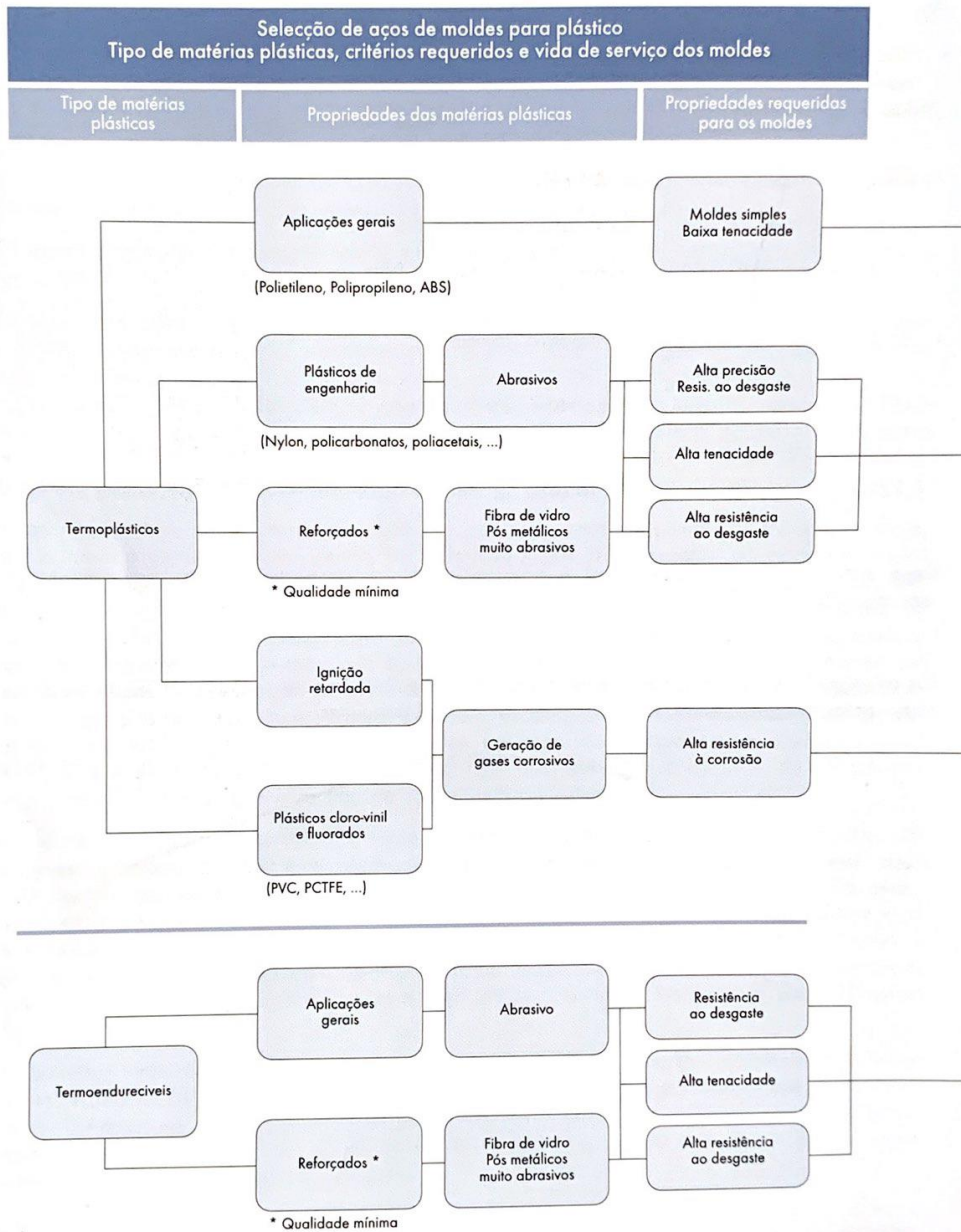
ANEXO 6

Seleção dos aços em função dos polímeros e produção dos moldes

Anexo 6 – Seleção dos aços em função dos polímeros e produção dos moldes [1]

Materials para moldes e técnicas de fabrico

2.2 Seleção de aços em função dos polímeros e produção dos moldes



Legenda:

(1) Em alternativa ligas de Alumínio com $\pm 160\text{HB} = 3,4365$ e $3,4345$. Para rotomoldação, inclusive com poliamidas, policarbonatos, ... (autoclismos), moldes por contacto, inclusive para termoendurecíveis (pára-choques, barcos, ...), termoformação (embalagens, interiores de frigoríficos, ...), RIM (painéis para indústria automóvel, ...), para moldação de borrachas (elastómeros e por sopro para plásticos corrosivos). Se necessário fazer NiP ou Cr.

(2) Utilizar também 1,2312, em particular nas buchas. Não pode ser texturizado ($S=0,05\%$). Tem melhor maquinabilidade e menor resistência ao choque.

(3) Nos moldes em aços P.T fazer pastilhas temperadas nas zonas "esbeltas" que necessitam de mais resistência/dureza, em particular nos casos assinalados com (3) e, se preciso, nitrurar e/ou revestir.

NiP = Niquel químico Cr = Cromagem dura CrN = Revestimentos de Nitreto de crómio
 PT = Pré-tratado Nit = Nitruração TiN = Revestimentos de Nitreto de titânio
 Novos Materiais: Pré-tratados (PT) Martensíticos de Endurecimento estrutural (PH) Pulverometalurgia (PM)

Seleção de aços de moldes para plástico Tipo de matérias plásticas, critérios requeridos e vida de serviço dos moldes			
Curto (1 - 30000 ciclos)	Médio (30000 - 250000 ciclos)	Longa (> 250000 ciclos)	Grandes produções (> 500000 ciclos)
1191/1730 (1)	2311/2738 + Ni (se necessário) (2)	2311/2738 + Ni (se necessário) (2)	2311/2738/38H/11/14 + Ni (se necessário) (2)
	28MnCrNiMo6-5-4 PT c/ 30 ou 35 HRC + Ni (se necessário)	28MnCrNiMo6-5-4 PT c/ 30 ou 35 HRC + Ni (se necessário)	28MnCrNiMo6-5-4 PT c/ 30 ou 35 HRC + Ni (se necessário)
	18CrMnMoNb89-7 PT c/ 33 HRC + Ni (se necessário)	18CrMnMoNb89-7 PT c/ 33 HRC + Ni (se necessário)	18CrMnMoNb89-7 PT c/ 33 HRC + Ni (se necessário)
			X15NiMnCuAl3-2-1 PT c/ 40 HRC + Ni (se necessário)
			2767/2721 2343/2344/2709PH
2311/2738 * + Ni	2311/2738/38H + Ni (3)	2711/14 c/ 40 HRC + Ni * c/ 40 HRC + Ni + TiN, ... (3)	2711/14 c/ 40 HRC + Ni (3) * c/ 40 HRC + Ni + TiN, ...
28MnCrNiMo6-5-4 PT c/ 30 ou 35 HRC * + Ni	28MnCrNiMo6-5-4 PT c/ 30 ou 35 HRC + Ni (3)	X15NiMnCuAl3-2-1 PT c/ 40 HRC + Ni * PT c/ 40 HRC + Ni + TiN, ... (3)	X15NiMnCuAl3-2-1 PT c/ 40 HRC + Ni (3) * PT c/ 40 HRC + Ni + TiN, ...
18CrMnMoNb89-7 PT c/ 33 HRC * + Ni	18CrMnMoNb89-7 PT c/ 33 HRC + Ni (3)	2343/44/62 *	2343/44/62 * + Ni e/ou TiN, ...
2711/14 c/ 40 HRC *	2711/14 c/40HRC * c/ 40 HRC + Ni (3)		X110CrMoNbV8-2 *
X15NiMnCuAl3-2-1 c/ 40 HRC * PT	X15NiMnCuAl3-2-1 PT c/ 40 HRC * PT c/ 40 HRC + Ni (3)		S 6-5-4 PM *
1191/1730 + Ni, Cr, ...	2083 PT	X5CrNiMoAl13-8-2-1 PT c/ 47/50 HRC	X5CrNiMoAl13-8-2-1 PT c/ 47/50HRC + CrN, ...
2311/2738 + Ni, Cr, ...	2316 PT	2083 c/ 48/52HRC	2083 c/ 48/52 HRC 2316 c/ 44/48 HRC + CrN, ...
28MnCrNiMo6-5-4 PT c/ 30 ou 35 HRC + Ni, Cr, ...	X5CrNiCuNb15-5-4 PT c/ 40 HRC	2316 c/ 44/48HRC	2361 c/ 54/56 HRC + CrN, ...
18CrMnMoNb89-7 PT c/ 33 HRC + Ni, Cr, ...		2361 c/ 54/56 HRC	X190CrMo20-4-1 PM
2311/2738 + Ni	2711/14 c/ 40 HRC + Ni (3)	2711/14 c/ 40 HRC + Ni + TiN, ... (3)	2711/14 c/ 40 HRC + Ni + TiN, ... (3)
28MnCrNiMo6-5-4 PT c/ 30 ou 35 HRC + Ni	X15NiMnCuAl3-2-1 PT c/ 40 HRC + Ni (3)	X15NiMnCuAl3-2-1 PT c/ 40 HRC + Ni + TiN, ... (3)	X15NiMnCuAl3-2-1 PT c/ 40 HRC + Ni + TiN, ... (3)
18CrMnMoNb89-7 PT c/ 33 HRC + Ni	2343/44/62	2343/44/62 + Ni	2343/44/62 + Ni e/ou TiN, ...
2711/14 c/ 40 HRC * c/ 40 HRC + Ni		X110CrMoNbV8-2	X110CrMoNbV8-2
X15NiMnCuAl3-2-1 PT c/ 40 HRC * PT c/ 40 HRC + Ni			S 6-5-4 PM

Aços refundidos (E.S.R ou V.A.R) para máximas exigências:
X15NiMnCuAl3-2-1PH; X5CrNiMoAl13-8-2-1PH; X5CrNiCuNb15-5-4PH; X110CrMoNbV8-2PH. Existem também refundidos: 1, 2083, 1, 2767, 1, 2343, 1, 2344.

Para poder niturar ou revestir, tem de informar os tratamentos térmicos quando as peças/elementos forem temperar ou fazer endurecimento estrutural (PH). Nestes casos a dureza máxima corresponde a revenidas a 550° C, excepto nos aços inox que é a 300° C (para revestimentos) para não reduzir a resistência à corrosão. Os aços recozidos ou pretatados têm de ter redução de tensões, após o desbaste ou antes da têmpera, para não se deformarem na têmpera, na nituração ou nos revestimentos. Para otimizar o polimento fazer a nituração antes desta operação. No caso de moldes com muita erosão/machucagem após tempera, fazer redução de tensões após a aprovação e antes do polimento final.

ANEXO 7

Defeitos na injeção vs soluções

Anexo 7 – Defeitos na injeção vs soluções [40]

Tabela de Defeitos e Soluções

Defeitos	Possíveis soluções																												
	Temperatura do canhão	Pressão de injeção	Velocidade de injeção	Diâmetro do bico	VOLUME de injeção	Pressão de recalque	Contrapressão	Resistências elétricas	Tempo de ciclo	Velocidade de dosagem	Limpeza do canhão	Temperatura na zona de alimentação	Válvula de retenção	Descompressão	Quantidade de lubrificante	Índice de fluidez	Umidade	Contaminação	Granulometria	Homogeneização do masterbatch	Ângulo de saída do canal de injeção	Polimento dos canais de injeção ou distribuidor	Quantidade de desmoldante	Tempo de resfriamento do molde	Temperatura do molde	Dimensões das entradas e canais	Saídas de ar	Posicionamento do(e) entrada(s)	
Adorância no bico ou cavidade	9	6	13	10	8	7									11	12					4	5	3	2	1				
Bolhas de ar	2			9	10		3			5					1		8	4								7	11	6	
Contração muito alta	1	5					6			2						7									3	4	8		
Deformação (empanamento)	1	4	5				6									7									2	3			
Delaminação	2		3																1										
Efeito arco-íris	1		2	3																								4	
Efeito memória	1		3	4												5										2	6		
Escorrimento pelo bico	1			4						2					3			5	6										
Formação de rabicho			1													2													3
Injeções incompletas	3	2	5	7	1			8		9						6										4	10		11
Má homogeneidade de cor								4		1	3									2									
Manchas claras	1		3					2	6		4	5						9	8										
Manchas escuras (queimadas)	1	8	9					7																				3	
Manchas onduladas (concêntricas)	3	4	5													6										2	1		7
Marca do castelo e/ou estria no outro lado da peça	1		2																										
Marcas de junção	1	2	4	5												6												3	
Marcas no sentido do fluxo	1	2	9					10	8							12		3	4	5				11			6	7	13
Quebrar durante a ejeção		2	7			3	4																						
Rebarbas	3	2				1				5																			
Rechupes	2	1	3	5	6	7				4																			
Sem brilho	3	1	4													5													

Legenda:
■ Aumentar
■ Diminuir
■ Verificar
■ Fazer testes aumentando ou diminuindo
1 Quanto menor o número, maior a prioridade

Tudo sobre Plásticos
www.tudosobreplasticos.com

ANEXO 8

Ficha das propriedades do material: *SABIC*[®] PP PHC26 (PP)

Anexo 8 – Ficha das propriedades do material: SABIC® PP PHC26 (PP)

**SABIC® PP PHC26****PP block copolymer for Injection moulding**

Description: This grade combines very high impact resistance, also at low temperatures, with high stiffness and offers good flow properties. Due to its narrow molecular weight distribution, the very low tendency to warp and the excellent surface quality, SABIC® PP PHC26 is typically used in injection moulding of suitcase shells, crates & boxes and automotive parts.

Health, Safety and Food Contact regulations:

Material Safety Data Sheets (MSDS) and Product Safety declarations are available on our Internet site <http://www.SABIC-europe.com>

The product mentioned herein is in particular not tested and therefore not validated for use in pharmaceutical/ medical applications.

IMDS 80775790

Typical values

Revision 20140109

Properties	Unit (SI)	Values	Test methods
Polymer properties			
Melt flow rate (MFR) at 230 °C and 2.16 kg	dg/min	8.0	ISO 1133
Density	kg/m ³	905	ISO 1183
Formulation			
UV stabilized	-	No	-
Anti static agent	-	No	-
Nucleating agent	-	Yes	-
Mechanical properties			
Tensile test			
stress at yield ¹⁾	MPa	23	ISO 527-2 1A
strain at yield ¹⁾	%	5	
tensile modulus ²⁾	MPa	1250	
Izod impact notched			ISO 180/1A
at 23 °C	kJ/m ²	No Break	
at 0 °C	kJ/m ²	20	
at -20 °C	kJ/m ²	10	
Charpy impact notched			ISO 179/1eA
at 23 °C	kJ/m ²	60	
at 0 °C	kJ/m ²	15	
at -20 °C	kJ/m ²	9	
Charpy impact unnotched			ISO 179/1eU
at 23 °C	kJ/m ²	No Break	
Hardness Shore D	-	60	ISO 868
Thermal properties			
Heat deflection temperature ³⁾			ISO 75
at 1.80 MPa (HDT/A)	°C	50	
at 0.45 MPa (HDT/B)	°C	85	
Vicat softening temperature ⁴⁾			ISO 306
at 10 N (VST/A)	°C	147	
at 50 N (VST/B)	°C	68	

- 1) Speed of testing: 50 mm/min
 2) Speed of testing: 1 mm/min
 3) Flat wise (testbar 80*10*4mm)
 4) Temperature rate: 120°C/h

ANEXO 9

Ficha de propriedades do material: *Rigidex* HD6070UA (HDPE)

Anexo 9 – Ficha de propriedades do material: *Rigidex* HD6070UA (HDPE)



Product Technical Information

Rigidex® HD6070UA is a UV-stabilised high density polyethylene grade with a narrow molecular weight distribution, suitable for a wide range of injection moulding applications.

Typical applications

- Crates
- Boxes
- Seats
- Pallets

Benefits and Features

- Easy processing
- High rigidity
- Good impact strength
- High warpage resistance
- Good weathering resistance

Properties		Test Methods	Values	Units
Physical				
Density		ISO 1872	960	kg/m ³
Melt Flow Rate	2.16 kg load	ISO 1133	7.6	g/10min
Mechanical				
Tensile Strength	@ Yield	ISO 527	31	MPa
	(23°C Type 2 Speed D)			
Flexural Modulus	@ 23°C	ISO 178	1300	MPa
Charpy Impact Strength		ISO 179	4.0	kJ/m ²
Hardness Shore (D)		ISO 868	68	-
Thermal				
Melting Point		ASTM D2117	132	°C
Vicat Softening Point (A)		ISO 306	127	°C
Thermal conductivity		ASTM C177	0.48	W/m ²
Specific Heat			2300	J/kg °C
Coefficient of Linear Expansion		ASTM D696	2x10 ⁻⁴	°C ⁻¹

The values given are typical values measured on the product. These values should not be considered as specification

February, 2008

Published by
INEOS Polyolefins

ANEXO 10

Ficha técnica da máquina de injeção de plásticos

Anexo 10 – Ficha técnica da máquina de injeção de plásticos

Krauss Maffei KM 200 - 1400 C2**Details**

Stock no.:	10475
Manufacturer:	Krauss Maffei
Type of machine:	KM 200 - 1400 C2
Year:	2000
Delivery time:	Immediately
Terms of Delivery:	Ex Works
Location:	Eschweiler - Germany
Controlversion:	MC4
Screen text:	German
Operating hours:	57000 h
Price:	on request

Technical details**Clamping unit**

Clamping force:	2000 kN
Mould opening force, max.:	101 kN
Travel force movable platen Opening:	50 kN
Travel force movable platen Closing:	42 kN
Size of mould platens (h x v):	915 mm x 915 mm
Distance between tie bars (h x v):	560 mm x 560 mm
Mould opening stroke:	700 mm
Mould height min.:	350 mm
Max daylight:	1050 mm
Hydraulic ejector - stroke:	200 mm
Ejector force forward/backward:	58/28 kN

Injection unit

Screw diameter:	55 mm
Ls/D ratio:	23
Injection pressure:	2380 bar
Stroke volume:	570 ccm
Shot weight, PS:	519 g
Injection rate:	713 ccm/s
Screw speed:	259 1/min
Plasticising rate max.:	49 g/s
Nozzle pressure:	110 kN

Electric and Hydraulic Equipment

Nominal capacity of pump motor:	45 kW
Installed heating capacity:	23 kW
Adjustable barrel heating zones:	6
Dry cycle number:	1400 1/h
Reservoir capacity:	525 ltr.

Dimensions und weights

Dimensions of the machine ca.:	5,70 m x 1,90 m x 2,30 m
Total machine weight:	10000 kg
Max. mould weight:	2535 kg

Accessories

- Anti vibration pads

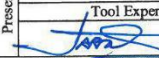
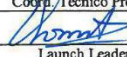

Additional information

- 1 x Air valve
- 8 x hotrunner controller
- increased oilcooling
- 2 x core pulls
- Robot interface as per Euromap 12
- Accumulator

ANEXO 11

Revisão do projeto preliminar do molde


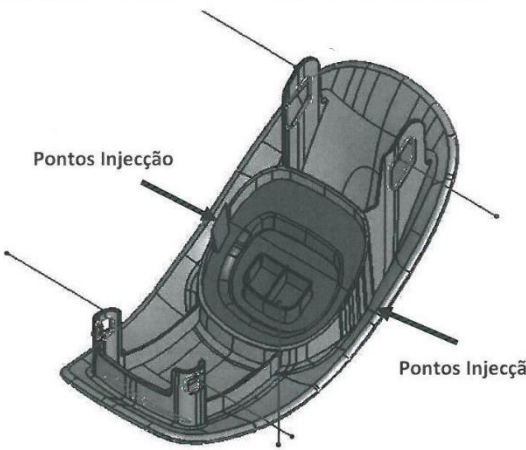

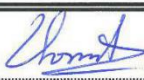



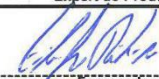
Anexo 11 – Revisão do projeto preliminar do molde

GRUPO Simoldes Plastic Division		REVISÃO DO PROJETO PRELIMINAR de MOLDE		Proj. <u>012/12</u> SP n° <u>07699</u> Forn. n° <u>598</u>	Direção de Engenharia
Designação : <u>AJUSTER COVER</u>					
Item	Pontos de Verificação	S	N		
Desenho	1	As dimensões funcionais estão cotadas e existe definição de escala quando não for 1:1 ?			
	2	A legenda dos desenhos está de acordo com Anexo 3 do CEM ?			
	3	As águas estão corretamente representadas? Em caso de necessidade, consultar o doc. "Rev. do Projecto Furação de Águas"?			
	4	Revisão de projeto para furação de águas dispensável ?			
	5	Os materiais e os seus tratamentos térmicos estão corretamente indicados no desenho para a estrutura e elementos de gravação ?			
	6	As peças estão devidamente localizadas no molde ?			
	7	As peças estão devidamente Identificadas (exemplo LH/RH) ?			
	8	Está prevista a placa de isolamento, se necessário (ex. distribuidor, temperatura do molde) ? Lado Fixo <input type="checkbox"/> Lado Móvel <input type="checkbox"/>			
	9	Existe guia deslocada ?			
Injetora	10	Está representado o posicionamento das colunas, do vão e/ou barramento (máquinas sem colunas) ?			
	11	O topo do molde está indicado, e é o mais eficaz para trabalhar com mão presa ?			
	12	As dimensões das anilhas de centragem estão em conformidade com as especificações da máquina de injeção ?			
	13	O curso da máquina é suficiente para abertura, extração e robot ?			
Injeção	14	O sistema de fixação do molde à máquina está corretamente definido ?			
	15	No caso de haver Estudo Reológico estão contempladas as suas conclusões para a conceção do molde ?			
	16	O bico e o sistema de injeção são os adequados ? (raio esférico de 19 mm)			
	17	Os canais e pontos de injeção estão de acordo com as indicações da SP e com dimensões adequadas Øs ? Está prevista a gota fria ?			
	18	É necessário alterar o 3D para a injeção ?			
Mecânica	19	As guias do molde estão a apontar primeiro do que as guias dos movimentos mecânicos ?			
	20	Os movimentos têm curso suficiente e não colidem com outros elementos ?			
	21	O Travamento é suficiente e com ângulo inferior aos ajustamentos da peça ?			
	22	O curso de extração é suficiente para libertar a peça, e a posição final está defenida ?			
	23	A extração do sistema de alimentação (zona fria) é eficaz para trabalho com mão presa ?			
	24	Se necessário, estão previstas Molas nos Movimentos Mecânicos e Pernos de Retorno ?			
	25	Ao desmoldar, não existe interferência com movimentos, pernos de retorno e cilindros de extração ?			
	26	Os KO's da máquina estão corretamente dimensionados e localizados no molde ?			
	27	A extração está localizada do lado correto (sem Textura) ?			
	28	Estão previstos postigos e levantadores em zonas críticas de desmoldagem e enchimento ?			
	29	Os apoios protegem/suportam a zona crítica da pressão de injeção ?			
Comentários	30	<u>TODOS OS PONTOS ACIMA SERÃO VERIFICADOS NA REVISÃO DE MODELAÇÃO. O MOLDE IRA' SER MODELADO DE ACORDO COM APONTAMENTOS NA FOLHA 20 PRELIMINAR</u>			
Dimensões do molde: <u>590x660x583</u>		Injetoras: <u>EN200.III/300.IX</u>		OK para AÇOS: <u>SIM</u>	
Diretor da Engenharia	Diretor de Operações	Coord. Técnico Projeto	Coordenador Processo	Product Expert	
Tool Expert	Process Injection Expert	Launch Leader	Fornecedor	Data da Revisão	
				<u>08/05/2019</u>	
M001F1068, rev9 12.12.2018					

ANEXO 12

Ficha de lançamento do molde

Anexo 12 – Ficha de lançamento do molde

		Ficha Lançamento de Molde		Direção Engenharia	
Molde Nº: SP07699		Projeto: SP012/12		Fornecedor: Siman	
Proto <input type="checkbox"/>	Série <input checked="" type="checkbox"/>	Plano de Peça <input checked="" type="checkbox"/>	D.F.N <input checked="" type="checkbox"/>	Data de emissão: 23/Março/2019	
Nº Cavidades: 2	Injetoras Previstas 200 ton.	Revisão Nº: _____		Data: _____	
Quant. total prevista 400 000 inj.	Dist. horizontal entre colunas 670	Início de Produção-SOP S50/18		Cliente final _____	
Tempo de ciclo previsto 40 s	Dist. vertical entre colunas s/colunas				
Local de Produção Plastaze	Altura máxima do molde 700				
Características da Peça					
Designação Peça: Ajuster Cover (Enjoliveur Ajusteur)					
Material: PP PHC26 / EPDM		Contração: 1,60%		Textura/Acab. Cavidade: Sim /Lixa 400	
Estudo Reológico: Não		Peça para pintar: Não		Textura/Acab. Macho: Técnico	
Características do Molde					
Aços		Injeção		Gravar no Molde	
Afixar no Molde					
Estrutura 1.1730 / 1.2312	Fornecedor Ver CDC	Calendário Sim	Placa Ident. S.P Sim		
Cavidade 1.2738	Nº Pontos/Peça 1	Código Específico Não	Placa Esq. Eléctrico Sim		
Macho 1.2738	Tipo Bayer	Cota Indexa Não	Placa Circuitos Água Sim		
Mecanismo 1.2738 Nitr. / Ampco 83	Dimensão A definir	Índice da Peça Sim	Placa Circuitos Óleo Sim		
Certif. Análise Aço Sim	Posição Ver figura	Lógotipo Cliente Sim	A realizar com o Molde		
Certif. Tratam. Térmicos Sim	Bloco Quente Sim	Material Sim	Placa Amostra Textura Não		
Fornecedor	Bico Eléctrico Sim	Nº de Cavidade Sim			
	Alteração Cor Não	Nº de Molde Sim			
	Inj. Valvulada: Não	Referência Cliente Sim			
	Controlo de veloc. Não	Sigla S.P Sim			
		Identif: Esq/Drt. Não			
Placa Isolante Lado Fixo <input checked="" type="checkbox"/> Lado Móvel <input type="checkbox"/>					
Prazo 1 ^{as} Peças S32 / 2019	Prazo Projeto Preliminar S17 / 2019	Prazo Acordo Maquinação S21 / 2019			
					
Observações: Molde com bi-injecção Preparar com "manifold" do EPDM de 2 entradas : para máquina En200 III (Bi-injecção) + + entrada no topo do molde					
Presenças					
	Diretor da Engenharia	Diretor de Operações	Coord. Técnico Projecto	Expert do Produto	
					
	Tool Expert	Process Injection Expert		Fornecedor	
1. Caderno de Encargos a Aplicar: Simoldes Plásticos CEM Rev. 08 2. O Planning do Molde deve ser entregue dentro do prazo limite de 2 semanas após envio do ficheiro para maquinação.					
M001FI067, rev5 12.12.2018					

ANEXO 13

Lista completa dos componentes do molde para a peça *ADJUSTER COVER*

Anexo 13 – Lista completa dos componentes do molde para a peça *ADJUSTER COVER*

SIMAN SIMAN-Soc. de Moldes de Maiores, Unipessoal, Lda.		LISTA DE MATERIAL						
DESENHADOR	VERIFICADO	DATA	CLIENTE					
DESIGNAÇÃO MOLDE	Ajuster Cover		Nº MOLDE	598	REVISÃO	C	PÁGINA	1/6

POS.	REF.	DESIGNAÇÃO PEÇA	RELAÇÃO COM O COMPONENTE	REV. SÃO	QUAN- TIDADE	DIMENSOES	Requisito ao exterior	MATERIAL / DIN	TRATAMENTO TERMICO		CERTI- FICADO	STANDARD INTERNO
									DESCRICÃO	DUREZA HRC		
0001		Placa de encosto lado injeção		-	1	660x610x36		1.1730				
0005		Calço		-	1	446x100x137		1.1730				
0006		Calço		-	1	446x100x137		1.1730				
0011		Placa de extração		-	1	586x376x36		1.2312	Pré-tratado	32/34		
0014		Placa de extração (suporte extractores)		-	1	442x376x26		1.2312	Pré-tratado	32/34		
0017		Placa encosto lado extração		-	1	660x610x36		1.1730				
0018		Placa intermédia lado cavidade		-	1	580x446x109		1.1730				
0019		Apoio		A	6	Ø50x137		1.1730				AP-50x137
0023	LP1	Guia principal		A	4	651-32x180x125		Rabourdin				
0026		Casquilho da guia principal		A	4	100C-32x63		BRonze CB3				
0037		Anilha de centragem		A	1	Ø200x35		1.1730				
0038		Anilha de centragem		A	1	Ø125x22		1.1730				ACE-125-40
0039		Anilha de centragem		A	1	Ø125x27		1.1730				
0041		Pés do molde		A	4	Ø60x92		1.1730				
0049		Placa de ajustamento do molde		A	4	80x50x12		1.2738	Nitruado			PA-50x80
0050		Placa de ajustamento do molde		A	4	100x50x12		1.2738	Nitruado			PA-50x100
0070		Placa de isolamento		A	1	650x600x6		Rabourdin				
0085		Placa de pressão		A	4	Ø85x12		1.2738	Nitruado			PCP-2
0086		Placa de pressão		A	4	80x50x12		1.2738	Nitruado			PP-50x80
0100		Cavidade		-	1	580x446x150		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0200		Macho		-	1	580x446x200		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0200A		Postiço do macho		-	1	27x37x49		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0200B		Postiço do macho		-	1	26x36x54		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0200C		Postiço do macho		-	1	27x37x49		1.2738	Pré-tratado	32/34		

DESIGNAÇÃO MOLDE	Ajuster Cover		Nº MOLDE	598	REVISÃO	C	PÁGINA	2/6
------------------	---------------	--	----------	-----	---------	---	--------	-----

POS.	REF.	DESIGNAÇÃO PEÇA	RELAÇÃO COM O COMPONENTE	REV. SÃO	QUAN- TIDADE	DIMENSOES	Requisito ao exterior	MATERIAL / DIN	TRATAMENTO TERMICO		CERTI- FICADO	STANDARD INTERNO
									DESCRICÃO	DUREZA HRC		
0200D		Postiço do macho		-	1	26x36x54		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0300		Movimento mecânico		-	1	59x148x80		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0301		Movimento mecânico		-	1	59x148x80		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0302		Movimento mecânico		-	1	59x148x80		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0303		Movimento mecânico		-	1	59x148x80		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0340		Guia inclinada		A	4	602-16x200		Rabourdin				
0365		Placa de ajustamento Mov. Mecânico		A	4	30x28x12		1.2738	Nitruado			PA-30x28
0385		Placa de deslize Mov. Mecânico		-	2	114x78x8		AMPCO 18				
0386		Placa de deslize Mov. Mecânico		-	1+1	114x78x8		AMPCO 18				
0405		Corrediça do Mov. Mecânico		A	8	115x20x22		AMPCO 18				CM-2-115-22,5-37,5
0425		Casquilho da guia inclinada		A	4	1006-16x33		1.2311	Pré-tratado	32/34		
0500		Movimento à extração		-	1	38x58x69		AMPCO 83				
0501		Movimento à extração		-	1	38x58x69		AMPCO 83				
0502		Movimento à extração		-	1	38x58x69		AMPCO 83				
0503		Movimento à extração		-	1	38x58x69		AMPCO 83				
0540		Levantador		-	1	61x37x104		AMPCO 83				
0541		Levantador		-	1	61x37x104		AMPCO 83				
0542		Levantador		-	1	61x37x104		AMPCO 83				
0543		Levantador		-	1	61x37x104		AMPCO 83				
0570		Placa deslize do Mov. Extração		-	8	70x24x8		AMPCO 18				
0580		Corrediça do Mov. Extração		-	4+4	80x21x46		1.2738	Pré-tratado	32/34		
0595		Carrinho		A	4	BUGALHA-F-16		Sankyo				
0596		Carrinho		-	4	35x30x24		AMPCO 18				
0615		Veio movimento à extração		-	4	Ø16x268		ina				
0640		Veio de reforço do Mov. Extração		-	4	Ø16x185		ina				
0650		Veio do levantador		-	4	Ø16x222		ina				
0665		Casquilho do mov. à extração		A	8	Ø22x40		BRonze CB3				CL-16x40
0700		Movimento hidráulico		-	1	50x69x178		AMPCO 83				

DESIGNAÇÃO MOLDE				Ajuster Cover		Nº MOLDE		598		REVISÃO		C		PÁGINA		3/6	
POS.	REF.	DESIGNAÇÃO PEÇA	RELAÇÃO COM O COMPONENTE	REV. SÃO	QUAN- TIDADE	DIMENSÕES	Registado ao exterior	MATERIAL / DIN	TRATAMENTO TÉRMICO		CERTI- FICADO	STANDARD INTERNO					
									DESCRIÇÃO	DUREZA No. H							
0701		Movimento hidráulico		-	1	50x69x178		AMPCO 83									
0725		Correção do Mov. Hidráulico		-	2	97x60x50		1.2738	Pré-tratado	32/34							
0726		Correção do Mov. Hidráulico		-	4	75x20x44		AMPCO 18									
0735		Placa deslize Mov. Hidráulico		-	1+1	158x79x12		AMPCO 18									
0736		Placa deslize Mov. Hidráulico		-	4	40x25x12		AMPCO 18									
0737		Placa deslize Mov. Hidráulico		A	2	50x30x12		AMPCO 18				PP-30x50					
0738		Placa deslize Mov. Hidráulico		-	2	80x30x12		AMPCO 18									
0745		Placa de ajustamento Mov. Hidráulico		A	2	50x20x12		1.2738	Nitrurado			PA-20x50					
0765		Extensão cilindro Hídr. Do Mov.		-	2	32x22x27		1.2738	Pré-tratado	32/34							
0775		Cilindro hidráulico do Mov.		A	2	VBL-40-M1-F-1-L1-S-25		HPS									
0900		Sistema de injeção		A	1	H062957.0		HRS									
0901		Sistema de injeção		A	1	H062942.0		HRS									
1001	P1	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M6x16		DIN 912-12.9									
1002	P2	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	3	M8x25		DIN 912-12.9									
1003	P3	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	1	M6x16		DIN 912-12.9									
1004	P4	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	4	M6x16		DIN 912-12.9									
1005	P5	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	4	M6x90		DIN 912-12.9									
1006	P6	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	4	M8x20		DIN 912-12.9									
1007	P7	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	4	M16x150		DIN 912-12.9									
1008	P8	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	4	M16x45		DIN 912-12.9									
1010	P10	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	12	M6x16		DIN 912-12.9									
1011	P11	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	12	M6x16		DIN 912-12.9									
1012	P12	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M6x16		DIN 912-12.9									
1013	P13	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M6x16		DIN 912-12.9									
1014	P14	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	16	M6x35		DIN 912-12.9									
1015	P15	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	8	M6x16		DIN 912-12.9									
1016	P16	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	8	M6x45		DIN 912-12.9									
1017	P17	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	8	M6x16		DIN 912-12.9									

DESIGNAÇÃO MOLDE				Ajuster Cover		Nº MOLDE		598		REVISÃO		C		PÁGINA		4/6	
POS.	REF.	DESIGNAÇÃO PEÇA	RELAÇÃO COM O COMPONENTE	REV. SÃO	QUAN- TIDADE	DIMENSÕES	Registado ao exterior	MATERIAL / DIN	TRATAMENTO TÉRMICO		CERTI- FICADO	STANDARD INTERNO					
									DESCRIÇÃO	DUREZA No. H							
1018	P18	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	2	M6x16		DIN 912-12.9									
1019	P19	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	8	M6x16		DIN 912-12.9									
1020	P20	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M10x70		DIN 912-12.9									
1021	P21	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	2	M4x12		DIN 912-12.9									
1022	P22	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M8x12		DIN 912-12.9									
1023	P23	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M6x20		DIN 912-12.9									
1024	P24	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M6x35		DIN 912-12.9									
1025	P25	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M8x20		DIN 912-12.9									
1026	P26	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M16x180		DIN 912-12.9									
1027	P27	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M16x45		DIN 912-12.9									
1028	P28	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	8	M10x35		DIN 912-12.9									
1029	P29	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M6x25		DIN 912-12.9									
1030	P30	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	6	M10x40		DIN 912-12.9									
1031	P31	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	12	M6x16		DIN 912-12.9									
1032	P32	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	6	M12x40		DIN 912-12.9									
1033	P33	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	4	M6x25		DIN 912-12.9									
1034	P34	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	2	M10x30		DIN 912-12.9									
1035	P35	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	2	M6x16		DIN 912-12.9									
1036	P36	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	2	M8x110		DIN 912-12.9									
1037	P37	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	2	M8x20		DIN 912-12.9									
1038	P38	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	16	M6x50		DIN 912-12.9									
1039	P39	Parafuso de cabeça cilíndrica		A	8	M6x16		DIN 912-12.9									
1040	P40	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	2	M5x20		DIN 912-12.9									
1041	P41	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	2	M5x30		DIN 912-12.9									
1042	P42	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	4	M10x90		DIN 912-12.9									
1043	P43	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	8	M6x16		DIN 912-12.9									
1044	P44	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	24	M6x16		DIN 912-12.9									
1045	P45	Parafuso de cabeça cilíndrica		B	4	M16x120		DIN 912-12.9									

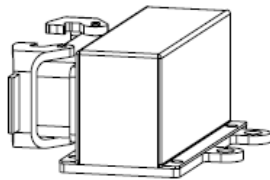
DESIGNAÇÃO MOLDE				Ajuster Cover		Nº MOLDE	598	REVISÃO	C	PÁGINA	5/6	
POS.	REF.	DESIGNAÇÃO PEÇA	RELAÇÃO COM O COMPONENTE	REV. SÃO	QUAN- TIDADE	DIMENSÕES	Requisito ao exterior	MATERIAL / DIN	TRATAMENTO TERMICO		CERTI- FICADO	STANDARD INTERNO
									DESCRÇÃO	DUREZA Nº. II		
1201	P201	Parafuso de cabeça de embutir		B	6	M6x16		DIN 912-12.9				
1363		Posicionador		-	2	38x12x10		1.1730				
1364		Posicionador		-	2	Ø12x215		1.1730				
1370		Extensão		-	2	34x28x33		1.1730				
1380		Mola		A	4	9-1204-21		Danly				
1381		Mola		A	2	9-1014-11		Danly				
1410		Anilha		-	2	Ø20x5		1.1730				
1411		Anilha		A	12	Ø15x5		1.1730				PFC-1
1450		Placa		-	2	42x24x16		1.1730				
1451		Placa		-	1+1	42x24x16		1.1730				
1452		Placa		A	1	65x66x20		1.1730				
1453		Placa		A	1	367x127x80		1.1730				
1454		Placa		A	1	Ø50x12		1.2738	Pré-tratado	32/34		
1455		Placa		A	4	60x48x10		1.1730				Aces-1
1501	DP1	Cavilha		B	4	Ø16x70		DIN 7979				
1502	DP2	Cavilha		A	16	Ø6x36		DIN 7979				
1503	DP3	Cavilha		A	4	Ø16x70		DIN 7979				
1504	DP4	Cavilha		A	8	Ø6x50		DIN 7979				
1505	DP5	Cavilha		A	16	Ø6x50		DIN 7979				
1570		Garfo		-	2	100x22x20		1.1730				
1600		Barra de segurança		A	1	70x25x15		1.1730				BS-25x70
1605		Barra de transporte		A	1	310x84x40		1.1730				
1606		Barra de transporte		A	2	78x34x71		1.1730				
1691		Placa Protecção em Nylon		A	4	Ø50x12		Nylon				
1692		Placa Protecção em Nylon		A	12	110x30x12		Nylon				
1800	LP4	Guia da placa de extração		A	4	Ø25x180		ina				GE-25-180
1806		Casquilho guia placa extração		A	4	1061-25x16x50		BRonze CB3				
1810	RP1	Perno de retorno		A	4	Ø20x305		DIN 1530-A				

DESIGNAÇÃO MOLDE				Ajuster Cover		Nº MOLDE	598	REVISÃO	C	PÁGINA	6/6	
POS.	REF.	DESIGNAÇÃO PEÇA	RELAÇÃO COM O COMPONENTE	REV. SÃO	QUAN- TIDADE	DIMENSÕES	Requisito ao exterior	MATERIAL / DIN	TRATAMENTO TERMICO		CERTI- FICADO	STANDARD INTERNO
									DESCRÇÃO	DUREZA Nº. II		
1840		Cilindro hidráulico da extração		A	2	HVB-04-85-2-H-0		HPS				
1845		Extensão Cilindro da extração		-	2	Ø40x52		1.2738	Pré-tratado	32/34		
1850		Extractor		A	4	Ø6x315		DIN 1530-A				
1985		Placa da Guia da Placa de Extração		A	4	Ø70x12		1.1730				PGE-25
2000		Caixa eléctrica		A	1	09200160251		Harting				
2020		Ficha eléctrica		A	1	09200162612		Harting				
2030		Micro-interruptor		A	2	BNS 819-100 R-11		BALLUFF				
2031		Micro-interruptor		A	6	ZCE 02		telemecanique				
2032		Micro-interruptor		A	6	ZCMD 21		telemecanique				
2033		Micro-interruptor		A	5	ZCM C21 L1		telemecanique				
2034		Micro-interruptor		A	1	ZCM C21 L2		telemecanique				

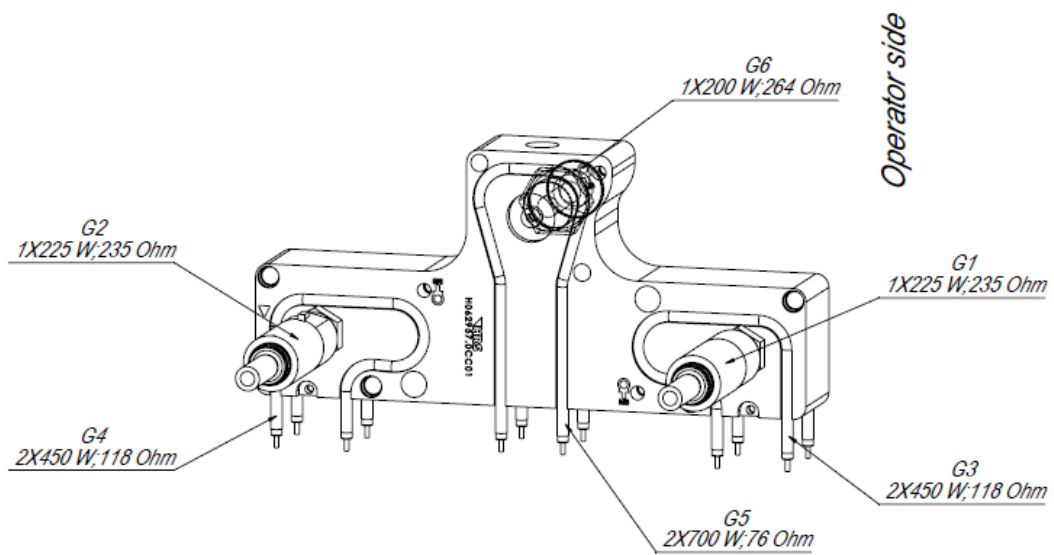
ANEXO 14

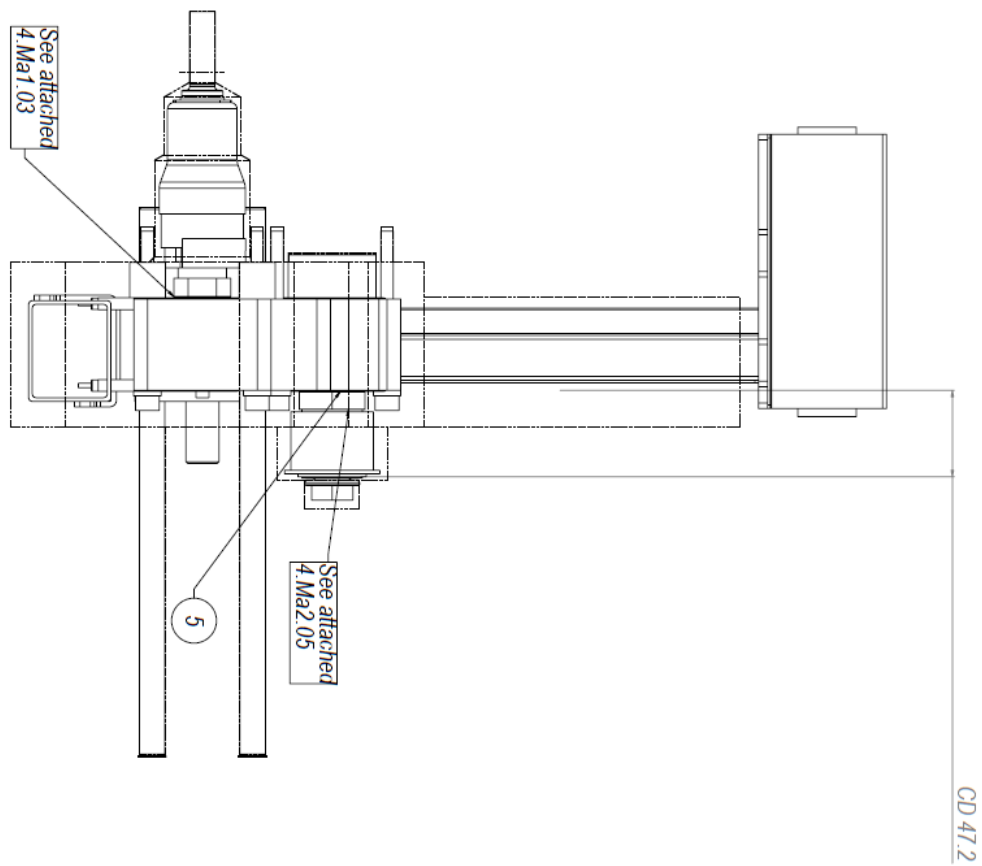
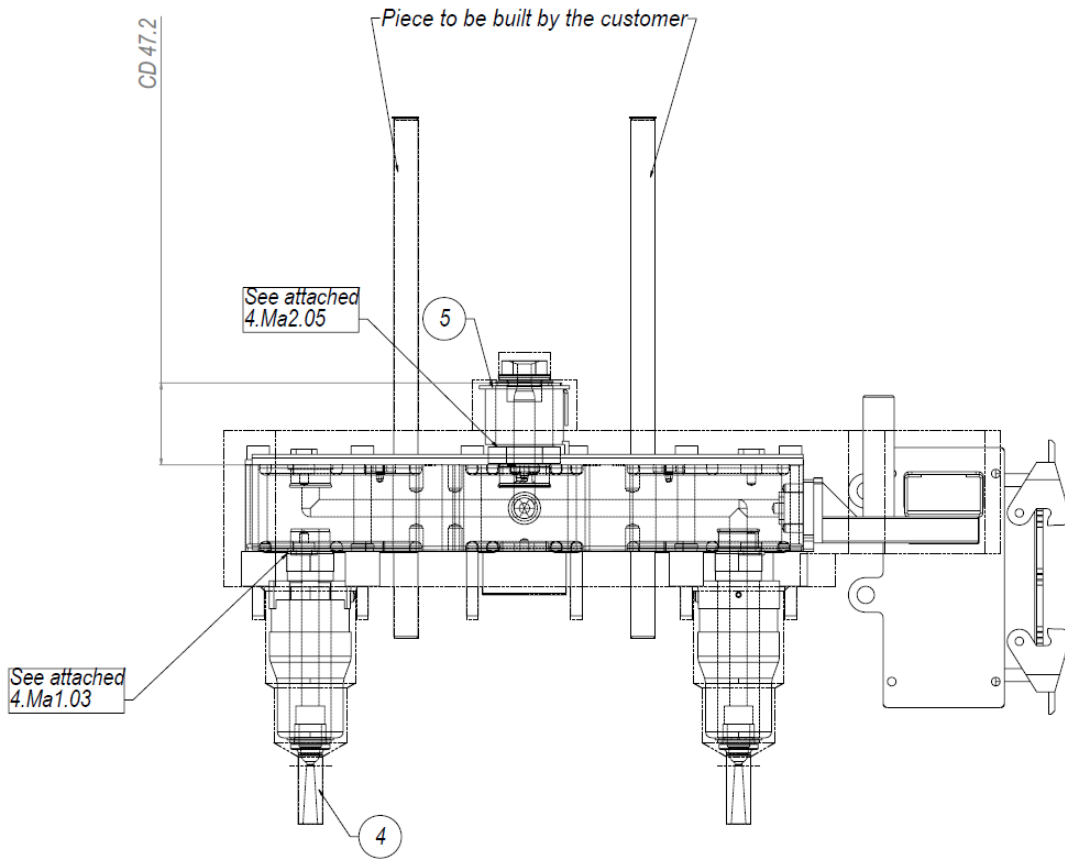
Especificações dos distribuidores (Injeção a quente)

Anexo 14 – Especificações dos distribuidores (Injeção a quente)



Top mold





ASSEMBLY SPECIFICATIONS

Table of tightening force for ring nuts / nozzle tips / screwed inlets :

SERIES		END RINGS				SCREWED INLET			
		TORQUE		NOZZLE TIP		WRENCH SIZE	TORQUE		WRENCH SIZE
		[Nm]	[Lbf.ft]	[Nm]	[Lbf.ft]		[Nm]	[Lbf.ft]	
Pp - Pa - Ps - Qp - Pj - Qj	External end ring	60	~44		CH 15	80	~60	CH24	
	Bushing thru the cavity	80	~60						
Mp - Ma - Ms - Np - Mj - Nj	External end ring	80	~60						
	Bushing thru the cavity	120	~90						
	Bicomponent end ring external thru the cavity								
Gp - Ga - Gs - Ep - Gj - Ej	External end ring	150	~110						
	Bushing thru the cavity	200	~150						
	Bicomponent end ring external thru the cavity	250	~190						
Ap - Aa - As - Bp - Aj - Bj	External end ring	300	~200						
	Bushing thru the cavity	350	~250						
	Bicomponent end ring external thru the cavity								
A - B		100	~74		60	40.3	CH41		
W		350	~250						

All screws used in the machine must be CL.12.9 .

Tighten the arm screw with a force corresponding to that given in the following table:

SERIES	TIGHTENING TORQUE SCREWS		RING SPANNER
	[Nm]	[Lbf.ft]	
Pp - M8 (5/16")	25	~18	CH 6 (1/4")
M - M8 (5/16")	30	~22	CH 6 (1/4")
G - M12 (1/2")	70	~50	CH 10 (3/8")
A - M12 (1/2")	70	~50	CH 10 (3/8")
Ma - M8 (5/16")	30	~22	CH 6 (1/4")
Ga, Aa - M12 (1/2")	70	~50	CH 10 (3/8")
W - M16 (5/8")	180	~130	CH 14 (1/2")

SERIES	TIGHTENING TORQUE VALVE GUIDE		
	[Nm]	[Lbf.ft]	RING SPANNER
P - Pa - Ma	150	~110	CH 16
A - Ga - Aa	250	~200	CH 22

MACHINE TECHNICAL NOTES

<i>Moulding material:</i>	<i>PP</i>
<i>Single part weight:</i>	<i>29</i>
<i>Number of cavities:</i>	<i>2</i>
<i>Mould temperature:</i>	<i>40° C</i>
<i>Moulding temperature:</i>	<i>200° C</i>
<i>Maximum moulding pressure:</i>	<i>1800 bar</i>

1. GENERAL INFORMATION

- 1.01 - Any change to the machine shall be authorised by HRS
- 1.02 - The machine in the drawing is shown at the temperature of 20°C.
- 1.03 - Use a voltage of 220-230V 50Hz.
- 1.04 - The seats envisaged consider the component expansion.
- 1.05 - HRSFlow delivers an Instructions and Maintenance Manual. As to the assembling of the system you need to follow carefully the instructions therein contained. HRSFlow is not liable for any damage or malfunctioning resulting from the non-respect of the assembling instructions.
- 1.06 - Mold plates minimum hardness 30 HRC.
- 1.07 - Maximum pressure allowed in the oil working command circuits: 40bar.
- 1.08 - Minimum pressure allowed in the air working command circuits: 6bar.
- 1.09 - In order to avoid loosening which might be harmful to the nozzle assembly, ring cut and finish will need to be made with manual tools only after assembly of the system in the tool and warm up to working temperature.
- 1.10 - Do not cut the screws provided.
- 1.11 - HRS carries out a simulation to calculate the flow balance. The system complies with the relevant standards and/or relevant norms up to an unbalance between the injection points equalling 10%.
- 1.12 - In case the part filling is slightly unbalanced, it is allowed to equipoise the filling adjusting the set point temperature of each control zone.

2. PROJECT SPECIFICATIONS

- 2.01 - If the injectors are located in external bushes, make sure that the bushes are fastened to the matrix plate so that they do not cause any stress to the injector while working.
- 2.02 - The relieves shown in the drawing should be considered as the minimum necessary space for the machine mounting. These relieves can be enlarged (but not reduced in size) according to the mould needs.
- 2.03 - In case of non wired machines the minimum relief refers only to the hot chamber and it is therefore indispensable to design specific relieves for the electric wires.
- 2.04 - In order to avoid harmful distortions to the system, all feed rings will be made leaving at least 1 mm gap between the die and the ring itself, in order to obtain, when molding, a disk of plastic material.

ANEXO 15

Tabela de forças para os cilindros hidráulicos

Anexo 15 – Tabela de forças para os cilindros hidráulicos

TABLE OF FORCES / TABLEAU DES FORCES / LEISTUNGSTABELLE

- Forces developed by pushing (daN)
- **Forces développées en poussant (daN)**
- **Schubkraft (daN)**

Ø Bore Ø Alésage Ø Kolben	Ring Section (cm ²) Section Annulaire (cm ²) Kolbenfläche (cm ²)	Pressure / Pression / Druck (Bar)					
		80	100	160	200	250	500
16	2,01	160	201	321	402	402	1005
20	3,14	251	314	502	628	785	1570
25	4,91	392	490	785	981	1227	2454
32	8,04	643	804	1286	1608	2010	4021
40	12,57	1005	1256	2010	2513	3141	6283
50	19,63	1570	1963	3141	3926	4908	9817
63	31,17	2493	3117	4987	6234	7793	15586
80	50,27	4021	5026	8042	10053	12566	25132
100	78,54	6283	7853	12566	15707	19634	39269
125	122,72	9817	12271	19634	24543	30679	61359
160	201,06	16084	20106	32169	40212	50265	100530
200	314,16	25132	31415	50265	62831	78539	157079

- Developed by pulling forces (daN)
- **Forces développées en tirant (daN)**
- **Zugkraft (daN)**

Ø Bore Ø Alésage Ø Kolben	Ø Rod Ø Tige Ø Stange	Ring Section (cm ²) Section Annulaire (cm ²) Ringfläche (cm ²)	Pressure / Pression / Druck (Bar)					
			80	100	160	200	250	500
16	10	1,23	98	122	196	245	306	612
20	12	2,01	160	201	321	402	502	1005
25	16	2,90	231	289	463	579	724	1449
32	18	5,50	439	549	879	1099	1374	2748
40	22	8,77	701	876	1402	1753	2191	4382
50	28	13,48	1078	1347	2156	2695	3369	6738
63	36	20,99	1679	2099	3358	4198	5248	10496
80	45	34,36	2748	3436	5497	6872	8590	17180
100	56	53,91	4312	5390	8625	10781	13477	26954
125	90	59,10	4728	5910	9456	11820	14775	29550
160	110	106,03	8482	10602	16964	21205	26507	53014
200	125	191,44	15315	19144	30630	38288	47860	95720

ANEXO 16

Resultados da seleção dos materiais (Matriz de seleção)

Anexo 16 – Resultados da seleção dos materiais (Matriz de seleção)

1 - Aço 1730

	1--2	1--3	1--4	1--5	1--6	1--7	1--8	w1
Prop1	70	60	40				10	1,00
Prop2	30	40						0,43
Prop3			60					0,67
Prop4				40				1,50
Prop5					50			0,67
Prop6						50		1,00
Prop7							90	1,00
Prop8								0,590
Σ								15,26

1 - Aço 1730

Materiais	w1 =	1 - M1 ↑	2 - Coeficiente de Dilatação Térmica ↓	w2 =	3 - Dureza ↓	w3 =	4 - Resistência à compressão ↑	w4 =	5 - Resistência à corrosão ↑	w5 =	6 - Condutividade térmica ↑	w6 =	7 - Tratamento superficial ↑	w7 =	8 - Custo ↓	w8 =	0,5897	Índice de desempenho Y
1 - Aço 1730	25,51	0,065523	13,10	0,028081123	207,00	4,16	825,00	6,12	0,098283931	3,00	0,04368175	15,10	0,93	3,00	0,06552262	1,90	0,5897	8260,54
2 - Aço 2311	92,05	0,03	85,50	2,40	95,17	2,87	62,31	7,14	60,00	3,00	14,25	35,00	6,55	3,00	0,06552262	2,97	0,5897	4796,03
3 - Aço 2312	94,84	6,21	84,85	2,38	65,67	2,87	72,66	7,14	60,00	3,00	33,02	35,00	6,55	3,00	0,06552262	2,87	0,5897	5026,81
4 - Aço 2738 HH	26,82	6,34	13,50	2,33	72,96	3,19	72,66	7,14	60,00	3,00	33,02	38,00	6,55	5,00	0,06552262	66,20	0,5897	30,45
5 - Aço MG50	96,78	6,17	82,96	2,30	57,94	2,53	89,50	8,80	60,00	3,00	35,85	38,00	10,92	166,67	0,06552262	51,63	0,5897	20,01
6 - Aço 2085	27,56	6,52	12,20	2,58	235,00	3,66	1324,00	9,83	60,00	3,00	25,00	23,58	8,74	4,00	0,06552262	5,60	0,5897	20,01
7 - AMPCO 18	99,46	6,55	91,80	2,81	83,83	2,87	100,00	9,54	60,00	3,00	18,00	18,00	6,55	3,00	0,06552262	4,80	0,5897	23,34
8 - AMPCOLOY 83	27,71	3,65	11,20	1,94	300,00	4,37	1285,00	7,35	60,00	4,00	16,98	63,00	8,74	4,00	0,06552262	39,58	0,5897	4,97
	100,00		100,00	1,80	197,00	2,39	97,05	3,25	80,00	5,00	59,43	59,43	8,74	133,33	0,06552262	34,05	0,5897	2833,52
	15,50	3,66	69,14		360,00		74,77		100,00		106,00			4,00		5,58		
	55,92		64,00		54,72		33,08		100,00		100,00			133,33		5,58		

3 - Aço 2312

	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	ω1
Prop1	50	40	50	60	40	50	40	1,00
Prop2	50							1,00
Prop3		60						1,50
Prop4			50					1,00
Prop5				40				0,67
Prop6					60			1,50
Prop7						50		1,00
Prop8								1,50
								0,164
								Σ 9,17

3 - Aço 2312

Material:	ω1 =	2 - Coeficiente de Dilatação Térmica ↓	3 - Dureza ↓	4 - Resistência à compressão ↑	5 - Resistência à corrosão ↑	6 - Condutividade térmica ↑	7 - Tratamento superficial ↑	8 - Custo ↓	Índice de desempenho V
1 - Aço 1730	25,51	13,10	207,00	825,00	3,00	15,10	3,00	1,90	6649,8
2 - Aço 2311	92,05	85,50	95,17	62,31	60,00	14,25	100,00	100,00	
3 - Aço 2312	26,28	13,20	300,00	962,00	3,00	35,00	3,00	2,97	5248,9
4 - Aço 2738 HH	94,84	84,85	65,67	72,66	60,00	33,02	100,00	63,97	
5 - Aço MG50	26,82	13,50	270,00	962,00	3,00	35,00	3,00	2,87	5468,0
6 - Aço 2085	96,78	82,96	72,96	72,66	60,00	33,02	100,00	66,20	
7 - AMPCO 18	26,11	13,70	340,00	1185,00	3,00	38,00	5,00	3,68	7059,7
8 - AMPCOLLOY 83	94,23	81,75	57,94	89,50	60,00	35,85	166,67	51,63	
	27,56	12,20	235,00	1324,00	3,00	25,00	4,00	5,60	6720,1
	99,46	91,80	83,83	100,00	60,00	23,58	133,33	33,93	5,55
	27,71	11,20	300,00	1285,00	3,00	18,00	3,00	4,80	5571,3
	100,00	100,00	65,67	97,05	60,00	16,98	100,00	39,58	6,48
	15,44	16,20	197,00	990,00	4,00	63,00	4,00	22,55	6100,7
	55,70	69,14	100,00	74,77	80,00	59,43	133,33	8,43	1,38
	15,50	17,50	360,00	438,00	5,00	106,00	4,00	34,05	5705,5
	55,92	64,00	54,72	33,08	100,00	100,00	133,33	5,58	0,91

4 - Aço 2738 HH

Material:	1 - M1 ↑		2 - Coeficiente de Dilatação Térmica ↓		3 - Dureza ↓		4 - Resistência à compressão ↑		5 - Resistência a corrosão ↑		6 - Condutividade térmica ↑		7 - Tratamento superficial ↑		8 - Custo ↓		Índice de desempenho Y
	ω1 =	ω2 =	ω3 =	ω4 =	ω5 =	ω6 =	ω7 =	ω8 =	ω9 =	ω10 =	ω11 =	ω12 =	ω13 =	ω14 =	ω15 =		
1 - Aço 1730	25,51	10,62	13,10	83,50	9,88	207,00	7,32	825,00	6,92	15,10	1,64	3,00	17,31	1,90	11,54	6513,3	
	92,05		83,50			95,17		62,31		14,25		100,00		100,00			
2 - Aço 2311	26,28	10,94	13,20	84,85	9,79	300,00	5,05	962,00	6,92	35,00	3,81	3,00	17,31	2,97	7,38	5858,1	
	94,84		84,85			65,67		72,66		33,02		100,00		63,97			
3 - Aço 2312	26,82	11,17	13,50	82,96	9,57	270,00	5,61	962,00	6,92	35,00	3,81	3,00	17,31	2,87	7,64	5975,8	
	96,78		82,96			72,96		72,66		33,02		100,00		66,20			
4 - Aço 2738 HH	26,11	10,87	13,70	81,75	9,43	340,00	4,46	1185,00	6,92	38,00	4,14	5,00	28,85	3,68	5,96	9119,4	
	94,73		81,75			57,94		89,50		35,85		166,67		51,63			
5 - Aço MG50	27,56	11,48	12,20	91,80	10,59	235,00	6,45	1324,00	6,92	25,00	2,72	4,00	23,08	5,60	3,91	8074,6	
	99,46		91,80			83,83		100,00		23,58		133,33		33,93			
6 - Aço 2085	27,71	11,54	11,20	91,80	11,54	300,00	5,05	1285,00	6,92	18,00	1,96	3,00	17,31	4,80	4,57	6629,9	
	100,00		100,00			65,67		97,05		16,98		100,00		39,58			
7 - AMPCCU 18	15,44	6,43	16,20	7,98	7,98	197,00	7,69	990,00	12,94	63,00	6,86	4,00	23,08	22,55	0,97	6877,6	
	55,70		69,14			100,00		74,77		59,43		133,33		8,43			
8 - AMPCCOLY 83	15,50	6,45	17,50	7,38	7,38	360,00	4,21	438,00	5,73	5,00	11,54	4,00	23,08	34,05	0,64	6641,4	
	55,92		64,00			54,72		33,08		100,00		133,33		5,58			

4 - Aço 2738 HH

	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	ω1
Prop1	50	60	40	50	50	40	50	1,00
Prop2	50							1,00
Prop3		40						0,67
Prop4			60					1,50
Prop5				50				1,00
Prop6					50			1,00
Prop7						60		1,50
Prop8							50	1,00
Σ								8,67

	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	ω1
Prop1	40	80	60	50	70	50	80	0,164
Prop2	60	20						0,246
Prop3			40					0,041
Prop4				50				0,109
Prop5					30			0,164
Prop6						50		0,070
Prop /							20	0,164
Prop8								0,041
Σ								6,10

7 - AMPCO 18

7 - AMPCO 18

Material:	ω1 =	0.1640625	ω2 =	0.24609375	ω3 =	0.041	ω4 =	0.109375	ω5 =	0.1640625	ω6 =	0.0703125	ω7 =	0.1640625	ω8 =	0.041	Índice de desempenho V
1 - Ago 1730	25,51	15,10	13,10	21,04	207,00	3,90	825,00	6,82	3,00	9,84	15,10	1,00	3,00	16,41	1,90	4,10	6640,9
	97,05	85,50	85,50		95,17		62,31		60,00		14,25		100,00		100,00		
2 - Ago 2311	26,28	13,56	13,20	20,88	300,00	2,69	962,00	7,95	3,00	9,84	35,00	2,32	3,00	16,41	2,97	2,62	6477,4
	94,84	84,85	84,85		65,67		72,66		60,00		33,02		100,00		63,97		
3 - Ago 2312	26,82	15,88	13,50	20,42	270,00	2,99	962,00	7,95	3,00	9,84	35,00	2,32	3,00	16,41	2,87	2,72	6513,9
	96,78	82,96	82,96		72,96		72,66		60,00		33,02		100,00		66,20		
4 - Ago 2738 HH	26,11	15,46	13,70	20,12	340,00	2,38	1185,00	9,79	3,00	9,84	38,00	2,52	5,00	27,34	3,68	2,12	9463,1
	94,23	81,75	81,75		57,94		89,50		60,00		35,85		166,67		51,63		
5 - Ago WGSU	21,56	16,32	12,20	22,59	235,00	3,44	1324,00	10,94	3,00	9,84	25,00	1,66	4,00	21,88	5,60	1,39	8672,8
	99,46	91,80	91,80		83,83		100,00		60,00		23,58		133,33		33,93		
6 - Ago 2085	21,71	16,41	11,20	24,61	300,00	2,69	1285,00	10,62	3,00	9,84	18,00	1,19	3,00	16,41	4,80	1,62	7674,5
	100,00	100,00	100,00		65,67		97,05		60,00		16,98		100,00		39,58		
7 - AMPCO 18	15,44	9,14	16,20	17,01	197,00	4,10	990,00	8,18	4,00	13,13	63,00	4,18	4,00	21,88	22,55	0,35	6924,9
	55,70	69,14	100,00		100,00		74,77		80,00		59,43		133,33		8,43		
8 - AMPCOLOY 83	15,50	9,17	17,50	15,75	360,00	2,24	436,00	3,62	5,00	16,41	106,00	7,03	4,00	21,88	34,05	0,23	7025,2
	55,92	64,00	64,00		54,72		33,08		100,00		100,00		133,33		5,58		

	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	ωj
Prop1	40	70	60	50	20	50	90	1,00
Prop2	60							1,50
Prop3		30						0,43
Prop4			40					0,67
Prop5				50				1,00
Prop6					80			4,00
Prop7						50		1,00
Prop8							10	0,11
Σ								9,71

8 - AMPCOLOY 83

8 - AMPCOLOY 83

Material:	ω1 =	1 - M1 ↑	ω2 =	2 - Coeficiente de Dilatação Térmica ↓	ω3 =	3 - Dureza ↓	ω4 =	4 - Resistência à compressão ↑	ω5 =	5 - Resistência à corrosão ↑	ω6 =	6 - Condutividade térmica ↑	ω7 =	7 - Tratamento superficial ↑	ω8 =	8 - Custo ↓	ω9 =	Índice de desempenho Y
		0.103025		0.154538021		0.04415		0.0068683565		0.1030253		0.41210139		0.10302535		0.0114		
1 - Aço I730	25,51	9,48	13,10	13,21	207,00	4,20	825,00	4,28	3,00	6,18	15,10	5,87	3,00	10,30	1,90	1,14		4268,5
	92,05		85,50		95,17		62,31		60,00		14,25		100,00		100,00			
	26,28		13,20		300,00		962,00		3,00		35,00		3,00		2,97			
2 - Aço 2311	94,84	9,77	84,85	13,11	65,67	2,90	72,66	4,99	60,00	6,18	33,02	13,61	100,00	10,30	63,97	0,73		4489,5
	26,82		13,50		270,00		962,00		3,00		35,00		3,00		2,87			
3 - Aço 2312	96,78	9,97	82,96	12,82	72,56	3,22	72,66	4,99	60,00	6,18	33,02	13,61	100,00	10,30	66,20	0,76		4526,9
	26,11		13,70		340,00		1185,00		3,00		38,00		5,00		3,68			
4 - Aço 2738 HH	94,23	9,71	81,75	12,63	57,94	2,56	89,50	6,15	60,00	6,18	35,85	14,77	166,67	17,17	51,63	0,59		6439,0
	27,56		12,20		235,00		1324,00		3,00		25,00		4,00		5,60			
5 - Aço MG50	99,46	10,25	91,80	14,19	83,83	3,70	100,00	6,87	60,00	6,18	23,58	9,72	133,33	13,74	33,93	0,39		5763,7
	27,71		11,20		300,00		1285,00		3,00		18,00		3,00		4,80			
6 - Aço 2085	100,00	10,30	100,00	15,45	65,67	2,90	97,05	6,67	60,00	6,18	16,98	7,00	100,00	10,30	39,58	0,45		4950,9
	15,44		16,20		197,00		990,00		4,00		63,00		4,00		22,55			
7 - AMPCO 18	55,70	5,74	69,14	10,68	100,00	4,42	74,77	5,14	80,00	8,24	59,43	24,49	133,33	13,74	8,43	0,10		5631,3
	15,50		17,50		360,00		438,00		5,00		106,00		4,00		34,05			
8 - AMPCOLOY 83	55,92	5,76	64,00	9,89	54,72	2,42	33,08	2,27	100,00	10,30	100,00	41,21	133,33	13,74	5,58	0,06		8145,7

ANEXO 17

Norma interna (*SIMOLDES*) para o dimensionamento dos olhais de içamento

Anexo 17 – Norma interna (SIMOLDES) para o dimensionamento dos olhais de içamento



CADERNO TÉCNICO

6. Cada placa do molde deverá ter pelo menos 4 furos roscados para manutenção (olhais), num mínimo de 1 por cada face.
- Todas as peças com mais de 10Kg deverão ter furos roscados para manutenção.
 - As peças de encosto do molde deverão conter 4 furos roscados na face de encosto aos pratos da máquina para içamento. Utilizar furos roscados iguais aos de içamento do molde, de acordo com o Anexo II.5.
 - Realizar em todos os moldes olhais do lado da gravação, iguais aos de içamento do molde, tanto no macho como na cavidade.
 - O molde quando içado deverá ficar em posição de equilíbrio, tanto no conjunto, como ambas as metades em separado.
 - Diâmetros / Roscas admitidos: M12, M16, M20, M24, M30, M36, M42, M56, M64, M72, M80 e M100.

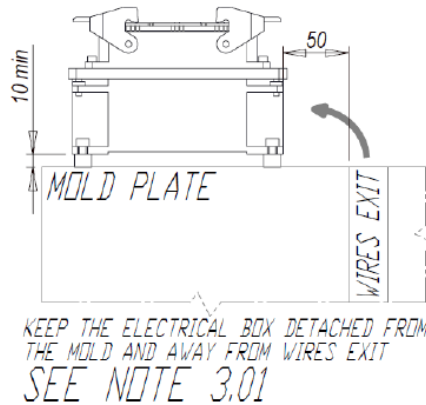
DSS (Codipro)	DIN 910					F (Kg)	F (Kg) por olhai
	M	P	C	E	d1		
	12	32	25	2	10,25	340	240
	16	40	32	2	14	700	500
	20	44	35	3	17,5	1200	830
	24	50	42	5	21	1800	1270
	30	60	50	5	26,5	3600	2600
	36	70	60	5	32	5100	3700
	42	80	68	5	37,5	7000	5000
	56	98	84	5	50,5	11500	8300
	64	112	95	5	58	16000	11600
	72	122	105	5	66	21000	15000
	80	132	117	5	74	28000	20000
	100	145	130	5	94	36000	27000

M	DSR (Codipro)					DSS (Codipro)			
	12	16	20	24	30	36	42	56	64
P	32	40	44	50	60	70	80	98	112
C	25	32	35	42	50	60	68	84	95
d1	10,25	14	17,5	21	26,5	32	37,5	50,5	58
F (Kg)	1000	1600	2500	4000	6300	10000	12600	25000	32100
F (Kg) 2 olhais	1400	2200	3500	5600	8800	14000	17500	36000	46500
F (Kg) 4 olhais	2100	3400	5300	8400	13200	21000	26300	52600	69500

ANEXO 18

Esquemas das ligações elétricas do sistema de injeção a quente

Anexo 18 – Esquemas das ligações elétricas do sistema de injeção a quente

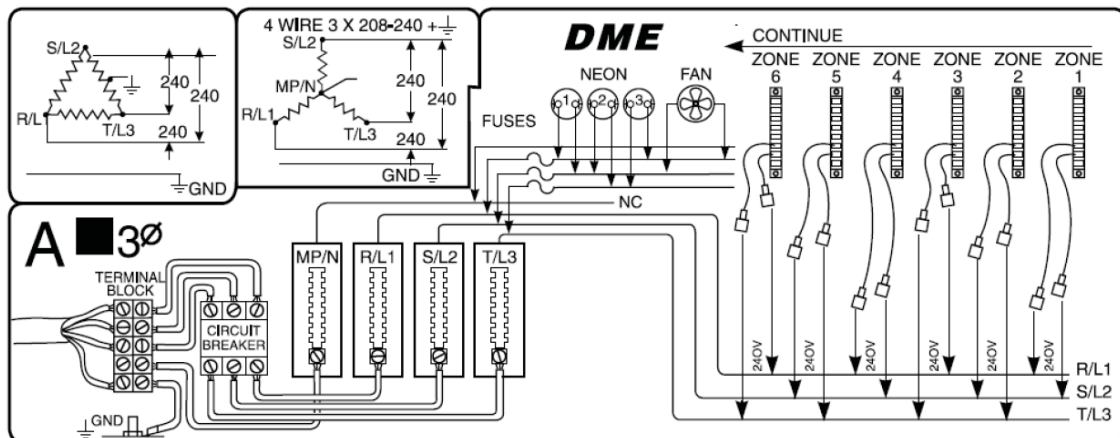


3. ELECTRIC SPECIFICATIONS

- 3.01 - In order to avoid errors in temperature reading and temperature profile in the hot runner, is recommended to position the electrical box away from wires exit and detached from mold. See also the specific scheme in this drawing. If this is not possible it is necessary to use compensated cables in the thermocouple connections.
The cable must be made in the same material of the thermocouple: IRON-CONSTANTAN for J type and CHROMEL-ALUMEL for K type. Please note that the cables attached to the electrical box must be adequately protected all along their path to prevent them from being damaged.
- 3.02 - Make sure that the cable sheaths protect the cables along their entire length.
- 3.03 - The electric wires shall be kept away from heat sources, shall run in specific raceways or fastened with clips away from the hot chamber up to the mould exit.
- 3.04 - Do not supply voltage to the thermocouple terminals.
- 3.05 - The terminal numbers refer to the wiring diagram.
- 3.06 - Thermocouple polarity J: White wire + / Red wire -
- 3.07 - Thermocouple polarity K: Yellow wire + / Red wire -
- 3.08 - To ensure the correct functioning of the system you must use the "soft start" device, which is indispensable to feed the heaters.

OPTION A
(Standard)

208 – 240 VAC, Three-Phase, 4-Wire Delta or "Y" Power Distribution System



ANEXO 19

Tabela detalhada dos custos de todos os elementos do molde UL598

Anexo 19 – Tabela detalhada dos custos de todos os elementos do molde UL598

Posição	Descrição	Qtd.	Dimensões [mm x mm x mm] / Referência	Valor [€]
0001	Placa de encosto lado injeção	1	660x610x36	458,76
0005	Calço	1	446x100x137	147,56
0006	Calço	1	446x100x137	147,56
0011	Placa de extração	1	586x376x36	356,34
0014	Placa de extração (suporte extratores)	1	442x376x26	236,86
0017	Placa encosto lado extração	1	660x610x36	458,76
0018	Placa Intermédia lado cavidade	1	580x446x109	1.686,45
0019	Apoio	6	Ø50x137	388,02
0023	Guia principal	4	651-32x180x125	365,84
0026	Casquilho da guia principal	4	1005C-32x63	67,4
0037	Anilha de centragem	1	Ø200x35	24,75
0038	Anilha de centragem	1	Ø125x22	18,38
0039	Anilha de centragem	1	Ø125x27	19,28
0041	Pés do molde	4	Ø60x92	192,92
0049	Placa de ajustamento do molde	4	80x50x12	409,28
0050	Placa de ajustamento do molde	4	100x50x12	492,84
0070	Placa de isolamento	1	650x600x6	245,67
0085	Placa de pressão	4	Ø85x12	18,24
0086	Placa de pressão	4	80x50x12	21,08
0100	Cavidade	1	580x446x150	2.145,43
0200	Macho	1	580x446x200	2.945,41
0200A	Postiço do macho	1	27x37x49	96,37
0200B	Postiço do macho	1	28x38x54	96,37
0200C	Postiço do macho	1	27x37x49	96,37
0200D	Postiço do macho	1	28x38x54	96,37
0300	Movimento mecânico	1	59x148x80	256,68
0301	Movimento mecânico	1	59x148x80	256,68
0302	Movimento mecânico	1	59x148x80	256,68

0303	Movimento mecânico	1	59x148x80	256,68
0340	Guia inclinada	4	602-16x200	256,48
0365	Placa de ajustamento Mov. Mecânico	4	30x28x12	301,28
0385	Placa de deslize Mov. Mecânico	2	114x78x8	146,64
0386	Placa de deslize Mov. Mecânico	1+1	114x78x8	146,64
0405	Corrediça do Mov. Mecânico	8	115x20x22	206,08
0425	Casquilho da guia inclinada	4	1006-16x33	97,72
0500	Movimento à extração	1	38x58x69	223,38
0501	Movimento à extração	1	38x58x69	223,38
0502	Movimento à extração	1	38x58x69	223,38
0503	Movimento à extração	1	38x58x69	223,38
0540	Levantador	1	61x37x104	321,64
0541	Levantador	1	61x37x104	321,64
0542	Levantador	1	61x37x104	321,64
0543	Levantador	1	61x37x104	321,64
0570	Placa deslize do Mov. Extração	8	70x24x8	601,84
0580	Corrediça do Mov. Extração	4+4	80x21x48	148,32
0595	Carrinho	4	BUGALHA-F-16	1.53,84
0596	Carrinho	4	35x30x24	1.53,84
0615	Veio movimento à extração	4	Ø16x268	1.37,04
0640	Veio de reforço do Mov. Extração	4	Ø16x185	129,8
0650	Veio do levantador	4	Ø16x222	132,48
0665	Casquilho do mov. à extração	8	Ø22x40	350,8
0700	Movimento hidráulico	1	50x69x178	234,54
0701	Movimento hidráulico	1	50x69x178	234,54
0725	Corrediça do Mov. Hidráulico	1	50x69x178	28,26
0726	Corrediça do Mov. Hidráulico	2	97x60x50	42,64
0735	Placa deslize Mov. Hidráulico	4	75x20x44	249,8

0736	Placa deslize Mov. Hidráulico	4	40x25x12	233,8
0737	Placa deslize Mov. Hidráulico	2	50x30x12	120,46
0738	Placa deslize Mov. Hidráulico	2	80x30x12	134,64
0745	Placa de ajustamento Mov. Hidráulico	2	50x20x12	120,46
0765	Extensão cilindro Hidr. Do Mov.	2	32x22x27	249,28
0775	Cilindro hidráulico do Mov.	2	VBL-40-M1-F-1-L1-S-25	714,62
0900	Sistema de injeção	1	H062957.0	4.630,5
0901	Sistema de injeção	1	H062942.0	4.630,5
1001	P. de cabeça cilíndrica	4	M6x16	0,48
1002	P. de cabeça cilíndrica	3	M8x25	0,36
1003	P. de cabeça cilíndrica	1	M6x16	0,12
1004	P. de cabeça cilíndrica	4	M6x16	0,48
1005	P. de cabeça cilíndrica	4	M6x90	0,48
1006	P. de cabeça cilíndrica	4	M8x20	0,48
1007	P. de cabeça cilíndrica	4	M16x150	0,48
1008	P. de cabeça cilíndrica	4	M16x45	0,48
1010	P. de cabeça cilíndrica	12	M6x16	1,44
1011	P. de cabeça cilíndrica	12	M6x16	1,44
1012	P. de cabeça cilíndrica	4	M6x16	0,48
1013	P. de cabeça cilíndrica	4	M6x16	0,48
1014	P. de cabeça cilíndrica	16	M6x35	1,92
1015	P. de cabeça cilíndrica	8	M6x16	0,96
1016	P. de cabeça cilíndrica	8	M6x45	0,96
1017	P. de cabeça cilíndrica	8	M6x16	0,96
1018	P. de cabeça cilíndrica	2	M6x16	0,24
1019	P. de cabeça cilíndrica	8	M6x16	0,96
1020	P. de cabeça cilíndrica	4	M10x70	0,48
1021	P. de cabeça cilíndrica	2	M4x12	0,24
1022	P. de cabeça cilíndrica	4	M8x12	0,48
1023	P. de cabeça cilíndrica	4	M6x20	0,48
1024	P. de cabeça cilíndrica	4	M8x35	0,48
1025	P. de cabeça cilíndrica	4	M8x20	0,48
1026	P. de cabeça cilíndrica	4	M16x180	0,48
1027	P. de cabeça cilíndrica	4	M16x45	0,48
1028	P. de cabeça cilíndrica	8	M10x35	0,96

1029	P. de cabeça cilíndrica	4	M8x25	0,48
1030	P. de cabeça cilíndrica	6	M10x40	0,72
1031	P. de cabeça cilíndrica	12	M6x16	1,44
1032	P. de cabeça cilíndrica	6	M12x40	0,72
1033	P. de cabeça cilíndrica	4	M6x25	0,48
1034	P. de cabeça cilíndrica	2	M10x30	0,24
1035	P. de cabeça cilíndrica	2	M6x16	0,24
1036	P. de cabeça cilíndrica	2	M8x110	0,24
1037	P. de cabeça cilíndrica	2	M8x20	0,24
1038	P. de cabeça cilíndrica	16	M6x50	1,92
1039	P. de cabeça cilíndrica	8	M6x16	0,96
1040	P. de cabeça cilíndrica	2	M5x20	0,24
1041	P. de cabeça cilíndrica	2	M5x30	0,24
1042	P. de cabeça cilíndrica	4	M10x90	0,48
1043	P. de cabeça cilíndrica	8	M6x16	0,96
1044	P. de cabeça cilíndrica	24	M6x16	2,88
1045	P. de cabeça cilíndrica	4	M16x120	0,48
1201	Parafuso de cabeça de embutir	6	M6x16	0,84
1363	Posicionador	2	38x12x10	30,94
1364	Posicionador	2	Ø12x215	20,28
1370	Extensão	2	34x28x33	3,12
1380	Mola	4	9-1204-21	25,88
1381	Mola	2	9-1014-11	12,94
1410	Anilha	2	Ø20x5	1,12
1411	Anilha	12	Ø15x5	5,52
1450	Placa	2	42x24x16	8,46
1451	Placa	1+1	42x24x16	8,46
1452	Placa	1	85x66x20	4,23
1453	Placa	1	367x127x80	4,23
1454	Placa	1	Ø50x12	4,23
1455	Placa	4	60x48x10	16,92
1501	Cavilha	4	Ø16x70	3,44
1502	Cavilha	16	Ø6x36	12,48
1503	Cavilha	4	Ø16x70	3,44
1504	Cavilha	8	Ø6x50	4,48
1505	Cavilha	16	Ø6x50	8,96
1570	Garfo	2	100x22x20	31,28
1600	Barra de segurança	1	70x25x15	35,45
1605	Barra de transporte	1	310x84x40	83,26

1606	Barra de transporte	2	78x34x71	1.16,92
1691	Placa Proteção em Nylon	4	Ø50x12	120,48
1692	Placa Proteção em Nylon	12	110x30x12	518,52
1800	Guia da placa de extração	4	Ø25x180	313,4
1806	Casquilho guia placa extração	4	1061-25x16x50	56,6
1810	Perno de retorno	4	Ø20x305	144,92
1840	Cilindro hidráulico da extração	2	HVB-04-85-2-H-0	1.690,68
1845	Extensão Cilindro da extração	2	Ø40x52	468,24
1850	Extrator	4	Ø6x315	34,57
1985	Placa da Guia da Placa de Extração	4	Ø70x12	21,45
2000	Caixa elétrica	1	09200160251	22,15
2020	Ficha elétrica	1	09200162612	12,46
2030	Micro interruptor	2	BNS 819-100 R-11	47,06
2031	Micro interruptor	6	ZCE 02	141,18
2032	Micro interruptor	6	ZCMD 21	141,18
2033	Micro interruptor	5	ZCM C21 L1	117,65
2034	Micro interruptor	1	ZCM C21 L2	23,53
Total				33.377,62