Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Patrícia Silva Almeida

NetMould

As Funções e Processos do Produto Molde

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia de Polímeros

Trabalho efetuado sob a orientação do(s)

António Manuel Cerqueira Gomes Brito

Julho de 2017

"É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota."

(Theodore Roosevelt)

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não teria sido possível sem a partilha de conhecimento, o apoio, o incentivo e o contributo, direto ou indireto, de várias pessoas.

Assim sendo, gostaria em primeiro lugar de prestar os meus agradecimentos à empresa Ernesto São Simão, Lda.:

Ao Eng. Manuel São Simão, CEO desta empresa e meu orientador, pela oportunidade concedida, que permitiu a realização deste projeto, após o seu nascimento, e pela confiança depositada em mim.

Ao Dr. Pedro São Simão, Sr. José Almeida e ao Eng. Valdemar Tinoco, pela contribuição fornecida e pelo conhecimento que me transmitiram.

Ao Eng. Ruben Freitas, Eng. Sérgio Freitas, Sr. André Costa, Sr. Pedro Diegues, Dr.ª Sara Campos, pelo apoio e disponibilidade prestada, e pelos seus ensinamentos, que foram bastante relevantes para a realização deste trabalho.

A todos os funcionários da ESS pelo seu acolhimento, conhecimento e apoio.

Ao Professor António Brito pelo seu acompanhamento e ajuda incondicional durante a elaboração da dissertação.

À Universidade do Minho pela formação educacional fornecida.

Aos meu pais e irmão, pelo amor incondicional e auxílio em momentos de aflição, que sempre me souberam apoiar e ajudar nas decisões mais difíceis, para além de terem sido um dos meus pilares e terem permitido que estes anos de estudo culminassem nesta dissertação.

Ao Fábio Azevedo, por me ter apoiado, acarinhado e incentivado em todos os momentos, ao longo deste percurso.

Aos meus amigos, André Lima, Juliana Azevedo, Marta Lima, Pedro Bogas e Rafaela Teixeira, que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram em cada momento.

A todos os meus familiares pelo carinho e força.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que este trabalho esteja agora concluído.

RESUMO

Ao longo dos anos, a industria plástica tem vindo a desenvolver-se exponencialmente. Devido a este facto, as organizações tendem a inovar tanto o seu processo de desenvolvimento como a conceção do produto final, permitindo que as empresas se tornem mais competitivas no mercado atual.

Desta forma, das variantes da técnica, a moldação por injeção foi a que mais se desenvolveu, dada à sua versatilidade, ao produzir peças de variadas dimensões, de vários graus de complexidade e robustas ou flexíveis.

O molde é um produto elaborado para gerar um produto final, sendo este um dispositivo imprescindível à moldação por injeção. No entanto, a produção de um molde contém um vasto número de passos, que o torna complexo.

Uma vez que a informação dos temas associados ao produto molde encontra-se dispersa, o projeto NetMould pretende reunir, atualizar e mapear conhecimento, atual e pertinente, sobre este, por forma a que o conhecimento seja reagrupado e facilmente compreensível abrangendo os principais aspetos funcionais e de processamento do molde.

Assim sendo, este projeto visa ter utilidade, ao permitir que todas as pessoas consigam ter acesso à informação pretendida, sobre o produto molde, a todos os temas que forem surgindo relativamente a este, e a originar debates de temas, que à posteriori não seriam abordados com tanta facilidade.

PALAVRAS-CHAVE

NetMould; Molde de injeção plástica; Funções; Processos; Conceção do molde.

ABSTRACT

NetMould project: Functions and Processes about Mold product

Over the years, the plastic industry has been increasing exponentially. Due to this fact, organizations tend to improve and innovate both their development process and the design of the end product, allowing companies to become more competitive in the current market

In this manner, the injection molding technique, was one of the variants of this sector that developed more, given its versatility, by producing pieces of several dimensions and degrees of complexity, and robust or flexible

Mold is a product made to generate an end product, which is a device essential to injection molding. However, the production of a mold contains a vast number of steps, which makes it complex.

Since the information of the themes associated to the mold product is dispersed, the NetMould project wants to gather, update and map knowledge, current and relevant, about it so that the knowledge is regrouped and easily understood, covering the main functional and processing aspects of the mold.

Therefore, this project aims to be useful, by allowing all people to have access to the information requested, about mold product, and all the issues that arise in relation to it, and to originate discussions of themes, which after the event would not be so easily addressed.

KEYWORDS

NetMould; Injection Mold; Functions; Processes; Mold design.

ÍNDICE

Agradecimentos v
Resumo vi
Abstract vii
Índice ix
Índice de Figuras xi
Índice de Tabelas xiv
Lista de Símbolos, Abreviaturas, Siglas e Acrónimos xv
1. Introdução 1
1.1 Enquadramento 1
1.2 Empresa – Ernesto São Simão 2
1.3 Objetivo 3
1.4 Estrutura 4
2. O Molde de injeção de plástico 5
3. As funções do molde 6
3.1 Enchimento – Sistema de Alimentação 6
3.2 Moldagem – Elementos Moldantes 12
3.3 Termodinâmica – Sistema de Controlo de Temperatura 13
3.4 Desmoldação – Sistema de extração da peça injetada 15
3.5 Guiamento e Travamento 16
3.6 Tribologia 18
3.7 Monitorização 18
4. Conceção do Molde 19
4.1.1 Projeto da peça 20
4.1.2 Projeto do molde 27
4.1.3 Boas práticas 31
4.1.4 Documentos 35
5. O conjunto de processos do Molde 38
5.1 Materiais 38
5.1.1 Polímero 38
5.1.2 Aço 39

5.1.3 Alumínios 42
5.1.4 Ligas de cobre 42
5.2 Planeamento 43
5.3 Estrutura e Acessórios 45
5.4 Manufatura 46
5.5 Qualidade e Ambiente 53
5.6 Segurança 54
5.7 Orçamento 55
6. Projeto NetMould 56
6.1 Como surgiu o projeto NetMould 56
6.2 O projeto NetMould 58
6.3 Principais diferenças entre os leitores: visitantes e inscritos 70
6.4 Projeto NetMould direcionado para o Futuro 71
Conclusão 74
Referências Bibliográficas 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Produção de plástico no Mundo.[2] 1
Figura 2 –Ernesto São Simão, Lda. [5] 2
Figura 3 - Molde de canais frios (azuis).[5] 7
Figura 4 - Demonstração do enchimento da peça no software quando o tempo de enchimento é de 0,866s (tempo final), comparando com a peça real retirada da injetora já completa.[5] 8
Figura 5 - Demonstração do enchimento da peça no software quando o tempo de enchimento é de 0,7938s, comparando com a peça real retirada da injetora antes de estar completa.[5] 8
Figura 6 - Demonstração do enchimento da peça no software quando o tempo de enchimento é de 0,9815s, comparando com a peça real retirada da injetora antes de estar completa.[5] 9
Figura 7 - Demonstração do enchimento da peça no software quando o tempo de enchimento é de 1,178s (tempo final), comparando com a peça real retirada da injetora já completa.[5] 9
Figura 8 – Ataques (vermelho). A) Ataque curvo; B) Ataque submarino.[5] 10
Figura 9 - Molde de canais quentes (vermelho).[5] 11
Figura 10 - Elementos moldantes (Bucha e Cavidade) e a respetiva peça (azul).[5] 12
Figura 11 - Transferência de calor no molde de injeção plástica.[5,12] 13
Figura 12 - Tempo de ciclo típico (esquerda) e Arrefecimento eficiente (direita).[16] 15
Figura 13 - Circuitos de refrigeração (azul).[5] 15
Figura 14 – Desmoldação por guias inclinadas.[5] 16
Figura 15 - Molde em corte a evidenciar o guiamento.[5] 17
Figura 16 – Travamento.[5] 17
Figura 17 - Conceção (design) do molde, desenho do molde final.[5] 19
Figura 18 - Ângulos de saída em peças plásticas.[18] 20
Figura 19 – Eliminação de contra-saídas para simplificação do molde.[18] 21
Figura 20 - Gráfico do Tempo de arrefecimento da peça vs Espessura da parede da peça.[18] 22
Figura 21 - Alterações da geometria para manter a espessura constante.[18] 22
Figura 22 - Alterações à peça: cantos e transições de espessura.[18] 23
Figura 23 - Alterações à peça, acréscimo de "Direcionadores de fluxo" ou "limitadores de fluxo", de modo a evitar defeitos.[18] 24
Figura 24 - Chupado devido a nervura demasiado espessa.[18] 25

Figura 25 - Diretrizes para o design de nervuras.[18] 26
Figura 26 - Típico design de um apoio de acessório e montagem.[18] 26
Figura 27 - Conexão do apoio de acessórios e montagem à parede da peça.[18] 27
Figura 28 - Elemento moldante.[5] 28
Figura 29 - Elemento moldante com canais frios.[5] 29
Figura 30 - Demonstração de um sistema de arrefecimento.[5] 30
Figura 31 - Estrutura e Acessórios do molde.[4] 30
Figura 32 – Desmoldação realizada por extratores.[4] 31
Figura 33 - Grânulos de polímeros, de diferentes cores. 38
Figura 34 – Representação esquemática da comparação entre o nível de produção e o preço final do molde, relativamente à escolha do aço. 39
Figura 35 - Exemplo de tratamentos no aço. A) Projeção de microesferas, B) Tempera.[26] 41
Figura 36 - Exemplos de componentes de Ligas de Cobre utilizadas nos moldes.[27] 42
Figura 37 - Digrama de Gantt.[5] 43
Figura 38 - Rede de Precedências. 44
Figura 39 - Molde em expansão com a respetiva estrutura e acessórios.[5] 45
Figura 40 - EDM por Fio, Corte de um Extrator Lâmina.[5] 46
Figura 41 - EDM por Penetração, execução de umas ranhuras no elemento moldante.5 47
Figura 42 - Elétrodos, de grafite e cobre, à esquerda e direita, respetivamente.[5] 47
Figura 43 - Maquinação CNC (5 eixos) de um elétrodo em cobre.[5] 48
Figura 44 - Maquinação Convencional, A) Furadora; B) Pantógrafo.[5] 49
Figura 45 - Oficina.[5] 50
Figura 46 - Outras tecnologias: A) Hobbing; B) Impressão 3D 51
Figura 47 - Marcação, identificação do furo, M8.[5] 52
Figura 48 - Ciclo de moldação. 53
Figura 49 - Datadores. 54
Figura 50 - Exemplificação da primeira ideia. 56
Figura 51 - Página inicial da plataforma. 59
Figura 52 - Página com principais tópicos sobre o molde de injeção plástica. 60
Figura 53 – Exemplificação do manuseamento da plataforma. 61
Figura 54 - Exemplificação do manuseamento da plataforma. 62
Figura 55 - Exemplificação do manuseamento da plataforma. 63
Figura 56 - Exemplificação do manuseamento da plataforma. 64
Figura 57 - Página inicial da plataforma, com destaque para a localização das notícias. 65

Figura 58 - Exemplificação do manuseamento da plataforma para conteúdo em Inglês. 66
Figura 59 - Esquematização do funcionamento do "armazém" de informação. 67
Figura 60 – Exemplo de uma página com informação dos balancés e respetiva publicidade. 68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Espessura da nervura como percentagem da espessura da parede-base.[18] 26
Tabela 2 - Contração de moldação de alguns termoplásticos.[18] 27
Tabela 3 - Designação dos aços segundo AISI e as suas especificações.[24] 39
Tabela 4 - Aplicações dos Aços enumerados.[24] 40
Tabela 5 - Tarefas a desempenhar com respetivas precedências e duração. 44
Tabela 6 - Benefícios do público visitante e inscrito 70

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ESS	Ernesto São Simão
Lda.	Limitada
ISO	*Interntional Organization for Stanardization*
PME	Pequenas e Médias Empresas
CAE	*Computer Aided Engineering*
CO_2	Dióxido de Carbono
CAD	*Computer Aided Design*
CAM	*Computer Aided Manufacturing*
%	Percentagem
°C	Grau Celsius
AISI	*American Iron and Steel Institute*
MPa	Mega Pascal
C	Carbono
Si	Silício
Mn	Manganês
Cr	Crómio
Mo	Molibdênio
V	Vanádio
Ni	Níquel
S	Enxofre
PET	Polietileno Tereftalato
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinilo
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
EDM	*Electrical Discharge Machine*
CNC	Controlo numérico computorizado
OSI	*Open Sourse Initiative*
PDM	*Product Data Management*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

"As elevadíssimas taxas de crescimento registadas no consumo de plásticos e borracha como materiais de produção, são testemunho do sucesso global desta indústria. Entre 1950 e 2015, estas taxas aumentaram, em média, 8,5% por ano. (...) Os efeitos da crescente prosperidade podem ser observados, em muitos mercados na área do plástico, liderado pelas embalagens para alimentos e bens de consumo, ..." [1]

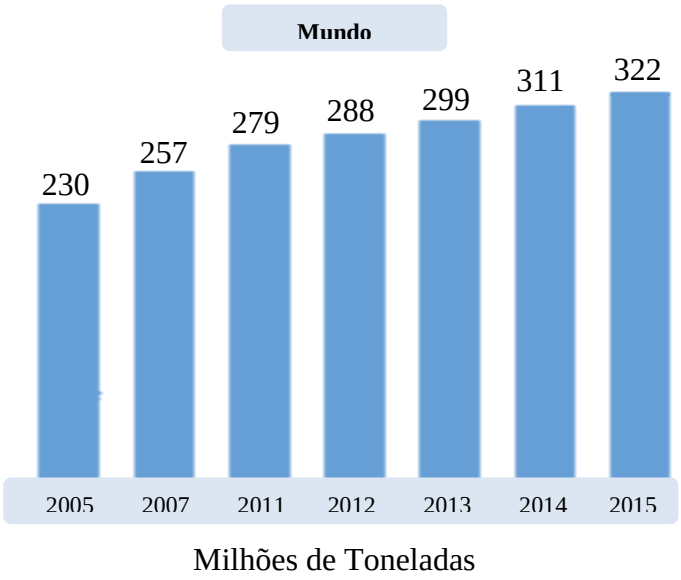


Figura 1- Produção de plástico no Mundo.[2]

Devido a este facto, as organizações visam melhorar/inovar tanto o seu processo de desenvolvimento como a conceção do produto final, permitindo que as empresas se tornem mais competitivas no mercado atual, uma vez que estas estão associadas à necessidade de oferecer soluções de projeto integradas em ciclos de conceção e desenvolvimento global.[3]

Assim, as empresas desenvolveram várias técnicas de processamento de polímeros, por forma a satisfazerem as suas necessidades e dos clientes, sendo que a mais utilizada nos dias de hoje é a moldação por injeção.

A moldação por injeção é uma técnica versátil, uma vez que consegue produzir peças de variadas dimensões, de vários graus de complexidade e robustas ou flexíveis.[4]

O molde é a ferramenta mais importante desta técnica, sendo o setor onde existe mais competitividade entre as organizações. Este produto é complexo e contém um conjunto de funções que são determinantes para produto final a ser obtido.[4]

1.2 Empresa – Ernesto São Simão

A Ernesto São Simão Lda., foi fundada em 1947 e é uma empresa dedicada à produção de moldes, mecânica de precisão e injeção de plástico, para diferentes sectores, e orientada para o mercado global.[5]

O projeto iniciado pelo jovem Ernesto São Simão, há 70 anos atrás, ainda hoje é utilizado na empresa, tendo em vista a sua orientação para a inovação e tecnologia, com uma forte vocação internacional.[5]

A equipa da ESS foi acumulando experiência e conhecimento, transmitindo-o ao longo das gerações e, combinando-o com uma visão orientada para a inovação, criou uma das principais características distintivas da nossa empresa – experiência e inovação.[5]

Figura 2 –Ernesto São Simão, Lda. [5]

"Só sobrevivemos se soubermos acompanhar a evolução",
de Ernesto São Simão.

A ESS é uma empresa certificada pelas Normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015.

Na ESS há um grande compromisso com a qualidade dos produtos e serviços que apresentam aos clientes. Esta organização apostou na certificação pela Norma ISO 9001 desde o ano 2001, por forma a demonstrar garantias aos seus clientes.[5]

A sustentabilidade é um dos valores principais da ESS. Nesse sentido, esta entidade procura adotar as melhores práticas ambientais, com vista a minimizar o impacto negativo sobre o meio envolvente e por este motivo a certificação da Norma ISO 14001 iniciou-se em 2004.

Relativamente à orientação para o mercado global, a exportações da ESS correspondem a mais de 60% do seu negócio, estando especialmente orientadas para o mercado Europeu, da América Latina e do Norte de África.[5]

A ESS trabalha com um grande número de indústrias, tais como a indústria automóvel, elétrica, alimentar, entre outras, e os seus clientes incluem desde PME's a grandes empresas multinacionais.[5]

1.3 Objetivo

Este projeto pretende reunir, atualizar e mapear conhecimento, atual e pertinente, sobre o produto molde, por forma a que o conhecimento, que se encontra disperso, seja reagrupado e facilmente compreensível abrangendo os principais aspetos funcionais e de processamento do molde.

Assim, esta plataforma interativa tem uma vertente *open-source* e pode ser utilizada como uma ferramenta pedagógica, onde os professores e alunos podem usufruir da mesma, e como um local de apoio técnico, pois pode ser utilizada por projetistas, fabricantes, entre outros setores associados a esta industria.

Desta forma, os seus objetivos são:

- Reunir, ordenar e manter atualizado "todo" o conhecimento disperso sobre moldes, apenas num local;
- Captar o contributo técnico do público, através de informação relevante, que possa ser adicionada à plataforma;
- Definir e promover as boas práticas na conceção/design e utilização de moldes de injeção no processo de Inovação;
- Facilitar o acesso público a uma plataforma útil de conhecimento;
- Promover a Comunidade NetMould como um local interativo de referência de partilha de conhecimento sobre tecnologia de moldes e a sua utilização para criar valor, após esta se desenvolver;
- Manter a informação em permanente atualização.

1.4 Estrutura

Esta dissertação vai estar dividida, em três fases, sendo estas uma pequena introdução aos moldes de injeção, ao estado da arte e a descrição do projeto NetMould.

Relativamente à primeira fase, será abordado o tópico da moldação por injeção, resumidamente, devido ao facto dos moldes serem uma ferramenta necessária para este processo. Assim, os moldes são os alicerces que permitem que se obtenha os produtos finais pretendidos.

No entanto, o estado da arte vai acompanhar a estrutura definida para a agregação dos conteúdos no projeto NetMould, e é composta por quatro fases, sendo estas as seguintes:

- **As funções do molde:** nesta fase será explicado como o molde opera;
  - Enchimento;
  - Moldação;
  - Eficiência Térmica;
  - Desmoldação;
  - Guiamento e Travamento;
  - Tribologia;
  - Monitorização.

- **O resultado de processos:** nesta etapa clarifica-se como se obtém o produto molde;
  - Materiais;
  - Planeamento;
  - Estrutura e Acessórios;
  - Manufatura;
  - Qualidade e ambiente;
  - Segurança;
  - Orçamento.

- **Conceção:** nesta etapa será explicado como o molde é desenvolvido relativamente a design.

- **Outros:** nesta fase clarifica-se assuntos que se acham pertinentes, associados ao produto molde.

Desta forma, na etapa do projeto NetMould será desenvolvida a informação relativa a como este projeto se iniciou, o que é este projeto e que perspetivas se espera obter no futuro.

2. O MOLDE DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO

A moldação por injeção é um processo de moldação que teve um grande impulso no século XX, devido à criação da máquina hidráulica, da máquina de parafuso alternativo e da máquina elétrica.[6]

Atualmente, a moldação por injeção é bastante utilizada, pois tem bastante importância nos grandes mercados de consumidores, por exemplo, embalagens, automóvel, entre outros, uma vez que as requisições de peças feitas em plástico estão a modificar os mercados pela sua procura. Isto é devido às características que estas possuem, pois podem substituir peças em metal.[6]

O processo de moldação por injeção obedece a uma típica sequencia de eventos, sendo estes:[6]

- Aquecimento e homogeneização;
- Enformação;
- Arrefecimento.

A construção de moldes está associada ao processo de moldação por injeção, sendo que o grau de sofisticação e de conceção está dependente dos aspetos económicos e tecnológicos. No entanto, o número de peças a produzir, as especificações atribuídas para as mesmas e a capacidade que a injetora terá de ter para que o molde possa trabalhar, também são aspetos que estão associados à sua construção.[6,7]

Desta forma, os moldes são a ferramenta mais importante deste processo, uma vez que são estes que irão permitir que o produto final ganhe a forma desejada.

No entanto, esta ferramenta também pode ser vista como um produto, que posteriormente será utilizado e que tem que responder aos requisitos pretendidos pelo cliente.[7]

Os moldes são dispositivos que permitem a enformação de peças em plástico através de máquinas de injeção, e estes podem adquirir variadas dimensões, serem de vários gêneros e ainda ter diferentes graus de complexidade.[7]

3. AS FUNÇÕES DO MOLDE

3.1 Enchimento – Sistema de Alimentação

O sistema de injeção do molde tem como principal função permitir que o material fundido se desloque até aos elementos moldantes.

O enchimento pode ser feito através de dois géneros de canais, os frios ou os quentes. Note-se que o canal quente tem como vantagem o facto de não ter desperdício de material, no sistema de alimentação.

O sucesso no processo de injeção de termoplásticos está diretamente conectado ao conhecimento do fluxo do material fundido nos canais do molde.

Desta forma, os pontos de injeção devem ser colocados da forma mais conveniente, uma vez que deve fornecer as melhores condições de fluxo. Relativamente à peça, a marca por eles deixada não deve afetar a eficiência e a estética do produto.

Relativamente aos canais frios, o percurso do material plástico desloca-se desde a máquina de injeção até zona moldante do molde é, por norma, composto por vários canais, sendo estes o canal de injeção da bucha, os canais de distribuição e os pontos de injeção na cavidade.[8]

Os canais de distribuição transferem o material desde o bico até às entradas das cavidades, no entanto, os canais com pequenas secções transversais necessitam de elevadas pressões de injeção e levam mais tempo para preencher as cavidades. Por outro lado, os canais maiores permitem um melhor acabamento nas peças injetadas e minimizam linhas de união de material e tensões internas. Contudo, canais excessivamente grandes podem causar problemas devido aos seguintes fatores:[8]

- A solidificação dos canais é mais demorada e, deste modo, prolonga o ciclo de injeção;
- O peso dos canais é maior, diminuindo a capacidade útil da máquina e de plasticização;
- Canais largos produzem mais rebarbas que, posteriormente, devem ser moídas e reprocessadas, o que aumenta o custo e a possibilidade de contaminação;

- Em moldes de duas placas com mais de oito cavidades, a área projetada do sistema aumenta significativamente as dimensões projetadas das cavidades, o que reduz a força de fecho efetiva.

O material fundido entra no molde pelo jito, seguidamente passa para os canais de alimentação primários e secundários, no caso de haver mais do que uma cavidade, e por fim este material entra na zona moldante através dos ataques.[9]

Um aspeto muito importante que se deve ter em consideração neste género de canais é o seu balanceamento, uma vez que nem sempre as peças têm as mesmas dimensões.[9]

Desta forma, ter um sistema equilibrado permite que as peças tenham um enchimento uniforme, ao evitar que o tempo de enchimento de cada cavidade seja diferente e origine peças com diferentes compactações. Ou seja, quando uma das cavidades já se encontra preenchida, fica a compactar durante o resto do tempo de enchimento da outra, provocando assim diferentes contrações que conduzem a variações dimensionais.[9]

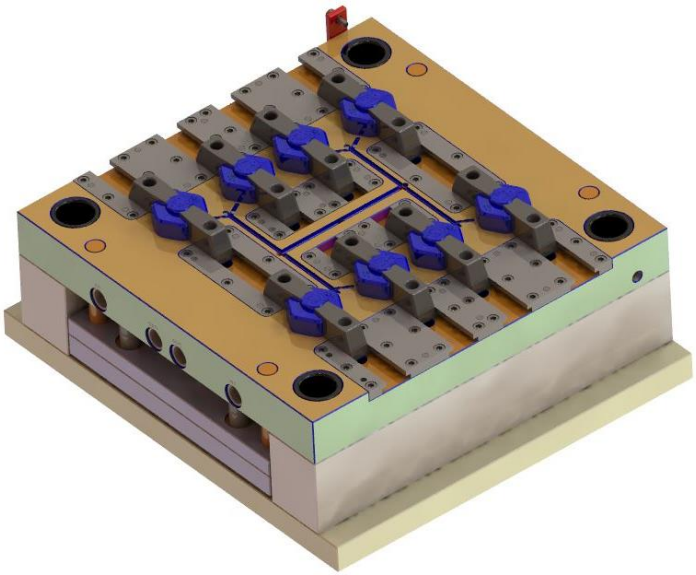


Figura 3 - Molde de canais frios (azuis).[5]

O balanceamento pode ser obtido através da variação do diâmetro de cada canal alimentador/ataque. No entanto, os efeitos destas variações podem ser simulados através da utilização de softwares de previsão de enchimento, ou seja, através de softwares CAE.[9]

Relativamente ao balanceamento dos layouts, deve-se ter em consideração dois casos, sendo estes de:

a) Cavidades diferentes:

As figuras 13 e 14 que se seguem, irão demonstrar a utilização de um layout equilibrado de uma peça já existente com a comparação da simulação efetuada no software Autodesk MoldFlow. Neste caso, o layout foi pensado de forma a garantir o enchimento uniforme das duas peças que contêm um design diferente, sendo o molde constituído por duas cavidades.

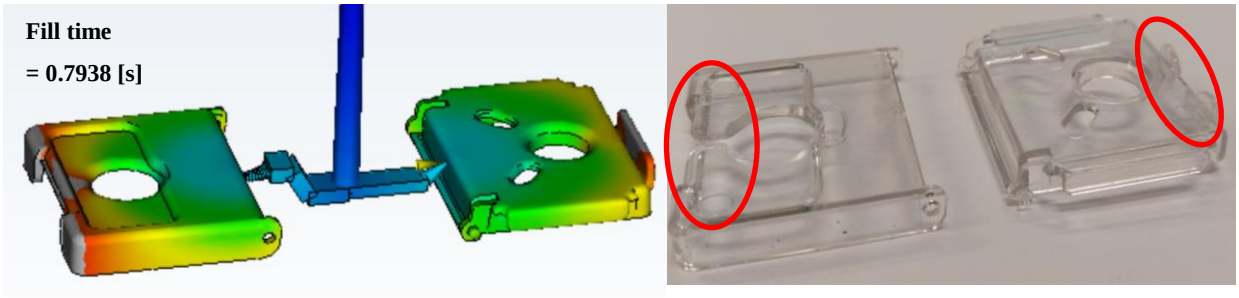


Figura 5 - Demonstração do enchimento da peça no software quando o tempo de enchimento é de 0,7938s, comparando com a peça real retirada da injetora antes de estar completa.[5]

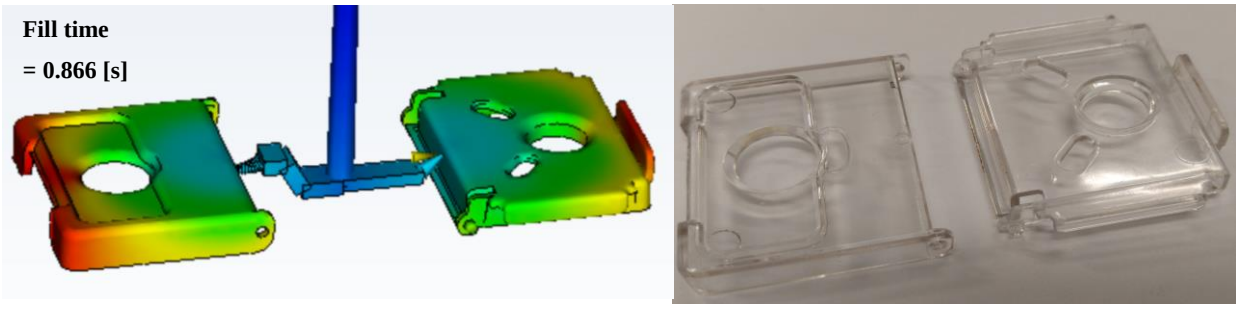


Figura 4 - Demonstração do enchimento da peça no software quando o tempo de enchimento é de 0,866s (tempo final), comparando com a peça real retirada da injetora já completa.[5]

b) Várias cavidades iguais:

As figuras 15 e 16 que se seguem, irão demonstrar a utilização de um layout equilibrado de uma peça já existente com a comparação da simulação efetuada no software Autodesk MoldFlow. Neste caso, as peças terão todas o mesmo design, sendo o molde constituído por oito cavidades. No entanto, com o elevado número de cavidades é necessário ter em conta um layout capaz de garantir a uniformidade do enchimento das peças.

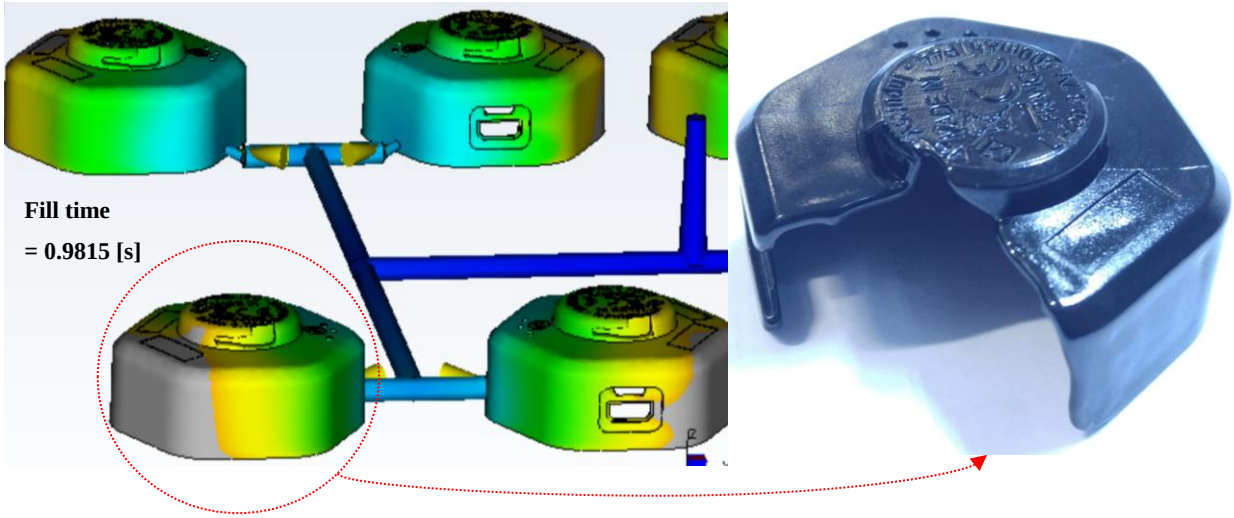


Figura 6 - Demonstração do enchimento da peça no software quando o tempo de enchimento é de 0,9815s, comparando com a peça real retirada da injetora antes de estar completa.[5]

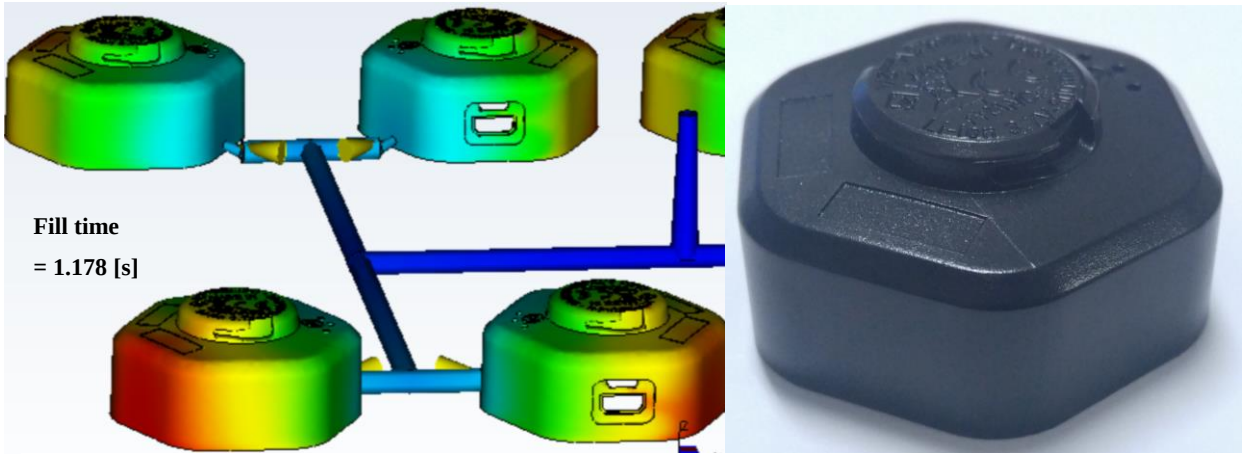


Figura 7 - Demonstração do enchimento da peça no software quando o tempo de enchimento é de 1,178s (tempo final), comparando com a peça real retirada da injetora já completa.[5]

Relativamente aos casos observados, (a) e (b), é possível verificar que a simulação efetuada é muito idêntica ao que se sucede na realidade, permitindo uma confiabilidade neste software.

Este software tem como vantagens a otimização do ciclo de produção e melhoria da qualidade do produto, uma vez que é possível detetar possíveis erros nesta fase.

Desta forma, o software CAE é uma ferramenta de muita utilidade neste campo, uma vez que permite que a organização se torne mais competitiva nos mercados ao poupar tempo na produção do molde, que por consequência diminui os custos associados ao mesmo.

O ataque, ou ponto de injeção, é um dos pontos mais importantes dos canais frios, uma vez que é nesta fase que se controla a velocidade com que o material fundido entra na zona moldante.[10]

No entanto, existem problemas que poderão surgir ao longo do processo derivados a esta fase podem ser evitados/eliminados se o género de ponto na entrada for bem definido. Isto irá depender dos seguintes fatores:[10]

- Desenho da peça e dimensão desta;
- Fluxo do material;
- Requerimentos da peça;
- Natureza do polímero;
- Se contém fibra de vidro;
- Se evitam o aprisionamento de gases;
- Se são colocados das paredes mais robustas para as mais finas;
- Se são colocados em zonas de pouca solicitação mecânica;
- Se evitam as linhas de soldadura e/ou marcas;
- Se contém um poço frio ao lado do canal, sendo este obrigatório.

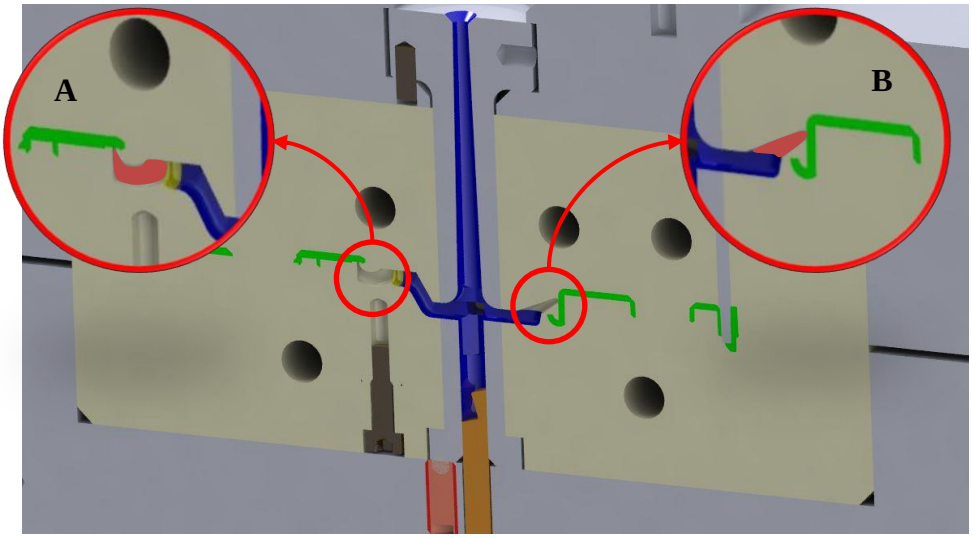


Figura 8 – Ataques (vermelho). A) Ataque curvo; B) Ataque submarino.[5]

Por outro lado, no sistema de alimentação de canais quentes são utilizados canais e bicos para o escoamento do plástico à temperatura de processamento, controlados termicamente por um controlador e termopares. Neste caso, o plástico no estado de fundido entra no molde (zona moldante) à temperatura de processamento e o percurso do material fundido desde a máquina de injeção até à zona moldante é o seguinte:[9]

- Bico da máquina de injeção;
- Injetor principal;
- Carburador/distribuidor;
- Bicos de injeção.

Desta forma, os componentes que mantêm o material no estado de fundido durante todo o tempo de funcionamento do molde, são o distribuidor e os bicos, uma vez que possuem resistências elétricas.[9]

Este sistema de alimentação tem várias vantagens quando comparado ao sistema de alimentação de canais frios, sendo estas a ausência de desperdício de material plástico processado, devido ao facto da moldação não ter canais nem gito, o tempo de ciclo da moldação ser reduzido, o facto de permitir o processamento de peças complexas e minimizar as marcas de injeção.[9]

No entanto, este tipo de sistema não é aconselhável para ser utilizado com materiais termodegradáveis e/ou com materiais com adicionamento de retardante de chamas.[9]

Este sistema de alimentação pode injetar material para a zona de duas formas, sendo estas através de um bico quente ou através de um bico valvulado.

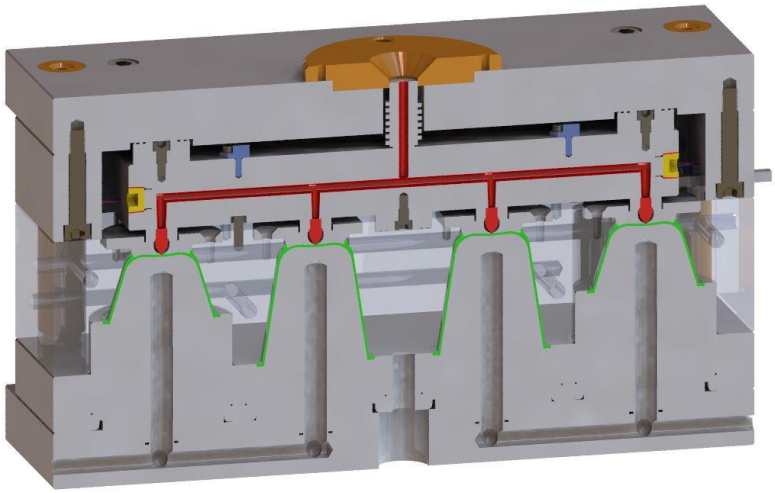


Figura 9 - Molde de canais quentes (vermelho).[5]

3.2 Moldagem – Elementos Moldantes

A zona de moldação é definida pelo espaço vazio obtido através da combinação entre os elementos moldantes, tais como a cavidade, bucha, postiços, entre outros, que permitem a criação de um volume que é preenchido pelo material fundido durante a injeção.[11]

Estes elementos são criados a partir de um bloco dividido na junção da peça com as superfícies de partição, dando origem à cavidade e bucha.

Desta forma, a cavidade é a zona visível da peça e que apresenta menos restrições à extração da peça, pertencendo habitualmente ao lado fixo do molde. Relativamente à bucha, esta pertence ao lado móvel do molde e tem mais restrições à extração da peça. Os elementos moldantes devem ser suficientemente grandes para permitir:[11]

- Moldar a peça pretendida;
- Suportar as forças resultantes da pressão de injeção;
- Conter o sistema de injeção;
- Conter os circuitos de arrefecimento (sistema de controlo de temperatura);
- Extratores (sistema de extração);
- Parafusos de fixação entre outros.

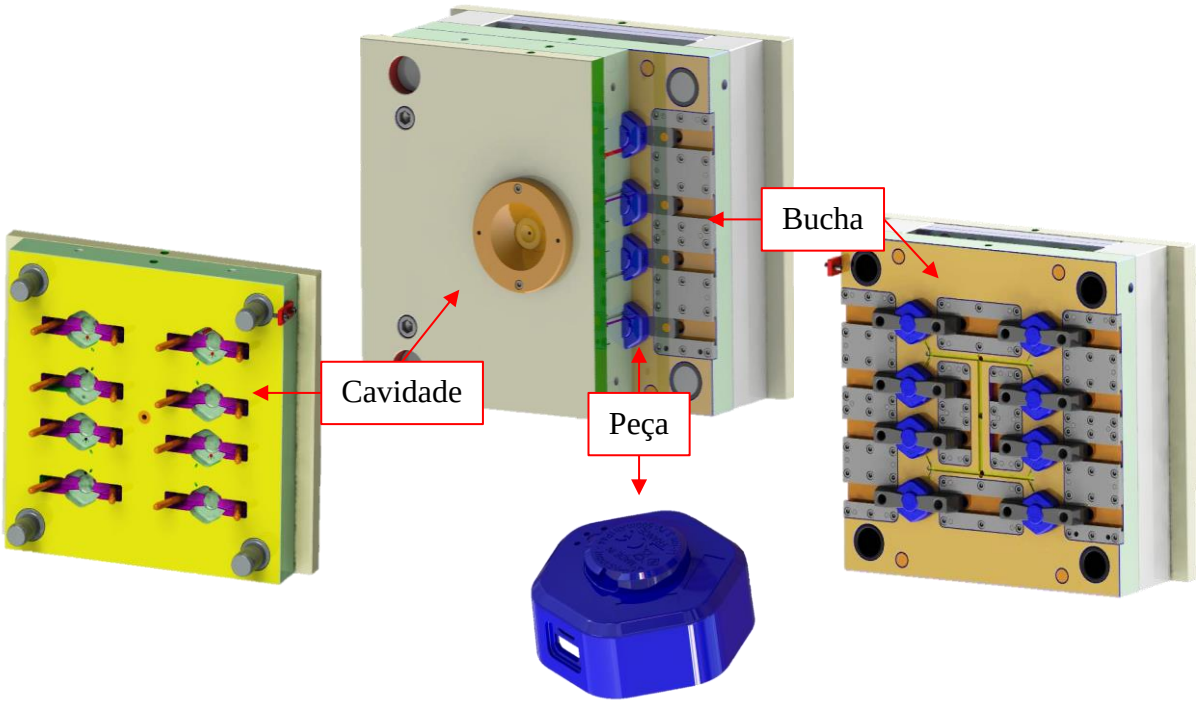
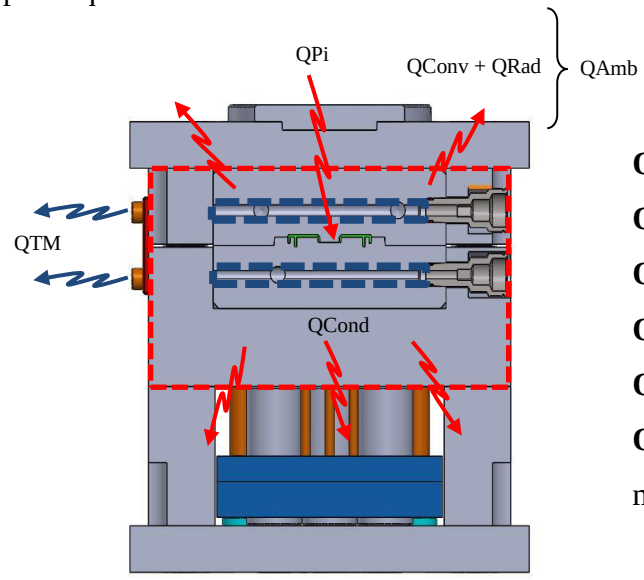


Figura 10 - Elementos moldantes (Bucha e Cavidade) e a respetiva peça (azul).[5]

3.3 Termodinâmica – Sistema de Controlo de Temperatura

O sistema de controlo de temperatura tem a responsabilidade de garantir que a temperatura no molde é uniforme e que o arrefecimento do termoplástico até à temperatura de extração é homogéneo. No entanto, em alguns casos este sistema também pode ser utilizado para aquecer o molde.[12]



QPi – Calor transmitido pelo fundido;
QAmb – Calor transferido para o ambiente;
QCond – Calor transferido por condução;
QConv – Calor transferido por convecção;
QRad – Calor transferido por radiação;
QTM – Quantidade de calor transferido pelo meio refrigerante.

Figura 11 - Transferência de calor no molde de injeção plástica.[5,12]

No processo de moldagem por injeção, verificam-se três formas distintas de transferência de calor do material fundido para as placas do molde e desta para o meio ambiente, sendo estas:[13]

- **Convecção (Qconv) -** A convecção pode se dar de duas formas, sendo a primeira através da convecção natural na superfície do molde com o ambiente que o circunda (QAmb) que ocorre durante todo o processo de injeção e a segunda é através da convecção forçada, que se desencadeia quando se bombeia o fluido refrigerante pelos canais de refrigeração (QTM) ou mesmo, por resfriamento através do sopro de ar no molde aberto;
- **Condução (Qcond) -** ocorre na transmissão do calor do polímero fundido, através dos componentes do molde, sendo conduzido, também, até aos canais de refrigeração;
- **Radiação (Qrad) -** O calor transferido por radiação ocorre do molde para o ambiente que o circunda (QAmb).

Para que o sistema de refrigeração do molde de injeção seja eficiente na troca de calor entre a massa injetada e as placas que compõem o molde, há a necessidade de se optar por uma refrigeração forçada (convecção forçada), ou seja, é fundamental que se tenha a circulação de um meio refrigerante como a água, o óleo ou mesmo gás pelo interior do molde, através de um circuito fechado.[13]

Na grande maioria dos moldes o controlo de temperatura é feito através dos seguintes fluidos:[12]

- **Água** – Fluido mais utilizado no arrefecimento dos moldes. Tem vantagens de disponibilidade na natureza, ser reciclável, custo relativamente baixo, baixa viscosidade e ser suscetível a tratamentos para melhoria das propriedades físicas do fluido. Água gelada, Metanol + CO2 e Gás (CO2 + Azoto) usam-se quando existe um sobreaquecimento do molde.

- **Óleo e resistências elétricas** – necessidade de o molde permanecer a uma temperatura superior a 80ºC (policarbonato). O óleo circula pelo mesmo circuito utilizado pela água. Aquando do uso de resistências, torna-se necessário criar alojamentos para as mesmas.

- **Ar** – utilizado aquando da impossibilidade de arrefecimento com água ou quando se pretende um arrefecimento lento.

Em alguns casos podem ser utilizadas resistências elétricas ou utilizadas fontes externas de calor, nomeadamente em sistemas de aquecimento e arrefecimento rápido.[11]

Este sistema é a etapa mais demorada no processo de moldação por injeção, sendo mais de dois terços do tempo total de ciclo na produção de uma peça termoplástica injetada. Desta forma, um circuito de arrefecimento eficiente reduz o tempo de ciclo, o que se traduz num aumento da produtividade. Assim, um arrefecimento uniforme melhora a qualidade da peça, reduzindo as tensões internas e promovendo uma melhor estabilidade dimensional.[14]

O sistema de controlo de temperatura deve ser maquinado quer na zona da cavidade, quer na zona da bucha, pois, desta forma, é possível controlar a temperatura das duas metades do molde, uma vez que poderá ser necessário que estas tenham temperaturas diferentes.[15]

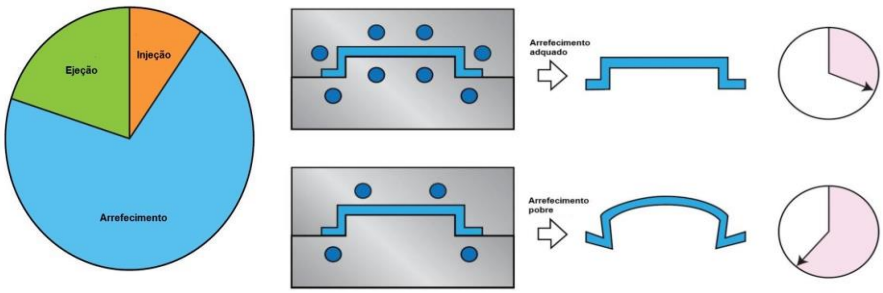


Figura 12 - Tempo de ciclo típico (esquerda) e Arrefecimento eficiente (direita).[16]

Os circuitos de refrigeração são formados por furos maquinados nas placas moldantes, que permitem a passagem de um fluido refrigerante. Estes furos são unidos entre si, formando circuitos. A distâncias entre estes na zona moldante tem que permitam uma boa e uniforme dissipação de calor, por forma a minimizar empenos e ter tempos ciclo de moldação reduzidos.

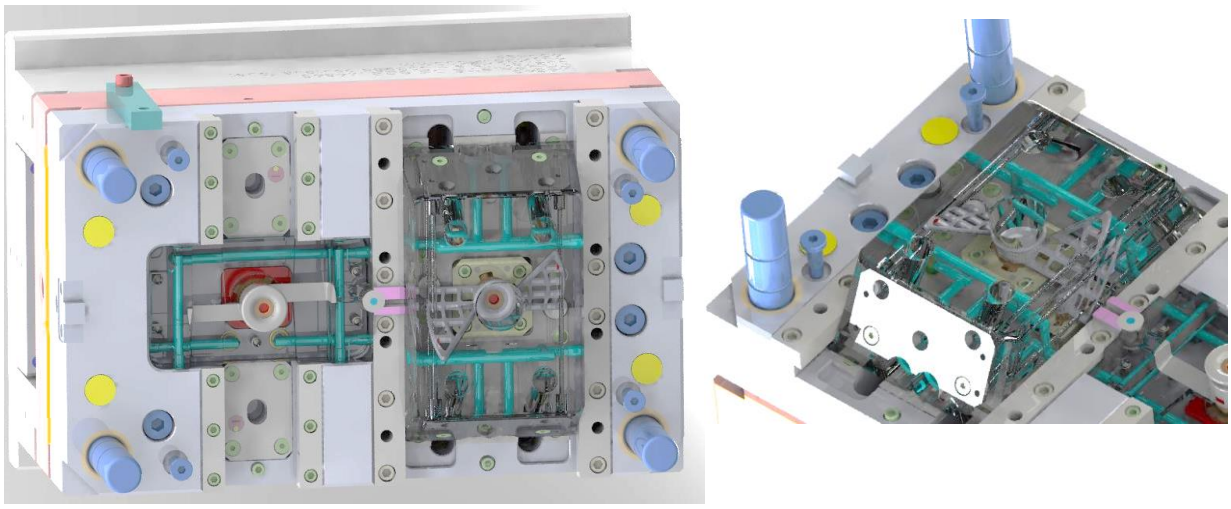


Figura 13 - Circuitos de refrigeração (azul).[5]

3.4 Desmoldação – Sistema de extração da peça injetada

A desmoldação é a técnica responsável pela extração da peça do elemento moldante após o seu arrefecimento. Desta forma, este deve ser pensado numa fase inicial do projeto e definido com base certos aspetos, sendo estes:[15]

- Ângulos de saída;
- Questões estéticas;
- Necessidade de movimentos para extração de detalhes negativos;
- Aplicação de elementos adicionais à extração, como cilindros hidráulicos
- Outros sistemas complexos.

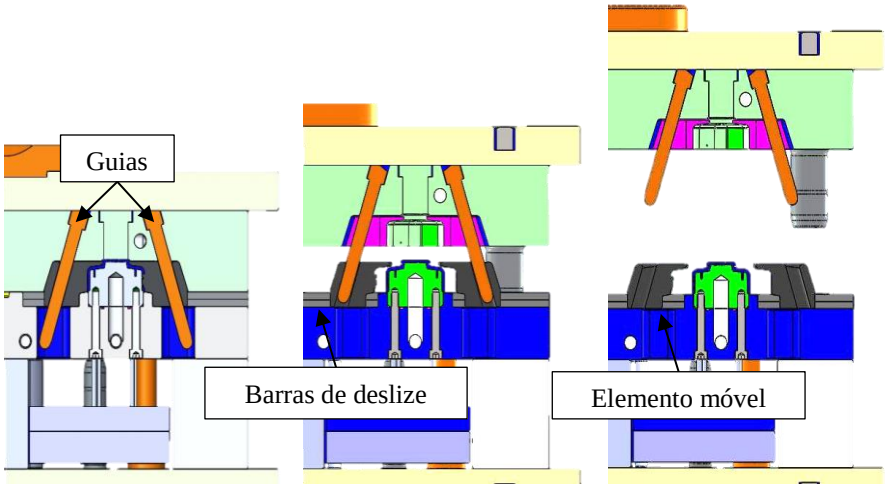


Figura 14 – Desmoldação por guias inclinadas.[5]

Normalmente, na desmoldação utiliza um sistema de extração, que é construído na parte móvel do molde e acionado por um cilindro hidráulico da máquina injetora, ligado à placa extratora através de um veio roscado.[15]

No entanto, nem sempre a forma como a peça é extraída resulta de um sistema convencional, ou seja, pela parte móvel do molde.

Assim sendo, existem diversos elementos que podem extrair o produto, e a sua escolha depende essencialmente de questões estéticas e económicas.[15]

3.5 Guiamento e Travamento

O guiamento é responsável por garantir o correto alinhamento do molde, conferindo-lhe uma elevada fiabilidade durante a produção de peças plásticas. Desta forma, é possível dividir este em dois subsistemas de guiamento, sendo o guiamento entre o molde e a máquina de injeção e o guiamento interno do molde.[6]

- O guiamento entre o molde e a máquina de injeção é feito com a utilização de anéis de centragem nas placas de aperto do molde aos pratos da máquina de injeção, usando-se entre os componentes de guiamento tolerâncias de deslize.[17]

- Os sistemas de guiamento interno do molde são tipicamente feitos devido às guias (cinza/verde) e casquilhos (rosa) normalizados aplicados nas várias placas do molde.

Entre o componente e a placa utilizam-se tolerâncias de aperto, e entre as guias e casquilhos tolerâncias de deslize. O guiamento interno do molde divide-se em:[17]

- Guiamento principal, situado entre a parte fixa e móvel;
- Guiamento do sistema de extração;
- Centramento entre as várias placas do molde.

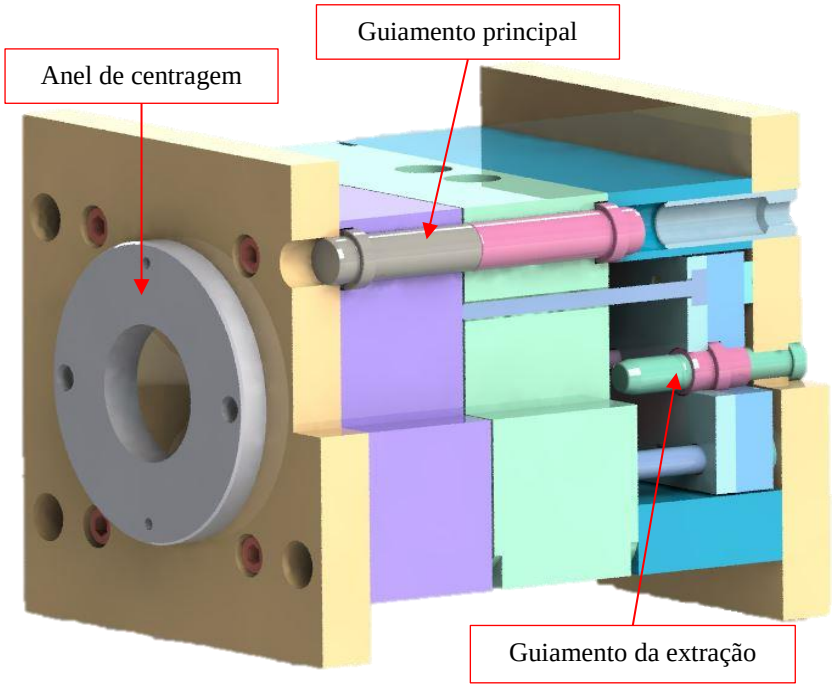


Figura 15 - Molde em corte a evidenciar o guiamento.[5]

Assim, este encaixe evita a criação de defeitos nas faces de ajuste/vedação do molde, que causariam defeitos na peça plástica. Relativamente ao travamento, ou blocos de travamento, estes componentes procuram garantir que o molde não se deforme, quando sujeito a pressões de injeção e visam assegurar o correto alinhamento dos vários componentes.[6]

Estes componentes contêm tolerâncias rigorosas, que visam um centramento mais preciso.

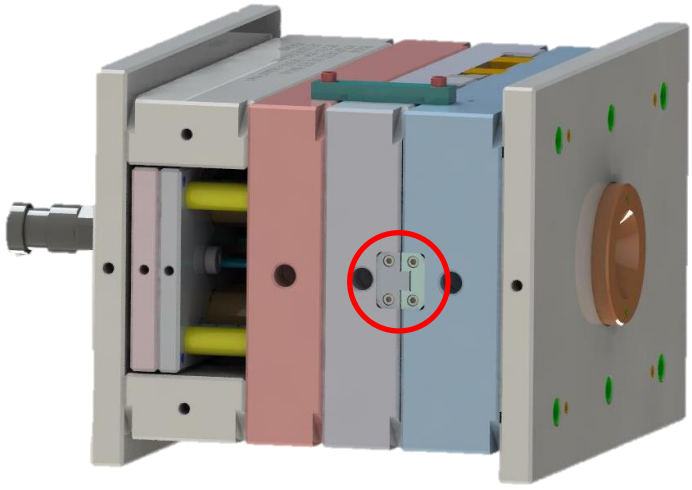


Figura 16 – Travamento.[5]

3.6 Tribologia

A tribologia nos moldes é a engenharia de superfícies em contacto: movimentos guiados, ajustamentos mecânicos e ajustamentos de vedação. Esta inclui o estudo e aplicação de princípios de fricção, atrito, lubrificação e desgaste.[5]

Relativamente aos ajustamentos de vedação, característicos dos moldes, há que ter em conta a tensão de contacto, uma vez que:[5]

- Se for demasiado elevada, pode danificar a superfície de vedação.
- Se for demasiado fraca, pode não cumprir a desejada função de vedação e dar origem a rebarbas.

3.7 Monitorização

A monitorização é, neste portal, entendida como recolha e controle de dados ou parâmetros importantes para análise e controle do processo.

A monitorização do processo de injeção é efetuada na máquina de injeção, nos dispositivos periféricos (incluindo robots) e no próprio molde, tais como transdutores de pressão, sensores de posição, células fotoeléctricas, termómetros, cronómetros, contadores, sistemas de pesagem, caudalímetros, viscosímetros, são exemplos de dispositivos de monitorização.

A monitorização do processo é necessária para o controle de qualidade, registos e para a otimização do mesmo.

A otimização do processo passa também por uma boa harmonização das interfaces molde/máquina/periféricos.

Em situações de maior exigência recorre-se por vezes a análise e controle estatístico do processo (SPC).

Na evolução para a indústria 4.0 é de prever a possibilidade de ligação wireless a sistemas remotos de controle, sendo ainda pouco utilizada.

4. CONCEÇÃO DO MOLDE

A conceção (ou *design*, segundo a nova nomenclatura ISO) do molde é essencialmente um processo criativo de otimização. Tem como objetivo definir um molde que seja o mais eficiente possível, na medida em que reduza os desperdícios de material e os tempos de ciclo no processo de injeção segundo os mais recentes desenvolvimentos do "estado da arte". No entanto, deve assegurar que este será fiável e que a qualidade do produto final é sempre assegurada.[5]

Na conceção, deve-se inicialmente elaborar um planeamento, procurando abranger todos os aspetos relevantes desta fase. O trabalho a executar deve ser efetuado preferencialmente em equipa, procurando adotar as "melhores práticas", por forma que o produto resultante cumpra os requisitos previamente definidos e atinja ou supere mesmo as expectativas desejadas.

Destacam-se dois aspetos no processo de Conceção ou Design: a peça e o molde.

No entanto, na fase da conceção é importante ter em consideração a utilização do software CAD, CAM, de simulação e de prototipagem rápida (CAE). Estes softwares permitem que o Projecto se desenvolva com maior eficiência, na medida em que auxilia/simula o que é pretendido e evita perdas de tempo.

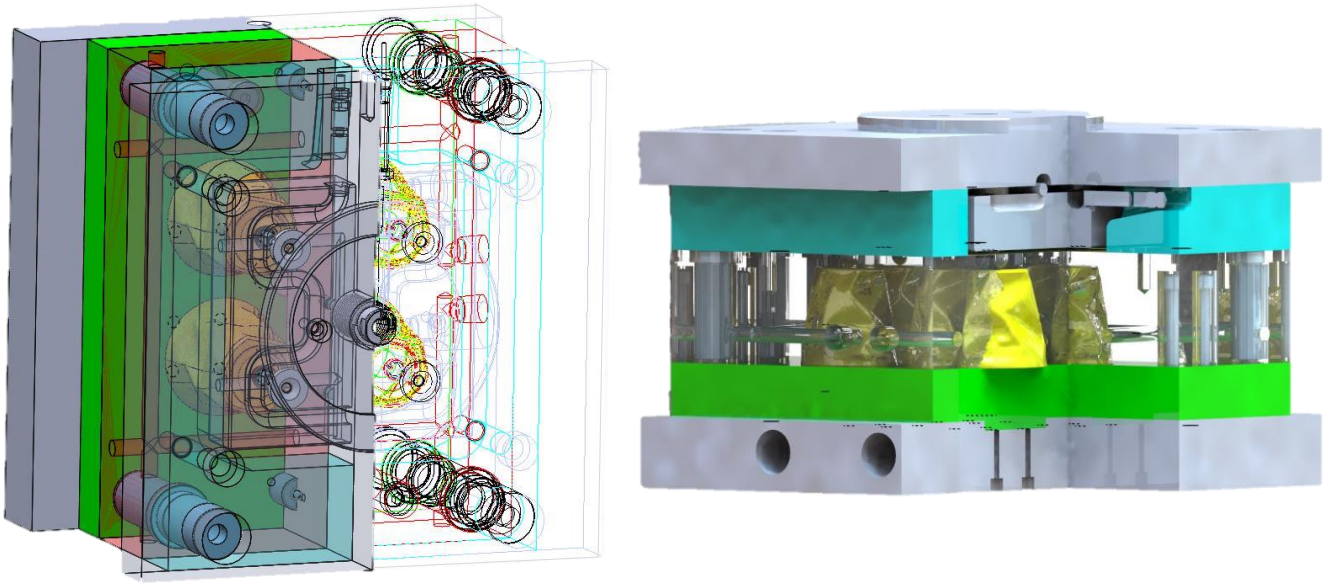


Figura 17 - Conceção (design) do molde, desenho do molde final.[5]

4.1.1 Projeto da peça

Antes do início do projeto do molde, deve-se realizar uma análise cuidada ao modelo da peça, por forma a antever problemas que podem ocorrer no molde.

Desta forma, se necessário efetuam-se modificações à peça de forma a eliminar esses problemas. Esta análise permite, igualmente, verificar os mecanismos necessários para moldação e extração.

Assim, existem vários aspetos a ter em consideração no projeto da peça, sendo estes:[18]

- Ângulos de Saída;
- Contra-saídas;
- Espessura da parede;
- Design dos cantos da peça de transições de espessura;
- Direcionadores e limitadores de fluxo;
- Nervuras;
- Apoio de acessórios e montagens;

- **Ângulos de saída**

O design da peça a ser produzida tem de ser elaborado com ângulos de saída, por forma a fornecer uma boa desmoldagem. Portanto, deve-se dotar a peça de ângulos nas nervuras, paredes e apoios de acessórios e montagem, caso se encontrem paralelos à direção de abertura e de extração do molde.[18]

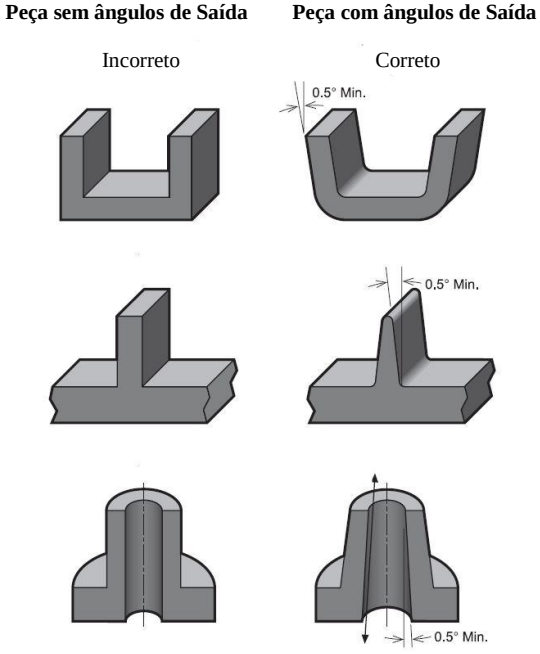


Figura 18 - Ângulos de saída em peças plásticas.[18]

- **Contra-saídas**

As contra-saídas na peça plástica induzem a utilização de movimentos que permitam a desmoldagem é necessária. Assim, a complexidade do molde aumenta devido à introdução de elementos móveis. Estes, por sua vez, requerem processos de maquinagem, tratamentos térmicos e ajustes. Devido a este facto, o valor do molde aumenta, além de ser visível as linhas de ajuste dos movimentos na peça. Por estes motivos, a eliminação destas contra-saídas, se possível, é a solução ideal para a simplificação do molde.[18]

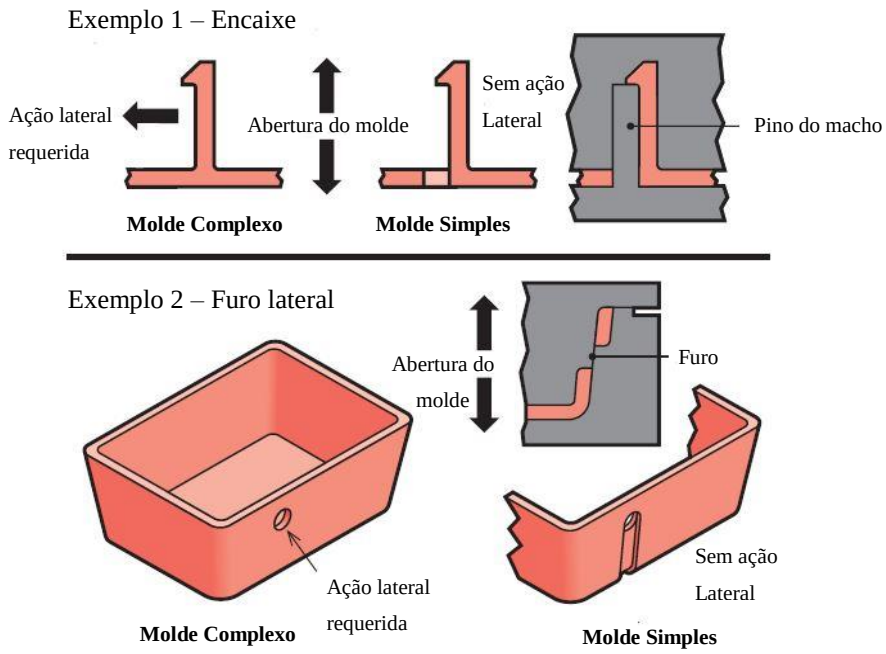


Figura 19 – Eliminação de contra-saídas para simplificação do molde.[18]

- **Espessura da parede**

Esta tem uma grande influência nas principais características da peça, no seu desempenho mecânico, na aparência estética, na plasticidade e na economia. A espessura ideal, por vezes, consiste num equilíbrio entre orientações opostas como a resistência *vs* redução de peso ou a durabilidade *vs* custo.[18]

Desta forma, ao aumentar a espessura de uma peça, tem-se que considerar possíveis problemas de moldação e alterações dispendiosas nos moldes.

Outro fator importante a ter em apreciação é que quanto maior a espessura da peça, maior o seu volume e o tempo de arrefecimento, o que conduz a maiores tempos de ciclo no processo de moldação por injeção, como é possível visualizar-se na figura 80. Portanto, como consequência deste parâmetro, há um incremento dos custos finais, assim como o aparecimento de defeitos nas peças. Por outro lado, no caso da espessura ser demasiado fina, a peça possui uma resistência menor, além poder haver um défice no enchimento completo da cavidade de moldação.[18]

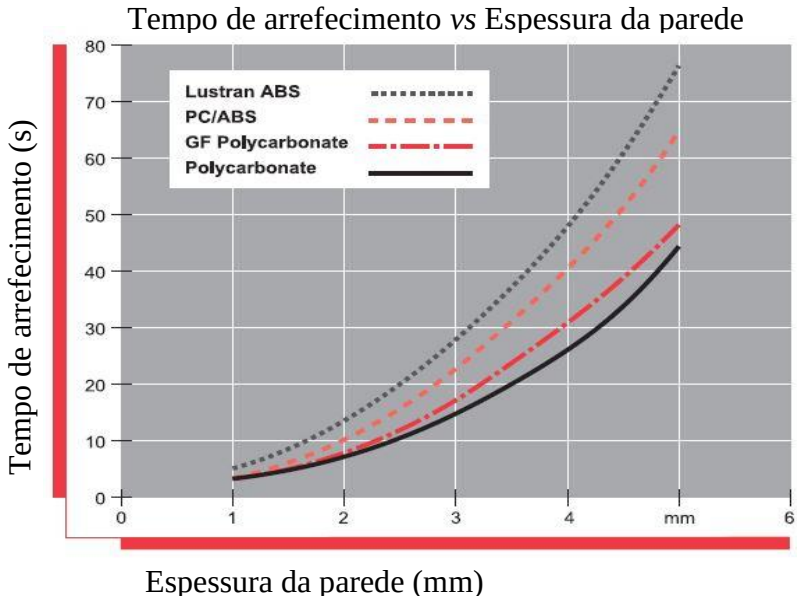


Figura 20 - Gráfico do Tempo de arrefecimento da peça vs Espessura da parede da peça.[18]

Quando se efetuam alterações à peça, nomeadamente, a eliminação de paredes demasiado espessas, consegue-se obter espessuras constantes ao longo da mesma. Deste modo, a peça admite melhores performances devido à diminuição da sua massa.

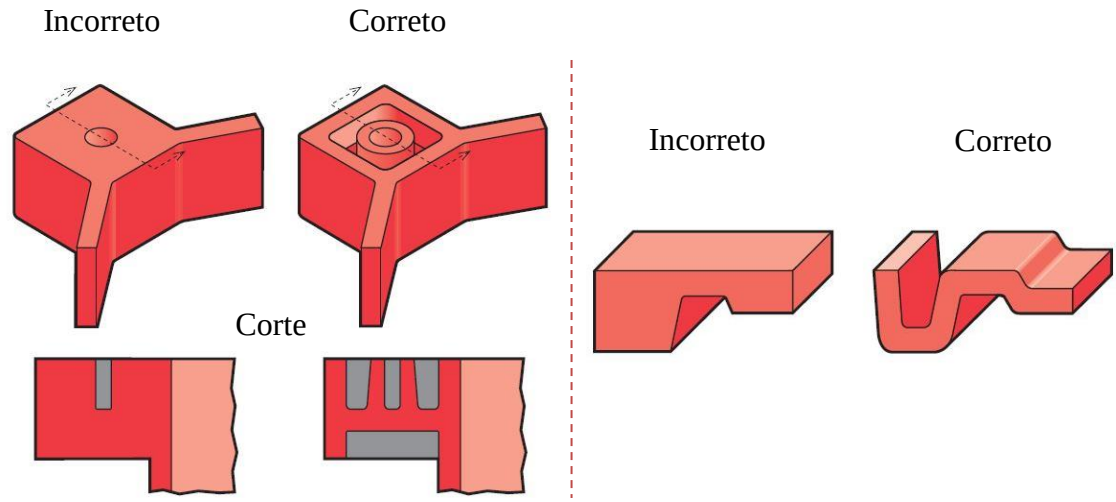


Figura 21 - Alterações da geometria para manter a espessura constante.[18]

- **Design dos Cantos da peça e Transições de espessura**

Relativamente aos cantos das peças, o ideal será colocar o raio exterior maior que o interior, de forma a manter uma espessura constante (figura 82-A). Enquanto que nas variações de espessura, estas devem ser projetadas de forma a haver um disfarce, de forma, a evitar falhas de enchimento ou vazios, devido a fluxo restringido (figura 82-B).[18]

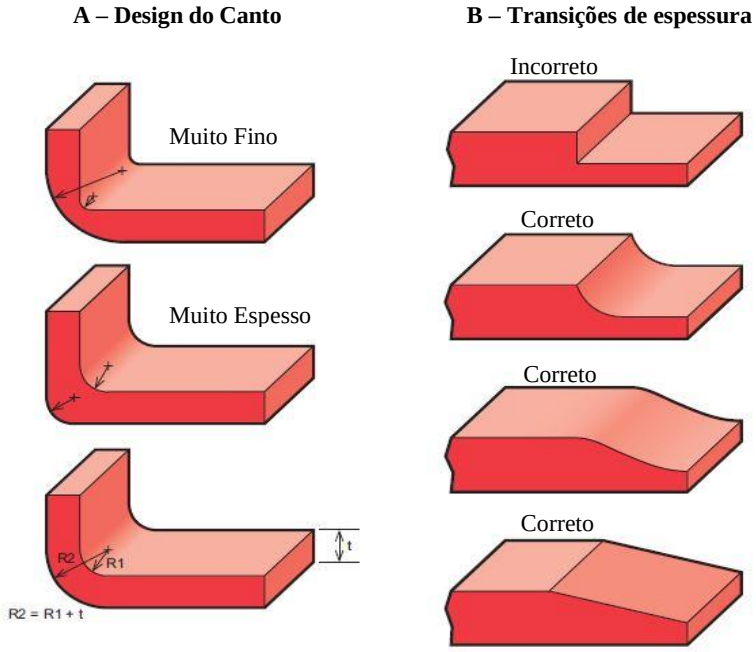


Figura 22 - Alterações à peça: cantos e transições de espessura.[18]

- **Direcionadores e Limitadores de fluxo**

Normalmente, os *designers* incorporaram no interior das peças "direcionadores de fluxo" ou "canais internos", com o propósito de ajudar o enchimento em partes da peça que estão mais afastadas das entradas de material (figura 83-A).[18]

Além disso, estes canais permitem equilibra o preenchimento em peças não simétricas, modificar o padrão de enchimento, assim como reduzir os chupados em secções finas. Deste modo, para obter melhores resultados, o "direcionador de fluxo" deve partir da entrada sem qualquer restrição.[18]

Outra componente usualmente introduzida pelos *designers* nas peças são os "limitadores de fluxo" (figura 83-B). Estes consistem em áreas de espessura reduzida, que são destinadas a

alterar os padrões de enchimento, que por sua vez permite reduzir problemas, tais como o ar aprisionado.[18]

Nestes parâmetros devem respeitar-se as seguintes regras:[18]

- Prolongar o limitador de fluxo por todo o perfil, por forma a redirecionar efetivamente o fluxo;
- Reduzir a espessura até 33% em materiais de elevada contração, ou 50% em materiais de baixa contração;
- Alongar o limitador para diminuição do fluxo.

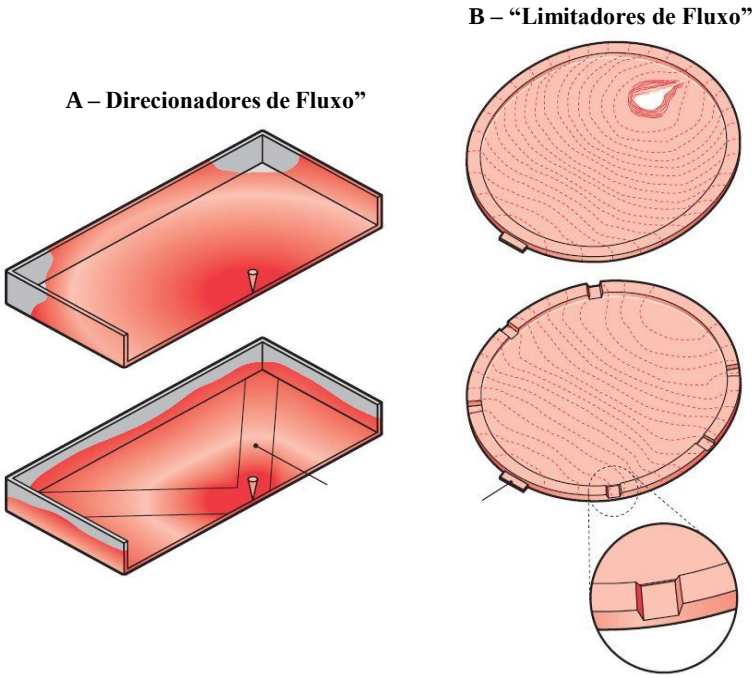


Figura 23 - Alterações à peça, acréscimo de "Direcionadores de fluxo" ou "limitadores de fluxo", de modo a evitar defeitos.[18]

- **Nervuras**

As nervuras proporcionam um meio para aumentar economicamente a rigidez e a resistência nas peças moldadas, sem aumentar a espessura total da parede. No entanto, também podem ser utilizadas para outras funções, tais como:[18]

- Localizar componentes de uma montagem;
- Proporcionar o alinhamento nas partes correspondentes;
- Atuar como paragens ou guias para mecanismos.

Desta forma, o design de uma nervura adequada envolve cinco questões principais, sendo estas:[18]

- Espessura;
- Altura;
- Localização;
- Quantidade;
- Moldabilidade.

Contudo, é importante saber as suas melhores dimensões, de forma a evitar a formação de defeitos, como chupados, na superfície da peça plástica.

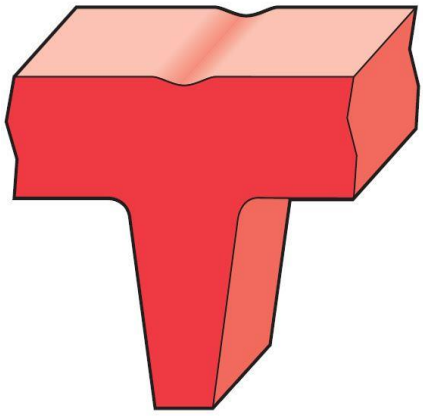


Figura 24 - Chupado devido a nervura demasiado espessa.[18]

A determinação da severidade do chupado depende de certos fatores, tais como o material, espessura da nervura, textura da superfície, cor, proximidade à entrada de material e uma variedade de condições de processamento.

Na tabela 4 e figura 85 apresentam-se algumas linhas orientadoras comuns para espessura de nervuras para alguns materiais, tendo em conta a espessura na base.[18]

Tabela 1 - Espessura da nervura como percentagem da espessura da parede-base.[18]

Material	Espessura mínima	Espessura ligeira
PC	50 % (40 % se alto brilho)	66 %
ABS	40 %	60 %
PC/ABS	50 %	66 %
Poliamida (sem enchimento)	30 %	40 %
Poliamida (com fibra de vidro)	33 %	50 %
PBT Poliéster (sem enchimento)	30 %	40 %
PBT Poliéster (com enchimento)	33 %	50 %

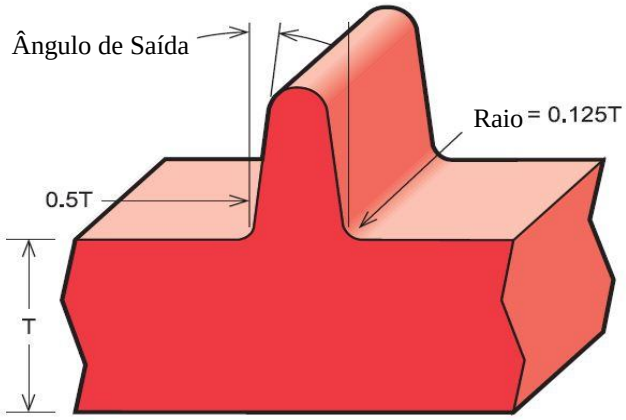


Figura 25 - Diretrizes para o design de nervuras.[18]

- **Apoio de acessórios e montagens**

A variedade mais comum destes apoios consiste em projeções cilíndricas com furos projetados para receber parafusos, insertos roscados, entre outros. Em regra geral, o diâmetro externo das saliências deve permanecer dentro de 2,0 a 2,4 vezes o diâmetro externo do parafuso ou inserto.[18]

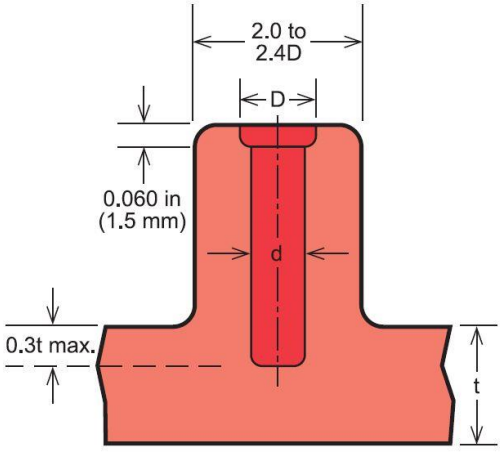


Figura 26 - Típico design de um apoio de acessório e montagem.[18]

Por outro lado, quando se pretende colocar estas estruturas junto à parede da peça, deve-se evitar o contacto entre estas, uma vez que irá gerar secções mais espessas, que por sua vez pode originar chupados.

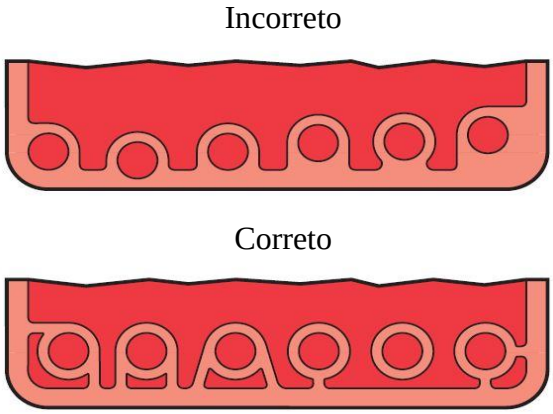


Figura 27 - Conexão do apoio de acessórios e montagem à parede da peça.[18]

4.1.2 Projeto do molde

O projeto do molde inicia-se com a verificação do desenho da peça, ou seja, se esta está conforme os requisitos do projeto de peça, mencionados anteriormente.

Seguidamente, aplica-se a contração do material à peça. Esta fase é importante, uma vez que todos os materiais plásticos tendem a contrair com a diminuição da temperatura. Assim sendo, ao desenho da peça aumenta-se a escala, adicionando o valor da contração.[18]

Tabela 2 - Contração de moldação de alguns termoplásticos.[18]

Material	***Contração (%)***	***Temperatura do Molde (ºC)***	***Temperatura da Moldação (ºC)***
ABS	0,8	40-90	210-240
PC	0,7	85-120	275-380
LDPE	1,5	30-50	190-250
HDPE	2,8	20-70	200-280
PP	1,7	60-80	230-260
PS	0,4	50-75	170-260
PVC rígido alto impacto	0,9	20-60	140-180

Depois de aplicar a contração à peça é possível iniciar o desenvolvimento dos elementos moldantes, o seja, a bucha e a cavidade. Desta forma, os elementos moldantes são elaborados através de uma sequência de operações, sendo estas:[19]

- Geometria dos componentes moldantes;
- Seleção da posição de desmoldação;
- Análise geométrica da peça;
- Linha de partição;
- Superfície de partição;
- Por fim, originam-se a bucha e a cavidade.

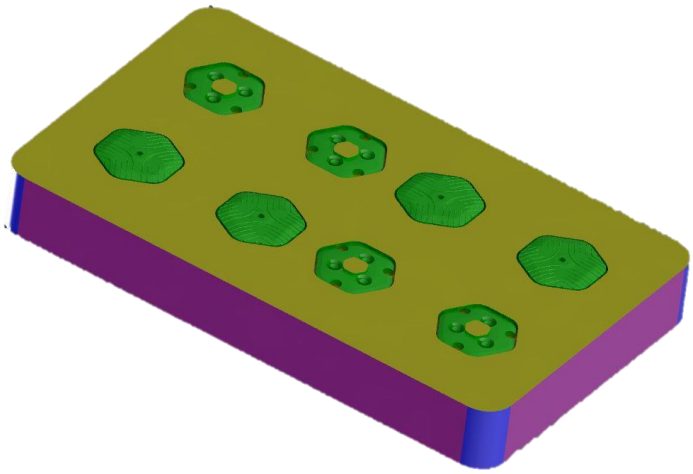


Figura 28 - Elemento moldante.[5]

Em seguida, o designer procede à realização do sistema de alimentação. No entanto, existem duas situações a considerar na conceção, se os canais são frios ou quentes.

Caso se esteja perante os canais frios, as suas dimensões são obtidas através do software de simulação. No entanto, deve-se procurar sempre que:[5]

- Estes sejam o mais pequenos possível, de modo a reduzir o desperdício de material;
- Estes sejam o mais equilibrados possível, por forma a que o enchimento das peças seja uniforme;
- Estes garantam o enchimento no menor tempo possível, e assim assegura-se a otimização da produção.

Quanto aos canais quentes, estes são implementados no molde segundo as especificações do fornecedor, sendo que o designer apenas necessita de criar uma abertura nas placas do molde para o colocar.

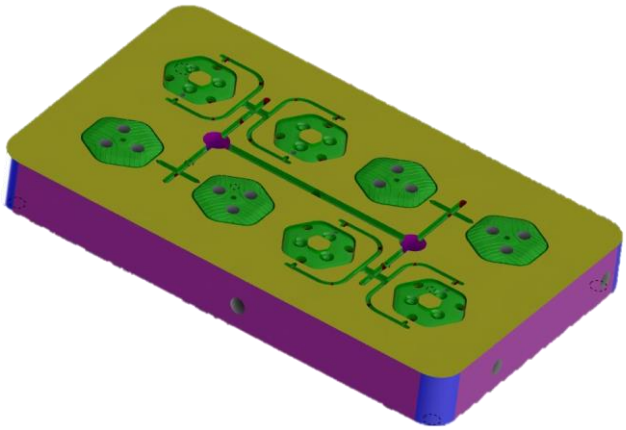


Figura 29 - Elemento moldante com canais frios.[5]

O sistema de refrigeração é o passo que se segue, e deve ser idealizado por forma a ser o mais eficiente possível e a garantir a melhor permuta de calor do produto, permitindo que esta seja extraída com a qualidade pretendida.

As entradas e saídas do fluído devem ser colocadas, sempre que possível, no lado oposto ao do trabalhador.

Desta forma, a localização dos canais de refrigeração determina a eficiência e uniformidade do arrefecimento. Assim, canais demasiado perto da superfície da cavidade podem causar zonas frias e arrefecimento desequilibrado, mas caso sejam posicionados demasiado afastados, apesar do arrefecimento ser mais uniforme é menos eficiente.

Outro fator a ter em consideração é a dimensão dos canais, uma vez que a diferença entre temperaturas de entrada e saída do fluído não deve exceder os 5ºC.

As simulações realizadas aos canais de refrigeração são de extrema importância, uma vez que ajudam o projetista a obter o melhor dimensionamento e posição para a colocação deste sistema no molde.

Por outro lado, esta também permite visualizar a eficiência do circuito, visto que fornece valores relativamente ao número de Reynolds.

Posto isto, a eficiência da transferência de calor aumenta à medida que o fluxo passa de laminar para turbulento. Num fluxo laminar, o calor pode ser transferido apenas através da condução. No fluxo turbulento, o movimento do fluido de forma radial permite que a transferência de calor se dê tanto por condução como por convecção. Como resultado a eficiência da transferência de calor aumenta consideravelmente.[5]

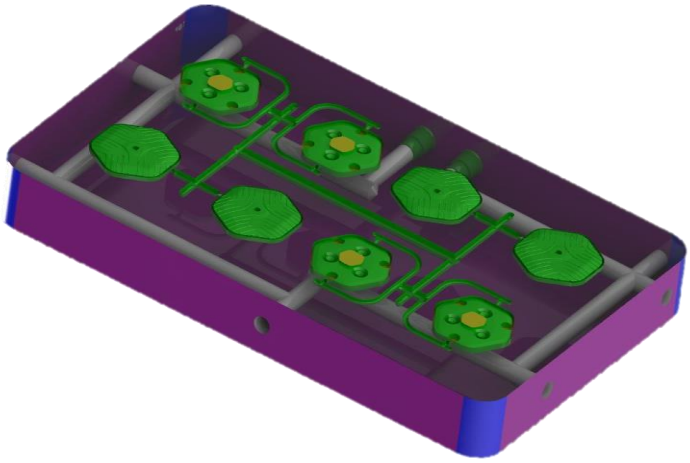


Figura 30 - Demonstração de um sistema de arrefecimento.[5]

Para que o molde seja capaz de sustentar todo o processo para que foi gerado, é necessário que a sua estrutura contenha dimensões apropriadas para acomodar:[5]

- O sistema de refrigeração;
- O sistema de alimentação;
- O sistema de extração;
- Entre as colunas da máquina de injeção

Outro especto a ter em consideração é as espessuras da placa. Estas devem ser as mais adequadas para suportar as pressões de injeção.

Na estrutura também é importante ter uma secção que contemple o sistema de aperto da máquina de injeção.

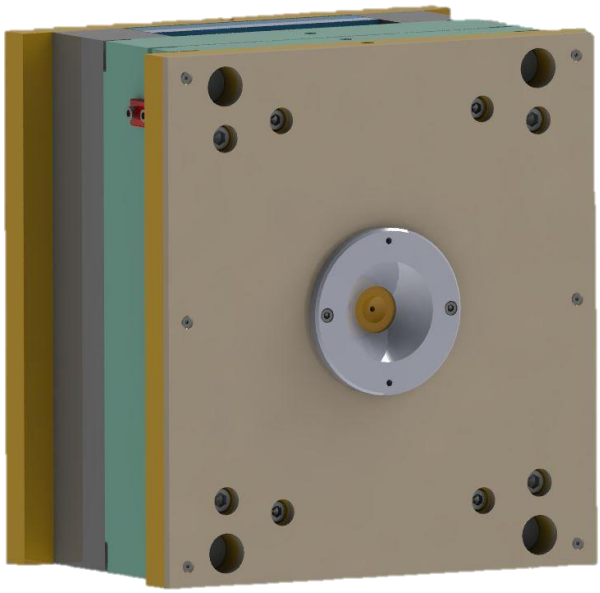


Figura 31 - Estrutura e Acessórios do molde.[4]

Em seguida, faz-se o sistema de extração, sendo este o sistema que desmolda a peça da cavidade após o arrefecimento.

Desta forma, este sistema deve ser pensado com base em ângulos de saída, questões estéticas, necessidade de movimentos para extração de detalhes negativos ou a aplicação de elementos adicionais à extração como cilindros hidráulicos ou outros sistemas complexos.[5]

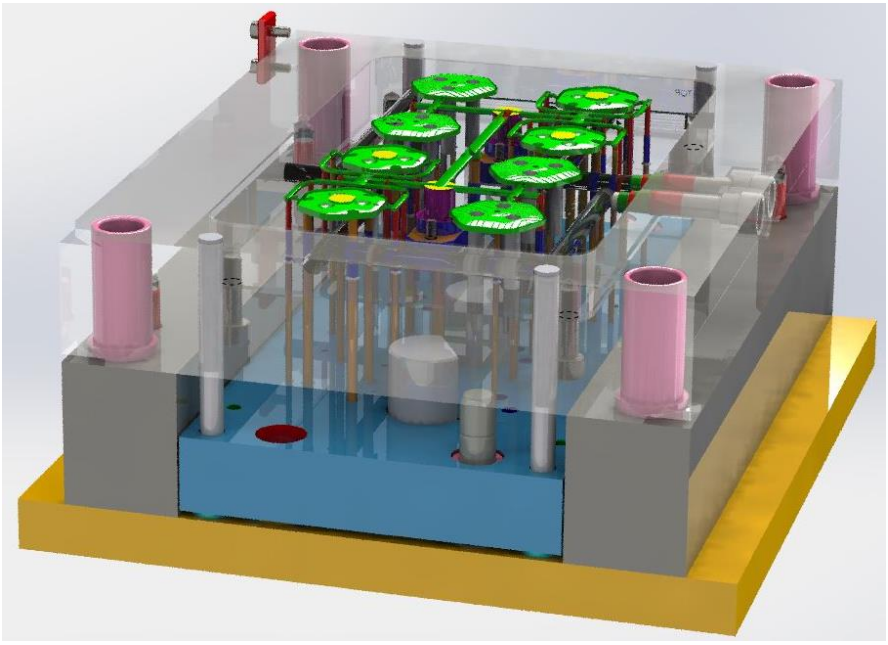


Figura 32 – Desmoldação realizada por extratores.[4]

Por último, determina-se o centro de massa do molde, de modo a encontrar a posição mais adequada para a colocação do olhal e insere-se a barra de segurança.

4.1.3 Boas práticas

As boas práticas podem ser utilizadas como uma ferramenta de apoio à conceção, na medida em que são constituídas por um conjunto de princípios que devem de ser acompanhados e implementadas com o auxílio da ISO 9001.[5]

Desta forma, a norma dita que os requerimentos são necessários ao sistema de controlo de qualidade, uma vez que têm como objetivo ajudar as empresas a serem mais eficientes e a aumentar a satisfação dos clientes.

Assim sendo, o processo de conceção de um produto é um processo iterativo entre o *input* dos clientes sob a forma das suas necessidades, e o *output* do fabricante sob a forma de protótipos e produto final.

Uma boa comunicação entre o fabricante e o cliente garante uma boa fluidez no processo, obtendo como consequência a redução de desperdícios e de iterações para se obter o produto final.

No entanto, como a conceção é uma das principais fases na realização de moldes é necessário ter em consideração alguns métodos como boas práticas, por forma a garantir que esta fase é bem-sucedida.[5]

Assim sendo, os métodos mais utilizados são a utilização de um check-list, das listas de especificações fornecidas pelos clientes e da informação sobre os softwares, que nesta fase são imprescindíveis.

- **Softwares**

Na industria de moldes, é usual utilizar-se os softwares CAD/CAM.

O software CAD (Computer Aided design) é utilizado para auxiliar na criação, modificação, análise ou otimização de um Projecto. Este permite facilitar o processo de manufatura ao transferir diagramas detalhados dos produtos, dos processos, das tolerâncias e dos dimensionamentos.[20]

Isso pode ser usado tanto para produção do 2D e 3D, possibilitando a rotação em qualquer ângulo para todas as vistas. Desta forma, este permite o aumento da produtividade do designer, a melhoria tanto a qualidade do design como nas comunicações através da documentação e criar um banco de dados para a fabricação.

Relativamente ao software CAM (Computer Aided manufacturing), este é usado para o controle de ferramentas de máquinas e outros relacionados na fabricação de peças. Este software também pode referir-se à utilização de um computador para ajudar em todas as operações de uma planta de fabricação, incluindo planeamento, gestão, transporte e armazenamento.[21]

Desta forma, o software CAM tem como principal objetivo criar um processo mais rápido e a produzir componentes e ferramentas com dimensões mais precisas e de maior consistência, que em alguns casos.

Tradicionalmente, o software CAM tem sido considerado como uma ferramenta de programação de controle numérico (NC), onde modelos bidimensionais (2D) ou tridimensionais (3D) de componentes gerados em CAD podem ser maquinados.[21]

- **Simulações**

Na atualidade, o software CAE (Computer Aided engineering) tem sido um dos softwares com maior utilidade, na medida em que é empregue para o auxílio nas tarefas de análise de engenharia.

Este permite analisar a robustez e desempenho de componentes e montagens. Desta forma, este software abrange a simulação, validação e otimização de produtos e ferramentas de fabricação.

Assim, os sistemas CAE fornecem informações relevantes aos designers, que permite auxiliar e apoiar as equipas de projeto na tomada de decisões.

Relativamente à simulação, o software CAE pode fornecer informação acerca dos seguintes parâmetros:

1. Temperatura;
2. Pressão;
3. Interação entre componentes;
4. Forças aplicadas;
5. Entre outros.

Desta forma, a maioria dos parâmetros utilizados para a simulação podem ser utilizados como uma forma de verificação do produto que pode englobar alterações ao mesmo, ou o controlo das restrições do projeto.

Geralmente, neste software existem três principais fases, que não executadas em qualquer tarefa, sendo estas:

1. Pré-Tratamento: Definir modelo e fatores ambientais a ser aplicado;
2. Análise para resolução de problemas;
3. Pós-Processamento de resultados.

- **Otimização**

O desenvolvimento de Boas Práticas tem o objetivo de otimizar o processo de produção e moldes, desde a sua conceção (design) até à manufatura. Desta forma, nesta etapa é necessário definir os parâmetros que devem ser otimizados, e isto é possível com a aplicação de técnicas para melhorar as alternativas e desta forma atingir os objetivos determinados.

Assim, é possível otimizar custos, produtividade, processos, o tempo, entre outros, ao estabelecer prioridades para uma maior eficiência e eficácia em busca de obter os melhores rendimentos.

- **Prototipagem**

Prototipagem consiste em obter rapidamente as peças projetadas em 3D sem necessidade, de para isso, fabricar o respetivo molde. Existem várias técnicas de prototipagem: desde a modelação manual ou escultura até às técnicas mais sofisticadas de produção aditiva como impressão 3D, estereolitografia, SLS (Selective laser sintering), etc., ou maquinagem CNC (técnica subtrativa).

Os protótipos assim obtidos podem servir de apoio à Conceção, testes de montagem ou funcionais, ou meio rápido de apresentação comercial.

- **Trabalho de equipa**

O trabalho de equipa está associado a um esforço coletivo, de um grupo de pessoas ou de uma sociedade, por forma a resolver problemas, ou que se dedicam à realização de determinada tarefas ou trabalho. Desta forma, na Conceção o desenvolvimento do projeto deixa de ser uma obra individual e passa a ser coletiva.

Por outro lado, o trabalho de equipa proporciona a troca de conhecimento e agilidade no cumprimento de metas e objetivos compartilhados, pois otimiza o tempo de cada pessoa e ainda contribui para conhecer outros indivíduos e aprender novas tarefas.

Assim sendo, este é essencial ao bom desenvolvimento de uma empresa e permite esta prospere a todos os níveis.

No entanto, a facilidade de comunicação via internet ou intranet facilita o desenvolvimento em equipa ou colaborativo, podendo o próprio cliente também fazer parte da referida equipa.

O Co-Design, e outras formas de trabalho colaborativa, ganham cada vez mais relevância, podendo mesmo originar uma redução do "time to market", uma vez que a equipa não necessita de trabalhar em simultâneo, ou seja, este pode ser partilhado em diferentes fusos horários e dar a volta ao mundo, para no dia seguinte surgir com nova configuração.

Derivado a estas novas práticas, será de esperar que o chamado "Product Collaboration" venha a ganhar uma progressiva importância, tornando-se a prazo numa boa prática a adotar.

Em suma, estas boas práticas podem ser alteradas ao longo do tempo, uma vez que a inovação é algo constante e é necessário haver uma adaptação pela parte das empresas.

4.1.4 Documentos

Um documento é um registo de informação, independente do formato ou suporte utilizado para o registar. Este permite que as empresas contenham informação importante registada e ordenada, por forma a que quando seja necessário possam recorrer à mesma.

Assim sendo, na industria dos moldes, a documentação a reter é a seguinte:

- **Check-list**

O check-list é uma ferramenta de controle utilizada para prevenir a falha no trabalho, por forma a evitar enganos e perdas de tempo. Este é composto por um conjunto de tópicos que devem ser analisados pelo designer, após a conclusão do seu trabalho.

Desta forma, a verificação efetuada através do check-list permite averiguar se todo o trabalho realizado está conforme, ou seja, se o desenho do molde está completo e se é possível a passagem à etapa seguinte.

- **Lista de especificações**

As listas de especificações são, normalmente, fornecidas pelos clientes, sendo que nestas contém os requisitos sobre o produto, que este pretende que sejam cumpridos.

Normalmente, a lista de especificações deverá contém as seguintes informações:

  - Número de cavidades que o molde tem de ter;
  - O material que vai injetar;
  - O género de sistema de alimentação;
  - O tipo de extratores;
  - Se pretende movimentos no molde;
  - O tipo de aço que o molde vai conter;
  - Se o molde vai ser sujeito a tratamentos;
  - Que género de acabamentos o molde vai ter;
  - Que tipo de estrutura o molde vai possuir.

No entanto, esta lista também pode ser utilizada como uma espécie de check-list, no fim de todo o processo, por forma a verificar se os requisitos estipulados pelo cliente foram cumpridos.

- **PDM – Product Data Management**

Product Data Management (PDM) é uma tecnologia de software que visa gerenciar todas as informações e processos relativos ao ciclo de vida de um produto. Entende-se como ciclo de vida todo o período compreendido desde a conceção de um produto até sua obsolescência, passando pelas etapas de projeto e produção.[32]

Desta forma, a tecnologia PDM propõe-se a explorar ao máximo os benefícios da engenharia simultânea, controlando a informação e distribuindo sistematicamente para as pessoas que a necessitam.[32]

Esta é uma boa prática, no sentido em que documenta toda a informação relativa ao produto, que é relevante para todo o processo de fabricação de moldes. Através deste software é possível identificar os processos que são mais benéficos aos métodos aplicados no projeto e manufatura do produto e esta forma, torna-los mais eficientes.

- **Dossier do Projeto**

O dossier do projeto é considerado uma boa prática, devido à quantidade de informação que este contém, sobre o produto que está a ser executado ou foi terminado.

Desta forma, o dossier do projeto é constituído por uma série de tópicos e subtópicos, sendo estes os seguintes:[5]

- Desenhos 2D e 3D;
- Ficheiros:
  - CAM;
  - Elétrodos para EDM;
  - Anulados
  - Conversas
    - Enviado
    - Recebido
    - E-mails
- Documentos:
  - Certificados;
  - Check-lists;
  - Registos de ensaio;
  - Planeamento;
  - Outros documentos.
- Notas (diário do projeto)

Este permite que qualquer pessoa da empresa que necessite de recorrer a um determinado projeto seja capaz de encontrar toda a informação que necessita, pois por vezes é necessário efetuar manutenções ao produto ou alterações a pedido do cliente.

5. O CONJUNTO DE PROCESSOS DO MOLDE

5.1 Materiais

Na produção de moldes, existem dois géneros de materiais que se devem ter em consideração, sendo estes os polímeros e os metais.

Relativamente aos polímeros, estes devem ser escolhidos mediante a aplicação e especificações da peça, sendo estipulado pelo cliente ou pelo designer.

No entanto, a escolha do polímero e do metal está interligada, na medida em que a preferência do metal depende do polímero a utilizar. Isto deve-se ao facto de haver polímero que provocam um maior desgasto nas placas moldantes do que outros e, assim sendo, o metal selecionado para estas situações deve ser mais resistente.

Por outro lado, a escolha do metal, por vezes, está dependente da quantidade de peças que serão produzidas. Desta forma, a preferência, normalmente, ocorre entre o aço para grandes produções e o alumínio para pequenas produções. No entanto, este procedimento e analogia não é uma regra.

5.1.1 Polímero

Os materiais termoplásticos, são os mais utilizados na moldação por injeção, sendo, portanto, estes os injetados para os moldes. Assim, estes podem serem classificados como amorfos e semi-cristalinos, sendo este fenómeno justificado de acordo com a temperatura de transição vítrea e a temperatura de fusão do material.[23]

Assim, as temperaturas de transição definem níveis energéticos aos quais está associado uma determinada estrutura e mobilidade molecular. A temperaturas muito baixas os polímeros são sólidos, rígidos e duros, enquanto que à medida que a temperatura aumenta, a energia térmica disponível é suficiente para permitir uma maior liberdade de movimentos às moléculas, levando o material a comportar-se como um fluido viscoso.

Figura 33 - Grânulos de polímeros, de diferentes cores.

5.1.2 Aço

Os aços são um género de material metálico que pode ser utilizado em variáveis situações, tais como na confeção de peças (engrenagens, parafusos, porcas, etc.), ferramentas (matrizes, moldes, serras, etc.) ou estruturas (pontes, edifícios, etc.).

Estes têm a vantagem de serem materiais com uma grande gama de aplicações de baixo custo, associada à versatilidade de propriedades que se pode obter a partir de pequenas mudanças na sua composição química, dos tratamentos térmicos e/ou no processamento, da elevada ductilidade e da elevada dureza.

Relativamente aos moldes, a escolha do tipo de aço e os tratamentos, estão dependentes da aplicação a que este se destina. Desta forma, o seu preço vai estar dependente destes fatores, uma vez que:

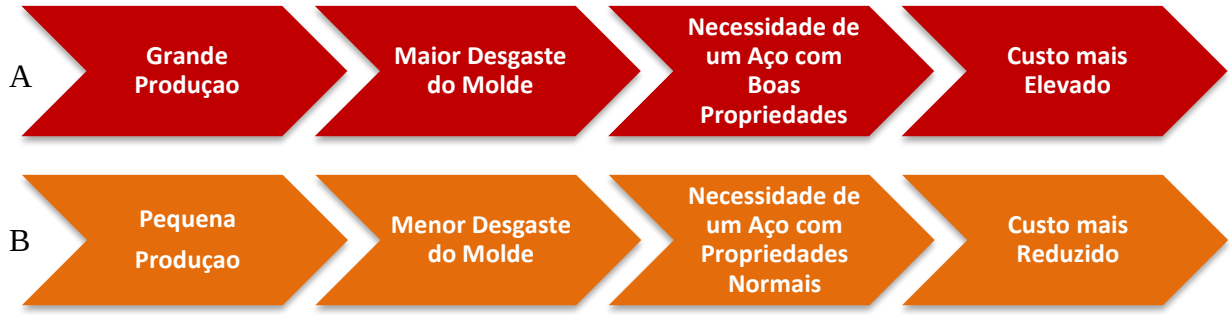


Figura 34 – Representação esquemática da comparação entre o nível de produção e o preço final do molde, relativamente à escolha do aço.

Aços mais utilizados para a criação de um molde

Tabela 3 - Designação dos aços segundo AISI e as suas especificações.[24]

Designação AISI	Composição Química	Resistência	Características
AISI 1045	$C \leq 0,45$ $S_i \leq 0,30$ $M_n \leq 0,70$	≈ 640 MPa	**Aço de construção** sem liga, boa tenacidade no núcleo e adequado para endurecimento por chama.
AISI P20	C - 0,40 S_i - 0,40 M_n - 1,50 C_r - 1,90 M_o - 0,20	≈ 1080 MPa	**Aço pré-tratado** com liga e de muito boa maquinabilidade, excelente aptidão a nitruração, ao polimento e excelente aptidão a textura química.

AISI H13	C - 0,40 S_i – 1,00 C_r – 5,30 M_o – 1,40 V – 1,00	≈ 780 MPa	**Aço para trabalhos a quente** de alta liga, excelente condutibilidade térmica, muito boa aptidão a nitruração e ao polimento, boa maquinabilidade, elevada resistência a tração a quente e a altas temperaturas.
AISI≈422+S	C - 0,33 S_i – 0,30 M_n – 0,80 C_r –16,00 S – 0,06 N_i – 0,30	≈ 1080 MPa	**Aço pré-tratado** de alta liga, resistente a corrosão e com boa maquinabilidade.
AISI≈O2	C- 0,90 S_i- 0,20 M_n- 2,00 C_r- 0,40 V- 0,10	≈ 760 MPa	**Aço de têmpera** com elevada estabilidade dimensional, alta dureza para secções transversais ≤ 40 mm, elevada tenacidade e boa aptidão ao corte.

Tabela 4 - Aplicações dos Aços enumerados.[24]

Designação AISI	Aplicações
AISI 1045	- Pecas não temperadas para moldes; - Ferramentas ou gabaritos; - Placas de estrutura; - Mecânica geral.
AISI P20	- Placas de estrutura ate 400 mm para moldes; - Ferramentas; - Moldes para fundição injetada; - Postiços moldantes; - Pecas de elevada resistência.
AISI H13	- Trabalhos a quente, em geral moldes de extrusão; - Moldes para fundição injetada; - Moldes para transformação de plásticos.
AISI≈422+S	- Placas de estrutura para moldes e ferramentas com resistência à corrosão; - Moldes para plásticos corrosivos.
AISI≈O2	- Postiços moldantes expostos a grandes desgastes; - Punções; - Placas de desgaste; - Matrizes de corte; - Chapas de pressão.

Tratamentos efetuados no aço

Devido a circunstancias em que os moldes tenham de resistir a um certo número de requisitos, estes podem ter de ser sujeitos a tratamentos. Desta forma, estes tratamentos podem ser térmicos, superficiais ou termoquímicos.

O tratamento térmico é o conjunto de operações de aquecimento e arrefecimento a que os aços são submetidos, sob condições controladas de temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de arrefecimento, com o objetivo de alterar as suas propriedades ou conferir-lhes determinadas características.[25]

Os tratamentos termoquímicos são utilizados quando é necessário submeter o aço a alterações, nomeadamente à sua composição química, para melhorar as propriedades de superfície. Desta forma, estes tratamentos têm como objetivo aumentar a dureza e a resistência do material ao desgaste da sua superfície, mantendo o núcleo dúctil e aderente.

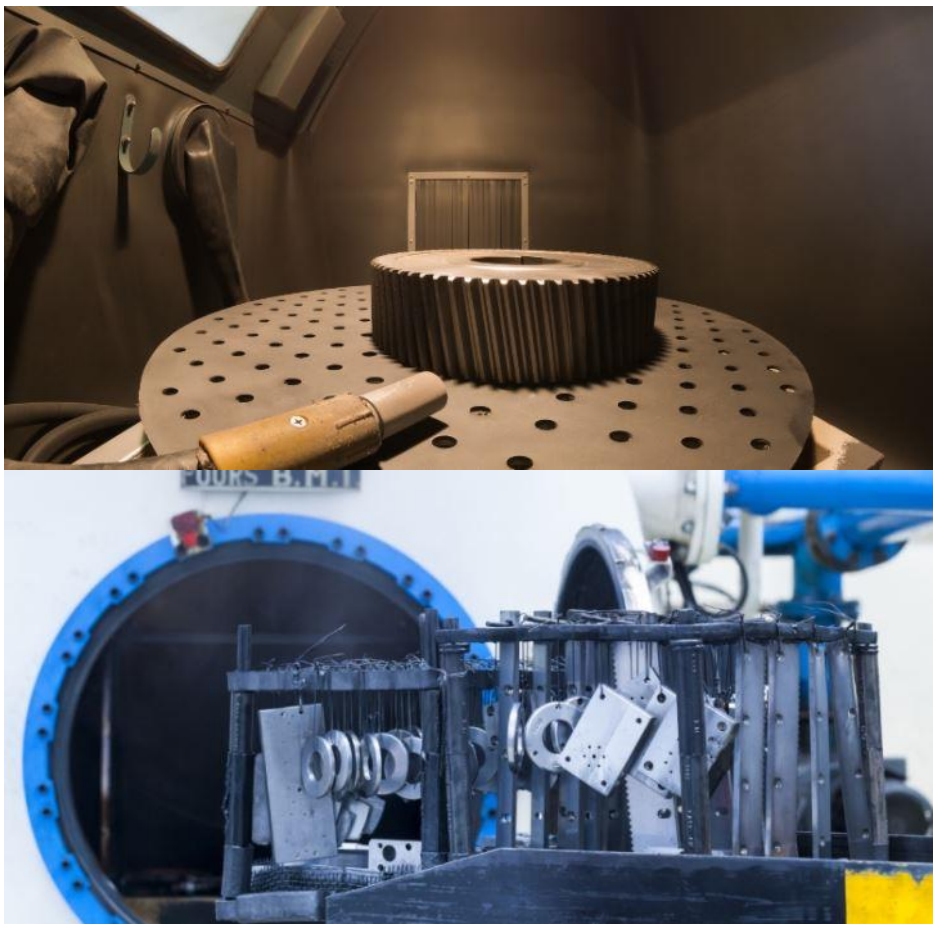


Figura 35 - Exemplo de tratamentos no aço. A) Projeção de microesferas, B) Tempera.[26]

5.1.3 Alumínios

O alumínio é um metal leve, macio e resistente, muito maleável e dúctil, apto para a mecanização e fundição, além de ter uma excelente resistência à corrosão e durabilidade devido à camada protetora de óxido.

Este pode ser utilizado em ferramentas, moldes e matrizes de PET, PP, PVC e ABS, moldes de protótipos, entre outros.

Os moldes de alumínio são mais utilizados para pequenas produções, uma vez que as suas propriedades à maquinagem são melhores do que o aço, proporcionando um custo mais reduzido ao molde. Por outro lado, estes não são indicados para as grandes produções devido ao desgaste do material.

5.1.4 Ligas de cobre

As ligas de cobre, de alta condutividade térmica, são utilizadas nos moldes de injeção plástica por permitirem a otimização da difusão térmica. Desta forma, o tempo do ciclo de injeção diminui substancialmente, originando o aumento da produtividade e redução dos custos.[27]

Figura 36 - Exemplos de componentes de Ligas de Cobre utilizadas nos moldes.[27]

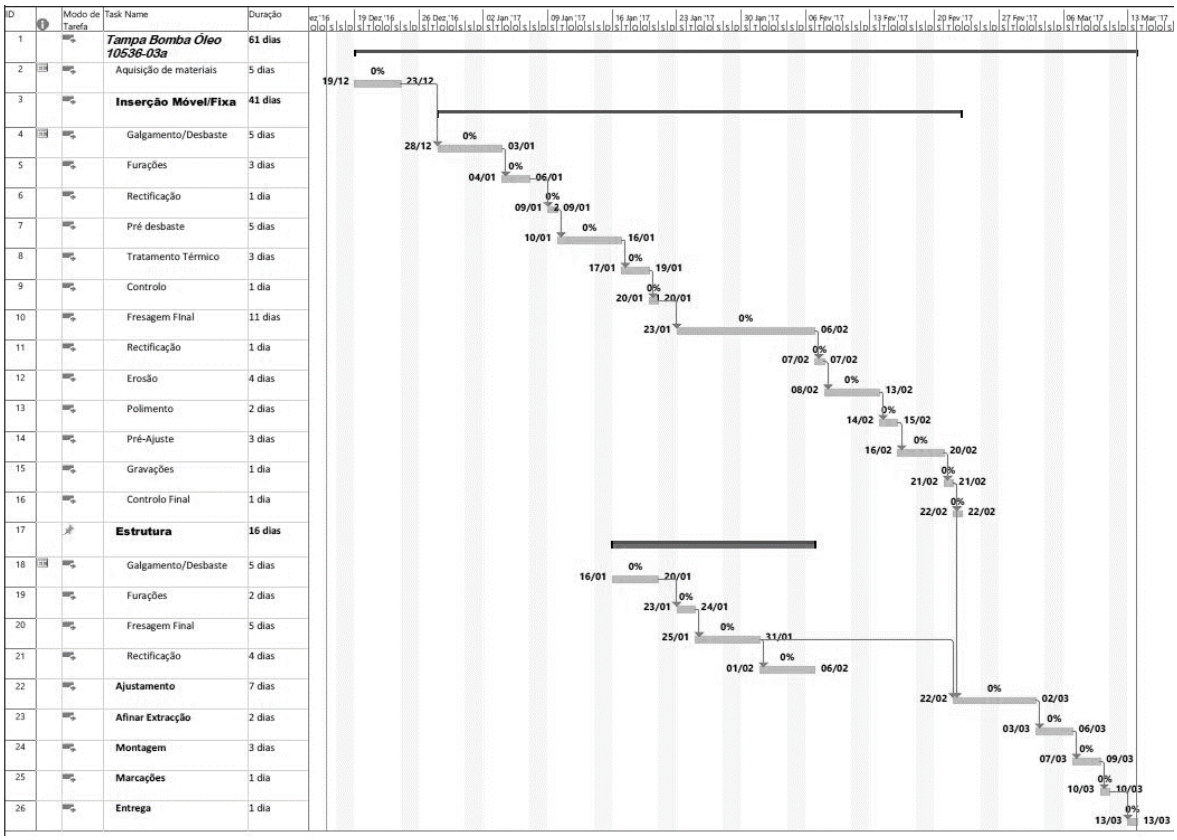
5.2 Planeamento

O planeamento inicia-se quando a conceção cede o protocolo de entrega à produção, o seja, ocorre o "handshake". Dado isto, com a confirmação da conceção, é possível proceder-se à reparação de trabalho.

Desta forma, numa primeira fase realiza-se a compra das estruturas/acessórios para que posteriormente ocorra a manufatura.

Uma vez que a manufatura é uma das etapas em que se despende mais tempo, é necessário ter em consideração o prazo estipulado pelo cliente ao efetuar o planeamento. Desta forma, é possível antever este tempo através do diagrama de Gantt e da rede de operações de precedência, que indica quais as são operações mais longas.

O diagrama de Gantt e a rede de precedências permitem ao utilizador efetuar o planeamento ao colocar as tarefas a executar, a duração e as precedências. No entanto, é possível visualizar o caminho critico através destes casos, sendo este o mais demorado, e possível observar se este irá originar atrasos. Note que a rede de precedências é elaborada, tal como o diagrama de Gantt, através de uma tabela.



ID	Modo de Tarefa	Task Name	Duração
1		***Tampa Bomba Óleo 10536-03a***	**61 dias**
2		Aquisição de materiais	5 dias
3		**Inserção Móvel/Fixa**	**41 dias**
4		Galgamento/Desbaste	5 dias
5		Furações	3 dias
6		Rectificação	1 dia
7		Pré desbaste	5 dias
8		Tratamento Térmico	3 dias
9		Controlo	1 dia
10		Fresagem FInal	11 dias
11		Rectificação	1 dia
12		Erosão	4 dias
13		Polimento	2 dias
14		Pré-Ajuste	3 dias
15		Gravações	1 dia
16		Controlo Final	1 dia
17		**Estrutura**	**16 dias**
18		Galgamento/Desbaste	5 dias
19		Furações	2 dias
20		Fresagem Final	5 dias
21		Rectificação	4 dias
22		**Ajustamento**	**7 dias**
23		**Afinar Extracção**	**2 dias**
24		**Montagem**	**3 dias**
25		**Marcações**	**1 dia**
26		**Entrega**	**1 dia**

Figura 37 - Digrama de Gantt.[5]

Tabela 5 - Tarefas a desempenhar com respetivas precedências e duração.

Tarefa	*Precedência*	*Duração*
A – Encomenda Materiais	-	5
B – Elétrodo	A	2
C – Preparação CAD/CAM	A	1
D – Aplainamento	A	3
E – Acessórios	A	4
F – EDM Fio	B	1
G – Fresagem	D	8
H – Postiços	E	2
I – Encomendas	E	3
J – Fabricar	E	2
K – Retificação	G	5
L – EDM Fio	H	1
M – EDM Penetração	H	2
N – Fresagem	H	6
O – Torno	H	3
P – Subcontratado/Comprado	I	2
Q – Torno	J	1
R – Retificadora	J	2
S – Maquinação CNC	B, C, K	3
T – EDM Penetração	F, S	2
U – Reunir acessórios	T, L, M, N, O, P, Q, R	1
V – Montar, Ajustar, Polir elementos, etc.	U	4
W – Texturas, Revestimentos, Marcações	V	2
X – Ordenar, Limpar, Medir	W	1
Y – Montagem, Ajuste, Acabamento finais	X	3
Z – Check-List final	Ensaio	1
Duração Total (dias)		70

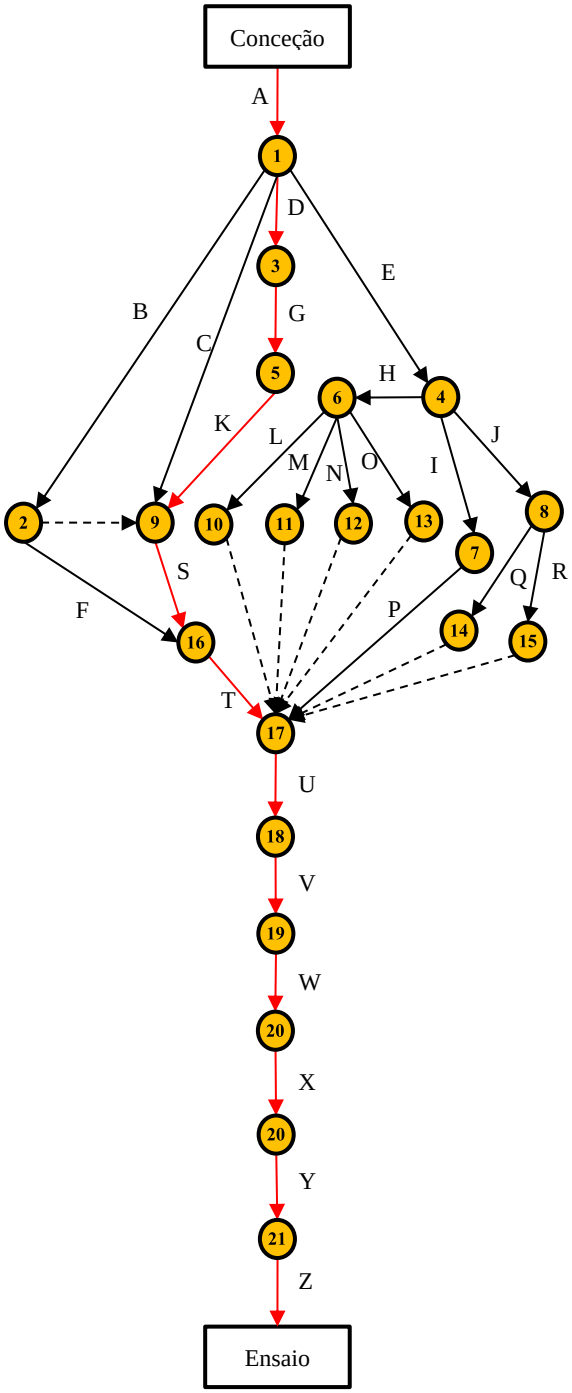


Figura 38 - Rede de Precedências.

5.3 Estrutura e Acessórios

A estrutura do molde é constituída por um conjunto de elementos, sendo que estes têm de conceder ao molde as especificações pretendidas. Por forma a consegui-lo, a estrutura é, normalmente, feita em aço, uma vez que esta tem de ser capaz de resistir às elevadas pressões de injeção e força de fecho da máquina.

Por outro lado, esta contém acessórios, tais como o sistema de guiamento, parafusos, entre outros, que têm a sua função. Evidentemente, com o tempo estes acessórios sofrem desgaste e necessitam de ser substituídos.

Desta forma, existem empresas especializadas na produção de estruturas e acessórios que fornecem esses produtos a empresas fabricantes de moldes.

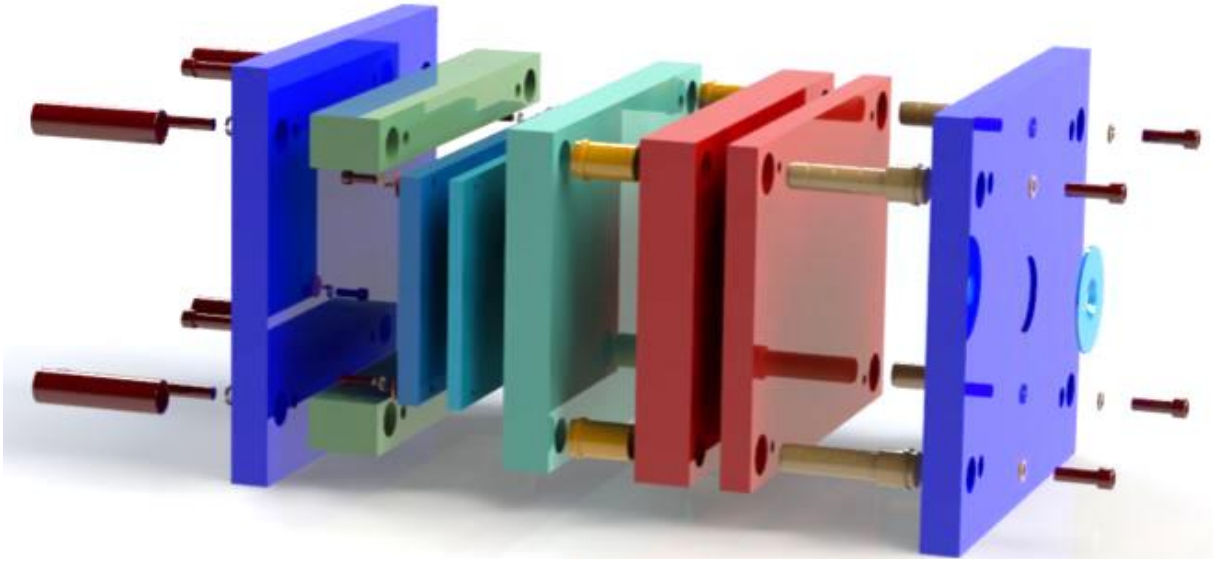


Figura 39 - Molde em expansão com a respetiva estrutura e acessórios.[5]

5.4 Manufatura

A manufatura engloba todos os processos necessários para a obtenção do molde, sendo que estes processos estão interligados entre si e por norma são utilizados várias vezes. Posto isto, existem processos que não podem ser efetuados sem a precedência de outro.

A manufatura é de todas as etapas, a mais prolongada, uma vez que os componentes que vão originar o produto final têm de ser maquinados e por fim montados. A fase de maquinação é a mais complexa, uma vez que engloba várias máquinas, ou seja, processos diferentes, que têm de ser conjugados.

Desta forma, a manufatura é constituída pelos seguintes processos:

- **EDM:**

A eletroerosão, conhecida pela sigla EDM (Electrical Discharge Machining), é um processo não tradicional de maquinagem, no qual o poder erosivo da descarga elétrica é utilizado para obter a peça.[28]

Desta forma, o fenómeno da descarga elétrica entre a ferramenta e a peça ocorre devido ao efeito termoelétrico e origina a remoção de material na peça e também na ferramenta.

No entanto, o facto de não haver contacto direto entre a peça e a ferramenta faz com que não haja tensões mecânicas na peça, o que é benéfico, uma vez que lhe aumenta o tempo de vida útil e ainda permite que sejam maquinadas peças de pequeno porte sem que estas sejam danificadas. Assim, a zona de não contacto é denominada de gap e nesta atingem-se temperaturas elevadíssimas.[28]

Em suma, independentemente do tipo de eletroerosão, o fenómeno da descarga elétrica é idêntico nos dois processos existentes, EDM por fio ou penetração.[28]

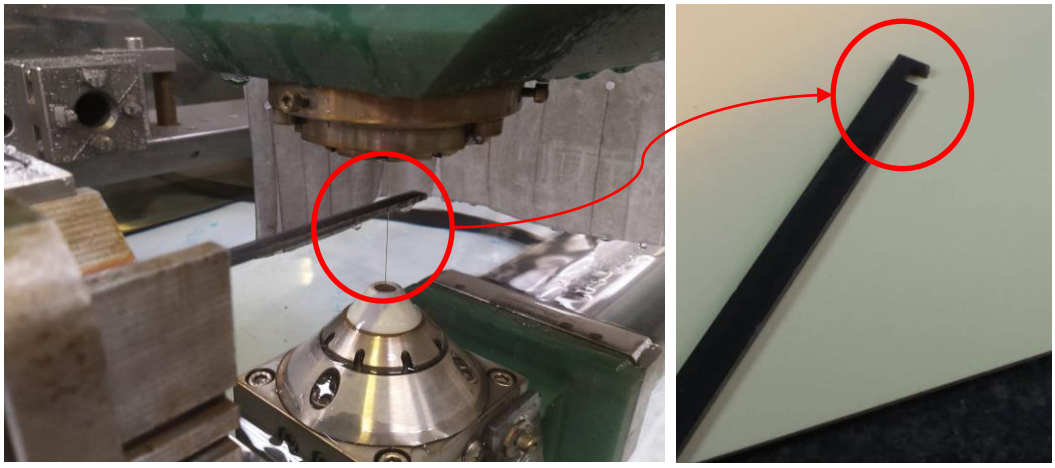


Figura 40 - EDM por Fio, Corte de um Extrator Lâmina.[5]

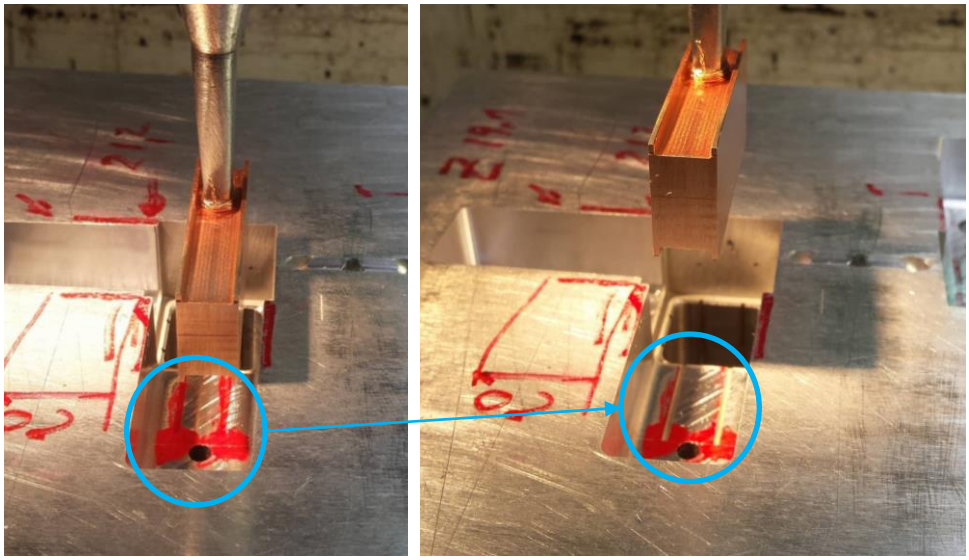


Figura 41 - EDM por Penetração, execução de umas ranhuras no elemento moldante.5

Para se conseguir um melhor aproveitamento é utilizado um líquido dielétrico (isolante elétrico), que pode variar desde um óleo de hidrocarbonetos até água desionizada, onde a peça é submersa. Este líquido tem como vantagem baixar a temperatura no gap e para remover os metais que se vão soltando da peça para fora da zona de descarga elétrica.[28]

Nesta técnica podem existir dois géneros de elétrodos, sendo estes constituídos por cobre ou por grafite. Contudo, a pesquisa sobre qual destes materiais se deve utilizar nos elétrodos ainda está a ser estudada. No entanto, existem grandes diferenças entre os dois materiais, sendo algumas delas o acabamento final, o desbaste, e os custos associados.[29,i]

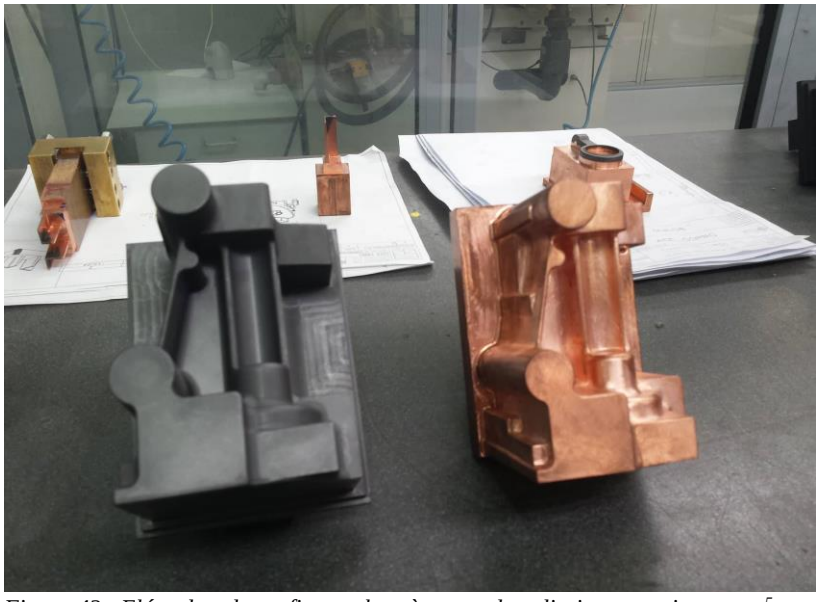


Figura 42 - Elétrodos, de grafite e cobre, à esquerda e direita, respetivamente.[5]

[i] Para mais informações ler revista ETMM, volume XVI, Issue 11 November 2014, page50-51.

- **CNC:**

Relativamente à CNC (Computer Numeric Control ou em português controle numérico computadorizado), esta é um controlador numérico que permite o controle de máquinas, através de vários eixos em simultâneo, por uma lista de movimentos escritos num código específico (código G).[30]

A introdução do CNC na indústria mudou radicalmente os processos industriais, na medida em que as curvas são, agora, facilmente cortadas, executar peças complexas com 3 dimensões tornam-se relativamente fáceis de produzir e o número de passos no processo com intervenção de operadores humanos é drasticamente reduzido.

O CNC reduziu também:[30]

– O número de erros humanos, proporcionando, desta forma, um aumento na qualidade dos produtos e diminuiu o retrabalho e o desperdício;
– Tornou as linhas de montagens mais rápidas, além de mais flexíveis, pois a mesma linha de montagem pode agora ser adaptada para produzir outro produto num tempo muito mais curto do que com os processos tradicionais de produção.

Figura 43 - Maquinação CNC (5 eixos) de um elétrodo em cobre.[5]

- **Manufatura convencional:**

Quanto à maquinação convencional, este é um processo que necessita de um operador em constante manuseamento do equipamento.

No entanto, este processo contem algumas limitações, nomeadamente quanto à maquinação de peças complexas, devido à limitação de movimentos do operador. Assim sendo, as máquinas que operam nesta secção são:

- Torno
- Furadora
- Fresadora
- Aplainamento
- Pantógrafo

A) **B)**

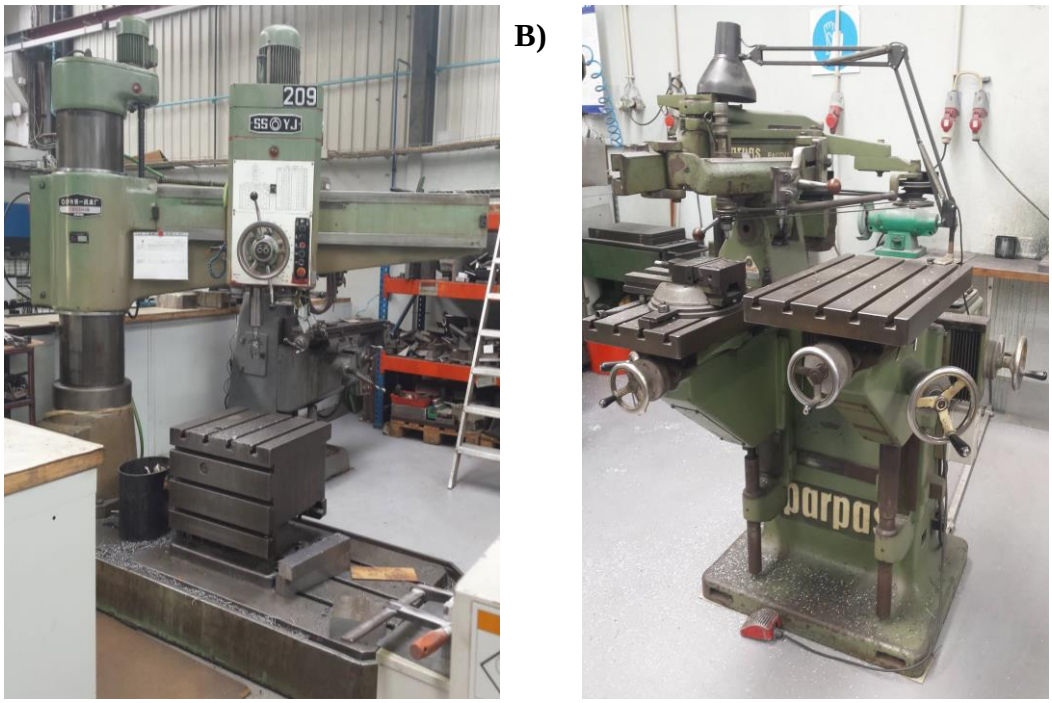


Figura 44 - Maquinação Convencional, A) Furadora; B) Pantógrafo.[5]

- **Oficina:**

A oficina é o local onde ocorre o processo de montagem do molde e se efetuam todas as verificações finais e funcionais. Desta forma, o molde é testado a nível mecânico, ou seja, confirma-se se os componentes estão devidamente montados, ajustados e se operam como o pretendido.

Figura 45 - Oficina.[5]

- **Outras tecnologias;**

O desenvolvimento tecnológico permitiu que a evolução do sector industrial nos últimos anos. A procura de soluções para as variadas necessidades que surgem são o impulso que a sociedade necessita para prosperar. Posto isto, a industria de moldes desenvolveu-se da mesma maneira, sendo nos dias de hoje um sector de grande competitividade. Assim, foram desenvolvidas técnicas que permitem auxiliar os processos de manufatura, por forma a melhorá-los ou auxiliá-los.

Uma técnica bastante utilizada na atualidade é as rapid toolings. Estas ferramentas permitem reduzir o tempo de produção do produto e o seu custo, mas em contrapartida não são precisas e encurta a vida útil deste.

Por outro lado, estas proporcionam ao cliente uma forma deste efetuar todos os testes necessários à aprovação do produto, sem ter despesas elevadas com a "imediata" produção do molde.

Nesta fase, considerou-se os seguintes processos:

- Impressão 3D
- Fundição
- Eletrodeposição
- Hobbing
- Soldadura

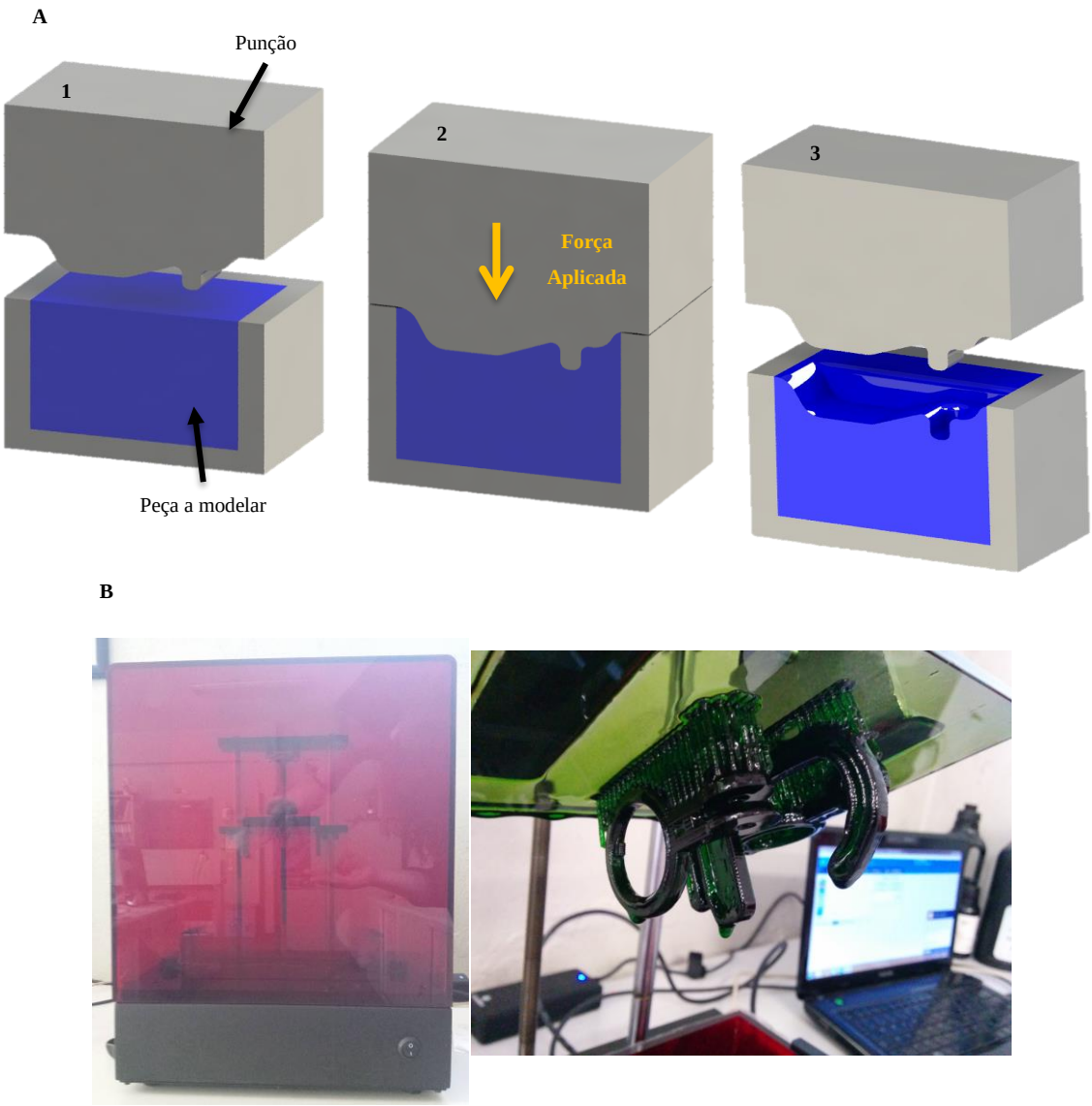


Figura 46 - Outras tecnologias: A) Hobbing; B) Impressão 3D

- **Marcações:**

As marcações podem ser de carácter estético ou técnico. Relativamente ao primeiro caso, estas são estipuladas pelo cliente, sendo um dos requisitos deste.

Quando às marcações técnicas, esta são utilizadas para identificar os vários componentes do molde e fornecer indicações de montagem, quando necessárias. Desta forma, estas marcações simplifica a comunicação entre várias empresas, fornecedores, entre outras.

Contudo, estas podem ser realizadas através de equipamentos, tais como o pantógrafo e CNC's, de laser, da aplicação de textura e de postiços.

Figura 47 - Marcação, identificação do furo, M8.[5]

- **Reparações e modificações.**

A reparação, normalmente, é utilizada quando o molde se encontra danificado ou desgastado.

Nesta etapa, a reparação pode ser simples ou complexa, sendo que qualquer um dos processos de manufatura pode ser utilizado.

Relativamente à modificação, esta poder ser efetuada por questões técnicas, na medida em que é necessário a melhoria do funcionamento do molde ou derivado a alterações no design da peça.

5.5 Qualidade e Ambiente

A qualidade do molde é verificada ao longo dos processos e em momentos chave utiliza-se Check-List, nomeadamente na transição da conceção para o planeamento e antes da expedição deste.

No entanto, antes da expedição do molde, este é submetido a ensaios através do processo de moldação por injeção.

Uma vez que o molde é um produto que tem de ser elaborado para dar origem ao produto final, este é utilizado como um dispositivo no processo de moldação por injeção. Assim, o ensaio do molde tem como objetivo verificar se o produto final é obtido de acordo com as especificações do cliente e se o molde está operacional.

Para que isto seja possível, o molde terá de passar pelas várias fases do ciclo de moldação e executá-las sem problemas, sendo estas fases as seguintes:[6]

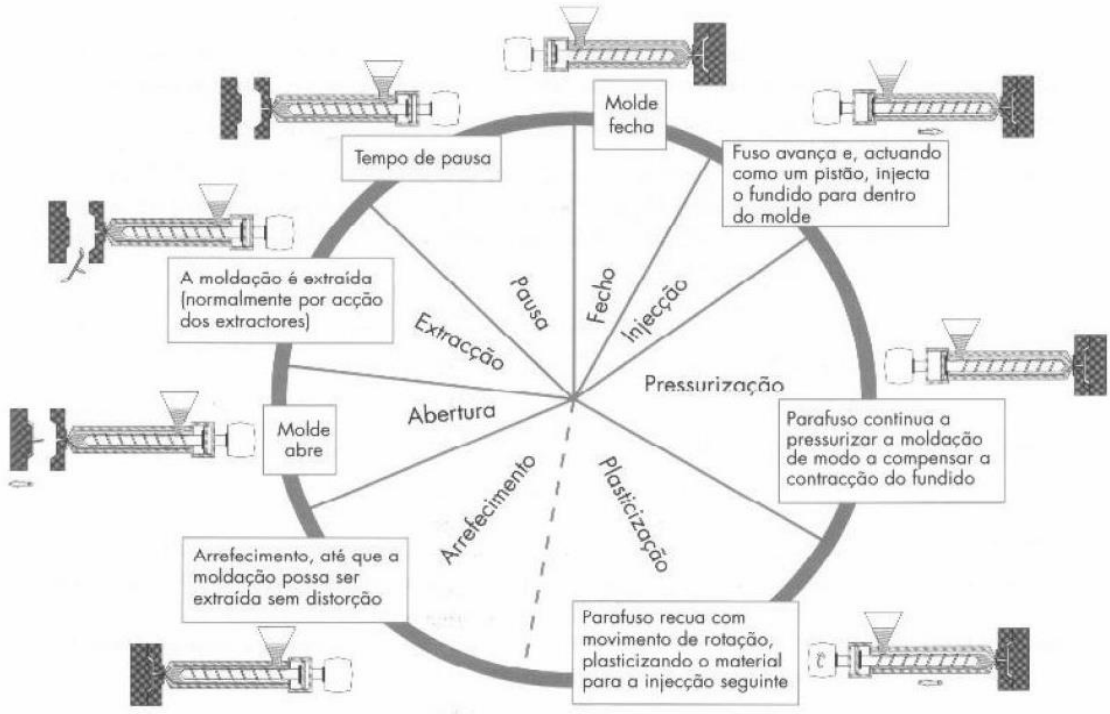


Figura 48 - Ciclo de moldação.

No entanto, as peças que são originadas através dos moldes podem sair não conformes devido às condições de processamento, uma vez que estas podem não ser as mais adequadas. Assim, por forma a melhorar a qualidade e a identificar com mais facilidade os produtos não conformes, os moldes devem conter dispositivos de rastreabilidade e marcações com datadores, como demonstra a figura 27, uma vez que com estes dispositivos é possível identificar o lote e a data de fabrico.

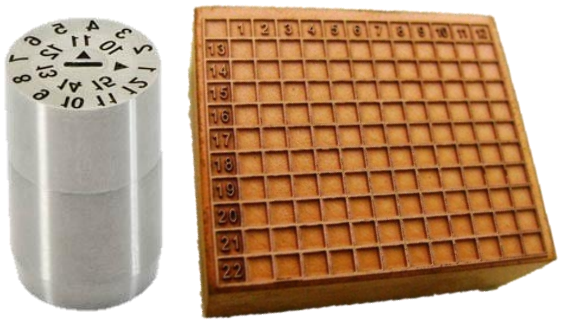


Figura 49 - Datadores.

Relativamente ao ambiente, o ciclo de vida do molde é indeterminado, na medida em que este pode ser sempre reutilizado ou mantido pelas empresas, sem que este seja descartado.

No entanto, quando ao molde lhe é atribuído um fim de vida, este dirige-se para a reciclagem, onde o material será fundido e utilizado para a produção de novas peças.

5.6 Segurança

A segurança no molde pode ser visualizada através de duas perspetivas, sendo estas a segurança do operador e a segurança do próprio molde.

Desta forma, para evitar que o operador seja lesado ao manusear o molde, este deve conter um olhal, devidamente selecionado, e uma barra de segurança, que impossibilita a abertura do molde. Quanto ao operador, este deve efetuar o trabalho com equipamento apropriado.

A segurança do molde é contida como uma forma de prevenção de danos que este possa sofrer. Assim, podem ser colocados, por exemplo:

- Chapas de proteção de extratores, para impedir a entrada de material que possa danificar o molde.
- Colocação de pés no molde, por forma a que este não danifique certos componentes sensíveis quando apoiado no solo.
- Colocação de equipamentos de fim de curso, que garante o recuo da placa extratora durante o fecho do molde.
- Sistemas de proteção para componentes que possam danificar e ferir o operador, como por exemplo, as molas.

5.7 Orçamento

O orçamento é a resposta a uma consulta do cliente ("Request for Quotation" ou RFQ) indicando as especificações principais do molde, preço, prazo, condições de pagamento e outras informações que se considere relevantes.

Para elaborar um "bom" orçamento é necessário recolher o máximo de informação quanto aos requisitos do cliente e suas expectativas, incluindo o prazo.

Uma boa prática para elaborar um orçamento com objetividade é usar vários critérios de orçamentação:

- Com base nos custos.
- Com base no histórico, caso exista.
- Por comparação com a concorrência, se possível.
- Tendo em conta o grau de exigência do cliente.
- Procurando conhecer qual o preço/prazo objetivo do cliente.
- Outros critérios.

No final combina-se os resultados da forma que se entender apropriada e faz-se uma proposta.

Desta forma, a realização de um orçamento bem-sucedido pode resultar em duas situações que são benéficas tanto para o cliente como para a empresa, sendo estas:

- Poderá dar lugar a uma encomenda;
- Satisfazer duas partes interessadas: cliente e fornecedor.

6. PROJETO NETMOULD

6.1 Como surgiu o projeto NetMould

Inicialmente, o trabalho proposto pela ESS consistia em reunir informação sobre o produto molde num ficheiro, onde fosse possível através de um Mindmap visualizar todos os tópicos associados ao molde.

Desta forma, seria possível que os trabalhadores da empresa conseguissem adquirir um maior conhecimento relativamente aos moldes, não estando apenas focados no seu posto de trabalho. Isto iria permitir que os trabalhadores compreendessem o molde na sua totalidade e seria possível a execução de trabalho em equipa, na medida em que todos compreendiam um pouco de tudo, apesar da sua especialidade.

Posto isto, os erros que pudessem surgir ao longo do desenvolvimento de um molde seriam minimizados e facilmente detetados, pois por mais cuidadosos que os operadores sejam, os erros acontecem.

No entanto, à medida que o trabalho decorria, surgiu a ideia de colocar hiperligações neste ficheiro e torná-lo mais interativo e de rápido funcionamento, ou seja, caso o leitor pretendesse ler o ficheiro em formato digital, este poderia aceder à informação desejada apenas com um clique, como evidencia a seguinte figura.

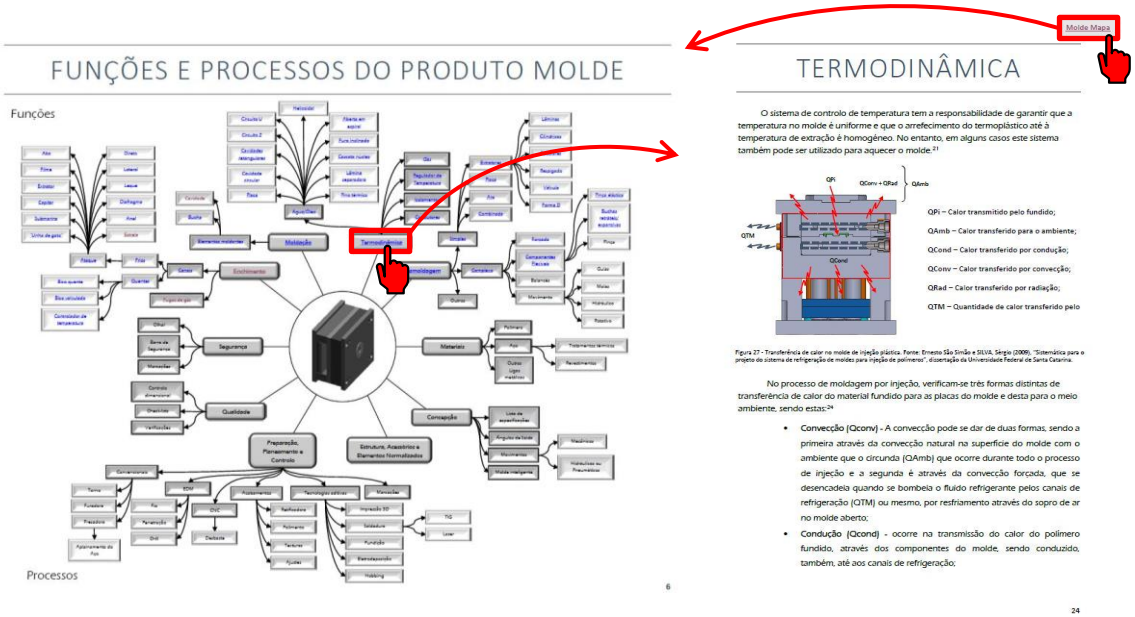


Figura 50 - Exemplificação da primeira ideia.

Contudo, a ideia de que isto é realmente importante para uma empresa foi crescendo até que despertou o interesse de criar algo que fosse benéfico não só para a empresa, mas também para esta industria, tendo assim, originado espontaneamente o nascimento do NetMould.

A plataforma NetMould foi gerada através do portal GoDaddy[ii], sendo esta uma plataforma tem uma vertente que permite às pessoas criarem os seus portais, após estas estarem inscritas na plataforma e efetuarem o registo do nome do seu portal.

Desta forma, o primeiro nome registado para este projeto foi moldEmap (www.moldemap.com) devido ao Mindmap que se assemelhava a um mapa. Posteriormente o nome foi alterado para NetMould, pois achou-se que seria mais pertinente, uma vez que o projeto é a realização de um portal que contenha informação sobre moldes. O projeto tem o atual nome registado, mas derivado às limitações do GoDaddy, teve-se de manter o domínio anteriormente mencionado.

Assim sendo, foi possível criar um portal pragmático, ou seja, conceber algo que fosse útil à comunidade e também que possuísse a capacidade de suster todas as informações pretendidas.

Contudo, numa primeira etapa a informação que o portal irá conter será sobre moldes de injeção plástica, uma vez que o projeto iniciou-se no decorrer desta dissertação, mas posteriormente tenciona-se incorporar mais informações relativamente aos moldes.

[ii] https://pt.godaddy.com/

6.2 O projeto NetMould

O projeto NetMould é uma plataforma informática, que tem como objetivo reunir, atualizar e mapear o conhecimento que existe sobre o produto molde, assim sendo, até a data de hoje, 13-06-2017, o portal contém 176 páginas em Português, com informação acerca do mesmo.

Esta plataforma dispõe de um conjunto de critérios, que se achou fundamental serem elaborados, por forma a fornecer o melhor atendimento ao público. Assim, a criação de um conjunto de regras, princípios e valores, conferem a este portal a confiança e o reconhecimento necessários para garantir a sua credibilidade.

Assim, este contém de um design simples e apelativo, de fácil manuseamento, por forma a que o público consiga rapidamente aceder à informação pretendida. O portal adotou o conceito "user friendly" e "know-how", ao apostar em gráficos, imagens, vídeos e numa linguagem simples e prática que proporcionam a este um local agradável de se navegar.

No entanto, pretende-se que este portal contenha uma estrutura ordenada e disciplinada, que permita a otimização do trabalho dos administradores e da navegação por parte do público alvo. Por outro lado, este portal promove a colaboração, como um aspeto importante neste setor industrial, na medida em que poderá proporcionar benchmarking neste mercado, por forma a solucionar problemas e a permitir a melhoria contínua do setor.

Desta forma, deseja-se que esta plataforma evolua espontaneamente para uma comunidade aberta, a Comunidade NetMould, e seja participada por um vasto grupo de pessoas, tais como, estudantes, professores, principiantes no negócio, designers, engenheiros, empreendedores, técnicos em geral, entre outros. Assim, de modo a permitir que esta comunidade possa aceder à informação que necessita, este projeto visa ter uma vertente *open-source*.

O conceito *open-source* diz respeito ao código-fonte de um software, que pode ser adaptado para diferentes fins. Este termo foi criado pela OSI (*Open Source Initiative*) que o utiliza sob um ponto de vista essencialmente técnico.

Posto isto, o NetMould pretende adaptar o conceito *open-source* sob a perspetiva do portal, na medida em que:

- Dispõe a informação online livre para os leitores;
- Preserva a integridade dos autores, relativamente à informação que disponibilizam;
- Após a inscrição, os leitores podem gerir o seu espaço;

- Não discrimina pessoas nem grupos.

Este portal tem como pretensão, ser visto como uma ferramenta da inovação, que visa o desenvolvimento contínuo da informação acerca de moldes.

Desta forma, o NetMould tem como intenção a criação de valor, por forma a prestigiar-se, relativamente à informação fornecida ao público alvo, e para tal deseja ter uma comunicação clara e objetiva.

Assim sendo, o projeto NetMould será composto por várias secções, sendo que algumas delas já estão determinadas e a ser executadas, enquanto que outras apenas podem ser realizadas após o lançamento e divulgação da plataforma.

Desta forma, a estrutura já determinada contém cinco secções, sendo estas:

1. Informação digital

Nesta fase, os leitores podem aceder à informação que a plataforma dispõe e efetuar o download do conteúdo que as páginas contém.

O leitor poderá aceder à informação ao clicar na palavra NetMould ou ao escrever através do motor de busca, sendo que este último ainda está a ser desenvolvido.

Figura 51 - Página inicial da plataforma.

Após o clique do leitor, abre uma página com os principais temas associados ao molde de injeção plástica. Nesta página, definiu-se que o produto molde pode ser definido com um conjunto de funções e um resultado de processos.

Por outro lado, a conceção apresenta-se entre as funções e os processos, uma vez que esta se encontra interligada às duas situações. Desta forma, pretende-se sensibilizar o leitor para o facto de que o designer deve, ao desenvolver o molde, ter em mente que este tem e cumprir com as suas funções e ao mesmo tempo ser processado, sem que ocorram complicações ao longo do procedimento.

Quanto ao tópico "outros", este está relacionado com assuntos que sensibilizem os leitores em relação aos moldes, isto é, temas como por exemplo: "Investir em moldes".

Através deste gráfico pretende-se que os leitores visualizem o molde como um produto que proporciona a inovação, uma vez que as peças em plástico e de fundição injetada estão a ganhar terreno, relativamente às manufaturadas convencionalmente. Esta secção contem as categorias principais do NetMould.

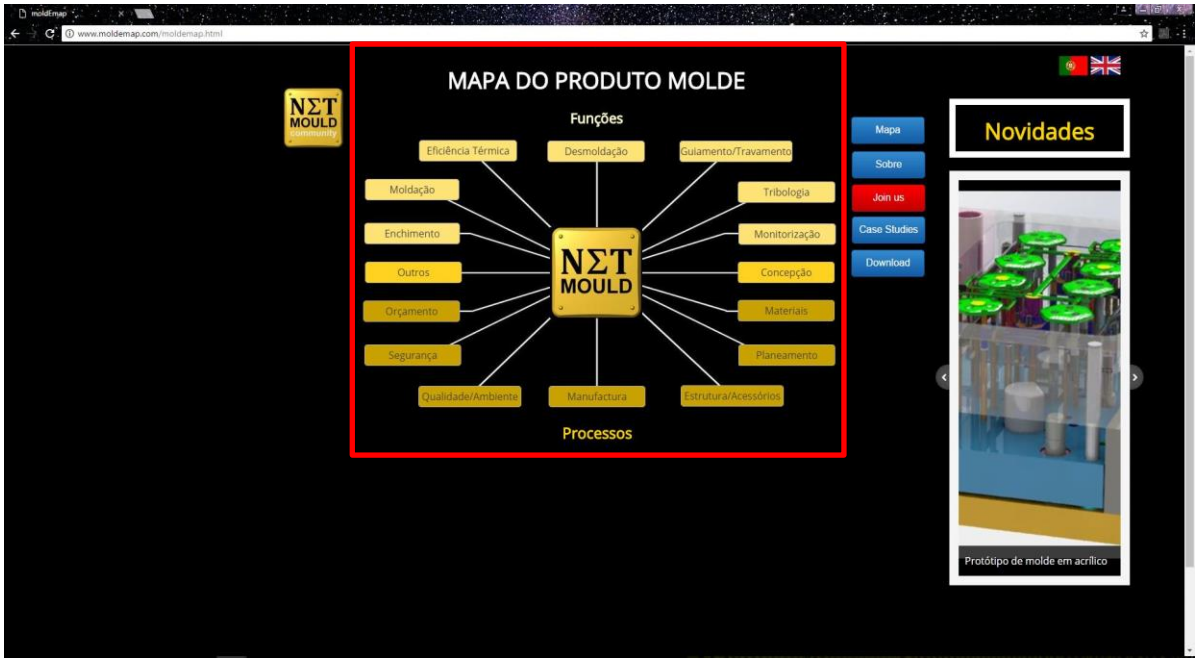


Figura 52 - Página com principais tópicos sobre o molde de injeção plástica.

Seguidamente, o leitor apenas necessita de escolher a categoria que pretende ler e abri-la. Desta forma, é possível observar um novo gráfico, com todas as subcategorias associadas ao tema selecionado.

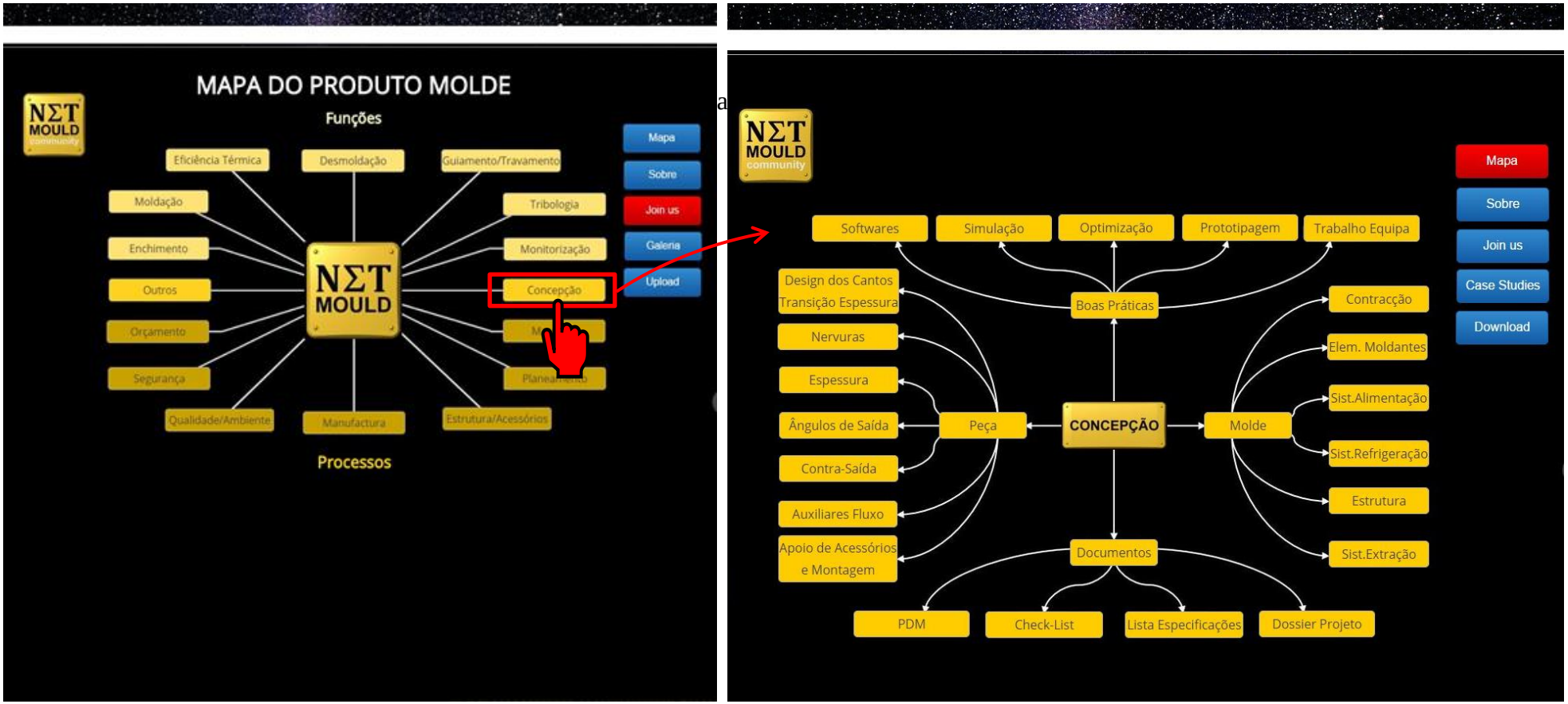


Figura 53 – Exemplificação do manuseamento da plataforma.

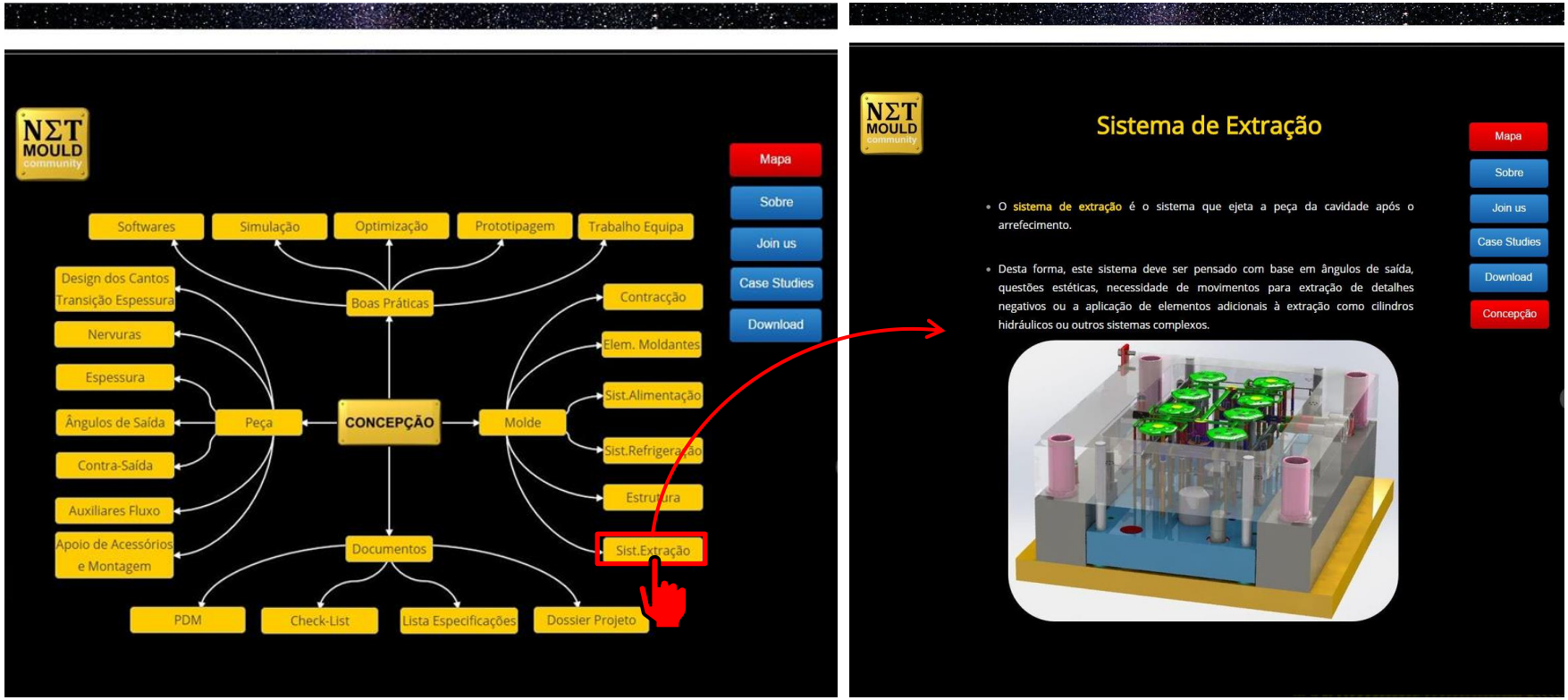


Figura 54 - Exemplificação do manuseamento da plataforma.

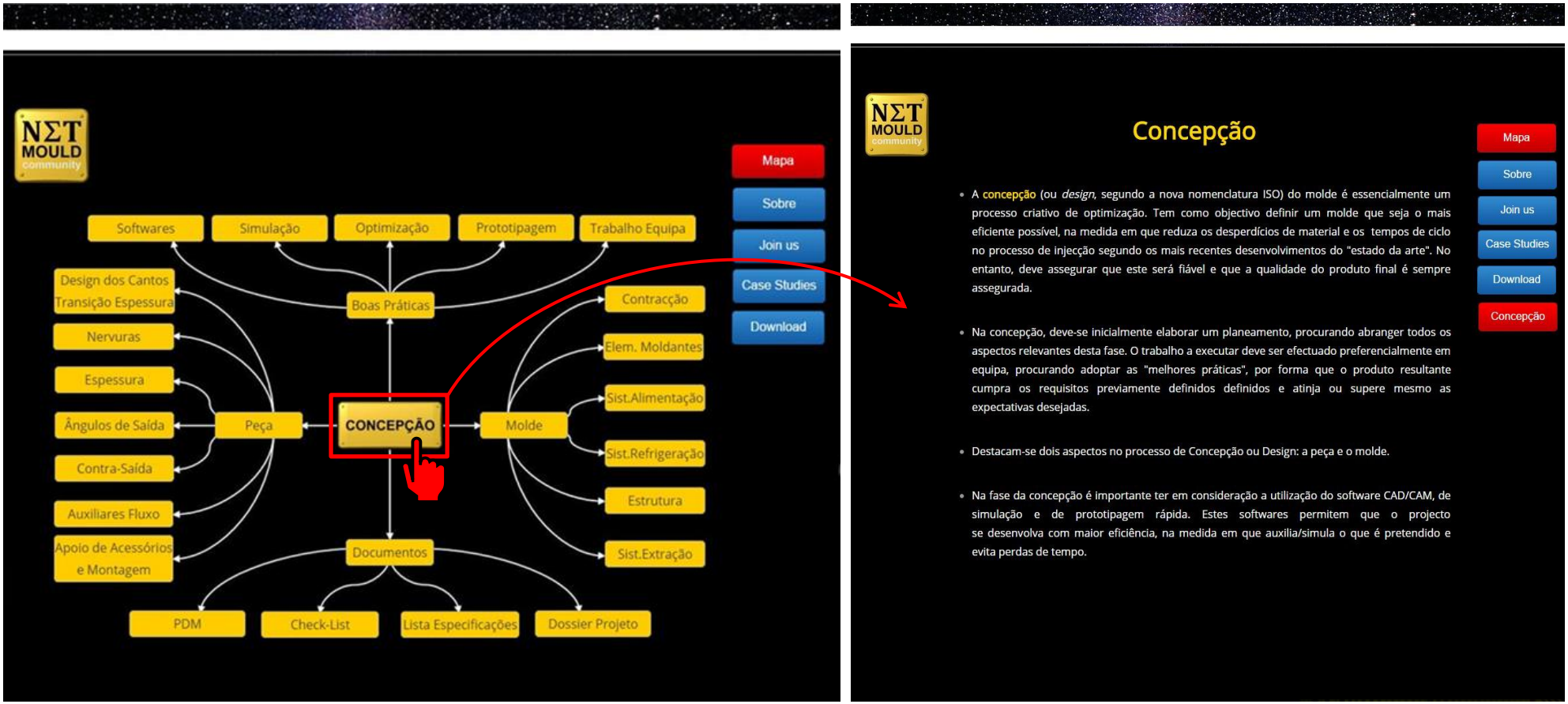


Figura 55 - Exemplificação do manuseamento da plataforma.

Posteriormente, para retornar a trás existem três alternativas, o menu da categoria e das subcategorias e a página inicial.

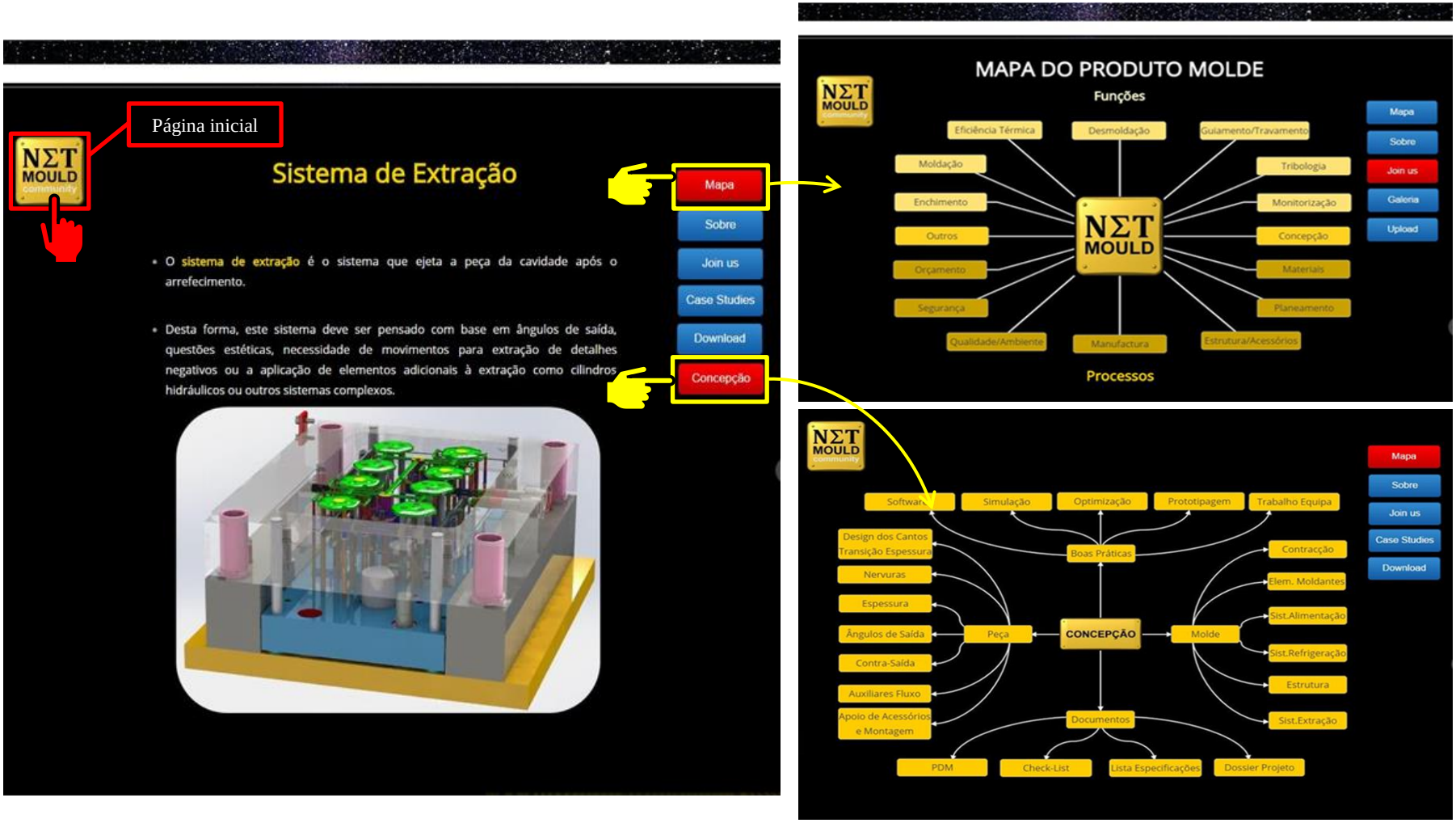


Figura 56 - Exemplificação do manuseamento da plataforma.

2. Novidades

A industria de moldes está em constante crescimento devido às necessidades humanas que vão surgindo. Desta forma, não poderia faltar um local onde fosse possível colocar as novidades.

Estas seriam essencialmente sobre a industria e o desenvolvimento de novos produtos, sendo uma forma de informar os leitores sobre os acontecimentos na sociedade. No entanto, com o crescimento do NetMould e o desenvolvimento deste setor, os temas adicionados às novidades podem tornar-se mais diversificados.

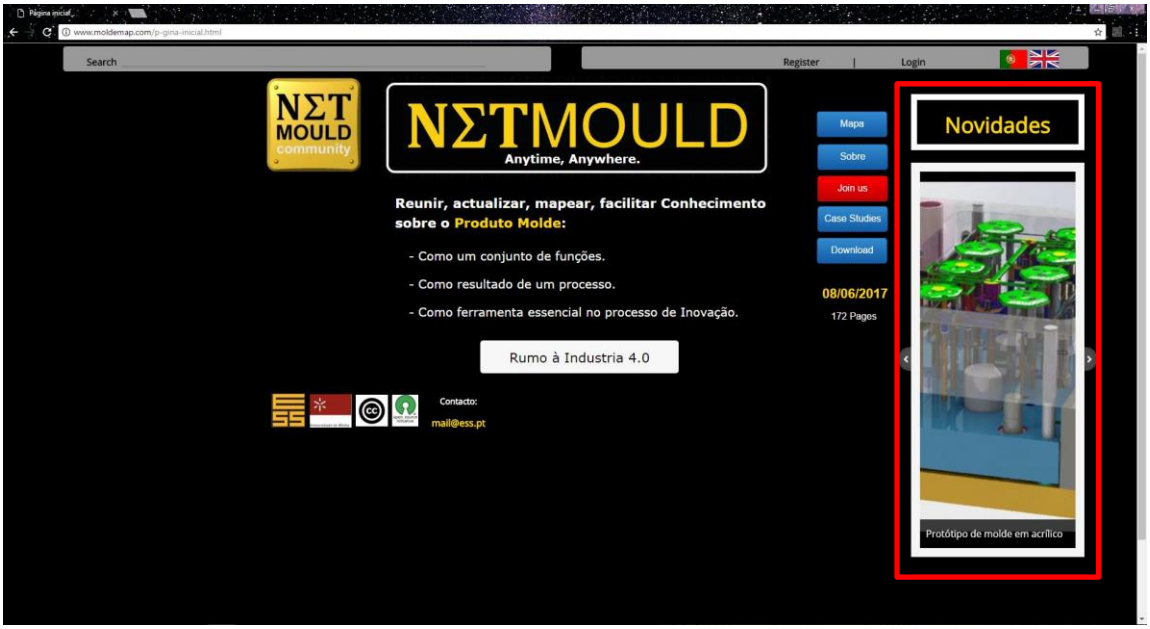


Figura 57 - Página inicial da plataforma, com destaque para a localização das notícias.

3. Inscrição

A opção de inscrição foi idealizada com o propósito de recolher contactos e informações sobre um público crescente, por forma a poder melhorar continuamente a informação da plataforma. Assim, com esta informação os administradores conseguem identificar o seu público alvo e ajustar a informação aos mesmos.

No entanto, para que o público adira às inscrições é necessário que estes tenham benefícios sobre o público visitante. Estes benefícios estão a ser elaborados e serão definidos mediante as secções que o NetMould possuir.

Assim sendo, estas inscrições, também, poderão contribuir para que o portal se mantenha ativo, juntamente com a colaboração dos administradores.

4. Portal em Inglês

Um dos tópicos que está a ser executado neste momento é a tradução da informação do portal para a língua inglesa. Com esta ação pretende-se que a informação esteja disponível, não só em Portugal, mas para o mundo inteiro.

Desta forma, deseja-se que este portal seja útil a qualquer pessoa no mundo que pretenda saber mais sobre o produto molde.

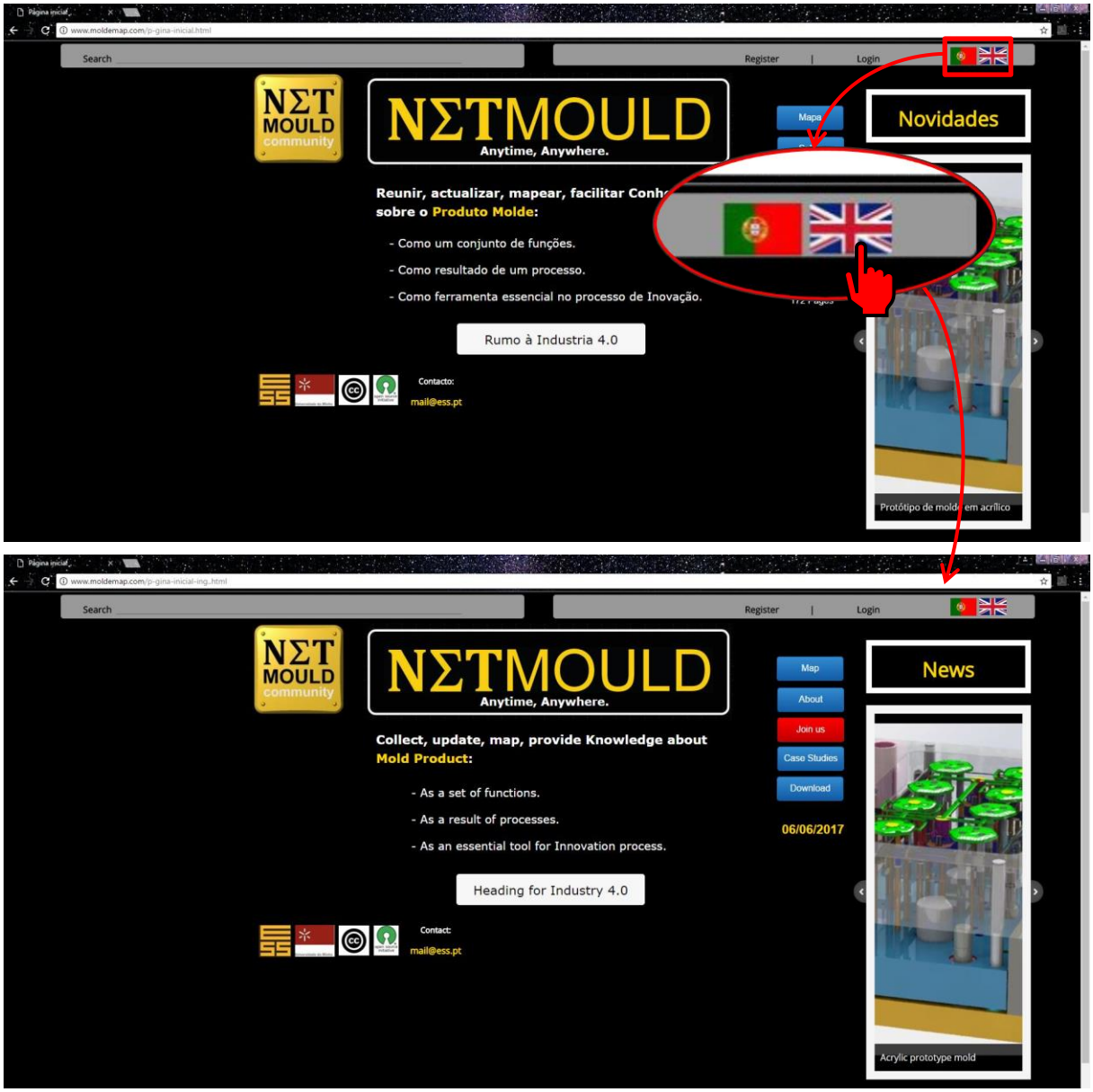


Figura 58 - Exemplificação do manuseamento da plataforma para conteúdo em Inglês.

5. “Armazém” com informação adicional

Esta secção da plataforma permite ao público contribuir com informação e efetuar downloads de documentos.

O “armazém” irá conter duas bases de dados, sendo que uma será para a recolha dos documentos fornecidos pelo público e a outra para os administradores depositar os documentos verificados, de forma a que as pessoas possam efetuar os downloads.

No entanto, pretende-se que estas bases de dados estejam organizadas de acordo com as categorias estipuladas no NetMould e que a pesquisa possa ser efetuada através de palavras-chave.

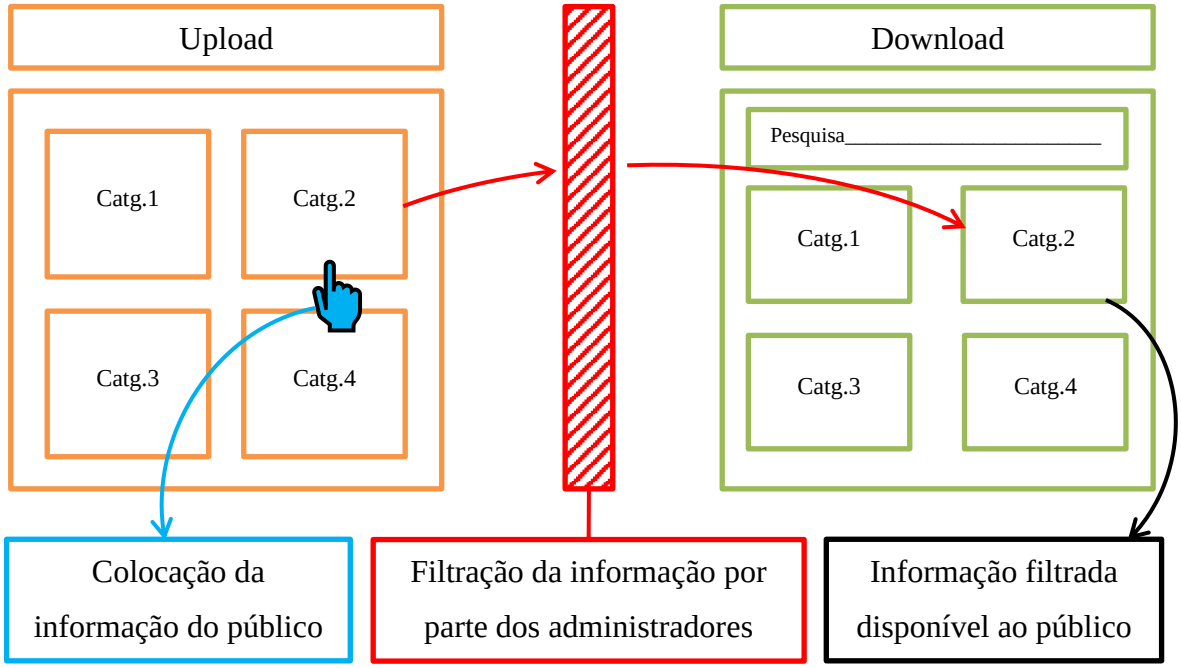


Figura 59 - Esquematização do funcionamento do "armazém" de informação.

Nesta secção do NetMould, qualquer pessoa pode contribuir com informação, uma vez que esta é depositada na base de dados Upload.

Contudo, a informação disponível nos downloads será diferente para o público visitante e o inscrito. Estes parâmetros ainda estão a ser definidos, mas um dos critérios que se pretende adotar para a diferenciação é através da complexidade da informação, ou seja, a informação que for determinada como básica estará disponível para todos os leitores, enquanto que a informação mais técnica apenas estará disponível apenas para os inscritos no portal.

Após o lançamento do NetMould existem três secções que poderão ser desenvolvidas e gerar vida ao portal. Estas tendem a aproximar o público das suas necessidades e a auxilia-los dentro das suas possibilidades.

Posto isto, estas secções são as seguintes:

1. Publicidade

As publicidades são outro meio de transmissão de informação, mas por vezes influenciam o leitor.

Desta forma, numa fase inicial, a plataforma NetMould não irá conter publicidade, uma vez que esta tem de ser primeiramente divulgada e aceite pelo público.

As publicidades constituem uma boa oportunidade de divulgação de produtos e serviços, que empresas/fornecedores necessitem de divulgar. Contudo, a localização destas tem vindo a ser estudada, na medida em que o NetMould pretende que os leitores mantenham o seu livre arbítrio.

Assim, as publicidades devem ser colocadas em locais específicos e conter uma linguagem objetiva e imparcial, de modo a que o leitor possa retirar as suas conclusões e optar pelo que julga ser a melhor opção.

Uma das ideias idealizadas para a publicidade será a colocação desta no local destinado ao seu tema, como exemplificado na figura 60, a publicidade é relativa aos balancés, sendo por este motivo colocada no local dedicado aos balancés.

Figura 60 – Exemplo de uma página com informação dos balancés e respetiva publicidade.

2. Case Studies

Os case studies serão uma área do NetMould que visa a interação entre as pessoas da comunidade NetMould ao providenciar projetos para o incremento de conhecimento.

Assim sendo, as pessoas que utilizarem este espaço terão a oportunidade de divulgar os seus trabalhos e ainda colocar questões, sempre que se depararem com situações de maior dificuldade.

De modo a aumentar a atividade neste local do NetMould, estima-se a atribuição de pontuação aos utilizadores dos case studies, por forma a aumentar a competitividade entre estes, a promover o desenvolvimento de projetos e de trabalho de equipa, resultante da interação entre as pessoas.

Contudo, esta vertente do NetMould pode ser utilizada na sua totalidade após a inscrição no portal, uma vez que o público visitante apenas terá a possibilidade de visualizar o seu conteúdo.

3. Newsletters e Banners

O NetMould tem como sugestão futura a elaboração de Newsletters e Banners.

Relativamente às Newsletters, estas permitirão que o público alvo receba um aglomerado de informação que possa ser útil e estar sempre ocorrente dos acontecimentos. No entanto, estas apenas serão enviadas às pessoas inscritas no portal e aos membros cooperantes deste projeto.

Quanto aos Banners, este utilizados para inovar o NetMould e destacar temas, informações, entre outros, que possam vir a ser importantes e a aumentar a credibilidade e profissionalismo do portal.

6.3 Principais diferenças entre os leitores: visitantes e inscritos

Como já foi mencionado anteriormente, os leitores inscritos no portal irão ter mais benefícios relativamente aos leitores visitantes.

O principal interesse nesta ação é a recolha de informação e de endereços de e-mail do público alvo, que irá permitir que o NetMould ajuste o portal de acordo com as suas necessidades.

Desta forma, a seguinte tabela enuncia algumas diferenças relativamente aos benefícios adquiridos pelo público visitante e inscrito. Contudo, estes estão ainda a ser estudados, uma vez que existem partes da estrutura da plataforma NetMould que só após o lançamento serão executadas.

Tabela 6 - Benefícios do público visitante e inscrito

Benefícios	***Público visitante***	***Público inscrito***
Leitura da informação online	√	√
Acesso às novidades	√	√
Acesso às publicidades	√	√
Newsletters	X	√
Informação do "armazém" • *Upload* • *Download*	 √ X	 √ √
Case Studies • *Leitura* • *Download*	 √ X	 √ √

6.4 Projeto NetMould direcionado para o Futuro

O projeto NetMould está direcionado para o futuro, na medida em que é um projeto que tem uma linha de seguimento com a Industria 4.0.

O que é a Industria 4.0 e como é que o NetMould está associado a esta?

"A Indústria 4.0 ou a Quarta Revolução Industrial é impulsionada pelas tecnologias inovadoras que causam efeitos profundos, quer nos sistemas de produção quer nos modelos de negócio.

A Indústria 4.0 ou a Quarta Revolução Industrial é o momento no qual nos encontramos. Assistir à diminuição dos custos por um lado, e ao aumento de capacidade das tecnologias como os smartphones, os tablets e os computadores portáteis, por outro, faz com que uma faixa bastante alargada da população viva *"online".* A internet faz parte do dia-a-dia na vida das pessoas, sendo o canal de comunicação preferencial e o destino de todas estas e outras tecnologias de onde se conclui que tudo e todos estão interligados."[31]

A indústria 4.0 agrega tecnologias e métodos disruptivos como os que descrevemos a seguir:

- ***Big Data*** – Os sistemas informáticos que existem hoje em dia, os computadores de elevada capacidade e as redes de comunicação abrangentes e de baixo custo, fazem com que seja possível armazenar com rapidez uma grande quantidade de informação, que depois de tratada e analisada em tempo real, facilitará tomar decisões com base nessa informação de valor com mais precisão e confiança.
- ***Advanced Analytics*** – trata-se de um conjunto de métodos e técnicas avançadas para ajudar na elaboração de previsões com base na informação (*Big Data*) e efetuar simulações e análise de cenários que permitam antecipar riscos, tomar decisões e otimizar processos. Enquanto os modelos tradicionais se baseiam na análise da informação histórica, as ferramentas de *Advanced Analytics* colocam o seu foco na previsão de eventos e comportamentos futuros.
- ***Cloud Computing*** – é um sistema informático em que o armazenamento de dados é efetuado em servidores especializados e cujo acesso à informação, serviços e programas é efetuado remotamente via internet. Um computador será no futuro nada mais que um chip com ligação à internet.

- ***Internet das coisas (Internet of Things IoT)*** – é um conceito que significa interligar os aparelhos do dia-a-dia, máquinas, equipamentos de transporte, eletrodomésticos, e mesmo pequenos objetos de uso diário à internet, interagindo entre si e "lendo" o ambiente à sua volta através de sensores (temperatura, humidade, presença, etc), transformando objetos estáticos em elementos dinâmicos de uma rede integrada, cujas centrais utilizarão essa informação de forma inteligente. Prevê-se que esta forma de ligação digital estimule o surgimento de novos produtos e serviços diferenciados.

Desta forma, como a Industria 4.0 remete-se para a utilização da Internet, isto interliga-se ao projeto NetMould, pois este é um portal que contém informação sobre um dado produto que une um sector industrial, a informação neste contida poderá ajudar a dinamizar e evoluir as empresas deste sector quanto à Industria 4.0.

Em suma, a partilha de informação entre várias pessoas permite que as empresas se adaptem às tendências, e que destas resultem novos produtos e processos que visem na melhoria não só das suas empresas como do setor em si.

Como exemplo, relacionado à monitorização do produto molde, existem dispositivos de controlo utilizados nos moldes que podem, futuramente, ser conectados ao computador e fornecer todos os dados que o operador necessite para avaliar a situação em questão e decidir a melhor opção a ser abordada. Neste caso, o NetMould irá fornecer informação sobre como utilizar os dispositivos que existem e que poderão surgir, por forma a manter as empresas atualizadas.

Por outro lado, espera-se que este projeto resulte um *spin-off*, ou seja, uma empresa ou associação derivada da Ernesto São Simão, Lda., que se torne autónoma e capaz de gerar empreendedorismo.

Desta forma, caso isto se decorra num futuro próximo existem postos de trabalho que devem ser assegurados para garantir o bom funcionamento do portal e o cumprimento dos seus objetivos. Estes postos seriam os seguintes:

- Gestor da melhoria contínua;
- Gestor da atualização do portal;
- Gestor da qualidade;
- Gestor das publicidades;
- Gestor da Comunidade;

- Gestor do fórum;
- Grupo direcionado à pesquisa de informação
- Grupo direcionado à filtração da infiltração enviada pelos utilizadores do portal;
- Grupo dedicado à comunicação e divulgação;
- Grupo dedicado ao Branding (gestão da marca);
- Grupo dedicado à Merchanfdagem.

CONCLUSÃO

A presente dissertação tem como principal objetivo: reunir, atualizar e mapear conhecimento, atual e pertinente, sobre o produto molde, por forma a que o conhecimento, que se encontra disperso, seja reagrupado e facilmente compreensível abrangendo os principais aspetos funcionais e de processamento do molde.

A meu ver, as espectativas deste projeto foram amplamente superadas, na medida em que este projeto tem ideias bem implementadas e que visão a sua sustentabilidade. Assim sendo, este projeto tornou-se vantajoso pelo facto de adquirir bastante conhecimento relativamente aos moldes, tornando-se uma ferramenta inovadora.

Considero que este projeto tenha sido exaustivo e demorado, nomeadamente na fase de pesquisa, dado a dispersividade do conhecimento neste setor. No entanto, foi também muito gratificante devido aos resultados finais e conhecimento adquiridos.

Este projeto contém, para além do objetivo mencionado anteriormente, outros propósitos que ambicionam a apreensão do contributo técnico do público, através de informação relevante, que possa ser adicionada à plataforma; definir e promover as boas práticas na conceção/design e utilização de moldes de injeção no processo de Inovação; e facilitar o acesso público a uma plataforma útil de conhecimento, entre outros.

Desta forma, este projeto não colima ter um fim, pelo contrário, pretende estar em constante atualização e à procura de novas informações. Assim sendo, sempre que alguém ler esta dissertação e se dirigir ao portal é provável que este se encontre com mais informação e design diferente, dada a sua evolução com o tempo.

Por outro lado, esta plataforma almeja aumentar a economia e a dinâmica neste sector, uma vez que os leitores teriam a oportunidade de compreender mais sobre os moldes, de como seria possível investir nestes e viabilizar negócios.

Em suma, como a industria no sector dos moldes encontra-se constantemente em inovação, devido à existência de propostas que surgem diariamente derivadas da necessidade humana, é necessário que as industrias se adaptem para conseguirem corresponder às espectativas. Por outro lado, a ligação à industria 4.0 também provoca um enorme progresso no portal derivado do avanço tecnológico que pode ser adaptado às empresas e de onde estas podem obter informação de como ser utilizado.

Assim, o projeto NetMould permite que as empresas se ajustem a estas mudanças, ao auxiliar as mesmas com o conhecimento sempre atualizado e novidades sobre o setor, proporcionando uma maior competitividade entre as organizações, que por consequência poderá originar mais postos de trabalho e empreendedorismo.

Este empreendedorismo será também resultado do constante desenvolvimento do portal, que com o tempo necessita de mais pessoas a trabalhar nele, resultado do *spin-off* que poderá ocorrer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DISSERTAÇÃO:

1. CEFAMOL, Associação Nacional da Indústria de Moldes, (2016, 4 de outubro), *"Engineering and tooling from Portugal".*
2. PLASTICSEUROPE – "The Facts 2016".
3. CUNHA António, J. PONTES António, M. BRITO António (2003), *"Manual do projetista para moldes de injeção plástica"*. Vol.1.
4. GRANADA, Joana E. (21 de junho), *"Simulação da etapa de preenchimento no processo de moldagem por injeção de Polímeros"*.
5. Informação obtida pela Ernesto São Simão
6. CUNHA António, J. PONTES António, M. BRITO António (2003), *"Manual do projetista para moldes de injeção plástica"*. Vol.2.
7. BRITO, António Manuel (1984), *"Aplicação de computadores ao projeto de moldes de injeção de termoplásticos"*.
8. HARADA, Júlio (2004). *"Moldes para Injeção de Termoplásticos - Projetos e Princípios Básicos"*.
9. CUNHA António, J. PONTES António, M. BRITO António (2003), *"Manual do projetista para moldes de injeção plástica"*. Vol.6.
10. THOMAZI, Eduardo, *"Moldes de injeção"*.
11. D. Kazmer (Pub. 2007), "*Injection Mold Design Engineering"*, Hanser.
12. SILVA, S. L. (2009). *"Sistemática para o Projeto do Sistema de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros".* Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
13. SILVA, Sérgio (2009), *"Sistemática para o projeto do sistema de refrigeração de moldes para injeção de polímeros"*, dissertação da Universidade Federal de Santa Catarina.
14. FREITAS, Rúben (julho de 2014), *"Molde de duas cavidades"*, dissertação do Instituto Superior Politécnico Gaya.
15. CUNHA António, J. PONTES António, M. BRITO António (2004), *"Manual do projetista para moldes de injeção plástica"*. Vol.7.
16. MOLDFLOW, Design Guide (2006).

17. A.B. Glanvill, E.N. Denton (1980), *"Princípios básicos e projeto de moldes de injeção"*.
18. LANXESS, Part and Mold Design. A design Guide, Pittsburgh, 2007.
19. CORDEIRO, Hélder (2016), *"Conceção e desenvolvimento do produto, ferramenta e célula de produção",* dissertação do Instituto Politécnico de Leiria.
20. NARAYAN, K. Lalit (2008), *"Computer Aided Design amd Manufacturing"*, New Delhi: Prentice Hall of India.
21. DINTITH, Jonh (2004), *"Um dicionário de computação"*, Imprensa da Universidade de Oxford.
22. SARACOGLU, B.O (2006), *"Identificação de critérios de desempenho para CAD/CAM/CAE/CIM/CAL no setor da construção naval".*
23. CARVALHO, Ana Raquel (2009), *"Injeção de Polímeros – Peças Técnicas"*, dissertação do Instituto Politécnico de Bragança.
24. MEUSBURGER, Catálogo: Materiais de Aço.
25. BALDISSERA, André (2011), *"Formação da camada de interdifusão em revestimento de níquel alto fósforo e verificação dos parâmetros de processo"*, dissertação da Universidade Federal de Santa Catarina.
26. RAMADA AÇOS (Special Steel Solutions), informação obtida através do site da empresa em tratamentos térmicos.
27. UNIVERSAL AFIR, Aços especiais e ferramentas, S.A., *"Ligas de cobre"*.
28. FREITAS, Sérgio (2016), *"Estudo comparatvo entre eletroerosão com fio de latão e fio molibdénio"*, dissertação de mestrado da faculdade de engenharia da Universidade do Porto.
29. ETMM, "The trade magazine fot tool, mould & die making", volume XVI, Issue 11, November 2014, ISSN 2149-7589.
30. CORRÊA, Rafael (2013), *"Tendências tecnológicas para máquinas ferramenta de lta velocidade – HSM/HSC"*, dissertação da Universidade Federal de Rio de Janeiro.
31. COMPETE 2020 (http://www.poci-compete2020.pt/destaques/detalhe/Industria_4ponto0) vista a 13.06.2017.
32. Portal de conhecimentos, (http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/content/view/full/9513) visto a 13.06.2017

NETMOULD:

- CUNHA António, J. PONTES António, M. BRITO António (2003), *"Manual do projetista para moldes de injeção plástica"*. Vol.1.
- GRANADA, Joana E. (21 de junho), *"Simulação da etapa de preenchimento no processo de moldagem por injeção de Polímeros"*.
- Informação obtida pela Ernesto São Simão
- CUNHA António, J. PONTES António, M. BRITO António (2003), *"Manual do projetista para moldes de injeção plástica"*. Vol.2.
- BRITO, António Manuel (1984), *"Aplicação de computadores ao projeto de moldes de injeção de termoplásticos"*.
- MOREIRA, Marco M. (2015), *"Projeto de molde para a injeção de peça plástica complexa para a indústria automóvel"*, dissertação do Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- HARADA, Júlio (2004). *"Moldes para Injeção de Termoplásticos - Projetos e Princípios Básicos"*.
- CUNHA António, J. PONTES António, M. BRITO António (2003), *"Manual do projetista para moldes de injeção plástica"*. Vol.6.
- FREITAS, Rúben (julho de 2014), *"Molde de duas cavidades"*, dissertação do Instituto Superior Politécnico Gaya.
- THOMAZI, Eduardo, *"Moldes de injeção"*.
- GARCIA, Mauro R.**,** *"Fundamentos de projetos de ferramentas"*, CEFET-RS.
- LANXESS, Part and Mold Design. A design Guide, Pittsburgh, 2007.
- Software Autodesk MoldFlow 2016, Ajuda do AMA: Guia do utilizador MoldFlow - Modelação.
- MOLDFLOW Design Guide (2006).
- CORDEIRO, Hélder (2016), *"Conceção e desenvolvimento do produto, ferramenta e célula de produção",* dissertação do Instituto Politécnico de Leiria.
- D. Kazmer (Pub. 2007), "*Injection Mold Design Engineering"*, Hanser.
- P. Kennedy e R. Zheng (Pub. 2013), "*Flow Analysis of Injection Molds"*, Hanser.
- H. Rees (2001), "*Understanding Injection Mold Design"*. Muni: Carl Hanser Verlag.

- SILVA, S. L. (2009). *"Sistemática para o Projeto do Sistema de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros".* Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- CUNHA António, J. PONTES António, M. BRITO António (2004), *"Manual do projetista para moldes de injeção plástica"*. Vol.7.
- TAVARES, Márcio (2016), *"Moldes de injeção com desenroscamento automático: casos de estudo",* dissertação do Instituto Politécnico de Leiria.
- SILVA, Sérgio (2009), *"Sistemática para o projeto do sistema de refrigeração de moldes para injeção de polímeros"*, dissertação da Universidade Federal de Santa Catarina.
- SOUZA Adriano, SANTOS Rafael, MARQUES Sabrina (2014), *"Análise da influência do Conformal Cooling em um molde de injeção de plástico comparado com a refrigeração convencional por simulação de transferência de calor"*, E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v.7, n.2.
- CUNHA António, J. PONTES António, M. BRITO António (2004), *"Manual do projetista para moldes de injeção plástica"*. Vol.8.
- BORTOLETTO, Luiz Alberto (2011), *"Apostilha de Projeto de Molde".*
- CARVALHO, Ana Raquel (2009), *"Injeção de Polímeros – Peças Técnicas"*, dissertação do Instituto Politécnico de Bragança.
- MEUSBURGER, Catálogo: Materiais de Aço.
- BALDISSERA, André (2011), *"Formação da camada de interdifusão em revestimento de níquel alto fósforo e verificação dos parâmetros de processo"*, dissertação da Universidade Federal de Santa Catarina.
- MENEZES DO VALE, Alan Rafael (2011), *"Tratamento Térmico"*, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia, Belém-PA.
- Ramada Aços (Special Steel Solutions), informação obtida através do site da empresa em tratamentos térmicos.
- MACHADO, Izabel, *"Tratamentos térmicos e de superfície – PMR 2202".*
- MARTINHO, Rui Pedro (2009), *"Revestimentos PVD mono e multicamada para moldes utilizados na injeção de plástico reforçados"*, dissertação da Faculdade de Engenharia da Universidade de do Porto.
- MOLD-TECH, Mold-tech services: Tribocoat (http://www.mold-tech.com/services/overview.php) visto a 19.04.2017

- MOLDEPAR, Tabela de contração de materiais.
- A.B. Glanvill, E.N. Denton (1980), *"Princípios básicos e projeto de moldes de injeção"*.
- UNIVERSAL AFIR, Aços especiais e ferramentas, S.A., *"Ligas de cobre"*.
- FREITAS, Sérgio (2016), *"Estudo comparatvo entre eletroerosão com fio de latão e fio molibdénio"*, dissertação de mestrado da faculdade de engenharia da Universidade do Porto.
- CORRÊA, Rafael (2013), *"Tendências tecnológicas para máquinas ferramenta de lta velocidade – HSM/HSC"*, dissertação da Universidade Federal de Rio de Janeiro.
- NARAYAN, K. Lalit (2008), *"Computer Aided Design amd Manufacturing"*, New Delhi: Prentice Hall of India.
- DINTITH, Jonh (2004), *"Um dicionário de computação"*, Imprensa da Universidade de Oxford.
- SARACOGLU, B.O (2006), *"Identificação de critérios de desempenho para CAD/CAM/CAE/CIM/CAL no setor da construção naval".*
- MACHADO, Izabel (2002), *"Processos de fundição e sintetização"*, UFMG.
- MECÂNICA INDUSTRIAL (www.mecanicaindustrial.com.br/422-como-funciona-a-eletrodeposicao/), visto a 26.04.2017
- THE LIBRARY OF MANUFACTURING (thelibraryofmanufacturing.com/hobbing.html), visto a 26.04.2017
- VIANNA, D. FILIPI (2002), *"Prática de Oficina – Processos de Fabricação"*