



Mestrado em Engenharia Mecânica

Acompanhamento do Processo Produtivo e Estudo da Fase de Projeto numa Indústria de Fabrico de Moldes

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica
Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos
Mecânicos

Autor

Rafael Marques Costa

Orientador

Professor Doutor João Miguel Maia Carrapichano

Professor do Departamento de Engenharia Mecânica
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor na Empresa

Engenheiro Carlos Almeida

MOLDIT – Indústria de Moldes, S.A.

Coimbra, Junho, 2020

Agradecimentos

Ao professor João Maia Carrapichano, pelo acompanhamento prestado ao longo deste trabalho.

À Moldit pela oportunidade que me deram, e pela aprendizagem e preparação que me permitiram obter para o meu futuro profissional.

Ao Engenheiro Carlos Almeida e aos colegas da sala de desenho pelos conhecimentos transmitidos, e aos restantes colegas que me ajudaram dentro da empresa.

Aos meus pais, pelo apoio e suporte que me deram, pela paciência e incentivo contínuos e pelo carinho de sempre, o que me fez crescer e tornar na pessoa que sou hoje.

À Sofia, pela persistência, paciência, calma e compreensão que teve comigo, por não me deixar desistir nos momentos mais difíceis e me fazer acreditar que era possível.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Resumo

Este relatório tem como objetivo dar a conhecer o trabalho desenvolvido no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, no decorrer do estágio curricular realizado na Empresa MOLDIT – Indústria de Moldes, S.A.

A Moldit é uma das empresas pertencentes ao Grupo DURIT, e é especializada no desenvolvimento e fabrico de moldes e na produção de elementos plásticos.

O presente trabalho consistiu no conhecimento do programa de desenho assistido por computador (CAD) utilizado pela Moldit e adaptação às suas funcionalidades, seguindo-se o acompanhamento do desenvolvimento de alguns dos moldes elaborados na empresa durante o período de estágio.

Essencialmente, pretendeu-se desenvolver conhecimento a um nível geral acerca do funcionamento de toda a fábrica, desde as operações de produção à base de engenharia na sala de projeto, começando por pequenos exercícios (tutoriais) realizados no programa utilizado pela empresa – NX – de modo a conhecer o seu funcionamento. Ao longo do tempo, aprofundou-se a perceção de todo o processo envolvente relativo ao molde e desenvolveu-se capacidade para desempenhar determinadas tarefas, nomeadamente, a realização das listagens de materiais relativos aos componentes dos moldes no decorrer de encomendas, para auxílio à produção e para o próprio controlo de toda a sua estrutura (de forma a conhecer a lista completa de materiais e a quantidade existente), e a reprodução de vistas 2D de várias peças constituintes do molde e a realização da respetiva cotação (detalhes).

No geral, contribuiu-se ao nível do processo pré-produtivo, dando suporte na elaboração do desenho técnico de projeto, e aumentou-se bastante a perceção de toda a fase de projeto existente antes da produção efetiva dos moldes.

Palavras-chave: Projeto, Molde, CAD, *Software*, Injeção plástica, CNC.

Abstract

This report aims to make known the work developed under the Master's degree in Mechanical Engineering, during the internship held in the Company MOLDIT - Indústria de Moldes, S.A.

Moldit is one of the companies belonging to the DURIT Group, and it is specialized in the development and manufacture of moulds and the production of plastic elements.

The present work consisted in the learning of the computer-aided design program (CAD) used by Moldit and adaptation to its functionalities, as well as the development of some of the moulds made in the company during the training period.

Essentially, the main objective was to develop the know-how at a general level regarding the operation of the entire plant, from the production operations to the engineering base in the design room, starting with small exercises (tutorials) carried out in the program used by the company - NX - in order to know its operation.

Over time, the perception of the entire process related to the mould was deepened and the ability to perform certain tasks was developed, namely, carrying out the material listings related to the mould components during orders, for production support and for the control of its entire structure (in order to know the complete list of materials and the existing quantity), and the reproduction of 2D views of various parts of the mould and the performance of the respective quotation (details).

In general, contributed to the pre-production process, giving support in the elaboration of the technical design of the project, and the perception of the entire design phase existing before the effective production of the moulds was greatly increased.

Keywords: Project, Mould, CAD, Software, Plastic Injection, CNC.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO.....	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
NOMENCLATURA	XI
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Estado da arte	3
1.1.1 Origem histórica	3
1.1.2 Estatística atual	6
2 CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 O que é um molde?	11
2.2 Constituição de um molde.....	11
2.3 Tipos de moldes.....	14
2.4 A vasta utilidade dos moldes.....	16
2.4.1 Tipos de processos de moldação	18
3 PROCESSO GERAL DE FABRICO DE MOLDES.....	21
3.1 Fresagem.....	23
3.2 Furação.....	24
3.3 Eletroerosão	25
3.4 Montagem.....	26
3.5 Acabamentos	26

4	CICLO DE INJEÇÃO DE MOLDES	29
4.1	Plasticização.....	32
4.2	Enchimento do molde	33
4.3	Arrefecimento e extração da peça	33
5	A EMPRESA MOLDIT.....	35
5.1	Caracterização do processo produtivo	38
5.2	Caracterização dos produtos de fabrico	38
6	EXPERIÊNCIA NUMA INDÚSTRIA DE MOLDES	41
6.1	Conhecimento geral do processo produtivo.....	41
6.2	Estudo da fase de projeto	46
6.2.1	Zona de gravação e elementos moldantes.....	49
6.2.2	Sistema de injeção.....	55
6.2.3	Sistema de refrigeração.....	56
6.2.4	Sistema de purga de gases.....	57
6.2.5	Sistema de extração da peça.....	57
6.2.6	Placas traseiras	60
7	GESTÃO VS ELEVADO NÍVEL TECNOLÓGICO	65
8	CONCLUSÕES	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

Lista de Figuras

Figura 1 - Processo de fabrico do vidro através de moldação por sopro [Adaptado de (Cristais, 2016) e (PEGN, 2015)].	4
Figura 2 - Secção de fresadoras da empresa de fabrico de moldes A.H.A. na década de 60 [Fonte: (Gomes, 2005)].	5
Figura 3 - Dados percentuais de exportação portuguesa por países [Fonte: (Cefamol, Situação Atual, 2018)].	6
Figura 4 - Dados percentuais de exportação portuguesa por zonas continentais [Fonte: (Cefamol, Situação Atual, 2018)].	7
Figura 5 - Produção de moldes em todo o mundo, em milhões de euros (<i>Statistical Year Book ISTMA</i>) [Fonte: Cefamol].	8
Figura 6 - Dados estatísticos das indústrias clientes de moldes. [Fonte: (Cefamol, Situação Atual, 2018)].	9
Figura 7 - Constituição genérica de um tipo de molde comum para o fabrico de peças plásticas (exemplo) [Fonte: (GrabCAD, 2016)].	13
Figura 8 - Exemplos de tipos de moldes e processos de moldação [Adaptado de (Solutions, 2014), (Duomold, 2019) e (Tromosa, 2019)].	16
Figura 9 - Exemplo de molde para o fabrico de uma cadeira de plástico [Fonte: (Tooling&Molding)].	17
Figura 10 - Exemplo de molde para o fabrico de baldes [Fonte: (Alibaba.com)].	17
Figura 11 - Exemplo de molde de duas cavidades para produção de garrafas de plástico [Fonte: (Alibaba.comSite)].	18
Figura 12 - Fases principais do processo produtivo de um molde [Fonte: (ARRAY)].	21
Figura 13 - Fases do processo de fabrico de moldes.	23
Figura 14 - Operação de desbaste [Fonte: (MoldIT, 2019)].	24
Figura 15 - Operações de acabamento [Fonte: (MoldIT, 2019)].	24
Figura 16 - Operação de furação [Fonte: (MoldIT, 2019)].	25
Figura 17 – Processo de eletroerosão [Fonte: (Moldit)].	26
Figura 18 - Controlo dimensional [Fonte: (MoldIT, 2019)].	27
Figura 19 - a) Máquina injetora; b) Interior da máquina injetora - Processo de moldação por injeção [Adaptado de ... e (CustomPartNet)].	30
Figura 20 - Etapas do processo de moldação por injeção [Fonte: (DEM, FABRICO DE MOLDES)].	31
Figura 21 - Funcionamento do processo de injeção no interior da máquina injetora [Adaptado de (FERPLASTIC, 2016)].	32
Figura 22 - Empresa Moldit [Fonte: (MoldIT, 2019)].	36
Figura 23 - Área fabril da Moldit [Fonte: (MoldIT, 2019)].	36
Figura 24 - Elaboração de desenho 3D em <i>software</i> CAD [Fonte: (MoldIT, 2019)].	37
Figura 25 – Exemplo de simulação do processo de injeção do material plástico [Fonte: (MoldIT, 2019)].	37
Figura 26 - Exemplos de moldes produzidos pela Moldit (cavidades e machos) [Fonte: (MoldIT, 2019)].	39
Figura 27 - Exemplo de operação de fresagem convencional [Fonte: (MoldIT, 2019)].	41
Figura 28 – Exemplo de operação de furação [Fonte: (MoldIT, 2019)].	42

Figura 29 - Molde a ser testado na prensa: a) Molde aberto; b) Molde fechado [Adaptado de (Moldit)].....	44
Figura 30 - Afições e ajustes de correção no molde [Fonte: (MoldIT, 2019)].	44
Figura 31 - Operação de polimento [Fonte: (Moldit)].	45
Figura 32 - Procedimento de controlo de qualidade: controlo dimensional [Fonte: (MoldIT, 2019)].....	46
Figura 33 - Desenho 3D parcial da peça para a qual é necessário produzir um molde (exemplo) [Fonte: (MoldIT, 2019)].	47
Figura 34 - Desenho 3D de um molde para o fabrico de para-choques de automóvel [Fonte: (MoldIT, 2019)].	48
Figura 35 - Partes constituintes do molde: a) Parte fixa; b) Parte móvel. [Fonte: (MoldIT, 2019)]	49
Figura 36 - Zona de gravação da cavidade do molde. [Fonte: (MoldIT, 2019)]	49
Figura 37 - Elementos moldantes. [Fonte: (MoldIT, 2019)].....	50
Figura 38 - Exemplo de um movimento hidráulico. [Fonte: (MoldIT, 2019)]	51
Figura 39 - Exemplo de um balancé. [Fonte: (MoldIT, 2019)]	52
Figura 40 - Exemplo de um levantador. [Fonte: (MoldIT, 2019)].....	53
Figura 41 - Exemplo de postigo. [Adaptado de (MoldIT, 2019)]	54
Figura 42 - Sistema de injeção. [Fonte: (MoldIT, 2019)]	55
Figura 43 - Sistema de refrigeração (circuito de águas). [Fonte: (MoldIT, 2019)]	57
Figura 44 - Sistema de extração. [Fonte: (MoldIT, 2019)]	58
Figura 45 - Placa de extração e veios extratores. [Fonte: (MoldIT, 2019)]	58
Figura 46 - Barra de extração. [Fonte: (MoldIT, 2019)].....	59
Figura 47 - Calços e apoios. [Fonte: (MoldIT, 2019)].....	60
Figura 48 - Placa traseira do lado da cavidade. [Fonte: (MoldIT, 2019)].....	61
Figura 49 - Esquema de tacos: ilustração de vista de topo do circuito de refrigeração de um molde.....	63
Figura 50 - A Gestão com base na Tecnologia e Inovação.....	66

Nomenclatura

Siglas e abreviaturas

2D	“duas dimensões”
3D	“três dimensões”
AR	Augmented Reality
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CEFAMOL	Associação Nacional da Indústria de Moldes
CENTIMFE	Centro Tecnológico da Indústria de Moldes, Ferramentas Especiais e Plásticos
CNC	Computer Numeric Control
EDM	Electrical Discharg Machining
EUA	Estados Unidos da América
FMECA	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis
ISTMA	International Special Tooling & Machining Association
JIT	Just In Time
PET	Polietileno tereftalato

1 Introdução

Quando se refere o fabrico de produtos que têm a função de permitir o fabrico de outros produtos cuja forma tem origem nos primeiros, reconhece-se qual é o assunto: trata-se da **indústria de moldes**.

O processo de fabricar determinados produtos através da injeção de matéria em máquinas de moldação é o passo seguinte. Mas antes é necessário a existência de uma estrutura-mãe que seja capaz de transmitir a “genética” do produto que se quer fabricar, conferindo-lhe a forma, ou seja, é necessário produzir o **molde**.

Para quem reconhece a importância do fabrico de moldes, é fácil perceber como é útil esta indústria na medida em que possibilita o fabrico de uma grande diversidade de produtos, sendo que, a maioria dos produtos fabricados através de moldes são materiais plásticos, nomeadamente, produtos do quotidiano comum.

Mais importante se torna ao referir-se que Portugal é atualmente um dos principais fabricantes ativos na indústria de moldes a nível mundial, particularmente na vertente dos moldes para injeção de plásticos.

As indústrias de moldes estão presentes em grande escala, essencialmente nas zonas da Marinha Grande e Oliveira de Azeméis. Uma das empresas que sustenta o fabrico de moldes num dos pontos do país onde se concentra esta atividade é a Empresa MOLDIT – Indústria de Moldes, S.A., localizada no concelho de Oliveira de Azeméis, onde surgiu a oportunidade de realizar estágio curricular.

A Moldit, tal como as demais fábricas, divide-se em vários setores, desde a sala de projeto e engenharia, onde se faz o projeto dos produtos a fabricar (o dimensionamento e o desenho computacional), às operações de produção, onde se fabricam efetivamente os produtos (neste caso, os moldes). Obviamente, a empresa agrega muitas outras atividades não menos importantes e que também sustentam o funcionamento da fábrica, como a Qualidade, a Logística, a Manutenção, a gestão da Energia e do Ambiente, etc.

Este trabalho resulta do estudo geral de todos os setores de produção da fábrica e da perceção do seu funcionamento como um todo, e no projeto dos moldes através do *software* de desenho computacional utilizado pela empresa, tendo sido este o trabalho maioritário no decorrer do estágio.

Essencialmente, procurou-se perceber o funcionamento de toda a fase de projeto, adaptando os conhecimentos académicos adquiridos para consolidar os vários trabalhos que iam sendo pedidos no respetivo *software* utilizado pela empresa.

Sendo uma área em crescimento, requer um esforço por parte das empresas que pretendem aprimorar o seu fabrico e alcançar metas mais elevadas relativamente aos produtos que podem oferecer ao mercado e na sua distinção perante empresas concorrentes. A tecnologia das operações vem dar um grande suporte neste tipo de indústria, que pede um nível tecnológico elevado para se adaptar aos pedidos do mercado e para fazer face à concorrência. Como tal, tentou-se também aumentar o conhecimento acerca das formas de uso da tecnologia que permite obter tão bons resultados, e perceber essencialmente a importância do *software* e da componente informática que serve de base ao fabrico de moldes.

O presente relatório segue a seguinte estrutura:

Capítulo 1 – Introdução: Enquadramento do tema, fazendo referência aos objetivos do trabalho; indicação da estrutura da dissertação e reflexão sobre o estado da arte.

Capítulo 2 – Contextualização teórica: breve descrição sobre a constituição de um molde, a vasta utilidade dos moldes e os tipos de processos de moldação existentes.

Capítulo 3 – Breve descrição sobre todo o processo geral de fabrico de moldes desde o pedido do cliente e o orçamento à expedição do produto, incluindo a especificação das fases de produção efetiva do molde.

Capítulo 4 – Ciclo de injeção de moldes: referência às fases principais do processo de moldação na máquina injetora.

Capítulo 5 – A Empresa Moldit: Setores do processo produtivo e caracterização dos produtos de fabrico.

Capítulo 6 – Conhecimento do processo produtivo no chão-de-fábrica da Moldit e descrição do trabalho realizado na empresa e de conhecimentos adquiridos ao longo do período de estágio, nomeadamente, o estudo da fase de projeto e a perceção da quantidade de componentes por que é constituído um molde.

Capítulo 7 – Gestão vs Elevado Nível Tecnológico: reflexão acerca da necessidade de saber gerir a tecnologia e inovação em função das necessidades de uma qualquer organização.

Capítulo 8 – Resumo conclusivo do trabalho desenvolvido: indicação das principais conclusões, e considerações finais.

1.1 Estado da arte

Os moldes eram, até há bem pouco tempo, produtos de fabrico com pouca importância para o mercado, pois não havia uma necessidade tão explícita de os produzir.

Nas últimas décadas, a sua importância ganhou destaque, quando se começou a ter mais perceção sobre a sua grande potencialidade, dado o nível de variedade de produtos que os moldes nos permitem obter.

1.1.1 Origem histórica

Do que se conhece através da informação existente, sabe-se que, em Portugal, a indústria dos moldes teve origem na indústria do vidro, quando no ano de 1936 uma pequena empresa de indústria vidreira na Marinha Grande começou a fabricar os primeiros moldes para a indústria de plásticos. Esta empresa, denominada *Aires Roque & Irmão*, pertencia a Aires Roque e ao seu irmão Aníbal Henriques Abrantes, que era seu sócio. Nesse ano, os dois irmãos tiveram um pedido para que produzissem moldes para uma nova matéria-prima que entretanto tinha surgido em Portugal: a baquelite¹. Este pedido foi solicitado pela firma *Nobre & Silva*, a primeira fábrica de plásticos da região de Leiria, que pretendia que fabricassem um molde para produzir tampas de baquelite para um frasco de perfume (Gomes, 2005).

Nesta altura, já se fabricavam moldes metálicos (de ferro, alumínio ou aço) para o fabrico de vidro soprado, que se traduzia na injeção de ar dentro de uma “gota” de vidro fundido, forçando-o contra um molde (Feitosa, Saito, Cortez, & Soares, 2017), de modo a obter-se a forma definida pelo mesmo. Antes de ser sustentado de forma pneumática por ar comprimido a nível industrial, o processo era realizado integralmente de forma manual, em que o vidro era soprado pelo Homem, como acontece ainda hoje no caso do fabrico artesanal – Figura 1.

¹ Baquelite – também conhecida por ureia fenólica, foi o primeiro material plástico totalmente sintético, criado em 1907 por Leo Hendrik Baekeland, quando combinou fenol [C_6H_5OH] e formaldeído (aldeído fórmico) [$HCOH$], como tentativa de criar um verniz isolante para revestimento de fios elétricos; Baekeland verificou que esta combinação gerava uma massa pegajosa e, mais tarde, após misturar-lhe constituintes como serradura, amianto ou pó de ardósia, observou que se obtinha outros materiais ainda mais resistentes ao calor. Constituída por fenol e formaldeído, a baquelite é então uma resina sintética termoendurecível com propriedades isolantes e de resistência ao calor, que foi originalmente utilizada para isolamento de material elétrico, sendo mais tarde utilizada também no fabrico de bens de consumo (Araújo, 2014/2015).



Figura 1 - Processo de fabrico do vidro através de moldação por sopro [Adaptado de (Cristais, 2016) e (PEGN, 2015)].

A empresa *Aires Roque & Irmão* fabricava moldes para a produção de vidro e, quando surgiu o pedido da *Nobre & Silva*, começou-se então a fabricar também outro tipo de moldes, neste caso, para material plástico (na altura, peças de baquelite).

Mais tarde, em 1943, Aníbal H. Abrantes propôs ao seu irmão a ideia de expandir o negócio de moldes para plásticos. Esta ideia entusiasmava bastante Aníbal mas, nem tanto a Aires Roque, eterno apaixonado pelo vidro, que não concordou com a proposta do seu irmão, e saiu dos quadros da empresa após Aníbal lhe ter comprado a sua parte, tendo continuado a sua atividade na indústria do vidro (Gomes, 2005).

Após a compra da parte do seu irmão, a empresa passou a designar-se *Aníbal H. Abrantes* e, mais tarde, *A.H.A.* (Gomes, 2005).

Aníbal Abrantes começou a trabalhar mais intensamente no fabrico de moldes para plástico e, em 1945, produziu aquele que foi o primeiro molde para injeção de matéria plástica (Cefamol, História do Setor).

Aníbal acabou depois por deixar de fazer moldes para vidro, passando a produzir apenas moldes para plásticos, negócio onde arriscou e investiu, depois de ter conhecimento de que “os fabricantes de plásticos, em Portugal, lutavam com grandes dificuldades na aquisição dos moldes, os quais, além de ficarem caríssimos, levavam muito tempo a chegar a Portugal, pois eram feitos na Inglaterra. [...] Enquanto para adquirir determinado molde seria preciso esperar

um ano e pagar aos ingleses cinquenta contos, hoje (1949) pode conseguir-se o mesmo molde em seis meses e por vinte e cinco contos.” (Gomes, 2005), como o próprio referiu.

Na figura seguinte (Figura 2) é possível observar-se a Secção de Fresadoras da A.H.A. na década de 60.



Figura 2 - Secção de fresadoras da empresa de fabrico de moldes A.H.A. na década de 60 [Fonte: (Gomes, 2005)].

O negócio expandiu-se, criando-se novas empresas de fabrico de moldes para plásticos e, após a importação de tecnologia estrangeira, iniciou-se a exportação dos primeiros moldes à Grã-Bretanha, em 1955 (Cefamol, História do Setor).

Desde então, a indústria de moldes tornou-se uma indústria de peso em Portugal, concentrando-se atualmente na zona da Marinha Grande e também em Oliveira de Azeméis, cidades de tradição forte onde laborava a grande maioria das fábricas de indústria vidreira. Entre muitas outras organizações especializadas no fabrico de moldes, é no concelho de Oliveira de Azeméis que se localiza a empresa Moldit, que sustenta uma parte da Indústria Portuguesa de Moldes.

1.1.2 Estatística atual

Atualmente, Portugal destaca-se a nível mundial como um dos países que mais atividade tem neste setor industrial, e tem vindo a crescer bastante nos últimos anos, principalmente no fabrico de moldes para injeção de plásticos, sendo 8º entre os principais fabricantes a nível mundial e 3º a nível europeu, exportando cerca de 85 % da produção total para a Alemanha, Espanha, França, República Checa, EUA e Polónia (Cefamol, Situação Atual, 2018).

Através da figura que se segue (Figura 3) é possível verificar a distribuição de percentagens de exportação realizada pela Indústria Portuguesa de Moldes, por países.

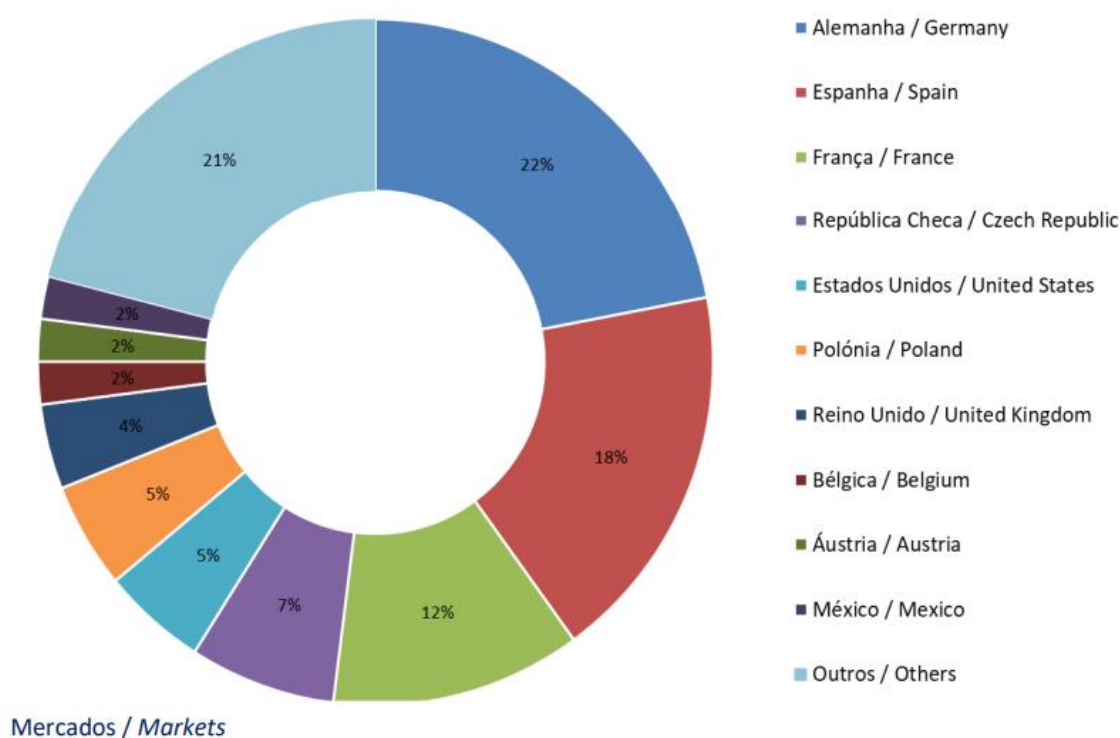


Figura 3 - Dados percentuais de exportação portuguesa por países [Fonte: (Cefamol, Situação Atual, 2018)].

O mapa seguinte (Figura 4) permite ter uma perceção mais abrangente relativamente à distribuição de percentagens de exportação portuguesa por zonas continentais.

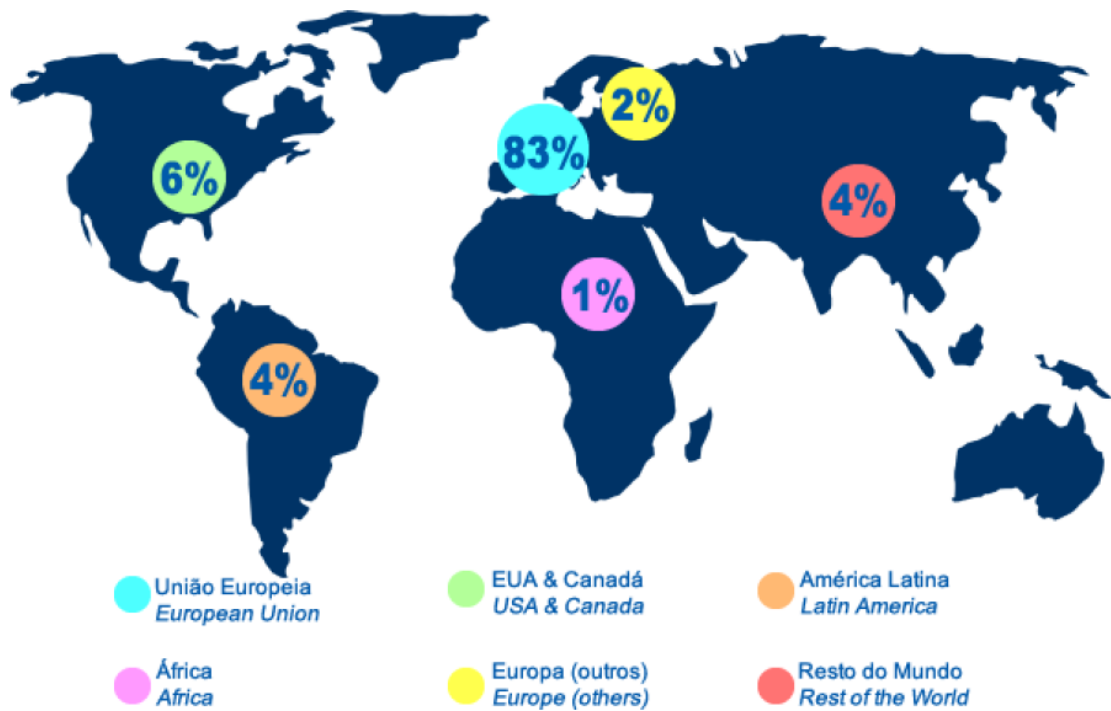


Figura 4 - Dados percentuais de exportação portuguesa por zonas continentais [Fonte: (Cefamol, Situação Atual, 2018)].

No resto do mundo, países como a China, os EUA e o Japão são dos maiores fabricantes de referência, segundo a Associação Internacional de Ferramentas Especiais e Usinagem (ISTMA) (Stahl, 2018).

Através do gráfico seguinte (Figura 5), pode observar-se o TOP 10 dos principais fabricantes de moldes a nível mundial, traduzido em milhões de euros, encontrando-se Portugal na 8ª posição.

Major global players

Moulds for Plastic or Rubber

2016 2015 2014 2013 2012

Production EUR million

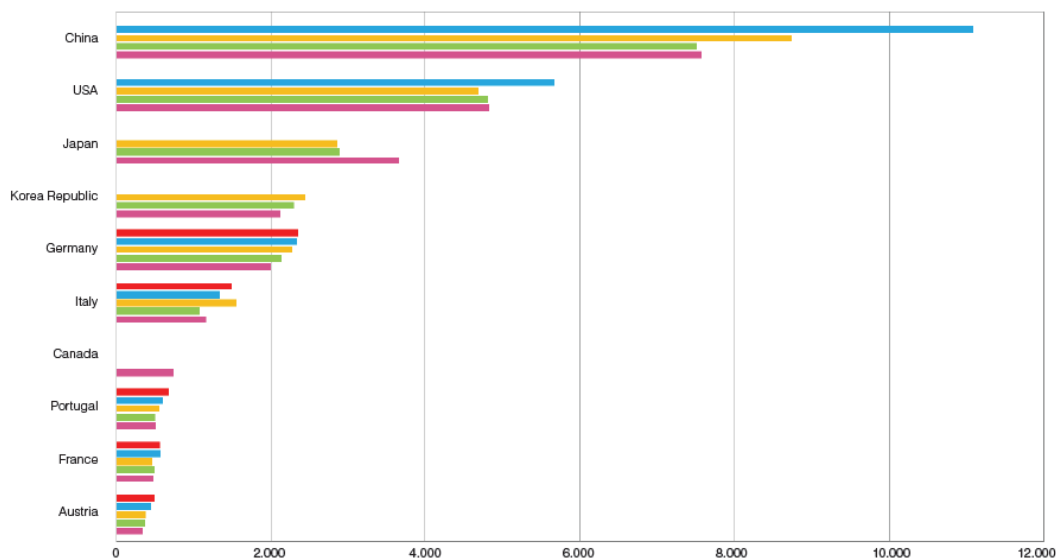


Figura 5 - Produção de moldes em todo o mundo, em milhões de euros (Statistical Year Book ISTMA)
[Fonte: Cefamol].

Verifica-se também que, a nível europeu, só a Alemanha e a Itália estão à frente de Portugal, sendo 3º na Europa.

De acordo com os dados da CEFAMOL, o sector automóvel é o principal cliente desta indústria, destacando-se com a maior fatia de percentagem de consumo (82 %), seguindo-se o setor das embalagens e, depois, os bens para utilidades domésticas, como se pode observar através do gráfico da figura seguinte (Figura 6).

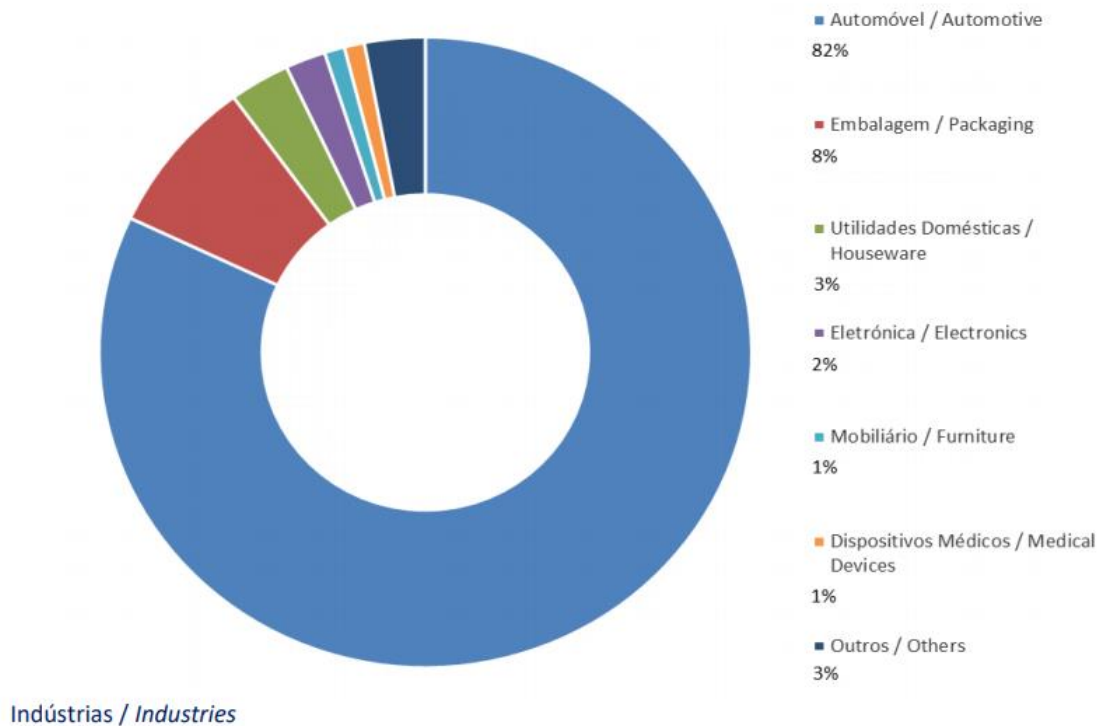


Figura 6 - Dados estatísticos das indústrias clientes de moldes. [Fonte: (Cefamol, Situação Atual, 2018)]

Apesar da indústria automóvel ser atualmente o mercado principal, poderia pensar-se que o investimento neste setor deva ser ponderado, dada a crise que o setor automóvel atravessou recentemente. Contudo, verifica-se que a indústria de moldes não deixa de ter grande valor, uma vez que é uma indústria que requer grande perícia, e o impacto que a crise pode provocar nesta indústria não se deve tanto à diminuição do número de vendas de automóveis ao consumidor final, mas sim à redução do número de modelos a fabricar pelos construtores e, “até agora, as marcas têm aumentado o número de modelos, o que é positivo para o setor, uma vez que qualquer peça de um novo modelo vai precisar de um novo molde” (DGAE, 2018).

No geral, independentemente do segmento de mercado a que se destina, atualmente, o fabrico de moldes é uma atividade de grande crescimento em todo o mundo, e tende a tornar-se ainda mais tecnológico.

É perceptível a dimensão económica que esta indústria dá a Portugal, e é reconfortante para um país pequeno ser reconhecido como uma das referências existentes para responder aos pedidos do mercado mundial, o que faz com que Portugal eleve o seu grau económico nesta indústria.

Ao longo do tempo, as empresas estão a aumentar o desenvolvimento dos seus processos de fabrico e a implementar o uso de ferramentas ainda mais eficientes, tentando atualizar-se cada vez mais, e a Indústria Portuguesa de Moldes está a conseguir manter-se como uma indústria de peso ao lado de empresas concorrentes internacionais. Esta fasquia mantém-se através da qualidade que Portugal consegue produzir com o seu investimento num nível tecnológico cada vez mais elevado nas operações, também com algum financiamento por parte do Governo desde 2016, ajudando o país a evoluir e a trabalhar para tentar atingir uma Indústria 4.0 (DGAE, 2018), que incita à transformação para uma potencial Quarta Revolução Industrial, com base em tecnologias como a Robótica, Realidade Aumentada (AR) e Digitalização 3D.

2 Contextualização teórica

Este subcapítulo contém uma pequena abordagem acerca da constituição genérica do molde, de modo a permitir a perceção do que é efetivamente um molde e para que serve especificamente. Por outro lado, fornece uma indicação da existência de vários tipos de moldes, de acordo com a função a que se destinam e consoante as peças que vão produzir.

2.1 O que é um molde?

De acordo com o *Dicionário Online de Português*, um molde pode definir-se como sendo “um modelo oco no qual se introduz matéria pastosa ou líquida que, ao secar, toma-lhe a forma” (Dicio.com.br).

Ou seja, um molde é uma estrutura oca rígida com uma superfície interna portadora de uma forma específica, de acordo com a peça que se pretende obter através do mesmo. A utilização de moldes permite obter uma grande diversidade de produtos, e a grande utilidade de um molde funciona após ser cheio com um material líquido (fundido), que pode ser plástico, vidro ou metal, e que, após endurecer no seu interior e solidificar, adquire a sua forma, obtendo-se assim a respetiva peça. O produto obtido resulta da solidificação do material sob a superfície interna específica do molde.

O próprio molde pode ser de madeira, areia, aço, etc., consoante o tipo de material constituinte da peça a obter. Para além disso, o tipo de molde utilizado varia também no seu tamanho e grau de complexidade, em função do modelo da peça que se pretende produzir.

2.2 Constituição de um molde

A grande variedade de produtos que os moldes nos permitem obter deve-se essencialmente à sua constituição física, baseada nos vários componentes que possui e no material por que estes se constituem.

No geral, um molde deve ser projetado de modo a conseguir produzir peças de boa qualidade, operar com o menor tempo de ciclo de produção possível, ter a mínima manutenção necessária ao seu funcionamento durante o seu período de vida, ter garantia de reprodutibilidade das peças produzidas de ciclo para ciclo, deve permitir o seu enchimento com um volume

adequado de material moldável fundido para as peças em causa, e deve facilitar o arrefecimento posterior do material e promover a extração das peças no final.

Assim, a constituição dos moldes é definida de forma adequada às várias funções necessárias durante o seu funcionamento, aquando da sua utilização posterior.

Conforme referido, a constituição dos moldes pode ser madeira, areia, aço, etc. O material de que são feitos varia de acordo com o fim a que se destinam, isto é, dependendo do material constituinte das peças a produzir através dos mesmos.

Pode pensar-se por exemplo nos moldes para a produção de peças de vidro que, devido ao próprio material constituinte do vidro (areia, nomeadamente, sílica, soda e calcário), são normalmente feitos de ferro, alumínio ou aço.

Por outro lado, se pensarmos na indústria metalúrgica, baseada em processos de fundição e moldação para o fabrico de peças metálicas, os moldes utilizados são de areia, verificando-se o contrário do vidro (em que o produto é de areia e o molde é metálico).

No caso dos moldes para material plástico, referimo-nos a moldes de metal, normalmente, feitos de aço.

Existem ainda os moldes para a conformação de peças cerâmicas, que são comumente moldes em gesso (podendo também ser constituídos por polímeros como borracha ou resinas porosas).

Assim, de acordo com os diferentes processos de moldação necessários, podem considerar-se quatro grupos principais de moldes: os moldes para injeção de materiais plásticos (de metal), os moldes para a conformação de materiais cerâmicos (de gesso), os moldes para fundição injetada de materiais metálicos (de areia) e os moldes para a produção de peças em vidro (de metal).

Tendo como base os moldes para injeção de materiais plásticos, existem vários tipos de moldes, sendo que os moldes mais comuns são geralmente denominados de bipartidos, dividindo-se em duas partes principais: a cavidade (ou fêmea) e a bucha (ou macho).

Veja-se o exemplo da ilustração da Figura 7, que permite perceber melhor a diferença entre ambos.

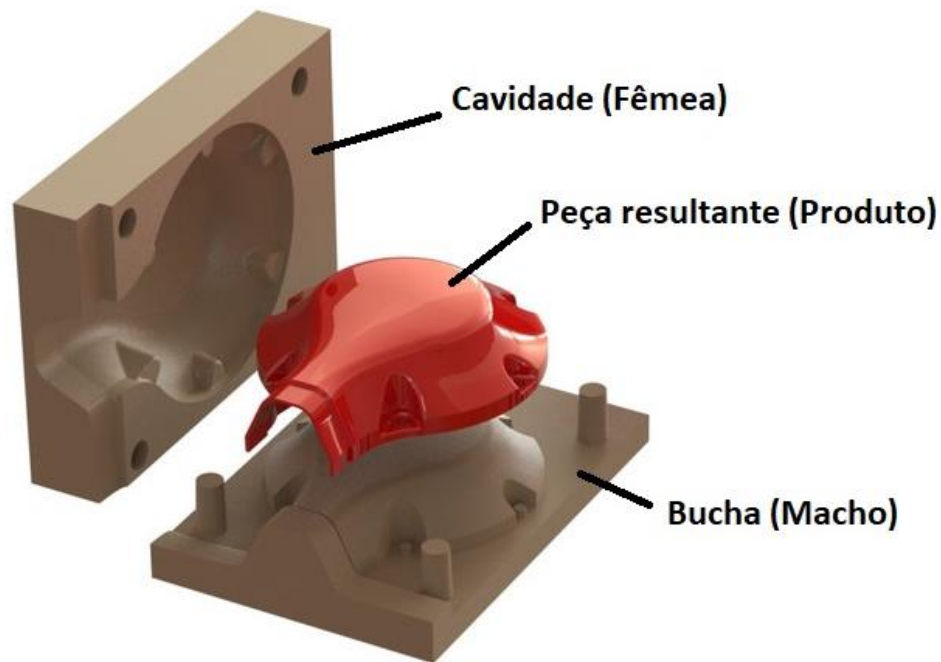


Figura 7 - Constituição genérica de um tipo de molde comum para o fabrico de peças plásticas (exemplo)
[Fonte: (GrabCAD, 2016)].

A cavidade e o macho são os elementos constituintes do molde que vão definir a forma da peça pretendida, aquando da sua produção.

A cavidade é a parte do molde que define a estrutura externa da peça (geralmente, a parte visível do produto a obter), enquanto o macho é a parte que fornece a estrutura interna da peça (geralmente, não visível aquando da obtenção do produto final a que se destina).

A cavidade e o macho são então as partes principais por que é constituído o molde, obedecendo normalmente ao facto de que, quando o molde fecha, o macho, mais saliente, é a parte que encaixa dentro da cavidade (fêmea).

Quando associadas a uma máquina de injeção de material plástico, as duas partes do molde traduzem-se no lado fixo e lado móvel, sendo que, geralmente, o lado fixo é o lado da cavidade (através do qual é realizada a injeção de material) e, por sua vez, o lado móvel é o lado do macho (que sustenta o sistema de extração da peça).

A forma que resulta do contacto do macho com o material moldado traduz-se na estrutura interna da peça obtida que, geralmente, não é visível posteriormente quando estivermos a olhar para a peça final. Por esta razão, é nesta parte do molde (macho) que normalmente encontramos o(s) ponto(s) de injeção do material, já que é nela que se criam este(s) ponto(s) de injeção, de

modo a ficar(em) escondido(s) da vista do cliente. Para além disso, por norma, é também através do macho que atuam os veios de extração da peça.

Assim, as marcas do(s) ponto(s) de injeção do material e dos pontos de extração da peça podem ver-se na face interna das peças finais, as quais estiveram em contacto com o macho durante a sua conceção, já que, aquando da venda do produto, o objetivo é não se notar nenhuma marca no lado externo da peça e, por isso, escolhe-se preferencialmente uma zona estratégica mais discreta para os pontos de injeção e de extração da peça, de modo a que o lado externo da peça (que ficou em contacto com a cavidade) seja o mais liso possível, e que o lado interno (obtido pelo contacto com o macho) possa ser utilizado para esconder esses pontos inevitáveis.

Como tal, a estrutura do molde inclui também o sistema de injeção de material, por norma, do lado fixo (cavidade), mas a injeção pode ser feita do lado móvel também. O lado que irá sustentar o sistema de injeção é definido consoante a estrutura da peça que se pretende obter. Por outro lado, o molde incorpora um sistema de extração, constituído por elementos extratores, que vão facilitar a extração da peça no final, aquando da sua produção.

O molde contém ainda um sistema de refrigeração, para regular a temperatura no seu interior no decorrer do processo de moldação, e um sistema de purga de gases, para purgar o ar do interior do molde à medida que o material é injetado.

2.3 Tipos de moldes

No geral, para além dos moldes bipartidos (moldes convencionais), existem ainda outros tipos de moldes de injeção (de plásticos ou de outros materiais), nomeadamente, os moldes multi-cavidades (de múltiplas cavidades), que permitem produzir duas ou mais peças num só ciclo de injeção, ou os moldes para peças redondas. Todos estes são conhecidos como **moldes simples**, já que são os mais simples. Além destes, existem os denominados **moldes especiais**, entre eles:

- Moldes com balancés e movimentos (contêm diferentes tipos de elementos moldantes – balancés ou movimentos - que servem para facilitar a função de extração da peça a obter);
- Moldes com a gravação em postiços (contêm elementos moldantes – postiços – que servem para facilitar a maquinação de partes específicas do molde durante a sua produção, geralmente, partes de mais difícil acesso);
- Moldes tipo *Sandwich* (moldes em andares, que se dividem normalmente em três partes/andares (cavidades ficam no meio entre os machos), e que se caracterizam

por duplicar o número de peças produzidas utilizando a mesma força de fecho da máquina injetora (DEM, FABRICO DE MOLDES, 3º ano - 2º semestre), já que a sua estrutura em faces opostas permite reduzir a área projetada, evitando a necessidade de se utilizar máquinas de injeção de maiores dimensões, e duplicando-se o número de cavidades);

- Moldes Família (no mesmo molde, em cada ciclo de injeção, são produzidas peças diferentes pertencentes ao mesmo conjunto, em vez de um só tipo de peça);
- Moldes Bi-material (com duas ou mais unidades de injeção, para a injeção de mais do que um material ou cor diferente no mesmo ciclo de injeção, permite o fabrico de peças constituídas por materiais diferentes, evitando processos de montagem posteriores);
- Moldes *overmolding* (onde um material é moldado sobre um segundo material; permite a ligação de vários tipos de componentes sem que seja necessário recorrer posteriormente a processos adicionais de montagem ou fixação, como soldadura ou colagem);
- etc.

Considera-se ainda um terceiro grupo como sendo os **moldes para materiais especiais**, como os moldes para fundição injetada de metais (Saraiva, 2016).

Na figura seguinte – Figura 8 – é possível observar-se alguns tipos de moldes e processos de moldação.

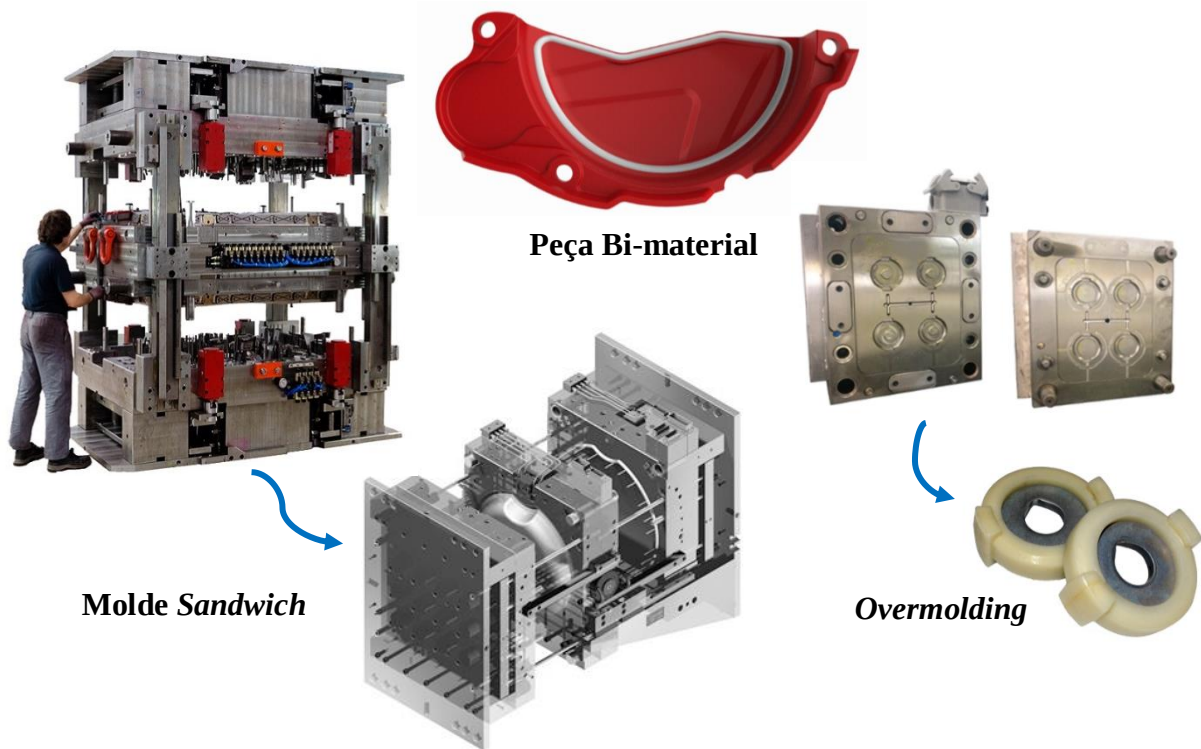


Figura 8 - Exemplos de tipos de moldes e processos de moldação [Adaptado de (Solutions, 2014), (Duomold, 2019) e (Tromosa, 2019)].

Como se pode verificar, existe um vasto leque de tipos de moldes que se podem fabricar, dependendo também do tipo de processo de moldação utilizado, conseqüente do tipo de peça que se pretende obter.

Compreende-se, portanto, como é complexo o dimensionamento dos moldes em função das peças para os quais são projetados, e quanto maior e mais complexa for a estrutura da peça a produzir, maior e mais complexo será o molde que é necessário fabricar.

2.4 A vasta utilidade dos moldes

A grande variedade de produtos que os moldes nos permitem obter vão desde produtos básicos do dia-a-dia à necessidade de produção de artigos para empresas industriais, onde é produzido um grande leque de peças em grande escala industrial. O nível de diversidade possível de produção através de moldes justifica a necessidade de criar continuamente novos moldes que se adaptem aos produtos que se pretendem comercializar, e é o que faz deles uma importante fatia empresarial a nível industrial.

Para além de artigos para a indústria, os moldes permitem fabricar diversos produtos de grande utilidade no quotidiano comum. Através das figuras seguintes (Figura 9 e Figura 10), pode ver-se exemplos de produtos fabricados através de moldes.



Figura 9 - Exemplo de molde para o fabrico de uma cadeira de plástico [Fonte: (Tooling&Molding)].



Figura 10 - Exemplo de molde para o fabrico de baldes [Fonte: (Alibaba.com)].

Como referido anteriormente, podemos ainda ter os moldes denominados multi-cavidades, com duas ou mais cavidades. A figura seguinte – Figura 11 – mostra o exemplo de um molde

com duas cavidades, neste caso, com o qual é possível produzir duas garrafas de plástico de cada vez.

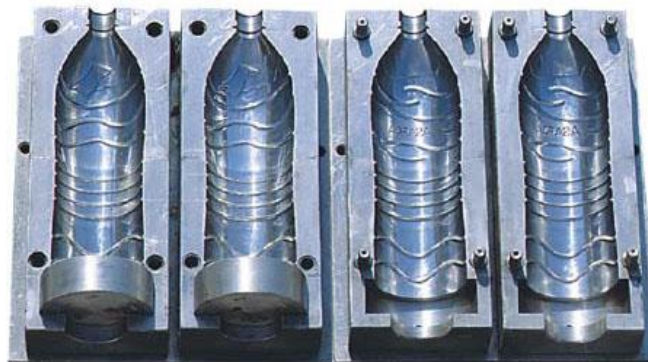


Figura 11 - Exemplo de molde de duas cavidades para produção de garrafas de plástico [Fonte: (Alibaba.comSite)].

A figura mostra um molde com duas cavidades mas, no caso específico de garrafas PET, é comum utilizarem-se moldes com muitas mais cavidades, de modo a ser possível produzir um maior número de garrafas em cada ciclo de moldação (neste caso, por sopro), minimizando-se tempo e custos no processo produtivo.

Como ilustram as figuras anteriores, produtos tão simples desde garrafas de plástico, cadeiras, ou baldes, são apenas alguns dos produtos mais comumente fabricados através de moldes, existindo muitos outros, para os mais variados fins. A moldação é, por isso, um processo que assegura grande flexibilidade de produto, já que permite grande produtividade em tempo e variedade.

2.4.1 Tipos de processos de moldação

Existem vários tipos de fabrico através dos moldes, dependendo do produto que se pretende obter. Focando nos produtos poliméricos, classificam-se os tipos de processos de moldação em quatro grupos principais, distinguindo-se:

- Moldação por injeção;
- Moldação por compressão;
- Moldação por insuflação (por sopro);
- Moldação por rotação.

Uma das mais utilizadas é a moldação por insuflação, processo comumente utilizado para produzir peças plásticas ocas pequenas, em que o material plástico, pré-aquecido, é inserido no interior do molde e soprado contra as suas paredes internas, de modo a adquirir a

respetiva forma definida pelo molde. Por outro lado, pode aplicar-se a moldação rotacional (ou rotomoldação), utilizada também para artigos de plástico ocos, mas de grandes dimensões, este processo caracteriza-se pelo revestimento da superfície interior do molde com uma quantidade pré-determinada de matéria plástica, através da rotação do próprio molde, que se movimenta lentamente segundo dois eixos perpendiculares entre si, durante o seu aquecimento e o seu arrefecimento, permitindo assim originar o produto pretendido (CEFAMOL, 2014).

Pode ainda recorrer-se à moldação por compressão, em que o molde é montado numa prensa. Neste caso, após o material ser colocado no molde, a prensa fecha o molde e, por sua vez, é aquecida e funde o material, compactando-o e dando origem à peça pretendida após arrefecimento e solidificação. Uma das diferenças em relação à moldação por injeção é que, nesta última, é injetado material para o interior do molde após o seu fecho. Apesar de também poder ser utilizada para o fabrico de peças pequenas, a moldação por compressão é útil para a produção de peças maiores e mais complexas, e com nervuras e formas mais difíceis de moldar, sendo um processo mais eficaz para estas situações, já que normalmente não requer grandes operações posteriores de acabamento (Neweco, 2018). Já a moldação por injeção é mais limitada em relação às dimensões das peças que permite produzir (MAXTECH).

Por exemplo, garrafas de plástico tipo PET fabricam-se através de moldação por sopro, a compressão é mais utilizada para produzir termoendurecíveis ou peças de borrachas termoplásticas, e para-choques de automóveis são um exemplo de peças fabricadas através de moldação por injeção.

Em suma, os moldes podem ser classificados em função do processo tecnológico utilizado (de sopro, compressão, injeção, rotacional), ou em função da matéria-prima a ser processada (vidro, termoplásticos, borrachas, entre outras).

É, portanto, perceptível como é grande a variedade de produtos que podemos fabricar através de moldes. Mas, para que tal seja possível, é primeiro necessário projetar e construir o próprio molde, e estudar a sua conceção em função do tipo de produtos que se pretende obter através dele.

3 Processo geral de fabrico de moldes

Todo o processo de construção de um molde é complexo e passa por várias fases até se chegar a um resultado adequado às necessidades.

A figura seguinte – Figura 12 – resume as fases principais do processo produtivo de um molde.

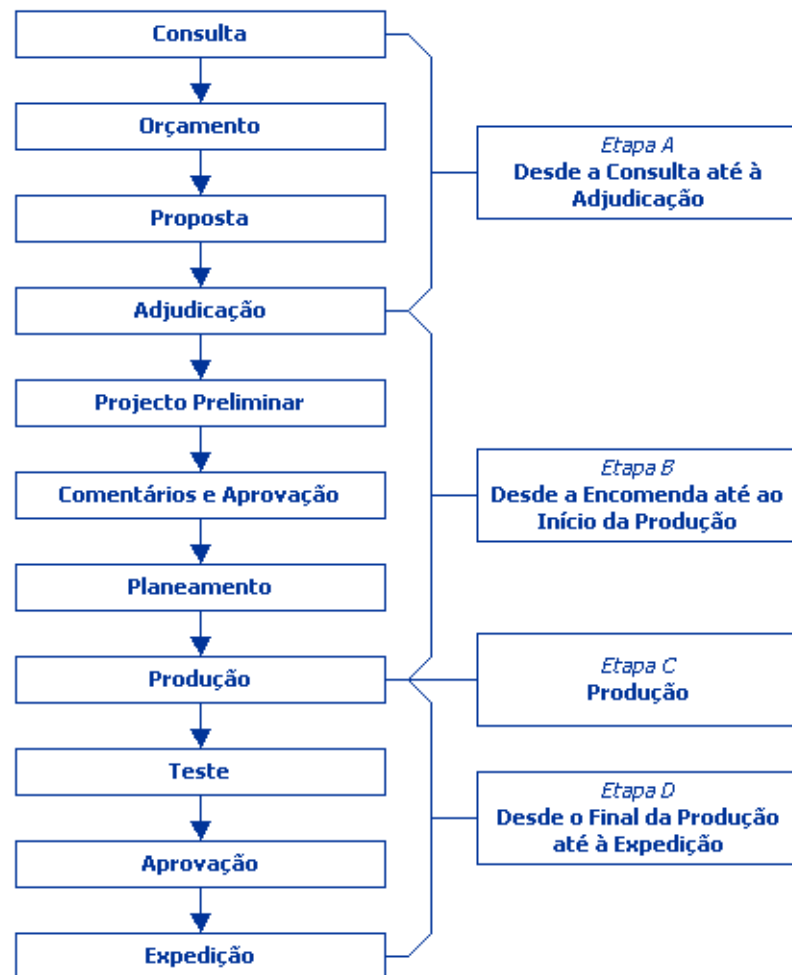


Figura 12 - Fases principais do processo produtivo de um molde [Fonte: (ARRAY)].

Antes de qualquer execução prática de tarefas, é necessário elaborar um orçamento para cada molde específico solicitado pelo cliente.

O processo inicia-se com a consulta, quando o cliente contacta a empresa e solicita um orçamento, referindo qual o tipo de molde que pretende obter e para que tipo de peça é destinado.

Para realizar o orçamento, a empresa recebe informação acerca do produto que a empresa cliente pretende obter através do molde, discutindo com o cliente as especificações técnicas do molde. É a partir desta informação que se procede ao estudo da confeção do molde necessário, e o orçamento é feito através das suas características específicas, nomeadamente, o seu tamanho, forma e material constituinte. É feita uma estimativa da quantidade de aço necessário para produzir o molde em causa, de acordo com as características da peça a obter, fazendo-se um esboço prévio do molde, uma apreciação geral de preço para o cliente, e uma avaliação do prazo necessário para o fabrico do molde.

Após análise dos requisitos, a empresa faz a sua proposta ao cliente, indicando as condições que pode fornecer (preço, prazo, tipo de material utilizado, etc.).

No caso da não-aceitação por parte do cliente, pode haver uma renegociação, ou mesmo uma revisão da proposta. Normalmente, depois de a proposta ser aceite, o cliente aprova, assinando um contrato de adjudicação.

Posteriormente, analisam-se detalhadamente todas as condições e especificações técnicas, para poder solicitar-se ao cliente os dados em falta.

Normalmente, há a disponibilização da modelação da peça em 3D e/ou alguns desenhos 2D por parte do cliente, e são ainda estudadas as características reológicas do material plástico, e toma-se conhecimento acerca das condições em que o molde a projetar irá trabalhar. Com estes dados, procede-se à elaboração do projeto preliminar, que é depois enviado para o cliente, para que este comente acerca da sua conformidade.

O cliente deverá enviar *feedback* e, caso sejam necessárias alterações, a empresa deve modificar o projeto de acordo com essas alterações e reenviar de novo para o cliente, esperando a sua aprovação.

De seguida, é necessário fazer o planeamento do fabrico do molde, prevendo quais as tarefas necessárias, o tempo e recursos necessários para as cumprir dentro do prazo estipulado. É necessário ainda o acompanhamento durante a produção do molde, para identificar eventuais operações necessárias que não foram previstas no plano de trabalho, ou para identificar e solucionar rapidamente a ocorrência de situações não planeadas.

Chega-se então à fase de produção do molde, correspondente normalmente à etapa mais demorada de todo o processo produtivo, e onde a mão-de-obra qualificada e o nível tecnológico dos equipamentos vão ditar o tempo que a empresa despenderá até obter o produto final.

Para tal, a transformação da matéria-prima em moldes altamente precisos passa por uma inúmera quantidade de tarefas e operações, para a obtenção de dezenas de peças que irão ser montadas como puzzles, até se obter uma ferramenta de grande precisão, qualidade e rigor.

Assim, avançando toda a fase de dimensionamento e projeto e pensando apenas no fabrico efetivo do molde, numa indústria de moldes o fabrico de qualquer molde passa sempre por algumas fases principais. A Figura 13 indica as fases principais de uma forma resumida.



Figura 13 - Fases do processo de fabrico de moldes.

Cada uma destas etapas no processo produtivo é essencial, e nenhuma é menos importante das que as outras para a obtenção do molde desejado.

Antes do início da produção efetiva do molde, há a receção e preparação da matéria-prima em blocos grandes de aço, que passarão por um primeiro processo de Fresagem.

3.1 Fresagem

A fresagem é um processo de remoção de material, que é normalmente utilizado como operação de desbaste e de acabamento. Ou seja, é aplicada em várias fases durante o processo de fabrico do molde, desde o início da produção do molde, para começar a dar forma aos blocos de aço iniciais de acordo com a estrutura projetada (desbaste), até ao final, em operações de acabamento do molde.

A operação de desbaste consiste na remoção de uma maior quantidade de material por cada passagem da ferramenta (Figura 14).



Figura 14 - Operação de desbaste [Fonte: (MoldIT, 2019)].

Por sua vez, a operação de acabamento, como o próprio nome indica, é a operação que define o estado final da peça e, assim, a ferramenta vai retirar uma menor porção de material por cada passagem (Figura 15).

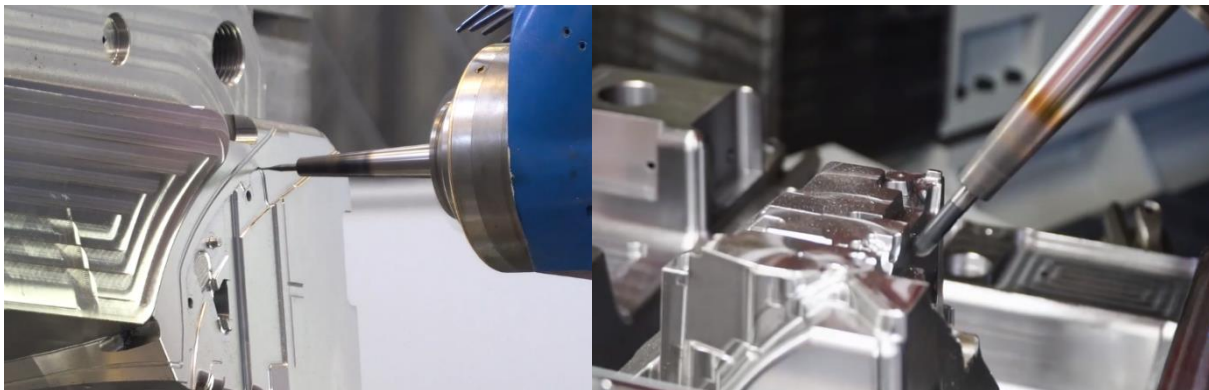


Figura 15 - Operações de acabamento [Fonte: (MoldIT, 2019)].

3.2 Furação

No sector da furação, realizam-se os furos necessários à conceção do molde, essencialmente, os furos de refrigeração do molde, que irão ter como função o arrefecimento posterior do molde durante a produção das peças que se pretendem obter através deste (quando o molde estiver em laboração).

A Figura 16 mostra um exemplo de uma operação de furação.

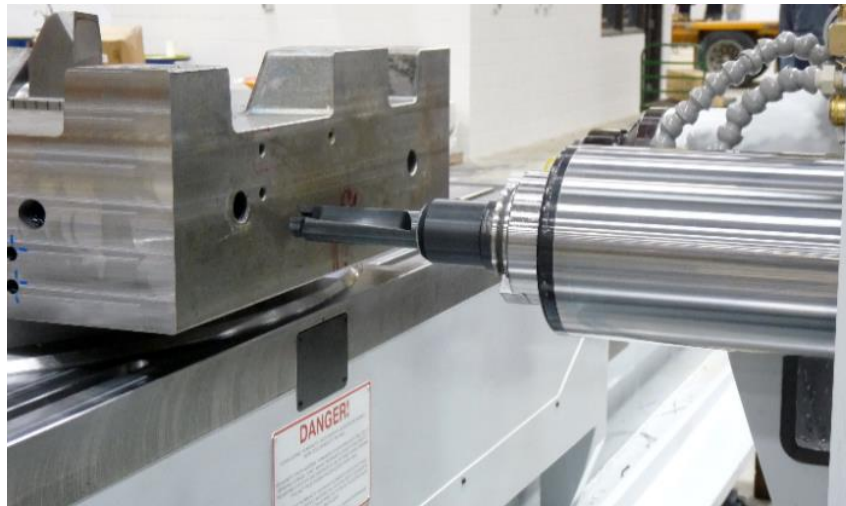


Figura 16 - Operação de furação [Fonte: (MoldIT, 2019)].

O processo de furação ocorre em máquinas CNC.

3.3 Eletroerosão

Tal como o torneamento ou a fresagem, a eletroerosão, também conhecida por EDM (do inglês), é um processo de desbaste de material para dar forma a uma peça. Neste processo, uma das principais diferenças é que a remoção de material é feita por ação de descargas elétricas sucessivas e não há contacto mecânico entre a ferramenta e a peça. Consiste essencialmente na corrosão do material a remover, através de um eléctrodo que corrói a superfície a maquinar eliminando micropartículas de metal, de tal modo que a forma do eléctrodo é transmitida negativamente para a peça à medida que o eléctrodo penetra na peça (DEM, FABRICO DE MOLDES, 3º ano - 2º semestre), devido ao controlo automatizado dos pontos pré-definidos onde ocorrem as descargas elétricas.

O eléctrodo utilizado é normalmente de cobre ou grafite e, sendo a peça de metal, a remoção de material dá-se como consequência das descargas elétricas que ocorrem entre os dois materiais eletricamente condutores, que estão imersos num líquido dielétrico (isolante) – Figura 17.

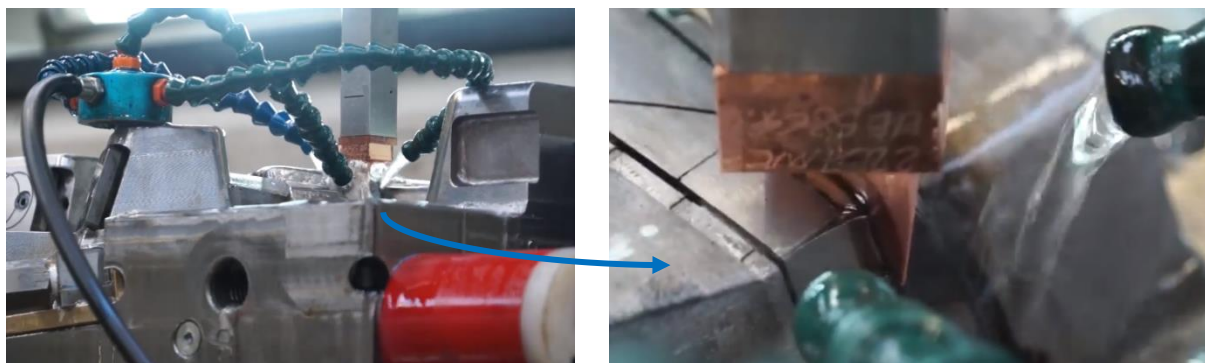


Figura 17 – Processo de eletroerosão [Fonte: (Moldit)].

Este processo é automatizado, pelo que as descargas elétricas sucessivas são controladas pelo *software* da máquina e ocorrem em pontos da peça pré-definidos, o que permite um controlo rigoroso da ação da ferramenta sobre a peça e, consequentemente, uma grande precisão na operação de erosão e a obtenção de resultados de elevada qualidade.

3.4 Montagem

O setor da montagem é principalmente reservado à montagem e afinação dos vários componentes produzidos para dar origem aos moldes.

Após montada toda a estrutura do molde, este é testado, podendo ocorrer a sua desmontagem e montagem sucessiva até que os ajustes e afinações estejam todos concluídos, de forma a assegurar toda a sua funcionalidade. Estes testes deverão garantir o correto funcionamento do molde, de acordo com o que foi projetado, antes de este seguir para o cliente.

3.5 Acabamentos

A fresagem é uma das operações que faz parte dos acabamentos, tal como referido anteriormente (Figura 15), sendo que, nesta fase, a ferramenta vai remover pequenas quantidades de material, para que se obtenha um melhor acabamento superficial da peça.

As peças constituintes do molde passam ainda por uma fase de polimento, de modo a obter uma melhor qualidade no acabamento de superfície.

Além disso, o molde pode ainda passar por um processo de pintura e secagem.

Na fase final, procede-se a controlos de qualidade, como o controlo dimensional – Figura 18.



Figura 18 - Controlo dimensional [Fonte: (MoldIT, 2019)].

No geral, após montado, o molde é ensaiado, sendo inserido em máquinas de teste semelhantes às máquinas injetoras onde será montado futuramente, para verificação da sua conformidade. Nestas máquinas é verificado o seu correto funcionamento, através da injeção de material plástico igual ao que será usado posteriormente, sendo simulado o enchimento do molde com o material plástico, e verificando-se se as peças obtidas correspondem às especificações do cliente.

De acordo com a Figura 12, ainda na fase de teste, são enviadas amostras das peças ao cliente, juntamente com relatórios das características dimensionais e das condições utilizadas no processo de moldação. Depois deste procedimento, o cliente indicará eventuais correções que sejam necessárias, até que aprove o produto final.

Por fim, depois da última aprovação do cliente, prepara-se a expedição do molde.

O molde deve passar por uma última afinação e inspeção antes de ser reencaminhado para o cliente, e deve confirmar-se que é enviada toda a documentação necessária para a posterior utilização do molde, como desenhos, lista de peças, etc. O molde deve ser adequadamente embalado (normalmente em caixas de madeira) de acordo com o meio de transporte utilizado.

4 Ciclo de injeção de moldes

O processo de moldação é tanto versátil quanto a multiplicidade de peças que dele podem resultar, em geometria e dimensão.

A injeção é um dos principais processos utilizados para o fabrico de peças de plástico.

O termo “plástico” tem origem na designação grega de “*plastikos*”, que significa “capaz de ser moldado” (Wikipedia, 2019). Desta forma, é perceptível que as propriedades do material plástico utilizado variem consoante as condições de pressão e temperatura utilizadas na sua fundição e com as condições de tensão e contração no enchimento do molde, para além de dependerem também da velocidade de arrefecimento do material, entre outros fatores, e, com isso, a mesma matéria plástica inicial pode originar produtos finais diferentes.

Para proceder à moldação por injeção é necessário instalar o molde numa máquina de injeção, através da qual o material plástico vai ser injetado para o interior do molde.

Na Figura 19 pode observar-se uma ilustração de uma máquina injetora onde ocorre o processo de moldação por injeção.

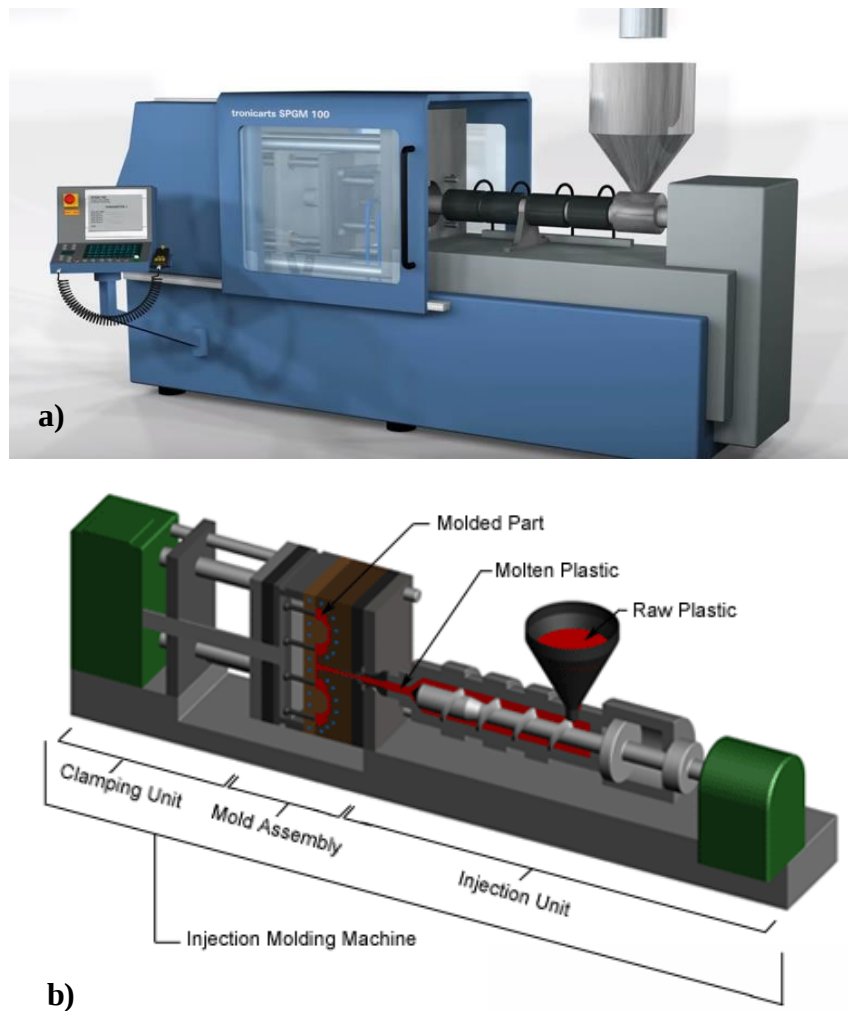


Figura 19 - a) Máquina injetora; b) Interior da máquina injetora - Processo de moldação por injeção [Adaptado de (CustomPartNet)].

Para poder realizar-se a moldação, é necessária a fundição prévia do material plástico a moldar (plasticização), mas a essência do processo de injeção consiste fundamentalmente no enchimento do molde, arrefecimento e extração da peça. A injeção de moldes é um processo cíclico, podendo ser definido mais concretamente em várias fases.

Com base na Figura 20, pode ter-se uma melhor perceção das várias fases do processo.

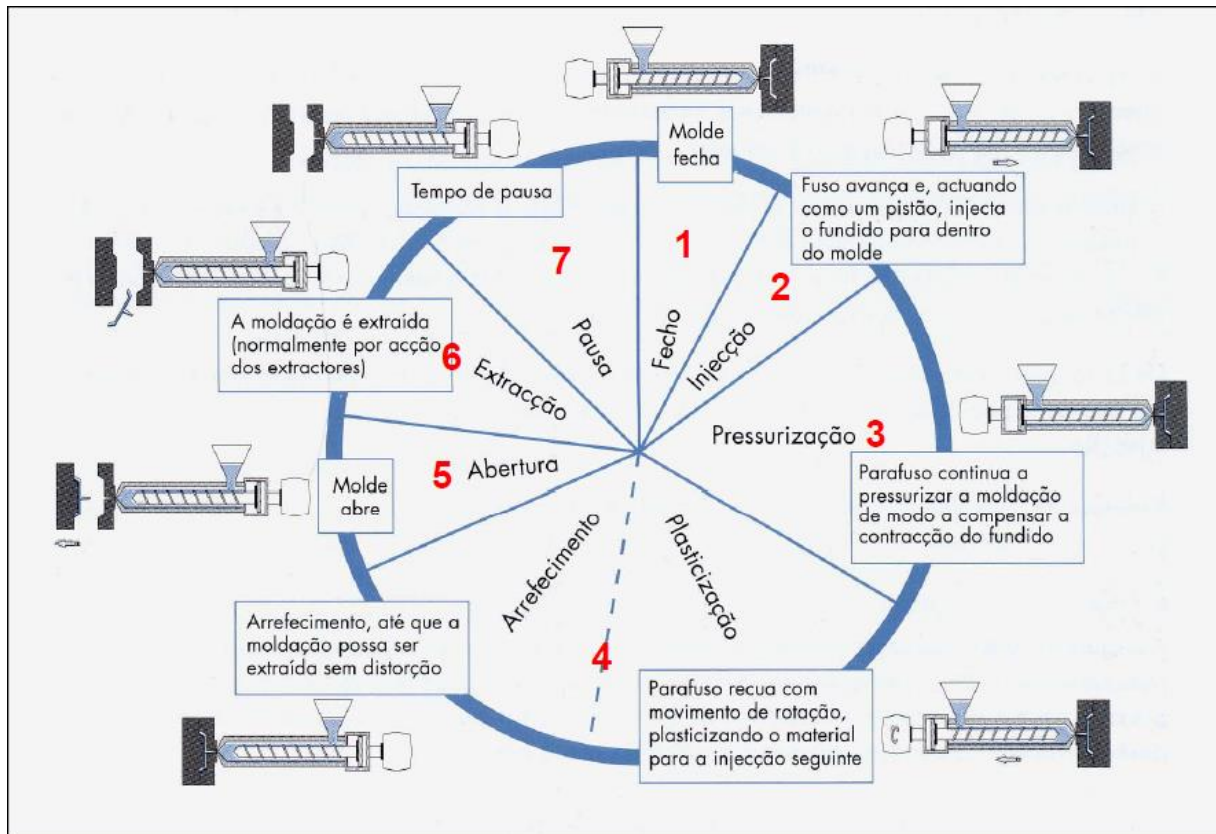


Figura 20 - Etapas do processo de moldação por injeção [Fonte: (DEM, FABRICO DE MOLDES)].

A figura anterior indica de forma resumida as fases principais que ocorrem no processo, explicando com ilustrações o que ocorre no interior da máquina injetora.

A figura seguinte – Figura 21 – permite ter uma melhor percepção do fusão e da estrutura interna da máquina.

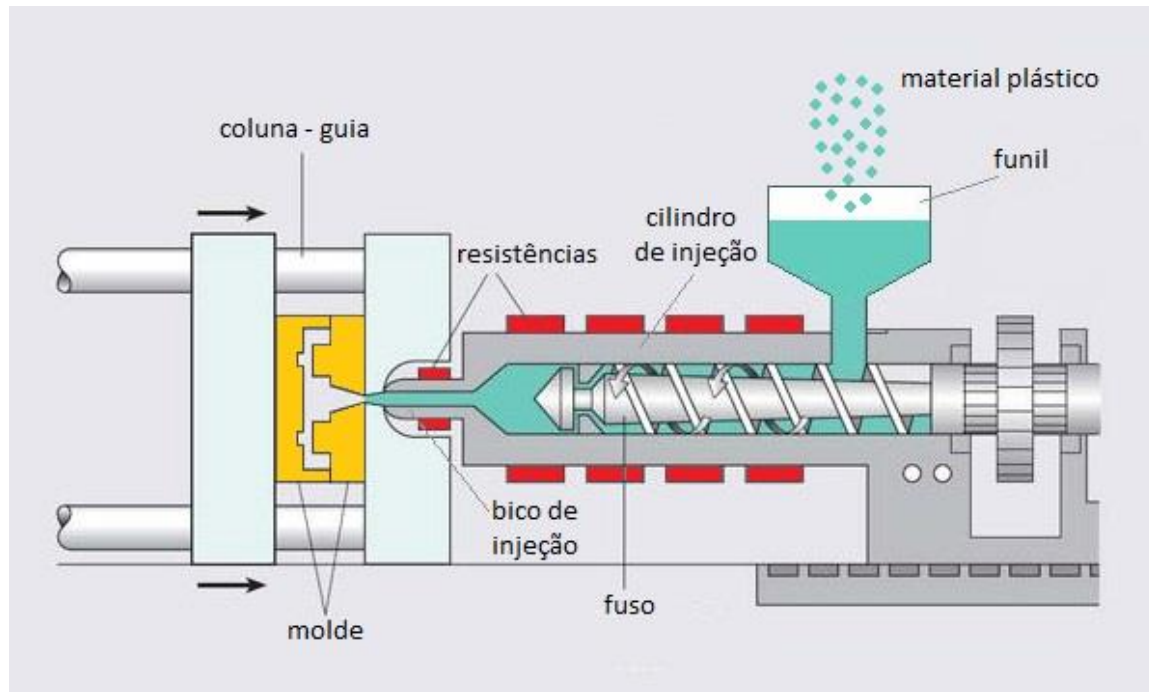


Figura 21 - Funcionamento do processo de injeção no interior da máquina injetora [Adaptado de (FERPLASTIC, 2016)].

Em suma, a moldação inicia-se com a colocação de uma quantidade pré-definida do material plástico na máquina injetora (sob a forma sólida de pó ou grão), mais precisamente numa espécie de tremonha (funil).

4.1 Plasticização

De acordo com a Figura 21 (visualizando e interpretando a ocorrência do processo da direita para a esquerda), a máquina integra um sistema de injeção ligado ao funil, onde o material plástico, fechado, é aquecido e plasticizado (amolecido) a alta pressão durante a sua passagem neste canal, até chegar, já fundido, à extremidade adjacente ao molde. Durante esta fase, o molde fecha e o material é sujeito a determinadas condições de pressão e temperatura, de modo a obter-se a fluidez e homogeneidade adequadas para a entrada do material plástico no molde. O aquecimento é promovido pelas resistências existentes ao longo do sistema de injeção. A velocidade de fluxo do material plástico depende das características do fluido obtido que, por sua vez, é resultado da pressão e temperatura do sistema de injeção.

Terminado o processo de plasticização, procede-se à injeção.

4.2 Enchimento do molde

A matéria é então injetada no molde, quando o fuso avança e atua como um pistão e, exercendo pressão no material fundido, força-o a entrar para dentro do molde. À medida que o material é injetado, o ar no interior do molde é purgado através do sistema de purga de gases, mas é normal que também vá sendo purgado através das folgas dos extratores.

Para além da variação de pressão durante o enchimento, existem outros fatores que vão influenciar o resultado final, e que podem provocar eventuais empenos (dada a orientação que segue o material e respetivo espalhamento ao encher o molde), e efeitos no acabamento de superfície (pois podem ocorrer defeitos na consolidação das várias camadas de material e, consequentemente, da camada superficial). Para além disso, a viscosidade do material plástico também deve ser bem avaliada, uma vez que quanto mais viscoso é, maior é a sua resistência ao escoamento, sendo a viscosidade dependente da temperatura e da taxa de transferência de calor a que é sujeito. Deve ainda considerar-se as diferenças de espessura da peça, pois são um fator determinante na obtenção da peça pretendida, tendo em conta que as zonas mais espessas “acumularão” uma temperatura maior, dada a condução de calor ser “travada” pela baixa condutividade térmica dos materiais termoplásticos e, consequentemente, ocorre nestas regiões uma maior resistência ao fluxo.

Por todas estas razões, a velocidade de injeção do material deve ser razoavelmente constante, para evitar tensões residuais e má compactação, que comprometem o produto final, e a pressão verificada também não deve sofrer grandes variações, de forma a evitar que o enchimento seja descompactado. Para além de todas as outras variáveis influentes no processo, essencialmente a velocidade e pressão do fluxo devem ser adequadas para que a sua distribuição seja razoavelmente homogénea em todas as zonas no interior do molde.

Tendo em conta a peça a obter, o molde é então o elemento que lhe confere a forma pretendida, após o material plástico solidificar com o seu arrefecimento posterior.

4.3 Arrefecimento e extração da peça

No final da fase de enchimento do molde, após toda a zona da cavidade estar completamente preenchida pelo material plástico, o fuso exerce uma segunda pressão, agora menor do que a inicial (pressurização), continuando a empurrar mais um pouco de matéria para dentro da cavidade, com o objetivo de compensar a contração que o material fundido sofre devido ao seu arrefecimento.

Nesta fase, a velocidade de arrefecimento do material fundido deve estar em equilíbrio com a velocidade de enchimento do molde, para que a compactação do material seja o mais homogénea possível, tendo em conta as diferenças de tempo entre a quantidade de material em escoamento e a quantidade de material já escoado.

Finalmente, depois de arrefecido, a peça final obtida é extraída do molde, por ação do sistema de extração. O sistema de extração compreende veios extratores que, ao avançarem, forçam a peça a sair.

Após a extração da peça, os extratores recuam, o molde fecha, e o processo repete-se consecutivamente, voltando à fase inicial de plasticização de uma dada quantidade de material pré-definida, que entra na máquina através da tremonha.

5 A Empresa Moldit

A Moldit – Indústria de Moldes, S.A. é uma das empresas pertencentes ao Grupo DURIT. Pela associação sucessiva de várias empresas, o Grupo DURIT foi crescendo e, atualmente, integra 9 empresas:

- Durit – fábrica de origem do grupo, com início de atividade em 1981, localizada em Albergaria-a-Velha, foca-se na produção de ferramentas em metal duro, com base na metalurgia de tungsténio;
- Moldit – fundada em 1990, com início de laboração em 1991, foi integrada no Grupo Durit em 1993, situa-se na Zona Industrial de UL/Loureiro, Oliveira de Azeméis, e tem como função o fabrico de moldes e injeção plástica;
- Duromin – fundada em 1984, despoletou a constituição do Grupo Durit, e localiza-se em Albergaria-a-Nova, sustentando atualmente a comercialização de ferramentas e equipamentos para minas pedreiras, construção e obras públicas, com a produção de sistemas de perfuração, desmonte, demolição e movimentação dos materiais;
 - Durangol – delegação da Duromin, criada em 2008, em Angola (Luanda), com o objetivo de expandir a sua atividade de comercialização, com o desenvolvimento de máquinas, equipamentos, ferramentas, serviços e assistência técnica na área das minas pedreiras, construção e obras públicas;
- Helitene – fundada em 1982, localizada em Albergaria-a-Velha, dedica-se ao comércio e produção de vários tipos de tubagens plásticas e acessórios;
- TeandM – criada no ano de 2000, situada em Coimbra, foca-se no desenvolvimento de soluções de revestimentos técnicos e nanotecnologia, incidindo na produção de revestimentos técnicos de componentes para aplicações industriais;
- Vitricer – fundada em 1980, localiza-se em Albergaria-a-Velha, e a sua atividade baseia-se na produção de vidros e esmaltes para a indústria cerâmica;
- Durit Steel – constituída em 2008 e localizada em Albergaria-a-Velha, tem como atividade principal a maquinação de peças;
- Durit Cast – constituída em 2006 e localizada em Águeda, sustenta a indústria de fundição, dedicando-se à produção de peças fundidas em ferro e aço.

A empresa Moldit – Figura 22 – trabalha no desenvolvimento e produção de moldes, na produção de elementos plásticos, e no fabrico de peças especiais, através do desenvolvimento de soluções e engenharia para materiais plásticos, focando-se na transformação de ideias simples em projetos de engenharia: “*Your ideas, our engineering*”. (MoldIT, 2019)



Figura 22 - Empresa Moldit [Fonte: (MoldIT, 2019)].

A fábrica Moldit – Figura 23 - divide-se em vários departamentos, entre os quais, os Recursos Humanos, Departamento Financeiro, Departamento Comercial, Qualidade, Engenharia, etc.



Figura 23 - Área fabril da Moldit [Fonte: (MoldIT, 2019)].

O Departamento de Engenharia foca-se essencialmente na modelação de peças em função dos requisitos solicitados, no desenvolvimento dos projetos de moldes (através de *softwares* de

desenho computacional como o NX e o CATIA), e na simulação do processo de injeção (MoldIT, 2019).

A Figura 24 indica a construção de um desenho 3D durante a fase de projeto, através de um dos *softwares* CAD utilizados na empresa.

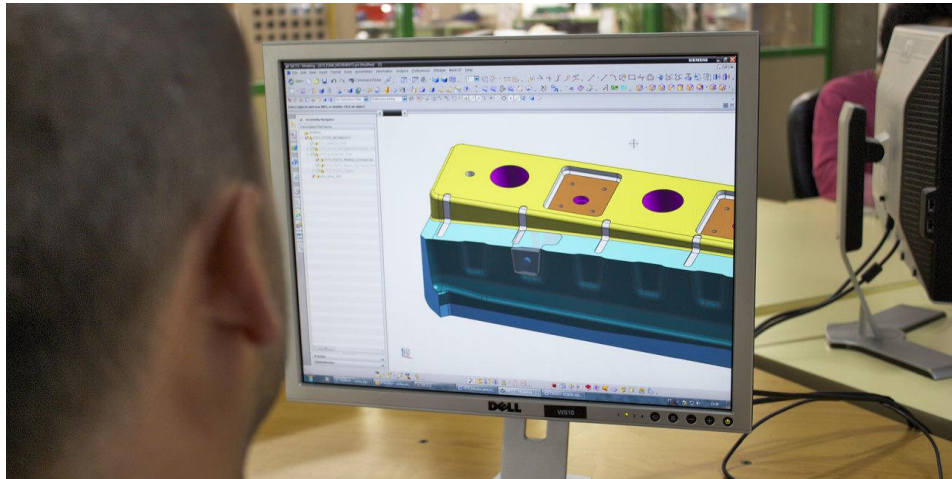


Figura 24 - Elaboração de desenho 3D em *software* CAD [Fonte: (MoldIT, 2019)].

Na Figura 25 é possível observar um exemplo de simulação do enchimento relativamente a um determinado molde.

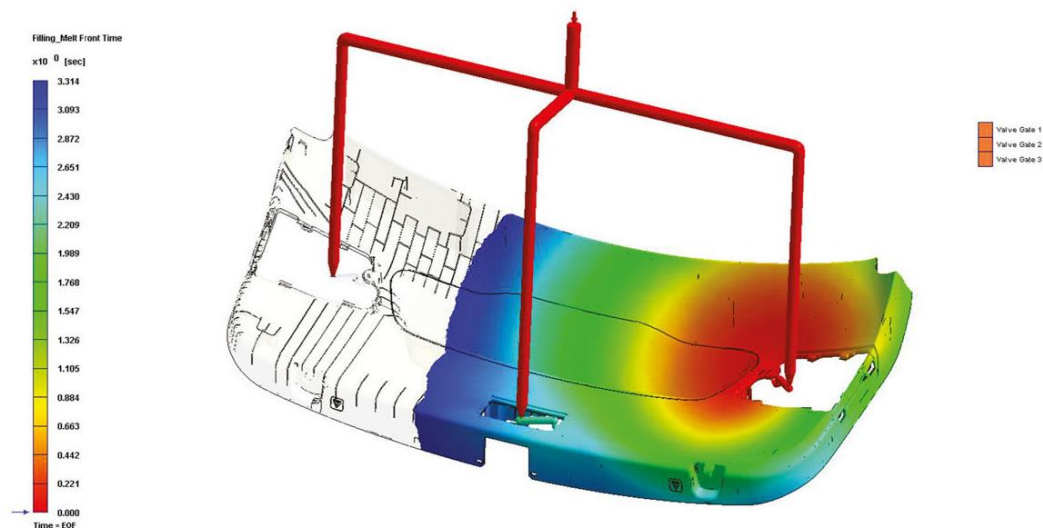


Figura 25 – Exemplo de simulação do processo de injeção do material plástico [Fonte: (MoldIT, 2019)].

A simulação do enchimento tem como objetivo prever as características comportamentais do material plástico durante a sua injeção e o seu espalhamento no interior do molde, avaliar a

variação de parâmetros durante o funcionamento do molde e identificar eventuais correções a realizar na fase de projeto.

5.1 Caracterização do processo produtivo

O processo efetivo de fabrico está integrado na área da produção, que é constituída pelos seguintes setores:

- Fresagem – aqui, a partir de blocos de aço, inicia-se o fabrico dos vários componentes do molde, e faz-se o desbaste de material através de máquinas CNC, de 3 a 5 eixos;
- Erosão – realizam-se processos de eletroerosão controlados por automação, através de equipamentos CNC de 4 eixos;
- Furação – processo realizado com recurso a máquinas CNC de 6 eixos;
- Bancada – área reservada à montagem de toda a estrutura do molde, à realização de testes funcionais e ao ensaio de fecho do molde, e a operações de acabamento, como polimentos.

Para além dos setores referidos, fazem-se operações de acabamento de superfície, através do processo de fresagem e de operações de polimento.

Por fim, procede-se a um controlo de qualidade, nomeadamente, o controlo dimensional.

5.2 Caracterização dos produtos de fabrico

Numa qualquer indústria de moldes, o produto obtido varia muito consoante a estrutura da peça que vai fabricar e o material de que é feita. A composição da estrutura do molde depende de condições de operação como a pressão e a temperatura a operar, e tem de ser projetado adequadamente para responder a estes requisitos.

No caso da Moldit, a sua atividade foca-se no fabrico de moldes para injeção plástica, logo, os moldes que produz são robustos e feitos de aço, para a obtenção posterior de peças plásticas, e a sua complexidade varia tanto quanto mais complexa for a peça para a qual é projetado.

Na Figura 26 é possível observar exemplos de moldes produzidos pela Moldit.



Figura 26 - Exemplos de moldes produzidos pela Moldit (cavidades e machos) [Fonte: (MoldIT, 2019)].

Alguns moldes têm requisitos específicos do cliente, e nalgumas situações a Moldit produz as peças plásticas consoante o molde que foi pedido. Isto é, o processo pode ser diferente no caso do pedido do cliente incluir a fabricação da peça associada ao respetivo molde, sendo que esse molde é colocado em funcionamento para produzir as respetivas peças.

6 Experiência numa indústria de moldes

Neste capítulo são mencionadas as principais tarefas que foram realizadas durante o período de estágio e descritos alguns dos conhecimentos que foram adquiridos sobre o fabrico de moldes e alguma abordagem acerca de competências que se consolidaram relativamente à concretização da fase de projeto (com o contacto com o *software* de desenho computacional utilizado pela empresa), naquele que foi o primeiro contacto com a indústria.

6.1 Conhecimento geral do processo produtivo

No início do período de estágio, foi dada a possibilidade de passar algum tempo nos vários sectores de produção da fábrica, para que se pudesse conhecer as várias etapas do processo industrial.

Os primeiros sectores a conhecer foram os da Fresagem. Na Moldit, este processo encontra-se dividido em três sectores, dependendo do tipo de dimensão e geometria da peça em causa.

Assim, existe a “**Fresagem Convencional**”, na qual são maquinadas peças de geometrias relativamente simples e de pequenas dimensões – Figura 27.



Figura 27 - Exemplo de operação de fresagem convencional [Fonte: (MoldIT, 2019)].

Peças mais complexas e de pequena dimensão, como acessórios e outros constituintes, são maquinadas na “**Fresagem Pequena e Acessórios**”. E existe ainda a “**Fresagem Grande**”, onde se maquina essencialmente peças de maiores dimensões, como placas traseiras, placas de

extração, machos, cavidades, etc. Os dois últimos sectores (“Fresagem Pequena e Acessórios” e “Fresagem Grande”) baseiam-se em fresagem CNC (ver Figura 14).

Nos sectores de fresagem CNC é utilizado o *software* DEPOCAM, que sustenta a base de programação para a maquinação.

Começou-se por conhecer a “Fresagem Grande”, onde chega a matéria-prima em grandes blocos de aço, para posteriormente dar origem à cavidade, ao macho, às placas de extração, aos calços, etc., e seguiu-se a “Fresagem Pequena e Acessórios” e a “Fresagem Convencional”, onde se produzem outras partes mais pequenas do molde.

Passou-se para o sector da “**Furação**”, onde, como o próprio nome indica, ocorre a realização de furos. Neste caso, os furos destinam-se essencialmente aos sistemas de refrigeração do molde (circuito de águas) e, por vezes, também ao circuito hidráulico que é usado para abrir e fechar o molde (quando este circuito é interno). Quando o circuito hidráulico é externo (através de mangueiras externas ao molde) não é necessário fazer furos para este fim.

O processo de furação ocorre em máquinas CNC próprias para o efeito, e através de ferramentas específicas para esta função – Figura 28.

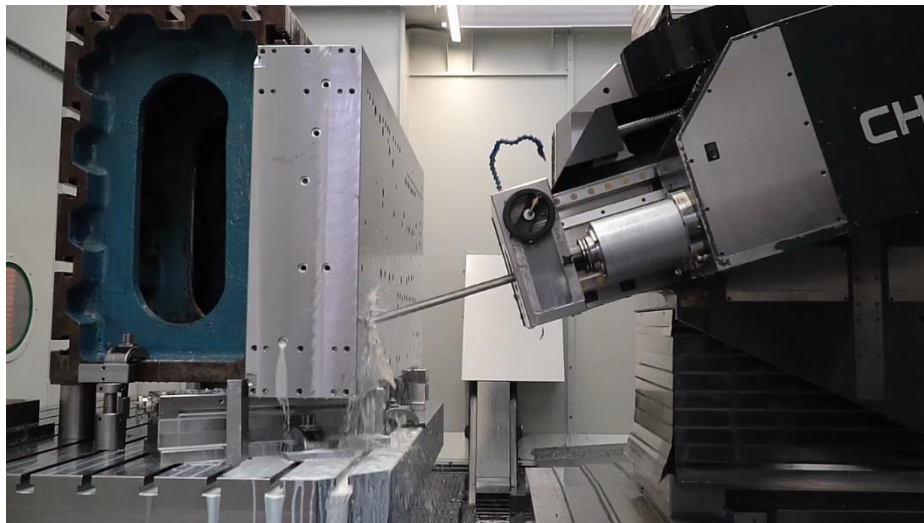


Figura 28 – Exemplo de operação de furação [Fonte: (MoldIT, 2019)].

Posteriormente, seguiu-se o sector da “**Erosão**”, que tem como função permitir a realização de determinados desbastes e acabamentos de zonas do molde que não é possível fazer apenas através das fresas (nos sectores de Fresagem).

Para tal, recorre-se à eletroerosão, que permite a confeção de peças mais complexas, cujas características estruturais iriam ser afetadas se se utilizassem os processos tradicionais de

maquinação (ver Figura 17). Neste processo, para se obterem bons resultados é essencial que os materiais envolvidos sejam bons condutores elétricos.

Este processo é vantajoso por minimizar as distorções nas superfícies das peças e não provocar alterações microestruturais, permitindo obter peças de grande qualidade. Assim, através da eletroerosão é possível produzir furos, ranhuras, rebaixos e outras geometrias complexas que, pelos processos convencionais, seriam difíceis ou mesmo impossíveis de produzir (Plásticos, 2019).

NOTA: Normalmente, prioriza-se a fresagem em vez da eletroerosão, evitando-se utilizar a eletroerosão sempre que possível, pois é um processo muito mais caro.

Por outro lado, pretende-se evitar ao máximo acabamentos com raios muito pequenos, já que nestas situações é necessário utilizar fresas mais pequenas, que requerem um maior número de passagens da ferramenta do que seria necessário com uma fresa maior, o que resulta numa ocupação adicional das máquinas que pode ser evitada (reduzindo os custos no tempo de processamento). No entanto, as fresas para raios menores são mais finas, e tendem a partir com maior facilidade, o que deve ser também um fator a ter em conta na escolha da ferramenta em função das necessidades em causa, de forma a minimizar os custos de operação. Quando é necessário utilizar fresas de menor diâmetro (mais finas), deve reduzir-se a velocidade de deslocamento da ferramenta, para evitar que a fresa parta. Ao mesmo tempo, isto requer também um maior tempo de maquinação, o que implica um aumento de custos.

Por fim, passou-se algum tempo no sector da “**Bancada**”.

É na bancada de montagem que se montam as várias partes do molde resultantes da produção, bem como outros componentes requisitados a fornecedores externos, já prontos a montar e que irão também fazer parte do produto final, como por exemplo, o sistema de injeção, casquilhos, cilindros hidráulicos, etc.

Posteriormente, após montado, cada molde é inserido numa prensa, onde se ensaia o seu fecho – Figura 29.

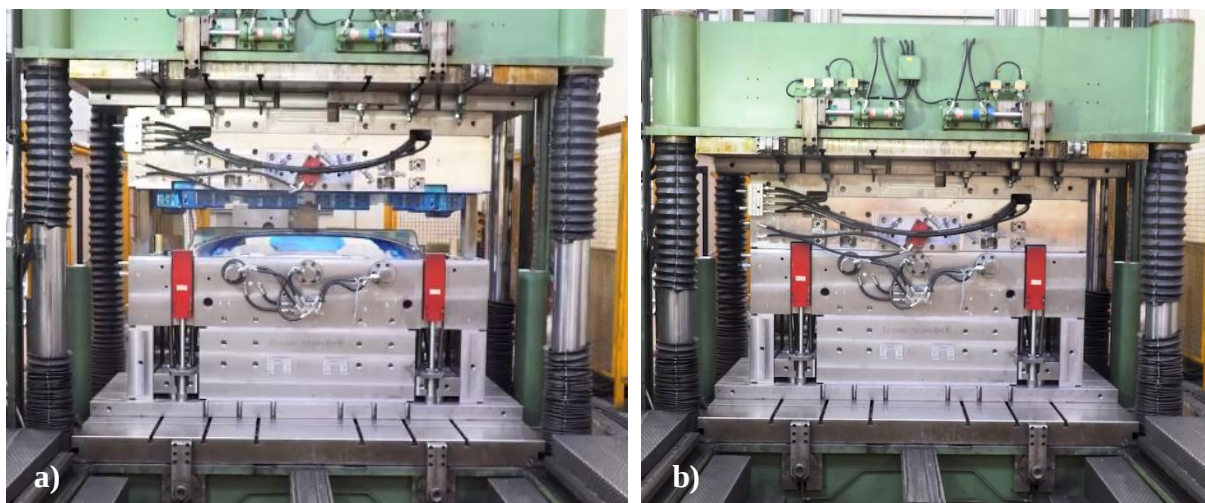


Figura 29 - Molde a ser testado na prensa: a) Molde aberto; b) Molde fechado [Adaptado de (Moldit)].

O teste do fecho do molde permite verificar se o encaixe da cavidade com o macho está conforme.

Para além de se testar o fecho do molde, fazem-se afinações e ajustes necessários nas peças que constituem o molde, para corrigir algumas discrepâncias, durante os testes ao seu respetivo movimento e a verificação da sua funcionalidade – Figura 30.



Figura 30 - Afinações e ajustes de correção no molde [Fonte: (MoldIT, 2019)].

É comum a necessidade de desmontagem e montagem sucessiva durante os ensaios do molde, até que as afinações e ajustes sejam suficientes para verificar a conformidade de todos os componentes.

Faz-se ainda a própria injeção de material plástico no molde como teste, para detetar a existência de eventuais defeitos, e para verificar se o molde está apto a exercer todas as funções a que se destina.

Normalmente, podem considerar-se várias operações de acabamento no processo de fabrico de um molde.

A fresagem é uma das operações de acabamento utilizadas, e, nesta fase, tem como objetivo principal a remoção de menores quantidades de material através da ferramenta, para que se obtenha um melhor acabamento superficial da peça (ver Figura 15).

Para tal, recorre-se à utilização de cones térmicos de encaixe na máquina de fresagem. Estes cones servem para fixar a ferramenta (fresa) à máquina de forma mais segura, evitando que a vibração da ferramenta durante a operação de fresagem faça com que esta desaperte e empene, ou danifique o próprio material. As fresas são fixas aos cones através da dilatação térmica dos mesmos com o aumento de temperatura que, após arrefecer, garante a fixação da ferramenta (fresa) ao cone. O diâmetro do furo do cone é projetado para ser ligeiramente menor que o diâmetro da haste da fresa, quando ambos estão à mesma temperatura. Ao ser aquecido, o orifício do cone dilata, expandindo o seu volume, de modo a que a haste da fresa encaixe no cone. Após arrefecer, a diferença de tamanho entre o diâmetro do furo do cone e o diâmetro da haste da fresa cria tensões entre ambos que lhes permitem compactar e prender fortemente um ao outro (Brasil, 2018).

Assim, sendo os cones o elo de ligação entre a fresa e a máquina, a sua utilização é de extrema importância para garantir a fiabilidade de todo o processo.

As peças constituintes do molde passam ainda por uma fase de polimento – Figura 31.



Figura 31 - Operação de polimento [Fonte: (Moldit)].

Realizam-se os polimentos necessários para se obter o resultado final relativamente à qualidade da superfície dos componentes do molde.

Na fase final, realizam-se procedimentos de controlo de qualidade, como o controlo dimensional – Figura 32.



Figura 32 - Procedimento de controlo de qualidade: controlo dimensional [Fonte: (MoldIT, 2019)].

6.2 Estudo da fase de projeto

Toda a base do processo produtivo de moldes começa na sala de projeto.

Como referido anteriormente, antes de qualquer execução prática de tarefas, é necessário elaborar um orçamento para cada molde específico solicitado pelo cliente. Para realizar o orçamento, a Moldit recebe informações do produto que a empresa cliente pretende obter através do molde, procedendo-se ao estudo da confeção do molde necessário, sendo feita uma estimativa da quantidade de aço necessário para produzir o molde em causa de acordo com a estrutura e dimensões requeridas, e uma apreciação geral de preço para o cliente.

Após confirmação por parte do cliente da aceitação do orçamento, inicia-se a fase de projeto. Começa-se por elaborar um projeto preliminar, para que o cliente possa verificar a conformidade do molde, até que se obtenha a aprovação final do projeto.

Para tal, procede-se então ao dimensionamento do molde, que tem de ser projetado com base nas características específicas da peça a obter, iniciando-se a sua construção no *software* de desenho computacional da empresa.

A construção do desenho do molde faz-se a partir do desenho da peça a produzir, que contém as respetivas cotas dimensionais, as quais servem de base para dimensionar o molde. Este trabalho é bastante complexo e resulta da transformação contínua do desenho em execução.

Normalmente, o cliente fornece o ficheiro 3D da peça que pretende produzir, e que contém as características geométricas e dimensionais específicas do produto a obter, para que o respetivo molde possa ser então projetado. Veja-se o exemplo da figura seguinte – Figura 33 - onde tudo começa.

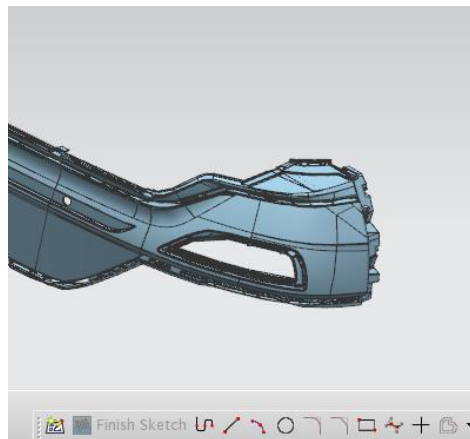


Figura 33 - Desenho 3D parcial da peça para a qual é necessário produzir um molde (exemplo) [Fonte: (MoldIT, 2019)].

O desenho da peça em causa foi cortado parcialmente para proteção de dados.

A Figura 33 ilustra o desenho 3D (elaborado em *software* CAD) da peça que uma empresa cliente pretende produzir com o molde solicitado. A peça em causa trata-se de um para-choques de automóvel (que tem como função amortecer um eventual embate do veículo), e o ficheiro contém as cotas dimensionais em que o projetista se vai basear para iniciar o desenho do molde.

Para conceber o molde necessário ao fabrico do para-choques, é necessário ter em conta que:

- Um molde é constituído por duas partes: parte fixa e parte móvel;
- As partes fixa e móvel integram a cavidade e o macho, respetivamente²;

² Por norma, a parte fixa integra a cavidade e a parte móvel integra o macho, mas, também é possível ter-se o contrário, caso haja essa necessidade, sendo a cavidade integrada na parte móvel e o macho na parte fixa, apesar de ser menos frequente.

- O molde inclui um sistema de injeção;
- Inclui um sistema de refrigeração (circuito de águas);
- Inclui um sistema de purga de gases;
- Integra um sistema de extração da peça a produzir;
- Etc.

O processo de produção de um molde resulta num desenho estrutural de projeto bastante complexo para posteriormente proceder ao fabrico efetivo molde. Na Figura 34 pode observar-se o exemplo de um dos moldes trabalhados, neste caso, para a produção de para-choques de um determinado veículo.

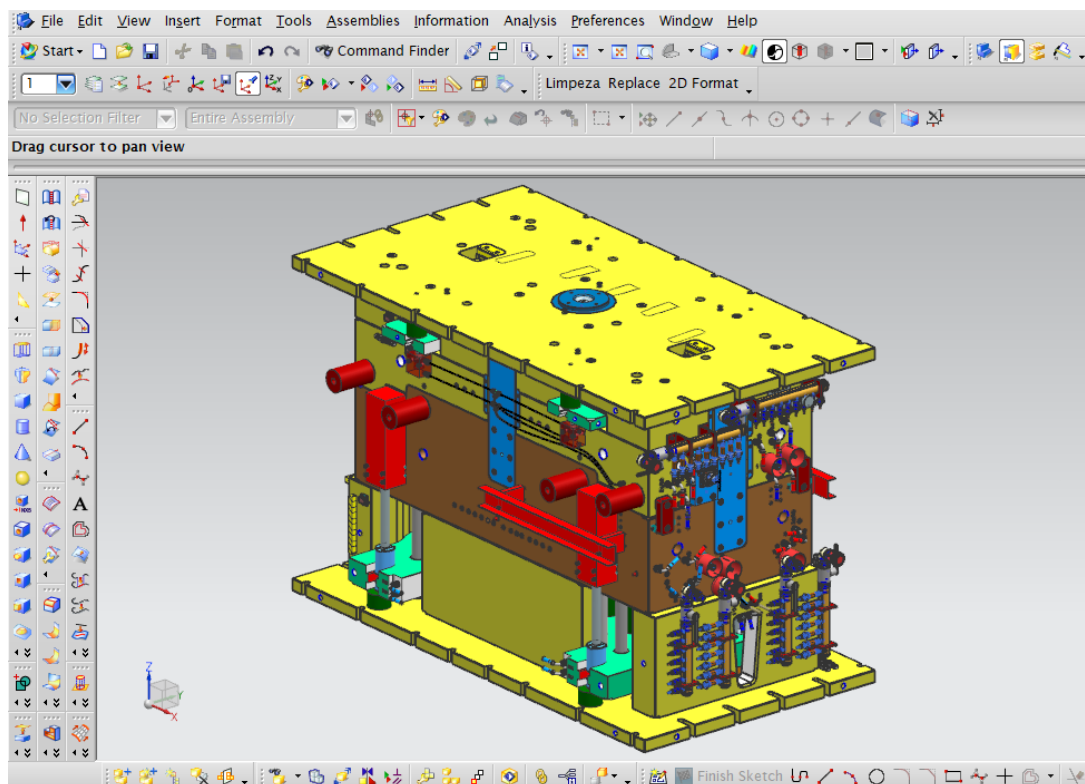


Figura 34 - Desenho 3D de um molde para o fabrico de para-choques de automóvel [Fonte: (MoldIT, 2019)].

Este desenho 3D é o resultado final de toda a fase de projeto. A figura seguinte – Figura 35 – mostra o molde aberto, onde pode observar-se a parte fixa e a parte móvel.

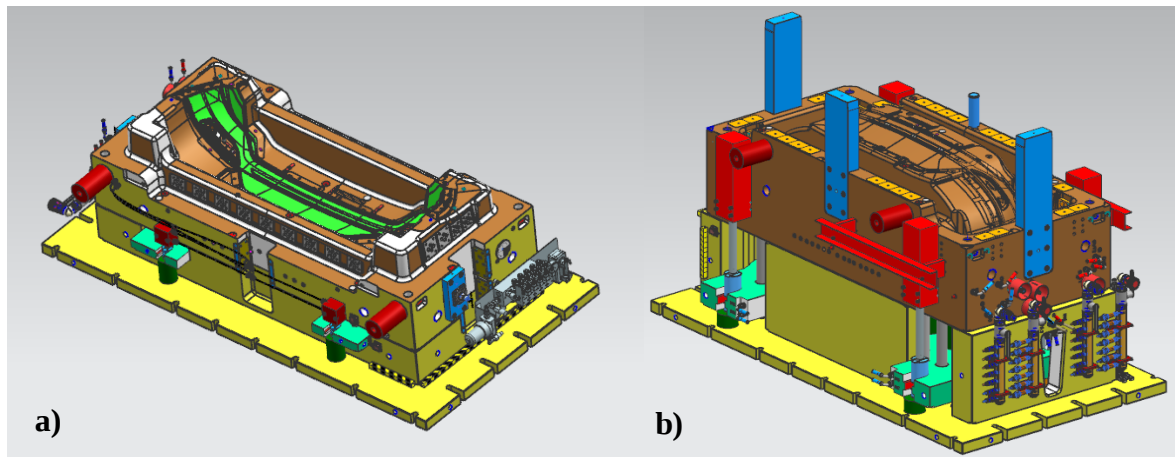


Figura 35 - Partes constituintes do molde: a) Parte fixa; b) Parte móvel. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

6.2.1 Zona de gravação e elementos moldantes

Primeiramente, o projeto baseia-se no desenho das denominadas **zonas de gravação**, que constituem parte da cavidade e parte do macho. As duas zonas de gravação, da cavidade e do macho, respetivamente, são zonas constituintes do molde que estarão em contacto direto com o material plástico da peça a produzir e, assim, traduzem-se na parte do molde que irá definir a estrutura da peça plástica.

A Figura 36 ilustra a zona de gravação correspondente à cavidade, indicada a verde.

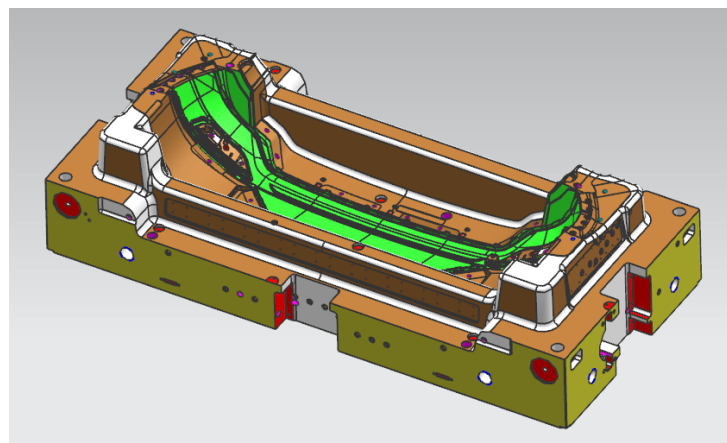


Figura 36 - Zona de gravação da cavidade do molde. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

É possível visualizar a forma da estrutura externa da peça a produzir (para-choques) na zona de gravação, uma vez que é a zona que ficará em contacto com a estrutura externa da peça.

A zona de gravação pode englobar **elementos moldantes**, que podem ser elementos necessários à função de extração da peça, e que facilitam este procedimento aquando do funcionamento do molde. Podem ainda existir outro tipo de elementos moldantes, denominados de postigos, para facilitar a maquinação de partes específicas do molde que possam ser de mais difícil acesso para trabalhar o material. Os postigos são produzidos à parte e integrados posteriormente no molde durante a sua produção.

No geral, os elementos moldantes, sendo elementos mais complexos, são normalmente fabricados em máquinas CNC.

A Figura 37 ilustra o conjunto dos elementos moldantes que integram o molde em causa.

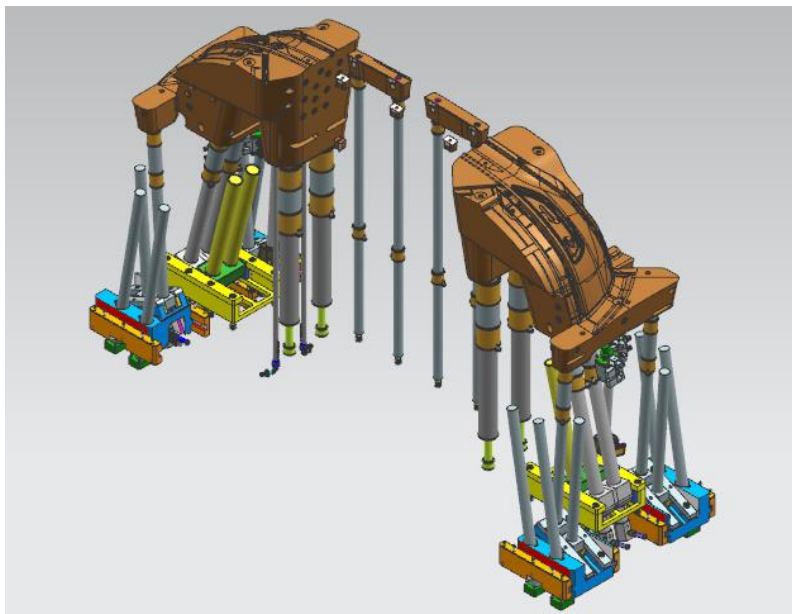


Figura 37 - Elementos moldantes. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

Dentro dos elementos moldantes, existem então os elementos que se movem posteriormente para facilitar a extração da peça, como são exemplo os movimentos, os balancés e os levantadores, e os elementos que servem normalmente para facilitar o processo de maquinação, que são denominados de postigos.

6.2.1.1 Movimentos

Existem vários tipos de movimentos, nomeadamente, mecânicos, hidráulicos, entre outros.

Os movimentos mecânicos caracterizam-se por possuir guias inclinadas, que têm como função promover o recuo do movimento quando o molde abre, para desmoldar contra-saídas³ existentes. Este recuo desprende a peça nessas zonas, permitindo a sua desmoldação. Assim, após a abertura do molde, o funcionamento do sistema de extração faz o movimento recuar e, por outro lado, quando o molde fecha para se iniciar o novo ciclo de injeção, a guia atua em sentido contrário para que o movimento avance.

Em vez dos movimentos mecânicos, podemos ter movimentos hidráulicos. Este tipo de movimentos utilizam-se geralmente quando o sistema requer forças de extração maiores, e os movimentos mecânicos não são suficientes para responder a esta necessidade. Por outro lado, também pode ser necessário recorrer aos movimentos hidráulicos quando não há uma ligação mecânica entre o movimento e o sistema de extração, e é necessário associar um sistema hidráulico para acionar o movimento pretendido.

A Figura 38 ilustra um exemplo de um movimento hidráulico.

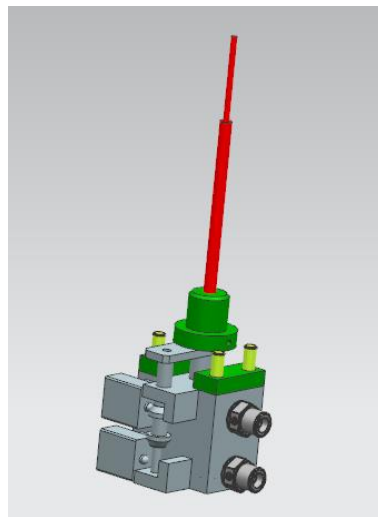


Figura 38 - Exemplo de um movimento hidráulico. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

³ Contra-saída – parte da estrutura da peça plástica que a impede de ser extraída, devido a uma porção do molde que necessita de recuar para desprender a peça; zona com uma geometria que se opõe ao sentido do movimento natural de saída da peça e que, por isso, a impede de se desmoldar do molde. Ou seja, o movimento de desmoldação da peça é travado pela própria geometria da peça e, desta forma, a estrutura do molde que delimita estas zonas de geometria específica tem de incluir elementos complementares (elementos moldantes) que possam desbloquear a peça aquando da sua extração, com o seu próprio movimento.

Normalmente, os movimentos hidráulicos são aplicados apenas quando não há outra possibilidade, uma vez que também se podem traduzir num custo acrescido do molde.

6.2.1.2 Balancés

Também conhecidos por movimentos de extração inclinados (ou levantadores inclinados), os balancés movimentam-se segundo uma guia inclinada. Esta inclinação é a base do seu funcionamento, pois é o que permite desmoldar contra-saídas existentes na peça. Os balancés são frequentemente utilizados, por serem mecanismos simples que estão mecanicamente ligados às placas de extração através de veios, e permitem a desmoldação de contra-saídas no interior da peça, ao invés de se utilizarem movimentos laterais (mecânicos ou hidráulicos) para a mesma função.

Assim, após a abertura do molde, o avanço da placa de extração aciona o deslocamento dos balancés, que deslizam em função da sua guia inclinada e, este movimento inclinado em relação à direção do movimento de abertura/fecho do molde, é que faz com que o balancé atue de forma a possibilitar que essas zonas da peça se soltem.

A Figura 39 ilustra um exemplo de um balancé.

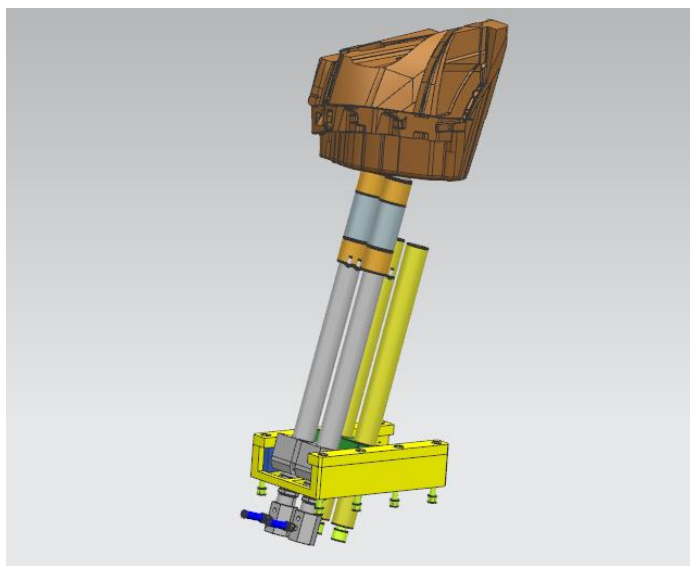


Figura 39 - Exemplo de um balancé. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

6.2.1.3 Levantadores

Os levantadores, também conhecidos por movimentos de extração lineares, auxiliam a extração da peça, movendo-se na vertical, e forçando a peça a desmoldar do macho. Estes

elementos também estão diretamente ligados à placa de extração através de veios, e apenas têm como função facilitar a remoção da peça, não servindo para desmoldar contra-saídas.

A Figura 40 ilustra um exemplo de um levantador.

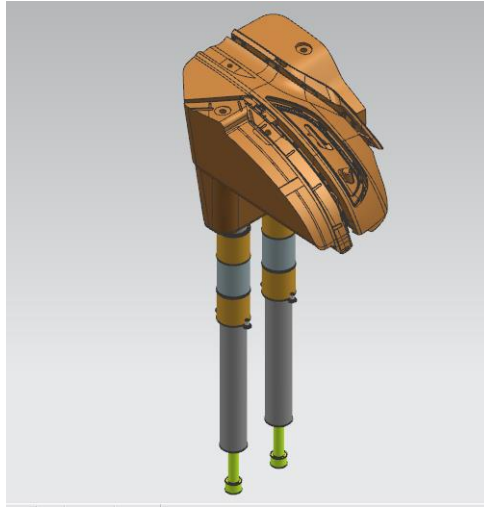


Figura 40 - Exemplo de um levantador. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

6.2.1.4 Postiços

Estes componentes são fabricados particularmente quando a maquinação de determinadas partes do molde é de difícil acesso.

Para facilitar o processo de maquinação (por fresagem CNC ou por eletroerosão) é necessário produzir peças complementares adequadas que farão parte do molde para que a ferramenta de maquinação atinja essas zonas de menor alcance com mais facilidade: os postiços. Estes elementos são incluídos e adaptados nessas zonas do molde (na parte da cavidade e/ou na parte do macho) e permanecem fixos, como parte integrante do molde.

Normalmente, estas partes de mais difícil acesso são zonas correspondentes a nervuras da peça plástica, e os postiços são utilizados para formar a zona da nervura, de modo a que a maquinação não seja tão complexa.

A Figura 41 ilustra um exemplo de um postiço.

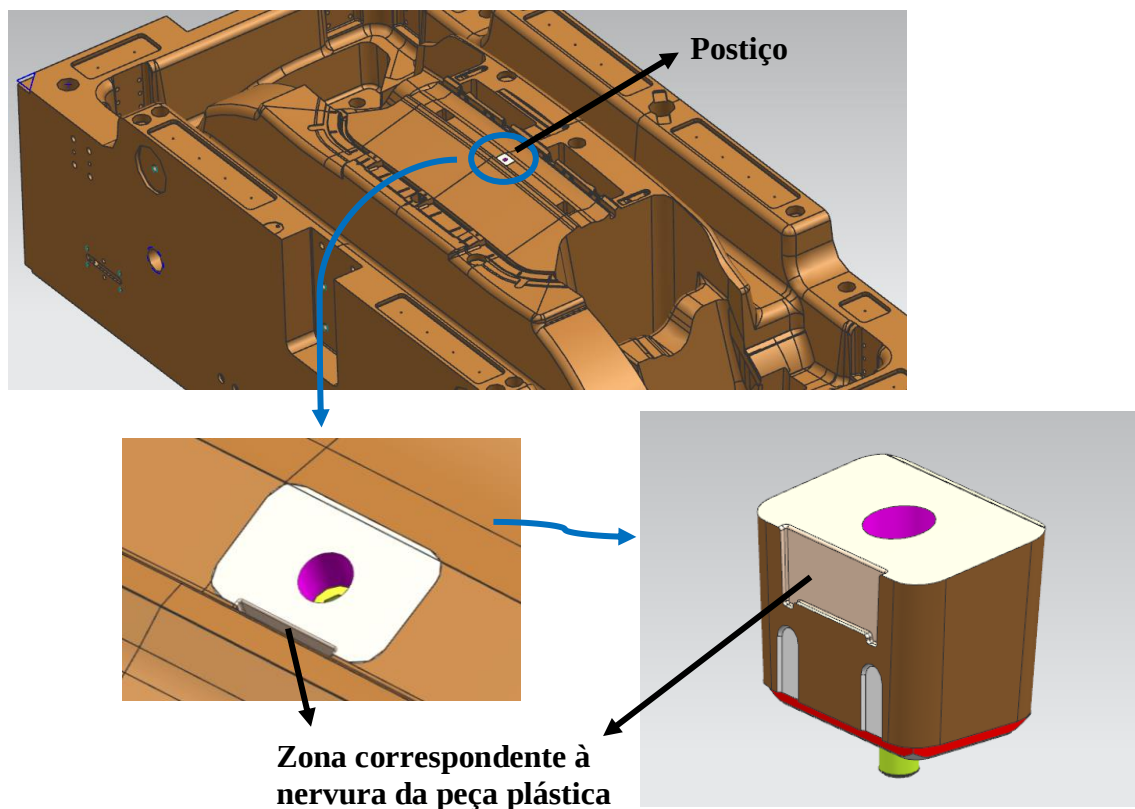


Figura 41 - Exemplo de postiço. [Adaptado de (MoldIT, 2019)]

Os postiços também podem ser utilizados para promover um melhor arrefecimento da peça, quando inseridos no sistema de refrigeração, ou para melhorar a purga de gases durante o enchimento do molde com o material plástico, quando as saídas de gases não são suficientes para remover todo o ar.

Todos estes componentes (elementos moldantes) se tornam de grande importância devido à sua característica versatilidade, que os torna muito úteis. O facto de serem elementos que constituem parte da zona de gravação e simultaneamente possuem outra parte que se adapta no molde consoante a função pretendida, permite estabelecer uma ligação tal que faz com que todo o conjunto se torne ainda mais funcional. Devido à sua estrutura versátil, estes elementos podem auxiliar em várias funções diferentes do molde, como promover a extração posterior do produto, facilitar a maquinação do molde, promover a purga de gases durante o enchimento, ou melhorar a refrigeração da peça. Desta forma, é perceptível que os elementos moldantes existam normalmente nos moldes para peças mais complexas, podendo não existir em moldes mais simples.

Após o desenho da zona de gravação, procede-se ao desenho do restante molde.

Desenham-se dois blocos que representam a cavidade e o macho, que vão sendo continuamente ajustados à sua construção de acordo com os requisitos das várias partes que o molde deve ter, obtendo-se uma estrutura inicial de desenho do molde.

6.2.2 Sistema de injeção

Posteriormente, é dimensionado o sistema de injeção, que é sustentado por vários componentes, nomeadamente, a abertura correspondente à anilha de centragem, através da qual a matéria plástica passa da máquina injetora para o molde, as tubagens de escoamento do material plástico, que funcionam como os canais de distribuição do material para a sua entrada no interior do molde, e os vários bicos de injeção do material, por onde escoo o material plástico para o preenchimento da zona de gravação.

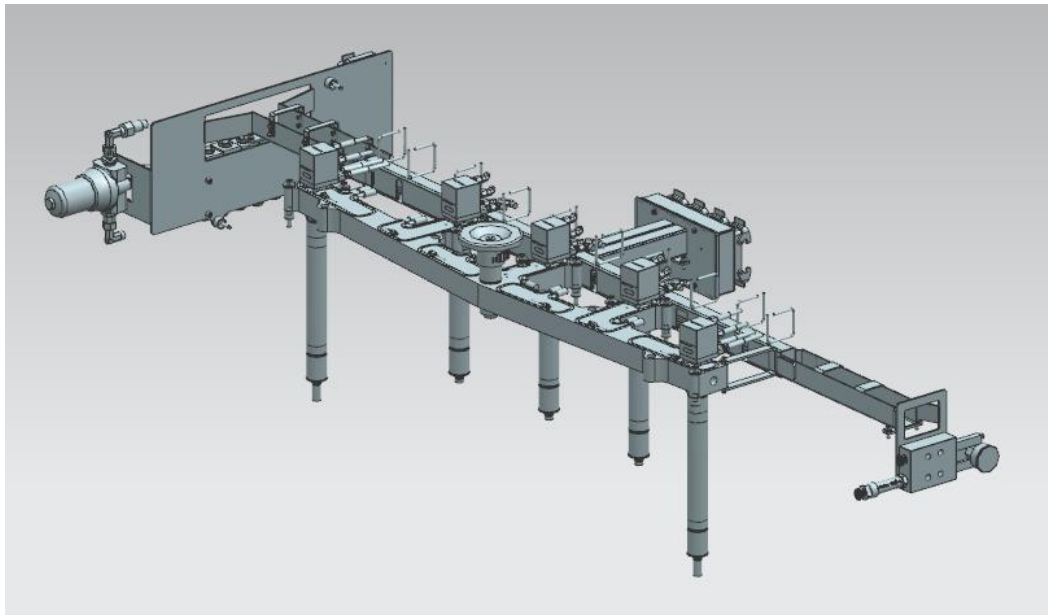


Figura 42 - Sistema de injeção. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

Para o dimensionamento do sistema de injeção, realizam-se simulações num *software* de simulação específico para o efeito, com o intuito de estudar a melhor forma de realizar o enchimento da peça, uma vez que é possível prever a distribuição do material durante esta fase. Isto para perceber qual a velocidade de enchimento necessária, a velocidade de arrefecimento e solidificação, temperatura de fusão, tempo de injeção, etc., de acordo com as propriedades dos materiais, e com isto, conclui-se acerca dos pontos específicos de injeção onde será

necessário pré-definir as zonas de furação para o encaixe dos bicos de injeção. De seguida, estes pontos de furação são desenhados na estrutura do molde, sendo que o sistema de injeção propriamente dito é encomendado ao fornecedor de acordo com os requisitos do molde em causa. Desta forma, é possível prevenir ou evitar possíveis defeitos no fabrico das peças plásticas, minimizando tempo e custos desnecessários acrescidos.

6.2.3 Sistema de refrigeração

Por outro lado, é dimensionado o sistema de refrigeração, também designado de *circuito de águas*, que é projetado também tendo em conta a simulação do enchimento do molde.

O sistema de refrigeração é elaborado com base em perfurações internas de diâmetros e profundidades pré-definidos, de acordo com o molde em causa. Este circuito define as zonas de passagem do líquido de refrigeração (que pode ser óleo ou água, sendo que a água é mais frequentemente utilizada por ser mais barata), que são determinadas pelas respetivas furações realizadas. Posteriormente, são inseridos neste circuito de refrigeração os denominados *tacos*, que definem algumas das zonas de mudança de direção do percurso do líquido de refrigeração.

A estrutura do molde, sendo em aço e respeitando determinados critérios funcionais, não pode exceder um determinado valor de temperatura. Como tal, o sistema de refrigeração tem como função fundamental impedir que se atinjam temperaturas demasiado elevadas e manter a integridade da sua estrutura, de modo a que esta se mantenha funcional e não sofra alterações que possam interferir no seu bom funcionamento. O sistema de refrigeração arrefece o molde, e impede que ocorra um sobreaquecimento que possa danificar a peça plástica a obter, ou até o próprio molde. As temperaturas demasiado elevadas podem originar empenos e/ou queimaduras nas peças plásticas, assim como deformações no próprio aço constituinte do molde.

A Figura 43 ilustra o sistema de refrigeração, com a indicação dos respetivos tacos a laranja.

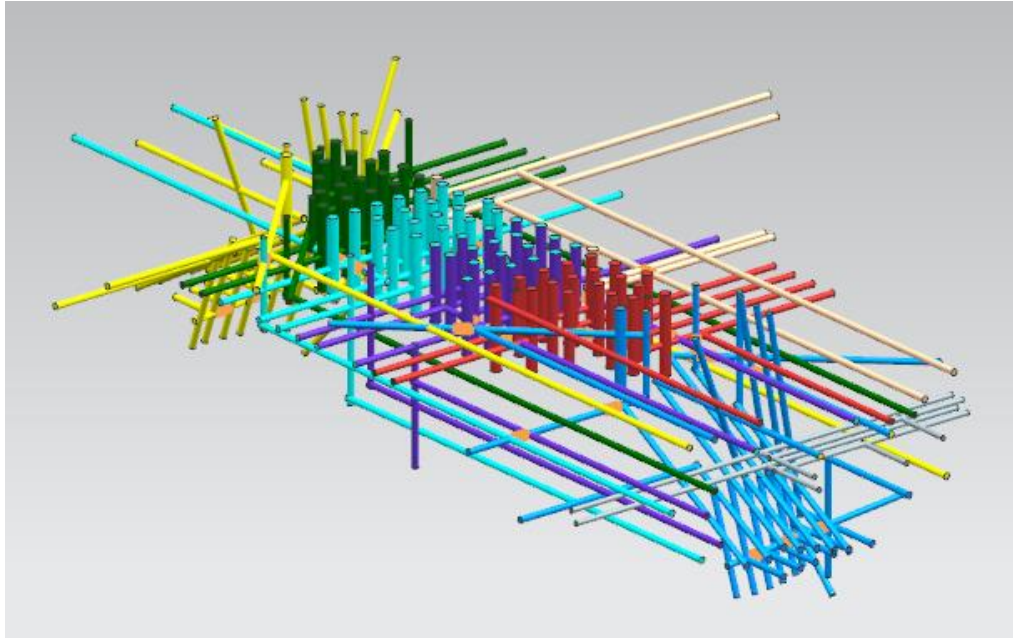


Figura 43 - Sistema de refrigeração (circuito de águas). [Fonte: (MoldIT, 2019)]

O circuito de águas é feito com base na furação da estrutura do molde, e, no fim, este circuito não é mais do que o espaço vazio que fica após as furações.

Os tacos são inseridos no setor da “Bancada”, durante a fase de montagem, para definir o percurso percorrido pelo líquido de refrigeração (neste caso, a água). São basicamente os elementos que asseguram a direção que o líquido percorre.

6.2.4 Sistema de purga de gases

Para além dos sistemas anteriores, são ainda avaliados os pontos do desenho para projeção de um sistema de purga de gases, que contém pequenos pontos de fuga na estrutura do molde, para que o ar escoe do interior do molde durante o seu enchimento com o material plástico.

6.2.5 Sistema de extração da peça

Procede-se também ao dimensionamento do sistema de extração da peça, que requer uma série de requisitos a ter em conta para a sua conceção - Figura 44.

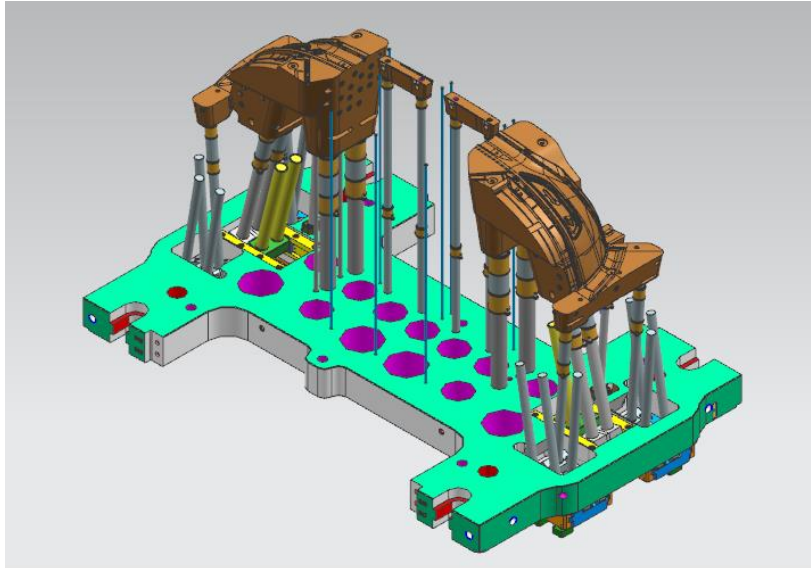


Figura 44 - Sistema de extração. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

Dentro do sistema de extração tem-se como componente fundamental a placa de extração – Figura 45.

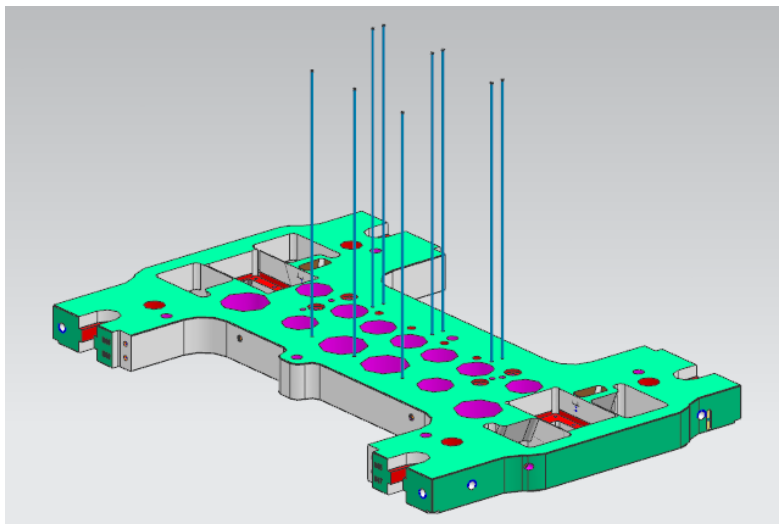


Figura 45 - Placa de extração e veios extratores. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

A placa de extração (indicada a verde) é a base do sistema de extração, já que é através dela que todos os outros elementos (veios extratores e elementos moldantes) se movem. Para este sistema, é necessário avaliar zonas específicas adequadas à construção dos veios extratores, que devem ser inseridos em zonas mais rígidas da peça plástica, de modo a evitar empenos ou

deformações na peça aquando da sua extração. Os veios extratores (indicados a azul na figura anterior) ajudam a empurrar a peça no momento da extração.

Existem ainda outros veios de suporte ao sistema de extração, bem como as barras de extração, componentes igualmente importantes que integram o sistema de extração – Figura 46.



Figura 46 - Barra de extração. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

As barras de extração ajudam também a empurrar a peça para a sua extração, podendo atuar simultaneamente com os veios extratores. Quando utilizadas barras de extração, estas têm como objetivo estabilizar a estrutura da peça plástica e otimizar assim a função dos veios extratores, aquando da extração.

Os veios e as barras são montados nas placas de extração, através das quais são fixos. Ao sistema de extração são associados também cilindros hidráulicos, que estão ligados à placa de extração e são responsáveis pelo seu movimento, para exercerem uma função de vaivém, promovendo a extração do produto em conjunto com os veios extratores. Assim, quando os cilindros hidráulicos fecham, a placa de extração sobe, e vice-versa.

Para além dos componentes referidos, existem os calços - Figura 47 -, que servem para suportar a estrutura do macho.

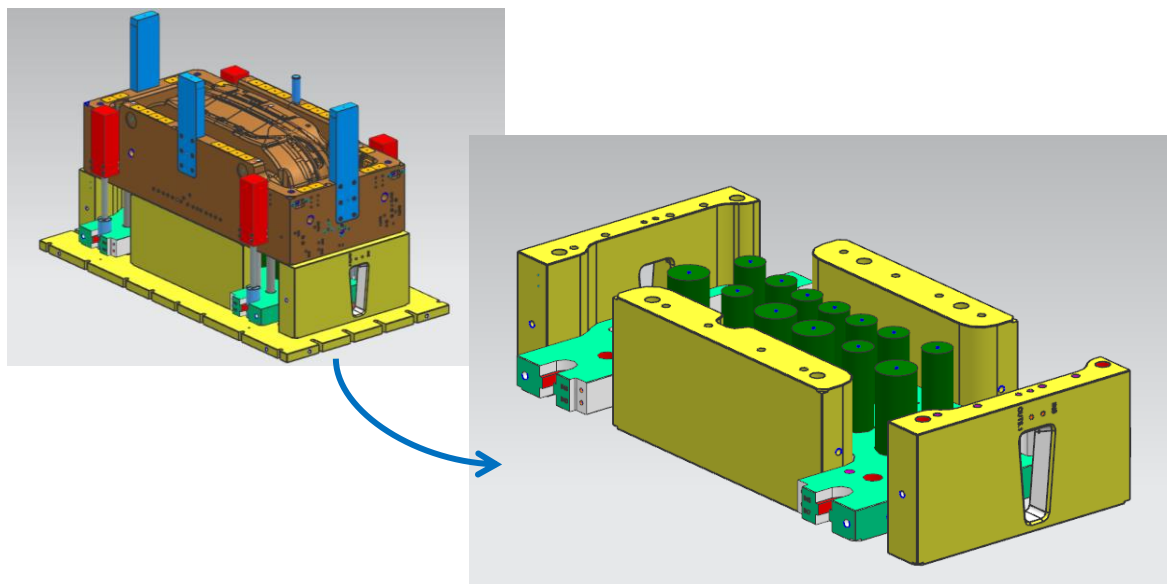


Figura 47 - Calços e apoios. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

Os calços (indicados a amarelo) podem também considerar-se parte da estrutura do sistema de extração, já que têm uma altura tal que permite o funcionamento da placa de extração, nomeadamente, o seu movimento. Isto é, os calços definem o espaço necessário ao movimento do sistema de extração.

Existem também os apoios (indicados a verde na figura anterior), que servem para ajudar a evitar deformações no molde devido às elevadas pressões. Tal como os calços, os apoios ajudam a sustentar a estrutura do molde.

6.2.6 Placas traseiras

Um outro elemento importante na estrutura dos moldes são as placas traseiras. No caso dos moldes mais comuns, cada molde possui duas placas traseiras, uma do lado do macho e outra do lado da cavidade. Cada placa traseira contém uma anilha de centragem, e esta anilha serve para centrar o molde aquando do seu encaixe na máquina injetora. Assim, cada placa traseira, sendo o último componente exterior do molde, é o que fica posteriormente em contacto com a máquina de moldação. As placas traseiras possuem as furações necessárias à fixação posterior do molde na máquina injetora.

Na Figura 48 pode visualizar-se a placa traseira que liga à parte fixa do molde (cavidade).

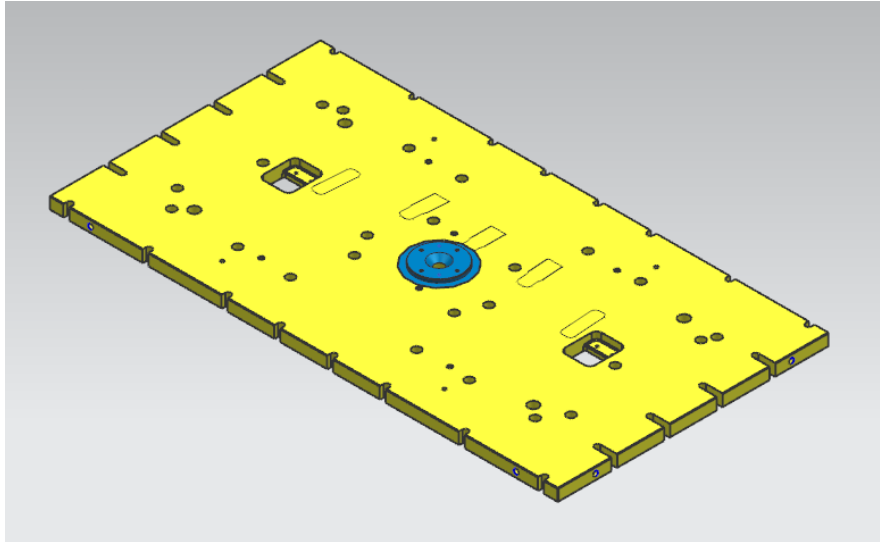


Figura 48 - Placa traseira do lado da cavidade. [Fonte: (MoldIT, 2019)]

Neste caso, pode observar-se a anilha de centragem a azul, através da qual é inserido o material plástico em cada ciclo de injeção no decorrer do processo de moldação.

O molde é de tal forma complexo, que seria necessária uma bíblia enorme para poder nomear e explicar a função de cada um dos seus componentes sem que se deixasse esquecer nenhum deles e, antes de poder descrevê-los, primeiro seriam necessários anos para saber acerca de toda a constituição dos moldes.

Como tal, neste trabalho apenas estão referidos alguns destes componentes, nomeadamente, alguns dos principais e o que foi possível conhecer durante o período de estágio, ainda que de forma breve.

O projetista elabora o molde em 3D e, após a obtenção do desenho 3D final, há toda uma série de tarefas que são realizadas através deste ficheiro. O ficheiro integral compreende vários subficheiros, correspondentes a cada componente do molde, sendo que, à medida que o molde vai sendo desenhado, vão sendo criados os vários ficheiros, para além do ficheiro que contém toda a estrutura.

A partir dos vários ficheiros que agregam os desenhos dos componentes do molde, vai sendo necessária a realização de várias tarefas, entre as quais se destacam algumas das que foram sendo realizadas, nomeadamente:

- Listas de material – a lista de material é criada durante o desenho 3D do molde, e corresponde à lista de todas as peças por que o molde é constituído, com a referência, designação, quantidade, etc., sendo transcrita para formato Excel;
- Detalhes – não são mais do que vistas 2D de determinados componentes com cotas dimensionais, e a elaboração de detalhes corresponde a grande parte do trabalho realizado durante o estágio.
 - Detalhes para auxiliar a produção – estes detalhes são desenhos 2D de um qualquer componente do molde que seja produzido através de fresagem convencional. Estes detalhes são importantes para maquinar peças simples de forma mais rápida, sem que seja necessário recorrer à consulta de um desenho 3D. Após a obtenção dos desenhos 2D (obtidos através do *software* CAD), os ficheiros criados são colocados no servidor da produção. Esta tarefa tem como função preparar os desenhos necessários para que os operadores possam dar as coordenadas às máquinas mais facilmente.
 - Detalhes para encomendas de material – eram também criados detalhes 2D para encomendar alguns componentes (como casquilhos, chapas de proteção, etc.), para que o fornecedor pudesse produzir mais facilmente, com base nas cotas descritas nestes desenhos. É feito o pedido de material, juntamente com os detalhes em anexo, que são primeiro enviados para o Departamento de Compras da fábrica, sendo depois reencaminhados para o fornecedor.

NOTA: Os desenhos 2D compensam para a produção de peças mais simples, já que facilita a consulta dos desenhos, diminuindo-se o tempo de produção.

- Conversão de ficheiros PRT (criados no *software* de desenho) em ficheiros IGES (compatíveis com o *software* de maquinaria) – de acordo com os componentes que se pretende produzir, os ficheiros convertidos são colocados no servidor para maquinaria CNC, de modo que o *software* de maquinaria os consiga ler);
- Conversão de ficheiros STEP em ficheiros PRT, e vice-versa – estas conversões são necessárias quando a empresa troca informações com entidades externas (clientes ou fornecedores) através do envio de ficheiros CAD, em qualquer fase durante a elaboração do molde.

Com o decorrer do estágio, aumentou-se conhecimentos e adquiriu-se competências, que permitiram aprimorar a capacidade de elaborar tarefas mais complexas.

Para além do desenho 3D de um sistema de refrigeração (elaborado através da consulta do projeto de um molde idêntico já existente), foram elaborados vários esquemas de tacos durante o período de estágio. A Figura 49 ilustra o exemplo de um esquema de tacos realizado (tacos indicados a laranja).

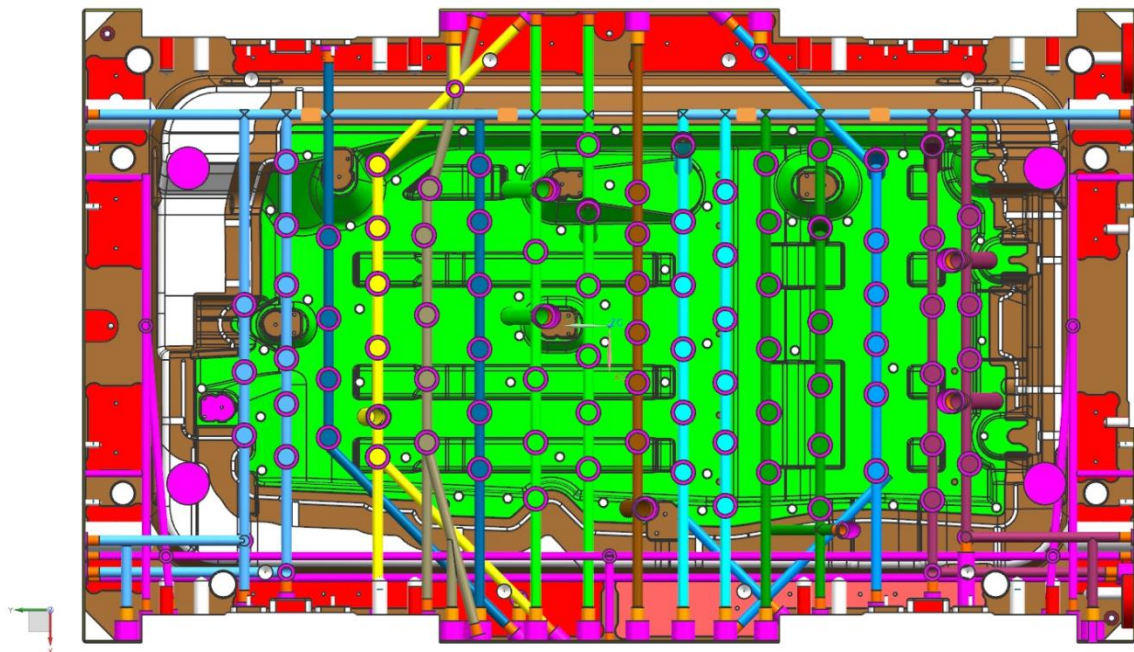


Figura 49 - Esquema de tacos: ilustração de vista de topo do circuito de refrigeração de um molde.

O esquema de tacos ilustrado é um desenho esquemático elaborado com o objetivo de auxiliar os operados do setor da montagem a identificar a localização exata para a colocação dos tacos no sistema de refrigeração do molde.

Dentro da conceção do sistema de extração, foram também dimensionados os cilindros hidráulicos para um molde específico, através da consulta de catálogos de fornecedores, para verificar quais os tipos de cilindros adequados ao molde em causa.

Foi realizado o posicionamento de alguns componentes *standard*, presentes na biblioteca de acessórios do *software* da empresa, no desenho CAD de um molde específico, que estava a ser desenvolvido por um dos projetistas. Com a ajuda do colega, introduziu-se no desenho do molde alguns acessórios (guias, parafusos, apoios, centradores e outros componentes), que foram posicionados com base nos respetivos requisitos pré-definidos, recorrendo a dados acerca

do tipo de acessório a inserir, e a informações sobre a indicação de medidas *standard* de dimensionamento dos componentes no molde.

Em suma, depois da elaboração de todo o desenho do molde, obtêm-se os vários ficheiros relativos ao molde em causa, e nos vários formatos necessários para que seja possível a sua leitura nos *softwares* das máquinas CNC, onde se vão produzir efetivamente as diversas partes do molde.

Essencialmente, a produção dos componentes inicia-se com a introdução de blocos de aço nas fresadoras, e através da programação computacional nos *softwares* específicos, as máquinas procedem ao desbaste do material, de acordo com as respetivas dimensões do molde projetado.

As várias partes do molde, após serem maquinadas, passam por processos de acabamento e operações de polimento.

Posteriormente, é feita a montagem de todo o molde, e após a montagem correta de todos os seus elementos, procede-se a vários ensaios para testar o seu funcionamento na íntegra. Normalmente, detetam-se pontos específicos que necessitam de ajustes e, o molde pode ter de ser desmontado e remontado para ajustar alguns componentes.

Após revisão completa, o molde é novamente montado e testado novamente. Caso se verifique a conformidade das suas funcionalidades específicas, o molde é fechado através das cavilhas e barras de transporte⁴, para ser reencaminhado para o cliente.

⁴ Cavilhas e barras de transporte – elementos do molde que ajudam a manter o molde fechado durante o seu transporte.

7 Gestão vs Elevado Nível Tecnológico

Uma empresa que exerce este tipo de indústria, requer um nível tecnológico elevado para se adaptar aos pedidos do mercado, para fazer face à concorrência, e claro, para conseguir manter implementada uma boa gestão ao nível de toda a fábrica, o que é uma importante base para se manter em atividade e apta a responder aos requisitos dos vários segmentos de mercado. Para se distinguirem perante empresas concorrentes, tal como qualquer indústria, deve manter uma boa gestão dos seus recursos, desde os materiais aos recursos humanos, de modo a obter os melhores resultados.

A capacidade produtiva das indústrias portuguesas de moldes é estimulada pela grande procura externa dos moldes portugueses, consequente do *know-how* e experiência dos fabricantes nacionais, da sua capacidade tecnológica, dos preços competitivos, do cumprimento dos prazos de entrega e da assistência técnica dos produtos, o que faz com que grandes marcas internacionais da indústria automóvel, embalagens, naval, eletrónica, eletrodomésticos, aeronáutica, entre outras, confiem nas empresas nacionais. (DGAE, 2018)

Desta forma, a confiança que o mercado externo deposita no fabrico nacional é um trunfo que Portugal tem atualmente para poder crescer muito mais.

No entanto, é necessário ter em conta a importância da gestão industrial que esta tecnologia requer, e que o aumento do nível tecnológico implica o uso de ferramentas de gestão muito mais atuais e eficazes, para que as empresas consigam sustentar a utilização das suas tecnologias e obter bons resultados com elas.

A figura seguinte (Figura 50) resume os aspetos fundamentais para trabalhar no sentido de assegurar a melhoria contínua de uma dada organização.



Figura 50 - A Gestão com base na Tecnologia e Inovação.

Uma gestão adequada dos recursos existentes vai ajudar a contribuir para a melhoria dos processos e da qualidade dos produtos obtidos.

Para além de ser necessário conhecer quais as necessidades de gestão para os equipamentos de alta tecnologia, esta gestão passa também por aumentar a mão-de-obra especializada.

A falta de mão-de-obra é atualmente uma das principais dificuldades que a indústria nacional de moldes enfrenta, também devido à perda de conhecimento com a saída de trabalhadores experientes que atingem a idade da reforma. Para tentar colmatar isto, uma das soluções poderá passar por dar formação mais especializada aos recursos humanos, e contratar mão-de-obra estrangeira que possa responder às necessidades da indústria nacional. (DGAE, 2018)

A investigação, inovação e desenvolvimento gere a dinâmica desta indústria, o que faz com que a atualização do conhecimento tenha de ser constante e, para isso, é essencial que o mesmo seja acompanhado de um forte investimento na qualificação dos recursos humanos do setor. Por exemplo, o CENTIMFE é uma das organizações que desenvolve material de formação com o intuito de melhorar a formação de futuros profissionais da indústria de moldes (DGAE, 2018), o que pode ajudar na obtenção de mais mão-de-obra.

Para além disso, é necessário que as empresas se atualizem continuamente em relação às ferramentas de gestão que podem e devem utilizar para a gestão dos seus recursos específicos, nomeadamente, ferramentas de gestão *Lean*, a utilização do JIT para redução dos desperdícios,

a perceção conceito de melhoria contínua (Kaizen), a utilização da Gestão Visual da Produção (Kanban), métodos de avaliação e análise de falhas (como a FMECA), etc.

Os moldes permitem-nos obter um grande nível de variedade de produtos, e a indústria de moldes permite-nos obter também uma grande flexibilidade⁵, se as empresas não deixarem de investir continuamente numa tecnologia cada vez mais atualizada.

Contudo, para que uma dada empresa consiga atingir os objetivos traçados, tem de haver um equilíbrio entre o nível tecnológico utilizado e a gestão dessa tecnologia. Isto é, a gestão aplicada tem de ser eficaz e capaz de responder ao nível tecnológico implementado.

Quer isto dizer que, se não houver uma boa gestão dos recursos existentes, a alta tecnologia não é suficiente para se obterem bons resultados.

⁵ Flexibilidade - capacidade de uma empresa responder a alterações tecnológicas e a mudanças de pedidos por parte dos clientes, em tempo e variedade; quanto mais recursos a empresa tiver, mais flexível pode ser.

8 Conclusões

O presente relatório resume os principais conhecimentos que foram sendo adquiridos e as principais tarefas relativas ao trabalho realizado no decorrer do estágio curricular.

Em toda a abordagem, compreendeu-se a grande importância dos moldes no mundo industrial, nomeadamente, a sua constituição genérica, os vários tipos de moldes existentes, a diversidade de peças que podem produzir, o funcionamento dos diversos processos de moldação possíveis, etc. Adquiriu-se conhecimento acerca do extenso processo de fabrico de um molde e, como consequência, da complexidade da sua estrutura, que deve estar em equilíbrio com as condições em que vai operar, de modo a poder originar as peças para o qual foi projetado de acordo com os requisitos solicitados pelo cliente, etc.

A indústria de moldes é muito abrangente, devido à sua versatilidade e à sua vasta utilidade, podendo fornecer para diversas áreas de atividade, desde as utilidades domésticas e setor das embalagens ao ramo automóvel.

Cada molde é uma ferramenta valiosa, já que é produzido com base em requisitos muito específicos, de tal forma que se obtém uma ferramenta de elevada precisão, qualidade, rigor e fiabilidade, para além de que, hoje em dia, ainda não são todas as empresas que fabricam determinados tipos de moldes.

As suas vantagens passam também por permitirem a produção de peças de dimensões extremas (muito grandes ou muito pequenas) com elevada precisão, de vários tipos de material (plástico, vidro, etc.) e com as mais diversas configurações.

A capacidade de resposta das várias indústrias de moldes aos pedidos de mercado depende muito da tecnologia e inovação que cada empresa utiliza no seu processo produtivo, e da mão-de-obra qualificada que possui, e que pode permitir o seu reconhecimento internacional. A indústria de moldes tende a evoluir cada vez mais, e é tanto maior a sua capacidade de competir com empresas concorrentes quanto maior for o seu nível tecnológico utilizado.

Portugal tem vindo a crescer bastante neste setor, e pode evoluir ainda mais a nível mundial, com a evolução do nível tecnológico utilizado nos equipamentos industriais e com o aumento da exportação.

É perceptível que o aumento do nível tecnológico no chão de fábrica requer mão-de-obra cada vez mais qualificada e, consequentemente, mais cara. No entanto, se as empresas

conseguirem aumentar o seu poder de capital, terão mais facilidade em obter recursos cada vez melhores.

Por outro lado, considerando as indústrias no geral, o aumento do nível tecnológico tende a despoletar mais depressa o que se avizinha como sendo a Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0), o que implicará a diminuição do número de postos de trabalho e a exclusão de mão-de-obra menos qualificada.

Contudo, a indústria de moldes não deixa de ser uma área em desenvolvimento e que tende a evoluir muito ainda, também devido à enorme versatilidade deste produto.

Com a realização deste estágio, foi possível aprender muito, e obter uma melhor perceção acerca de todo o processo que está na base do fabrico de moldes. Esta experiência permitiu crescer pessoal e profissionalmente, e obter uma boa preparação para o futuro desenvolvimento profissional.

Referências Bibliográficas

- Alibaba.com. (s.d.). *high quality plastic injection mould & plastic injection molding part plastic products*. Obtido de Alibaba.com Site: https://www.alibaba.com/product-detail/high-quality-plastic-injection-mould-plastic_60291637073.html
- Alibaba.comSite. (s.d.). *10L/20L/18.9L Water PE/PP/PET Blow Bottle Mold Preform Plastic Injection Mould*. Obtido de Alibaba.com Site: https://www.alibaba.com/product-detail/10L-20L-18-9L-Water-PE_60587981688.html
- Araújo, E. (2014/2015). *Polímeros sintéticos, BAQUELITE*. Obtido de Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Química e Bioquímica, Química e Física dos Materiais II: <https://moodle-arquivo.ciencias.ulisboa.pt/1415/mod/resource/view.php?id=71430>
- ARRAY. (s.d.). *O PROCESSO PRODUCTIVO DE UM MOLDE*. Obtido de formacao.training: http://formacao.training.pt/?page_id=50
- Brasil, W. d. (8 de Oct de 2018). *Cone térmico: a melhor fixação da fresa*. Obtido de medium.com: <https://medium.com/alta-performance/cone-t%C3%A9rmico-a-melhor-fixa%C3%A7%C3%A3o-da-fresa-b8b4a19d645f>
- Cefamol. (2018). *Situação Atual*. Obtido de CEFAMOL – Associação Nacional da Indústria de Moldes: <https://www.cefamol.pt/index.php?id=30>
- Cefamol. (s.d.). *História do Setor*. Obtido de CEFAMOL – Associação Nacional da Indústria de Moldes: <https://www.cefamol.pt/index.php?id=29>
- CEFAMOL, R. (10 de 2014). *INOVAÇÃO NA MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO*. Obtido de Associação Nacional da Indústria de Moldes: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/35560/1/RT19.pdf>
- Cristais, P. d. (2016). *Mais sobre o vidro*. Obtido de Palácio dos Cristais: <http://www.palaciiodoscristais.ind.br/maissobrevidro/index.html>
- CustomPartNet. (s.d.). *Injection Molding*. Obtido de CustomPart.Net: <https://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>
- DEM, I. S. (3º ano - 2º semestre). *FABRICO DE MOLDES*. Obtido de Parte III.
- DEM, I. S. (3º ano - 2º semestre). *FABRICO DE MOLDES*. Obtido de Parte IV.
- DEM, I. S. (s.d.). *FABRICO DE MOLDES*. Obtido de Parte II.
- DGAE. (2018). *Sinopse Indústria de Moldes*. Obtido de Direção-Geral das Atividades Económicas: https://www.dgae.gov.pt/gestao-de-ficheiros-externos-dgae-ano-2019/sinopse-industria-moldes_vf_2018-3-pdf.aspx
- Dicio.com.br. (s.d.). *Significado de Molde*. Obtido de Dicionário Online de Português: <https://www.dicio.com.br/molde/>
- Duomold. (2019). *Desenvolvimento e concepção de moldes metálicos com recurso às mais diversas tecnologias*. Obtido de Duomold: <https://www.duomold.pt/pt/produtos/>
- Feitosa, B. d., Saito, D. K., Cortez, J. P., & Soares, V. F. (25 de 04 de 2017). *Relatório 01 - Água na Indústria (Vidro), Produção do Vidro*. Obtido de PHA - Engenharia e Meio Ambiente: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3466628/mod_folder/content/0/Vidro.pdf?forcedownload=1

- FERPLASTIC. (29 de JUNHO de 2016). *O processo de moldagem por injeção*. Obtido de FERPLASTIC, indústria de plásticos: <https://ferplastic.wordpress.com/2016/06/29/o-processo-de-moldagem-por-injecao/>
- Gomes, N. M. (2005). Dissertação de Mestrado em Museologia e Património Cultural. Em N. M. Gomes, *A INDÚSTRIA PORTUGUESA DE MOLDES PARA PLÁSTICOS, História, Património e sua musealização* (pp. 27-34). Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.
- GrabCAD, C. L. (12th de July de 2016). *Mold for Servo Cover Plate | TRINOTA*. Obtido de GrabCAD: <https://grabcad.com/library/mold-for-servo-cover-plate-trinota-1>
- MAXTECH. (s.d.). *Moldagem por compressão*. Obtido de Maxtech Manufacturing Group: <http://br.plasticmoldingchina.com/compression-molding.html>
- Moldit. (s.d.). *Moldit - Industria de Moldes S.A.* Obtido de Facebook: <https://www.facebook.com/watch/?v=1578768275579998&redirect=false>
- MoldIT, D. (2019). *EMPRESA, APRESENTAÇÃO*. Obtido de MoldIT: <http://www.moldit.pt/company/>
- Neweco. (20 de Nov de 2018). *o que é moldagem por compressão?* Obtido de Neweco: <http://pt.unsaturatedpolyesterresins.com/info/what-is-compression-molding-33248447.html>
- PEGN, R. (2015). *Designer italiano molda rostos de pessoas em vidro*. Obtido de Pequenas Empresas e Grandes Negócios, Notícias: <http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,,ERT296858-17180,00.html>
- Plásticos, M. I. (2019). *PROCESSOS DE ELETROEROSÃO*. Obtido de Molde Injeção Plásticos: <http://moldesinjecaoplasticos.com.br/processos-de-eletroerosao/>
- Saraiva, P. A. (29 de Setembro de 2016). *Projeto de um molde de injeção*. Obtido de Relatório de Estágio, Mestrado em Engenharia da Conceção e Desenvolvimento do Produto: <https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/2422/1/Paula%20Alexandra%20da%20Cruz%20Saraiva-Mestrado%20em%20Engenharia%20da%20Conce%C3%A7%C3%A3o%20e%20Desenvolvimento%20do%20Produto.pdf>
- Solutions, M. H. (2014). *Moldes Sándwich o Stack Molds*. Obtido de MHS A Westfall Company: <http://www.mhs-hotrunners.com/es/stack.html>
- Stahl, R. (29 de 01 de 2018). *Relatório especial, O que esperar da ferramenta e fabricação de moldes em 2018*. Obtido de ETMM, the website: <https://www.etmm-online.com/what-to-expect-of-tool-and-mould-making-in-2018-a-680684/>
- Tooling&Molding, A. M. (s.d.). *Molde de injeção plástica, Modelação Por Injecção Plástica Da Cadeira Da Mobília*. Obtido de ABIS MOLD: <http://www.abismoldmaker.com/furniture-chair-plastic-injection-moulding>
- Tromosa. (2019). *Mould Experience*. Obtido de Tromosa: <https://www.tromosa.es/en/moulds/mould-experience>
- Wikipedia. (4 de December de 2019). *Plastic*. Obtido de Wikipedia, the free encyclopedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Plastic>