



# Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

## Acompanhamento do processo de montagem e teste de um molde na empresa SOCEM

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos  
Mecânicos

Autor

**João António Rua Ferreira**

Orientador

**Pedro Miguel Soares Ferreira**

Supervisor na empresa      Socem

**Rui Alexandre Cordeiro Novo**

Coimbra, março, 2023



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA



## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo acompanhar o processo de montagem e teste de um molde de injeção plástica desenvolvido na empresa SOCEM.

Todo este trabalho foi desenvolvido numa empresa relacionada com a produção de moldes de injeção para, maioritariamente, a indústria automóvel tanto a nível nacional, como a nível internacional. De modo a permitir uma melhor compreensão do trabalho para aqueles que não trabalham na indústria de moldes, é efetuada uma apresentação inicial dos moldes, desde conceitos a tipos de moldes e entre outros.

No decorrer deste trabalho todo o processo produtivo de um molde é analisado e acompanhado, passando inicialmente por uma fase de projeto do molde, de maquinação, de bancada e teste do molde. O processo de bancada e teste de moldes cumprem com os objetivos impostos e garantem uma aprendizagem bastante superior na área.

Na parte final deste trabalho, são apresentados todos os problemas encontrados no molde através do seu teste, assim como as respetivas soluções para que esses problemas não existam.

Palavras-Chave: Moldes injeção, Projeto, Maquinação, Bancada e Teste de moldes.

## **ABSTRACT**

This work aims to follow the process of assembly and testing of a plastic injection mold developed in the company “SOCEM”.

All this work was developed in a company related to the production of injection molds for the car industry both nationally and internationally. To allow a better understanding of the work for those who do not work in the mold industry, an initial presentation of the molds is carried out, from concepts to types of molds, among others.

In the course of this work, the entire production process of a mold is analyzed and monitored, initially passing through a phase of mold design, machining, bench process and mold testing. The bench process and mold testing meet the imposed objectives and guarantee a much superior learning experience in the area.

In the final part of this work, all the problems found in the mold through its test are presented, as well as the respective solutions so that these problems do not exist.

Keywords - Plastic Injection Mold, Mold Design, Machining, Bench Process and Mold Test

## **AGRADECIMENTOS**

Ao longo deste pequeno ciclo de vida, várias pessoas me ajudaram e apoiaram em todas as decisões tomadas neste relatório. Como tal, quero expressar o meu agradecimento as mesmas que tornaram este trabalho possível.

Ao meu orientador Professor Pedro Ferreira, por toda a disponibilidade em trabalhar comigo e pela paciência em me ajudar quer por mail, quer por outra forma. Trata-se de um excelente profissional, exigente que reflete neste relatório.

Devido ao meu percurso de estágio estar em várias secções, gostaria de agradecer em primeiro lugar à senhora Vera Alves e Joana Veloso por me terem aceiteado na Socem. Ao senhor Rui Novo, meu supervisor, e Raquel Fernandes por me ter recebido e orientado todo o processo de trabalho durante o estágio.

Agradecer a toda equipa de maquinaria por todos os conhecimentos ensinados durante a minha passagem por esta fase de trabalho.

Gratular o senhor Vítor Marques e o senhor Tiago Constantino, por me receberem na secção de bancada e me terem integrado numa excelente equipa de trabalho, Pedro Xarepe, Rui Alexandre, Carlos Pinto, André Monteiro, Fernando Costa, que para além de serem excelente profissionais, tornaram-se verdadeiros colegas e amigos.

Ao senhor Cláudio Silva e Rafael Silva, coordenadores do centro de ensaios, por me terem ajudado e ensinado todo o processo de teste dos moldes.

Por fim, agradecer aos meus pais, irmãos, família, amigos e colegas pela paciência que tiveram comigo durante os momentos difíceis deste percurso, e me terem apoiado em todas as decisões tomadas.

## ÍNDICE

1	Introdução	3
1.1	Enquadramento	3
1.2	Objetivos e Plano de trabalho	4
1.3	Estrutura do Relatório	5
2	Grupo Socem	6
2.1	Apresentação do Grupo	6
2.2	Empresas do Grupo	6
2.2.1	Socem ED	7
2.2.2	Socem MS	7
2.2.3	Spim	8
2.2.4	Inpact	8
2.2.5	Sep-Tec	9
2.2.6	Maxiplás	9
2.2.7	Plastimago	10
2.2.8	Socem Brasil e Inotooling	10
2.3	Metodologia de Trabalho do Grupo SOCEM	10
2.3.1	Projeto	11
2.3.2	Maquinagem	12
2.3.3	Bancada/Montagem	13
2.3.4	Centro Ensaios/Teste	14
3	Revisão Bibliográfica	15
3.1	O Molde	15
3.2	Elementos do molde	16
3.2.1	Estrutura do molde	16
3.2.2	Elementos moldantes	17
3.2.3	Elementos redondos	18
3.2.4	Acessórios de guiamento	20
3.2.5	Acessórios de imobilização	21
3.2.6	Acessório de extração	22
3.2.7	Acessório de injeção	23
3.2.8	Acessório de refrigeração	23
3.3	Materiais para Moldes de Injeção	24
3.3.1	Aços de Construção	25
3.3.2	Aços Ferramentas para Moldes	25

3.3.3	Aços Inoxidáveis	25
3.3.4	Aços para Têmpera	25
3.3.5	Aços para Cementação	25
3.3.6	Ligas de Alumínio	26
3.4	Classificação dos Moldes	26
3.4.1	Moldes Estruturados	26
3.4.2	Moldes de Canais Quentes	27
3.4.3	Moldes de 3 Placas	28
3.4.4	Moldes Bi-Matéria	28
3.4.5	Moldes Sandwich	29
3.4.6	Moldes Tandem	30
3.5	Injeção Material	31
3.5.1	Ciclo de Injeção	31
3.5.2	Tipo Entrada do Material no Molde	32
4	Trabalhos desenvolvidos durante o estágio	36
4.1	Caso de Estudo	36
4.2	Fase da Bancada	37
4.2.1	Limpeza e verificação das peças	38
4.2.2	Montagem	39
4.2.3	Teste de Compressão	44
4.3	Centro de Ensaios	46
4.3.1	Material Polimérico	46
4.3.2	Montagem molde na máquina de injeção	47
4.3.3	Injeção de peças	50
4.4	Problemas Vs Soluções	50
4.4.1	Problemas Teóricos	50
4.4.2	Problemas Práticos	53
4.4.3	Problemas e as soluções do Molde ED21M5189	53
5	Conclusão	55
6	Bibliografia	56

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.1 - Número de empresas, em percentagem, em Portugal, adaptado de (Vitis Management Consulting, Lda, 2022)	2
Figura 1.2 - Indústrias onde os moldes estão presentes, adaptado de (Vitis Management Consulting, Lda, 2022)	3
Figura 2.1 - Constituição do grupo SOCEM e localização das empresas em termos mundiais	6
Figura 2.2 - Representação da Socem Ms, com os diretores de produção na revista da Cefamol (Cefamol, 2021)	7
Figura 2.3 - Fabrico aditivo da empresa Inpact (Socem, Inpact, 2020)	8
Figura 2.4 - Representação da textura de um molde (Socem, Sep-Tec, 2020)	8
Figura 2.5 - Esquema da metodologia de trabalho do Grupo SOCEM.	9
Figura 2.6 - Exemplo de estudo reológico com os resultados das pressões que são desenvolvidas durante o processo de enchimento da peça.	10
Figura 2.7 - Exemplo da análise estrutural de um molde onde se visualiza o valor máximo de deformação que o molde obteve em função para pressão de injeção usada.	11
Figura 2.8 - Zona de maquinação (Diário de Leiria, 2020)	12
Figura 2.9 - Centro de Ensaios (Arquetis, 2022).	13
Figura 3.1 - Representação de um molde.	14
Figura 3.2 - Subconjuntos dos elementos do molde.	15
Figura 3.3 - Estrutura do molde com indicação na numeração das chapas. (CadSolid, 2020)	16
Figura 3.4 - Representação dos diferentes tipos de elementos moldantes: elemento móvel (a), os balancés (b) e os postigos (c)	17
Figura 3.5 - Visualização do anel de centragem do lado da injeção (Esquerda) e do anel de centragem do lado da extração (direita)	18
Figura 3.6 - Representação dos suportes pilar de um molde.	18
Figura 3.7 - Representação dos diferentes tipos de guias que podem ser usados nos moldes: guias de dois corpos respigada (a), guias de dois corpos (b) e guias de um corpo ou guias lisas (c).	19
Figura 3.8 - Apresentação de um casquilho das guias principais.	20
Figura 3.9 - Visualização da barra de fecho de um molde.	20
Figura 3.10 - Representação de blocos travamento retangulares para moldes.	20

Figura 3.11 - Representação dos guias da placa extratora.	21
Figura 3.12 – Visualização dos casquilhos das guias extratoras.	21
Figura 3.13 - Exemplo de vários extratores: Laminar, Rebaixado, Tubular, Rebaixado (de cima para a baixo, respetivamente).	22
Figura 3.14 - Representação do bico de injeção.	22
Figura 3.15 - Visualização de um tampão	23
Figura 3.16 - Esquema de materiais para moldes injeção dividido entre aços e ligas de alumínio	23
Figura 3.17 - Esquema dos vários tipos de moldes.	25
Figura 3.18 - Exemplificação de um molde simples estruturado.	26
Figura 3.19 - Representação de canais quentes e sua legenda (Moldes Injeção Plásticos, 2021).	26
Figura 3.20 - Jito de molde de canal frio (Moldes Injeção Plásticos, 2021)	27
Figura 3.21 - Prato rotativo utilizado moldes bi-matéria (Vangest, 2019)	28
Figura 3.22 - Exemplo que um molde sandwich, montado na máquina de injeção.	29
Figura 3.23 - Representação de um molde tandem.	29
Figura 3.24 - Esquema do Ciclo de Moldação (CENTIMFE, 2003)	30
Figura 3.25 - Representação esquemática dos diferentes tipos de ataques de injeção (CENTIMFE, 2003).	31
Figura 3.26 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito direto (CENTIMFE, 2003).	31
Figura 3.27 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque lateral (CENTIMFE, 2003).	32
Figura 3.28 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque em leque (CENTIMFE, 2003).	32
Figura 3.29 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque submarina (a) e ataque banana (b) (CENTIMFE, 2003).	33
Figura 3.30 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque em anel (a) e ataque em diafragma (b) (CENTIMFE, 2003).	33
Figura 3.31 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque em leque (CENTIMFE, 2003).	34
Figura 3.32 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque em lâmina (CENTIMFE, 2003).	34

Figura 3.33 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque em bico de alfinete (CENTIMFE, 2003).	34
Figura 4.1 - Processo de trabalho de bancada.	36
Figura 4.2 - Componente moldante em preparação para o processo de limpeza.	37
Figura 4.3 - Componente moldante, após o processo de limpeza e retificação de correção de altura.	38
Figura 4.4 - Chapas Extratoras e extratores colocados no molde.	38
Figura 4.5 - Representação circuito refrigeração (azul) no elemento móvel	39
Figura 4.6 - Circuito de refrigeração dos balancés, representado a preto.	40
Figura 4.7 - Exemplificação da realização do teste refrigeração.	40
Figura 4.8 - Visualização da máquina de teste de refrigeração.	41
Figura 4.9 - Exemplificação da realização do teste de extração.	41
Figura 4.10 - Exemplo de uma textura de brilho.	42
Figura 4.11 - Teste de compressão do molde ED21M5189.	43
Figura 4.12 - Cavidade pintada para realizar o ajustamento	43
Figura 4.13 – Visualização do problema de ajustamento dos elementos móveis na zona moldante.	44
Figura 4.14 - Processo de estufa no material	45
Figura 4.15 - Molde colocado e montado na máquina de injeção	45
Figura 4.16 - Verificação dos movimentos dos extratores e balancés durante o teste de extração na máquina de injeção.	46
Figura 4.17 – Bucha montada na máquina de injeção e limpa.	47
Figura 4.18 - Cavidade montada na máquina de injeção e limpa.	47
Figura 4.19 - Representação de uma peça com rebarba (Fit Tecnologia, 2021).	49
Figura 4.20 - Peça que apresenta manchas escuras e pequenas zonas de moldação incompletas a vermelho (Manchas, 2016).	49
Figura 4.21 - Peça com problemas de empeno (Fit Tecnologia, 2021).	50
Figura 4.22 - Tabela representativa dos defeitos e das soluções utilizadas conforme a prioridade (Roda, 2012)	50

## **ÍNDICE TABELAS**

Tabela 1 - Evolução temporal do trabalho desenvolvido durante o estágio e sua duração. 4

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

3D - Três Dimensões

CNC - Comando Numérico Computorizado

mm - Milímetro

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

Com os conhecimentos adquiridos ao longo da primeira fase do mestrado, decidiu-se aplicá-los no mercado de trabalho motivo esse da escolha para finalizar o mestrado em Engenharia Mecânica a realização de um estágio curricular na área de produção de moldes. De entre as diversas possibilidades, optou-se por realizar o estágio curricular no grupo **Socem - Global Mold Network Solutions**, que se encontra situado na região da Marinha Grande, Leiria.

Quando se faz referência a palavra moldes ou produção de moldes, está-se normalmente a referir-se a um processo de fabrico com mais de 200 anos. A sua génese, foi na indústria vidreira e tudo graças a um senhor Inglês chamado *Stephens*, que criou a “*Fábrica-Escola Irmãos Stephens*”. Foi nesta indústria que se aplicaram pela primeira vez os moldes em Portugal no fabrico de peças de vidro. Passado algum tempo, meados de 1944, Aníbal H. Abrantes que acreditando nos novos materiais (plásticos), lançou-se na indústria de moldes para injeção plástica. É desta forma que, em 1946 e através da sociedade Santos & Abrantes, sediada em Oliveira de Azeméis, que é produzido o primeiro molde para a injeção de plásticos. Ao longo dos anos seguintes e até à data de hoje, tem-se observado uma grande evolução no processo de produção de moldes. Essa evolução faz que vão existindo novas competências e capacidades tecnológicas que facilitam toda a produção do molde. De acordo com a empresa *Vitis Management Consulting, LDA* (empresa especializada em auditorias, consultorias, aquisição de dados, entre outros), em Portugal, até ao ano 2019 existem cerca de 606 empresas focadas na indústria de moldes. Esta empresa refere ainda que é no distrito de Leiria que estão localizadas mais de 60% da indústria de moldes em Portugal, tal como se pode constatar através da Figura 1.1.

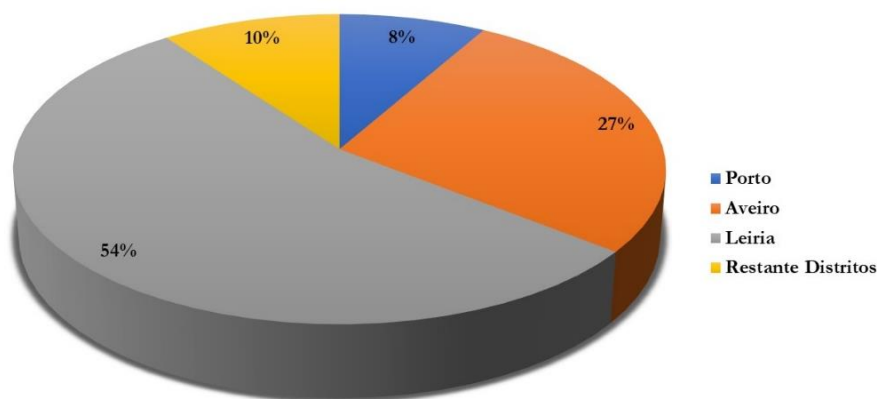


Figura 1.1 - Número de empresas, em percentagem, em Portugal, adaptado de (Vitis Management Consulting, Lda, 2022)

Atualmente, o grande foco da produção de moldes é a indústria automóvel apesar de existirem outros setores industriais onde os moldes podem e são aplicados, tal como se apresenta na Figura 1.2. No entanto em virtude da situação pandémica que todo o mundo sofreu, a indústria automóvel decaiu bastante e com essa decadência a produção de moldes seguiu o mesmo rumo.

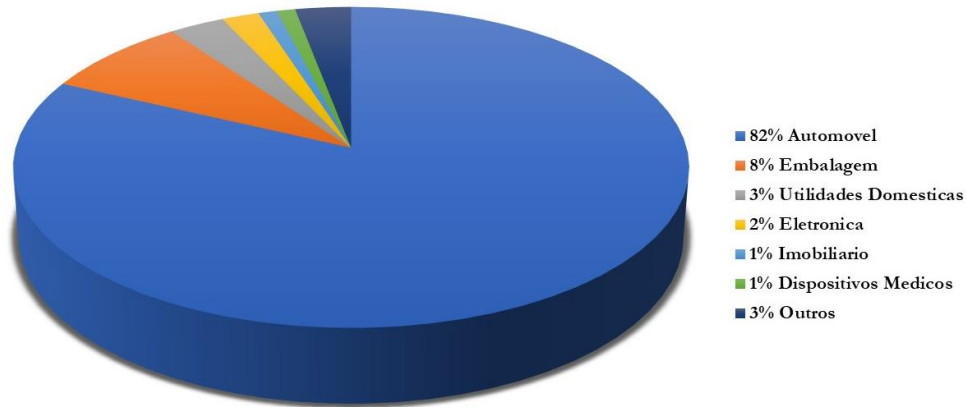


Figura 1.2 - Indústrias onde os moldes estão presentes, adaptado de (Vitis Management Consulting, Lda, 2022)

De acordo com a AFIA – Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel, as exportações de componentes até setembro de 2020, fixaram-se em 6,1 mil milhões de euros, representando uma diminuição de 16,3% face ao período homólogo de 2019. Isto representa uma quebra das vendas ao exterior na ordem dos 2,1 mil milhões de euros com especiais implicações no mercado do Reino Unido (34,1%), francês (30,3%), Alemão (14,5%) e Espanhol (15,2%). (Vitis Management Consulting, Lda, 2022)

## 1.2 Objetivos e Plano de trabalho

O mestrado de engenharia mecânica com especialidade em “construções e manutenção de equipamentos mecânicos” - CMEM é o aprofundar dos conhecimentos adquiridos na licenciatura de engenharia Mecânica e é um ganhar de competências específicas relacionadas com a CMEM, tais como:

- Conseguir aplicar métodos de cálculo numérico, para o cálculo estrutural de qualquer componente mecânico;
- Avaliar medidas de prevenção contra os fenómenos de desgaste e corrosão dos materiais;
- Conseguir selecionar e identificar os materiais para qualquer equipamento mecânico;
- Aplicar tecnologias de fabrico avançadas e otimizar o processo de produção;

- Garantir uma boa manutenção dos equipamentos aplicando técnicas de deteção de avarias.

De forma resumida, pode se dizer através das competências anteriormente referidas que foram definidos para o estágio os seguintes objetivos:

- Aprofundar os conhecimentos sobre o setor dos moldes, nomeadamente proceder à montagem de moldes e verificação da sua operacionalidade;
- Produção de peças para moldes;
- Avaliar problemas existentes na montagem de moldes e encontrar soluções para resolução dos problemas encontrados.

Para ser possível cumprir com estes objetivos, o percurso de estágio foi dividido nas seguintes etapas e suas respectivas durações (Tabela 1).

Tabela 1 - Evolução temporal do trabalho desenvolvido durante o estágio e sua duração.

Trabalho desenvolvido	Duração
Desenvolver conhecimentos de molde e de modelação na área de projeto	1 mês
Rever conhecimentos no processo de maquinação/programação	1 semana
Adquirir capacidade para a montagem do molde	5 meses
Obter conhecimentos na área de produção	1 mês
Elaborar a escrita do relatório	9 meses

### **1.3 Estrutura do Relatório**

O relatório apresentado está essencialmente dividido em cinco capítulos estando por sua vez dividido em subcapítulos.

O primeiro capítulo tem como objetivo realizar um enquadramento desta área com o estágio curricular, uma breve explicação dos objetivos principais e os planos deste trabalho e descrever a forma como este documento se encontra estruturado.

No segundo capítulo, faz-se uma breve apresentação do grupo onde se desenvolveu o estágio desde explicar as empresas que o constituem, o local principal onde se realizou o estágio e uma explicação sobre a metodologia de trabalho da empresa.

O terceiro capítulo, apresenta-se de forma resumida certos conteúdos teóricos, adquiridos no decorrer do estágio, importantes para que ao longo do relatório seja mais perceptível todo o trabalho desenvolvido.

Ao longo do quarto capítulo é feita uma descrição do processo de montagem de um molde bem como a sua fase de teste, explicando problemas encontrados e as soluções para os mesmos.

Por fim, no quinto capítulo fez-se uma breve conclusão onde se explica os problemas e as dificuldades sentidas, as competências adquiridas comparando com o trabalho académico ao longo deste mestrado.

## **2 GRUPO SOCEM**

### **2.1 Apresentação do Grupo**

O grupo **socem - Global Mold Network Solutions**, trata-se de um grande grupo sediado na Marinha Grande, com cerca de trinta e cinco anos de trabalho na engenharia de moldes. O grupo tem como premissa trabalhar sempre um passo a frente de grande parte das empresas que existem atualmente, onde o seu foco é maioritariamente a indústria automóvel, com clientes de grandes marcas situados Brasil, México e China.

A palavra “**SOCEM**” representa os valores fundamentais que o grupo defende, ou seja, a **Seriedade**, **Ousadia**, **Congruência**, **Entusiasmo** e **Memória**. Até aos dias que correm a SOCEM tem desenvolvido soluções na produção de moldes melhorando cada vez mais a qualidade e os custos ao longo do ciclo de vida dos moldes.

Através de inovações tecnológicas, o conhecimento na área de injeção de peças plásticas tem aumentando cada vez mais, melhorando a sua produção num objetivo final de se obter peças plásticas com um maior conteúdo tecnológico e de valor de mercado.

Cada vez mais a indústria de moldes vai evoluindo, e o grupo SOCEM pretende acompanhar essa evolução, ficando sempre um passo a frente das outras indústrias. Além deste grande objetivo, trata-se de uma empresa que, apesar de já ser reconhecida nacionalmente na indústria de moldes, pretende ser conhecida internacionalmente como um grande grupo na visão de grandes ofertas tecnológicas na produção de moldes, injeção de peças plásticas e montagem de pequenos módulos.

### **2.2 Empresas do Grupo**

O grupo SOCEM é constituído por nove empresas (Figura 2.1), sendo que sete se encontram sediadas em Portugal, mais precisamente no distrito de Leiria e as restantes duas encontram-se sediadas fora de Portugal, mais precisamente no México e no Brasil.

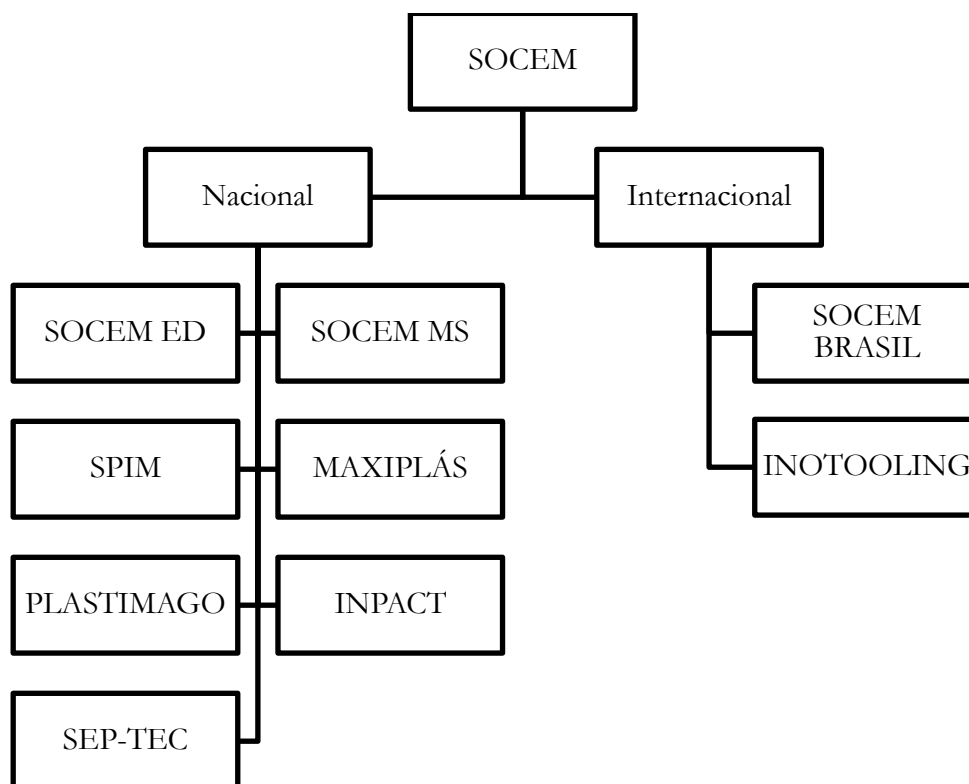


Figura 2.1 - Constituição do grupo SOCEM e localização das empresas em termos mundiais

### **2.2.1 Socem ED**

A empresa **Socem ED** é a empresa base do grupo que controla e desenvolve os projetos de grande dimensão, desde a engenharia de produto, a prototipagem rápida, moldes de silicone e moldes de alumínio permitindo garantir uma assistência técnica a todos os clientes. Uma grande inovação por parte da empresa do grupo, foi a construção de um centro de ensaios próprio onde possui máquinas de injeção para qualquer molde de injeção plástica.

### **2.2.2 Socem MS**

A empresa **Socem MS**, local onde o estágio foi realizado, é uma das empresas do grupo com a capacidade de produzir moldes de grande dimensão e peso acima de trinta toneladas.

A empresa engloba um setor de projeto e um setor produtivo. No setor de projeto, a empresa tem mais de 10 desenhadores de moldes, que trabalhando em equipas, permitem todo o desenvolvimento do modelo do molde. Já no que diz respeito ao setor produtivo (Figura 2.2) e empresa possui mais de dez máquinas de maquinação por comando numérico, desde máquinas CNC a três eixos a máquinas CNC a cinco eixos. Para além das máquinas de CNC, a empresa possui ainda duas máquinas para trabalho de electroerosão, maquinaria para retificação de peças, uma prensa hidráulica para teste de compressão de moldes e uma unidade de montagem e verificação de moldes.

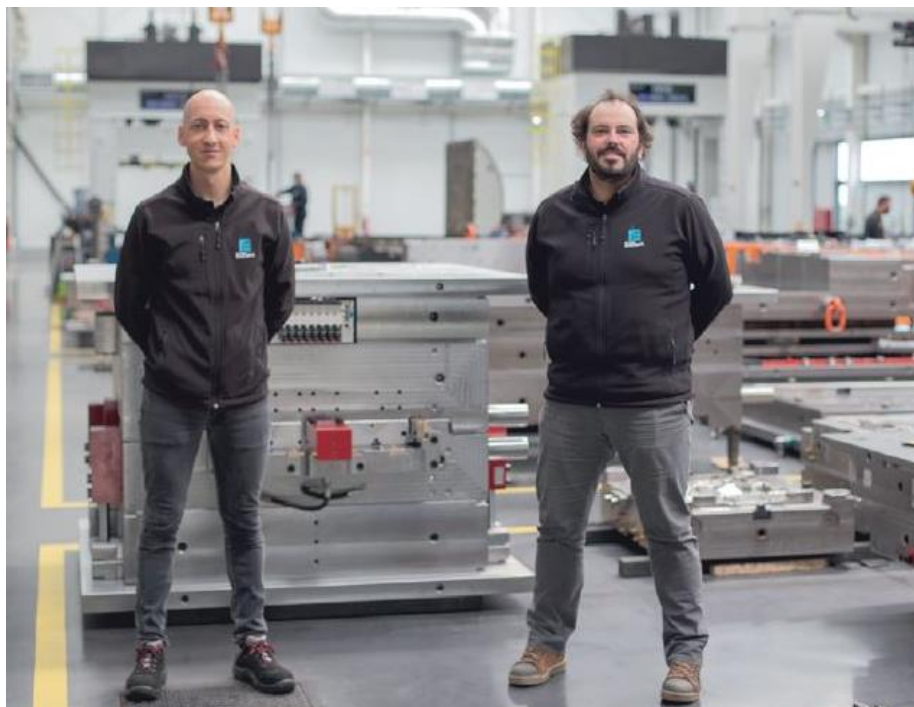


Figura 2.2 - Representação da Socem Ms, com os diretores de produção na revista da Cefamol (Cefamol, 2021)

### 2.2.3 Spim

A **Spim** é uma empresa do grupo, que se foca na produção de moldes de pequenas dimensões e respetivas tolerancias. Possui, tal como a empresa anterior, unidades fabris e operários capazes de garantir uma qualidade de produção de excelência assim como um serviço de manutenção excelente e preciso, cumprindo com todos os objetivos impostos pelo grupo.

### 2.2.4 Inpact

A **Inpact** trata-se de uma empresa onde se desenvolvem soluções inovadoras e onde se integra novas tecnologias e novos produtos para a aplicação nas diversas indústrias.

Todas as soluções que a Inpact apresenta, vem de em conta à evolução tecnológica que vai existindo, garantindo um fornecimento de moldes de serie, moldes de pequenas series, moldes protótipos, utilização do fabrico aditivo (impressão 3D, Figura 2.3), utilização de *scanners* para digitalização das peças e controlo de qualidade das mesmas.

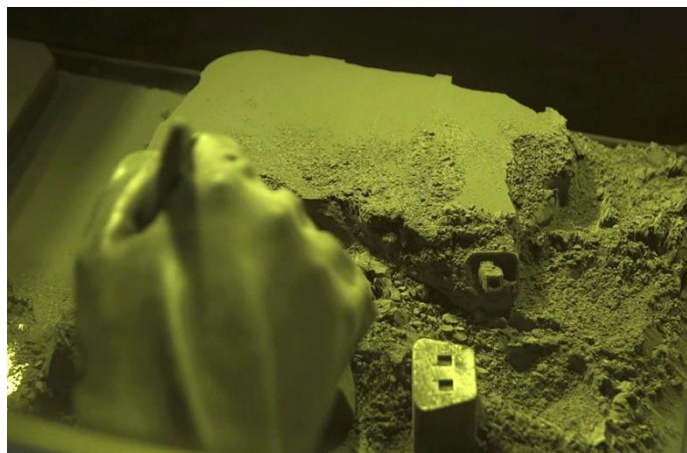


Figura 2.3 - Fabrico aditivo (impressão 3D em pó) da empresa Inpact (Socem, Inpact, 2020)

### **2.2.5 Sep-Tec**

A **Sep-Tec** é uma empresa também com muitos anos de história fundada com o objetivo de auxiliar na produção de certos aspetos de um molde. Trata-se da empresa do grupo que garante uns acabamentos superficiais no processo de molde, isto é, garante um serviço de polimento, textura (Figura 2.4), gravações técnicas e manutenção de excelência, satisfazendo todas as necessidades dos clientes.



Figura 2.4 - Representação da textura de um molde (Socem, Sep-Tec, 2020)

### **2.2.6 Maxiplás**

A **Maxiplás** é a única empresa do grupo que não está situada na zona da marinha grande, está sediada em Pombal. A **Maxiplás** é considerada como sendo a empresa líder especializada no processo da indústria eletrónica e automóvel. Nesta empresa e através da enorme quantidade de máquinas de injeção, superior a Plastimago, todos os clientes reconhecem-na como uma produtora de excelência para o desenvolvimento de componentes plásticos. Hoje em dia, a Maxiplás, e qualquer empresa do grupo, possui um compromisso com o ambiente e vai desde instalação de painéis fotovoltaicos para autoconsumo, passando pela reciclagem dos materiais utilizados, entre outros.

### 2.2.7 Plastimago

A **Plastimago** é a empresa mais recente do grupo e que foi adquirida em 2020. Empresa situada no centro da marinha grande, a qual se foca na injeção de componentes plásticos para o setor doméstico. Trata-se de uma empresa de produção de componentes plásticos com cerca de 30 máquinas de injeção que é utilizada para auxiliar a produção dos componentes que a Maxiplás desenvolve, garantido um serviço mais rápido de produção do molde.

### 2.2.8 Socem Brasil e Inotooling

A **Socem Brasil** e a **Inotooling** são as empresas do grupo sediadas no Brasil e no México, respetivamente. Sendo que os grandes clientes do grupo estão localizados no Brasil, México e China, estas empresas focam-se na manutenção e produção dos moldes através de pessoas qualificadas num curto espaço de tempo.

## 2.3 Metodologia de Trabalho do Grupo SOCEM

O processo de trabalho do grupo SOCEM, divide-se em várias secções todas elas ligadas entre si de forma que a conformação do molde seja feita sem qualquer tipo de problemas. Na Figura 2.5, apresenta-se o esquema da metodologia de trabalho do grupo SOCEM, onde as áreas de Projeto, Maquinação/Programação, Bancada/Montagem e Centro de Ensaios/Teste estão presentes na produção de qualquer tipo de molde.

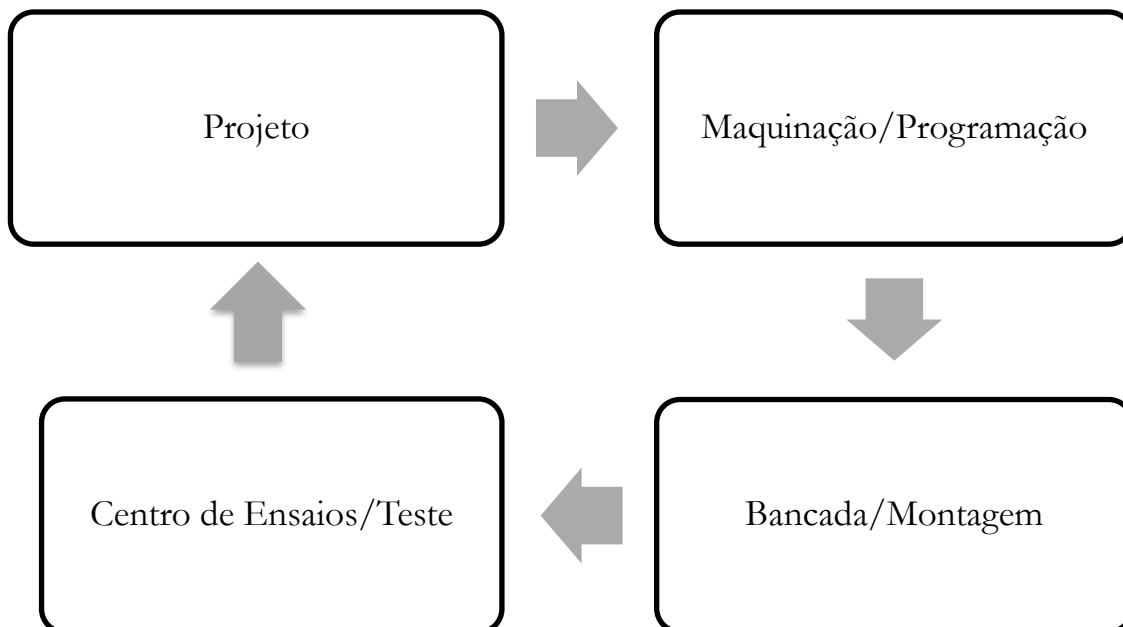


Figura 2.5 - Esquema da metodologia de trabalho do Grupo SOCEM.

### 2.3.1 Projeto

O Projeto é a primeira fase de processo de fabricação de qualquer molde. O cliente entrega a peça em modelo 3D e os seus critérios de construção. Estes critérios podem ser por exemplo:

- Número de bicos de injeção possíveis;
- Material a injetar;
- Tempo de produção;
- Espessura máxima de cada chapa;
- Tipo de aço do molde;
- Etc.

De seguida o gestor de projeto e os programadores de desenho através da peça desenhada, formam a estrutura do molde em formato 3D através do *software TopSolid®*. Para além do desenho do molde e tal como já referido anteriormente é através das condições do cliente que se realiza um estudo reológico em *Cad Mould* (Figura 2.6). Este estudo, é uma simulação do comportamento do molde através dos dados da máquina de injeção do cliente, da ficha técnica do material (Anexo A) a usar e as suas condições para se obter os valores que serão colocados na máquina de injeção: pressão, velocidade, temperatura, tempo e quantidade de material de injeção.

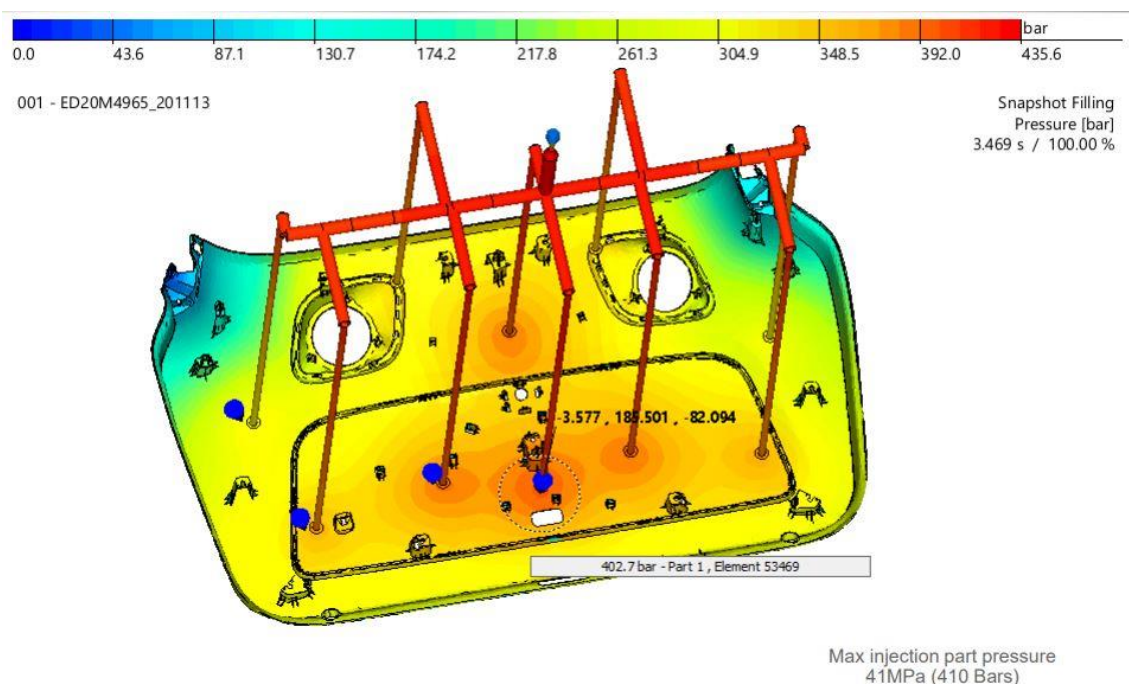


Figura 2.6 - Exemplo de estudo reológico com os resultados das pressões que são desenvolvidas durante o processo de enchimento da peça.

Para se realizar o estudo reológico é necessário ter em atenção as propriedades do material. As propriedades mais importantes são: a densidade do material, a viscosidade, o valor de contração do material, a temperatura de fusão, temperatura

do molde, a temperatura de secagem e o tempo de secagem. Para além do estudo reológico, é também realizada uma análise estrutural, em *Inventor*, ao molde, para se perceber através das deformações, se a pressão de injeção em função da estrutura do molde apresenta valores altos de deformação (Figura 2.7).

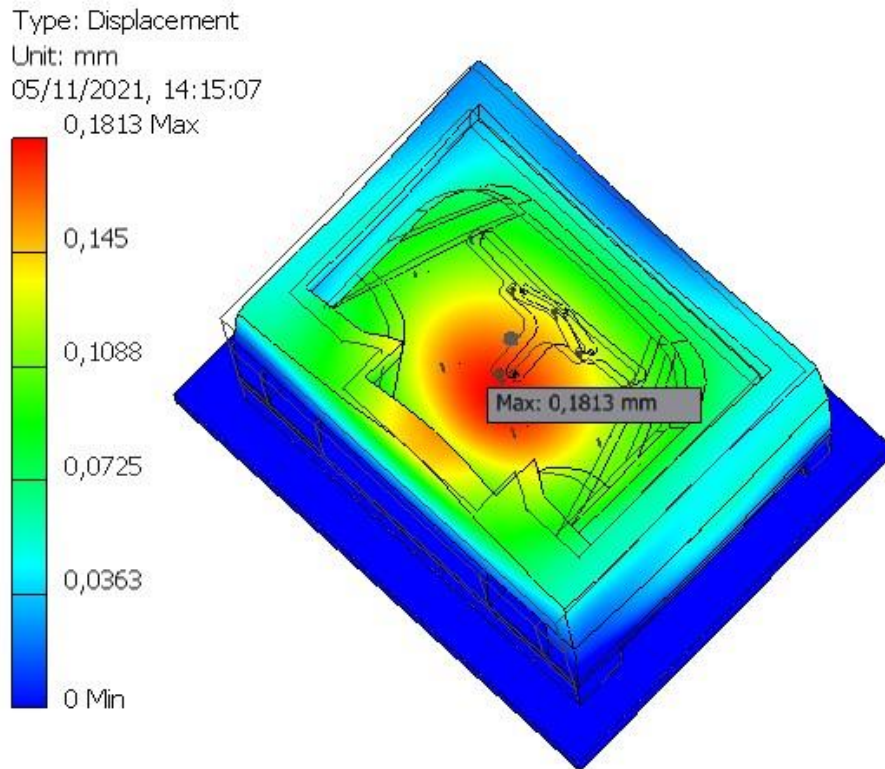


Figura 2.7 - Exemplo da análise estrutural de um molde onde se visualiza o valor máximo de deformação resultante que o molde obteve em função para pressão de injeção usada.

Terminados todos os processos de projeto do molde, o mesmo é enviado ao cliente com todos os ficheiros importantes, para o cliente possa analisar e aprovar o que foi feito, ou pedir alterações caso sejam possíveis. Caso não haja alterações o projeto do molde pode passar à etapa seguinte que é a maquinagem dos componentes do molde.

### 2.3.2 Maquinagem

Tal como referido anteriormente, a fase seguinte na produção de um molde é a fase de construção de todos os seus componentes, também designada por fase de Maquinagem (Figura 2.8). É através dos modelos 3D adquiridos no processo de projeto e com a utilização de outro software que são gerados ciclos de maquinagem. Estes ciclos de produção são normalmente divididos em ciclos de desbaste, pré-acabamento e acabamento.



Figura 2.8 - Zona de maquinação na empresa Socem MS (Diário de Leiria, 2020)

Depois de se fazerem os ciclos de trabalho o material é colocado nos equipamentos de CNC, onde as ferramentas vão dando forma geométrica ao material. Importa referir que a escolha do equipamento, ferramentas e ciclos de trabalho é sempre feito para que o processo de maquinação seja realizado no menor tempo possível, maximizando desta forma a taxa de remoção de material e garantindo um baixo custo produtivo.

Terminado o processo de fabricação de todas as peças que constituem o molde é possível passar à terceira fase do projeto de um molde, que é a fase de montagem dos inúmeros componentes que um molde apresenta. Esta fase é vulgarmente designada por fase de bancada e é aqui que, pela primeira vez, o molde começa a ganhar forma física.

### **2.3.3 Bancada/Montagem**

A fase de Bancada/Montagem é a fase final do molde antes do processo de teste do molde (foco deste trabalho). Trata-se de, como o nome indica, proceder há montagem do molde. É um processo extremamente minucioso pois tem de ser realizado de forma cuidadosa, porque não chega apenas juntar peças, é necessário verificá-las através de scanner 3D e colocar todos os elementos de forma correta. Ou seja, é necessário confirmar as dimensões e a geometria de todos os elementos que constituem o molde para que ele seja funcional e para que as zonas moldantes (região onde o polímero vai ser injetado) estejam justas o suficiente para que quando o molde for testado não surja qualquer irregularidade.

Importa referir que por vezes este trabalho de verificação dos ajustamentos dos elementos da zona moldantes, é realizado através do trabalho da prensa. É nesta fase

que muitas vezes surgem os problemas no molde e algumas vezes é necessário proceder à remanufatura de certos elementos do molde, garantindo desta forma a possibilidade de montagem.

#### 2.3.4 Centro Ensaios/Teste

O processo de teste (Figura 2.9) é um processo ao qual a empresa tem uma grande vantagem, pois é realizada em termos internos sem recorrer a uma empresa externa. Para além de diminuir os custos de produção, o molde é testado as vezes necessárias para verificação da possibilidade de realizar alterações ou pequenos ajustes e também para mostrar aos clientes, as peças que são produzidas pelo molde.



Figura 2.9 - Centro de Ensaios na empresa (Arquetis, 2022).

Ao mesmo tempo que algumas das peças que foram obtidas no centro de ensaios são enviadas para o cliente, existem outras que são avaliadas pelo departamento de qualidade em termos de dimensões e respetivas tolerâncias. Esta avaliação serve para garantir que o molde produz as peças dentro dos parâmetros que foram definidos pelo cliente. A aprovação do cliente é importante para que o molde seja entregue e isso só acontece quando o cliente aprova as peças que foram obtidas no centro de ensaios. No entanto, nem sempre tudo corre com é suposto e por vezes é necessário proceder a alterações no molde. Essas alterações podem advir do cliente ou do gabinete de qualidade aquando da verificação das peças obtidas no centro de ensaios.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 O Molde**

Um molde é um conjunto de peças em aço (o mais comum) ou em alumínio (protótipos) utilizados para produzir componentes plásticos maioritariamente, através da injeção do material em altas temperaturas existindo a conformação da peça. O molde é constituído por duas partes:

- o lado fixo ou injeção;
- o lado móvel ou extração.

O lado da injeção, é um lado mais simples é constituído pela chapa de topo do molde ou chapa de aperto da injeção e a cavidade com a respetiva chapa de reforço (Figura 3.1 representado a verde).

O lado móvel é constituído pela chapa de aperto da extração, os calços que definem o curso dos movimentos e da extração, as chapas de extração local onde é colocada a base dos extratores, a chapa de reforço da bucha (muito usual, normalmente a bucha está embutida na chapa) e a bucha (Figura 3.1 representado a vermelho).

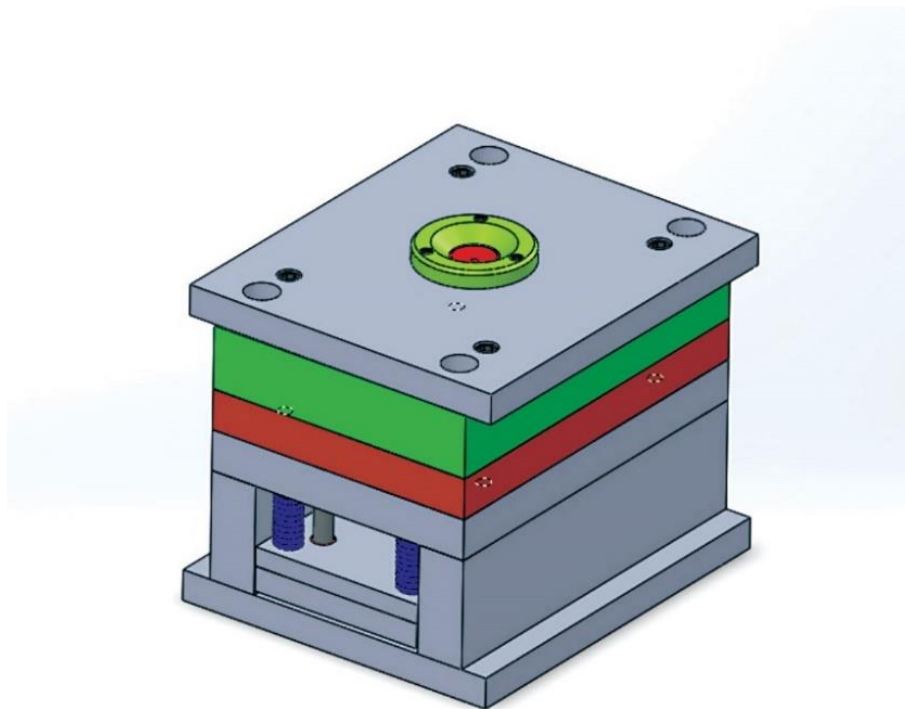


Figura 3.1 - Representação de um molde, lado fixo a cor verde e lado móvel a vermelho.

De forma que todos os componentes do molde estejam identificados e para que sejam sempre montados de forma correta, os componentes são todos numerados.

### 3.2 Elementos do molde

Todo o molde tem os seus componentes, sendo que estas componentes vão depender do tamanho que terá o molde, quais as suas principais funcionalidades, qual o tipo de material que será injetado, entre outros. No entanto, os componentes de um molde podem ser divididos em subconjuntos tal como se apresenta na Figura 3.2.

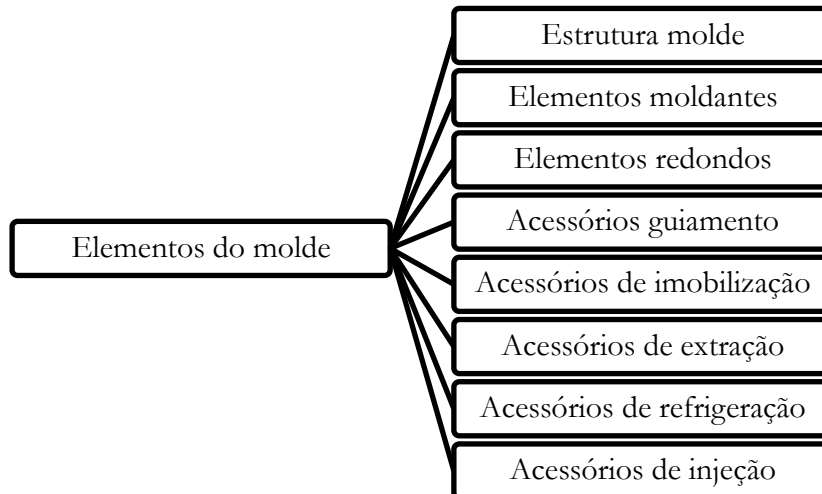


Figura 3.2 - Subconjuntos dos elementos do molde.

Seguidamente, vai-se explicar de uma forma sucinta todos estes subconjuntos.

#### 3.2.1 Estrutura do molde

Tal como referido anteriormente, todos elementos do molde são numerados de forma a não existir anomalias na montagem dos moldes. Na Figura 3.3, encontra-se representada a estrutura do molde e a numeração das chapas correspondentes:

- Chapa 001 - Chapa de topo do molde que tem como objetivo fixar o lado imóvel ao prato da máquina de injeção;
- Chapa 002 - Chapa de reforço da cavidade, normalmente cavidade é fixa nesta chapa;
- Chapa 100 - Cavidade, normalmente molda o lado exterior da peça lado visível;
- Chapa 200 - Bucha, zona moldante do interior da peça;
- Chapa 003 - Chapa de reforço da bucha, é usual a bucha ser embutida nesta chapa devido a ter que suportar valores de pressão elevados;
- Chapa 005 e 006 - Calços, determinam o curso de extração do molde;
- Chapa 007 e 008 - Chapas extratoras, chapas onde são colocados os extratores ou movimentos extratores;

- Chapa 009 - Chapa de base do molde, é a chapa que fixa o lado móvel à máquina de injeção.

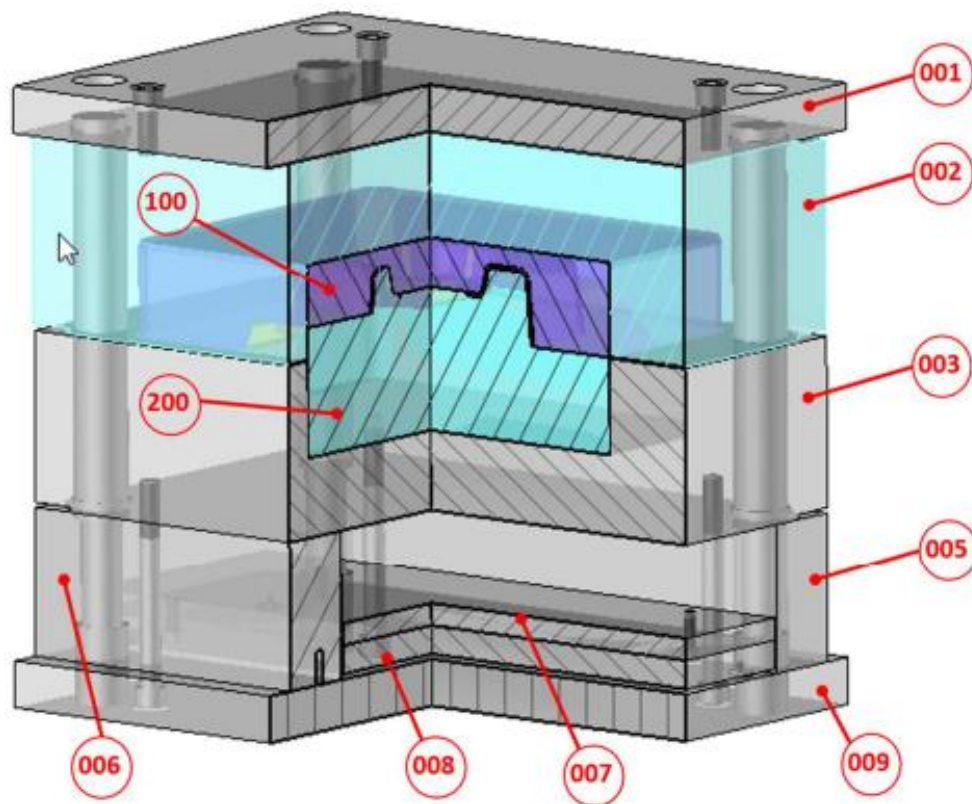


Figura 3.3 - Estrutura do molde com indicação na numeração das chapas. (CadSolid, 2020)

### **3.2.2 Elementos moldantes**

A peça por vezes possui locais de grande precisão dimensional e zonas negativas, ou seja, não são possíveis de desmoldar com movimentos simples de extração. Estes componentes (Figura 3.4) são maquinados à parte e podem ser:

- Elementos móveis - componente da zona moldante que se movimentam com a abertura e fecho do molde;
- Balancés - peças moldantes movimentadas na diagonal da bucha, por vezes auxiliam a extração da peça;
- Postiços - objetos que devido a precisão geométrica da peça têm de ser maquinados de parte e encastrados nos locais respetivos.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.4 - Representação dos diferentes tipos de elementos moldantes: elemento móvel (a), os balancés (b) e os postições (c)

### 3.2.3 Elementos redondos

O anel de centragem do lado da injeção (Figura 3.5) é o elemento que permite centrar o lado fixo do molde à máquina de injeção através do bico da mesma. Os diâmetros do anel, interno e externo, estão dependentes da dimensão do bico de injeção e da máquina a utilizar. É bastante comum que exista uma pequena folga na chapa de injeção para o anel, de forma que a ligação à máquina seja correta.

Já o anel de centragem do lado da extração (Figura 3.5) é o elemento com uma função bastante semelhante à do elemento anterior, a única diferença é o facto de nos estarmos a referir ao lado de extração em vez do lado da injeção. Portanto, o anel de centragem do lado da extração permite centrar o lado móvel do molde com

a máquina de injeção. Tal como o anterior, o anel possui uma pequena folga para ser ajustado e colocado no prato da máquina a fim de funcionar corretamente.

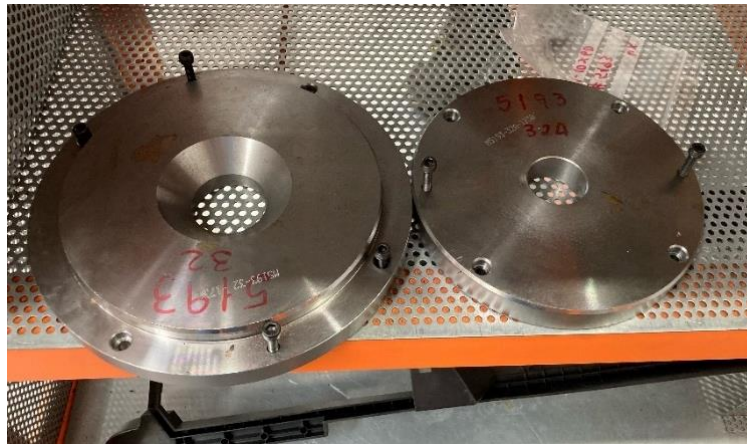


Figura 3.5 - Visualização do anel de centragem do lado da injeção (Esquerda) e do anel de centragem do lado da extração (direita)

Os suportes pilar, representado na Figura 3.6, são componentes que permitem suportar a pressão de injeção que é exercida no lado móvel do molde. Os suportes pilares, são colocados e dimensionados entre a chapa 009 e a chapa 003. Para além disso, é necessário garantir a sua passagem através de furos nas chapas extratoras, para que haja possibilidade de suportar toda a pressão que a bucha sofre durante a fase de enchimento garantido que não haja grande flexão da placa.

Para além disso e para que a flexão da placa da bucha seja o menor possível, é realizado um “esperto” nos calços, isto é, reduz se a altura dos calços cerca de 0,1 mm para que os suportes pilar ajudem a que a placa não se deforma.

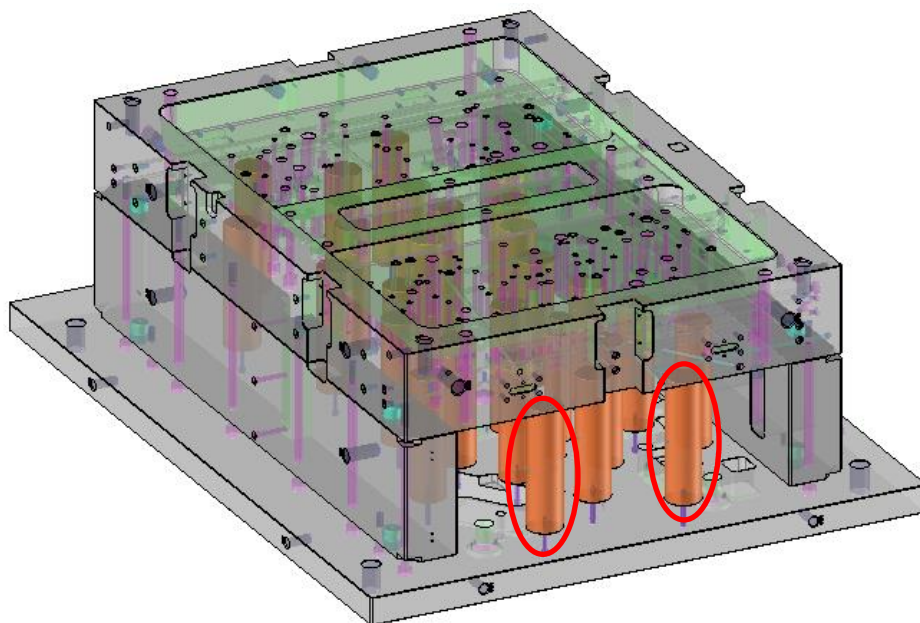


Figura 3.6 - Representação dos suportes pilar de um molde.

### 3.2.4 Acessórios de guiamento

Qualquer molde necessita de guiamento. As guias principais, permitem guiar os dois lados do molde (injeção e extração), durante o fecho e abertura do molde de modo a unirem-se e formar uma linha de partição. Esta linha de partição não pode ser alterada ou separada.

As dimensões do sistema de guiamento dependem do funcionamento do molde e do tamanho do mesmo. No entanto, devem ser robustas e com um comprimento suficiente para conseguir manter o molde guiado.

Para que não haja erros no fecho do molde, no conjunto das guias existe uma que apresenta dimensões diferentes e se encontra relativamente deslocada da direção das outras. Existem três tipos de guias (Figura 3.7):

- Guias de dois corpos respigada - possui rasgos para que a sua lubrificação seja excelente. É utilizada não só para guiar como também para centrar duas chapas;
- Guias de dois corpos - apenas são utilizadas para guiar o molde;
- Guia de um corpo ou guias lisas - utilizadas com casquilhos de formato diferente, casquilhos de esfera.

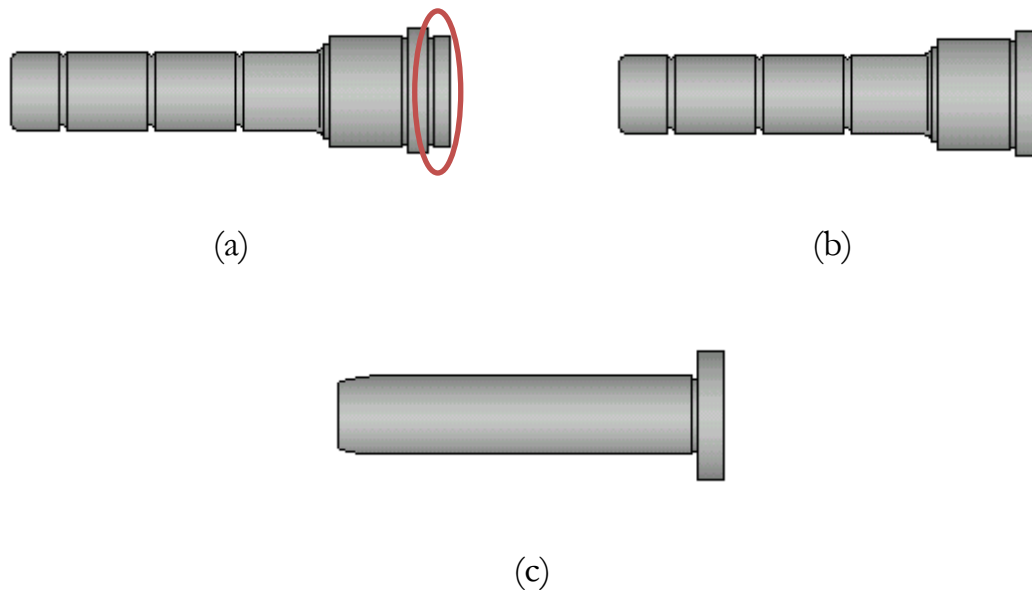


Figura 3.7 - Representação dos diferentes tipos de guias que podem ser usados no molde: guias de dois corpos respigada (a), guias de dois corpos (b) e guias de um corpo ou guias lisas (c).

Já, os casquilhos de guias principais (Figura 3.8) são elementos que funcionam em conjunto com as guias principais, permitindo guiar os dois lados do molde. As suas dimensões são em função do tamanho das guias e do molde e usualmente são fabricados em aço ou em bronze.

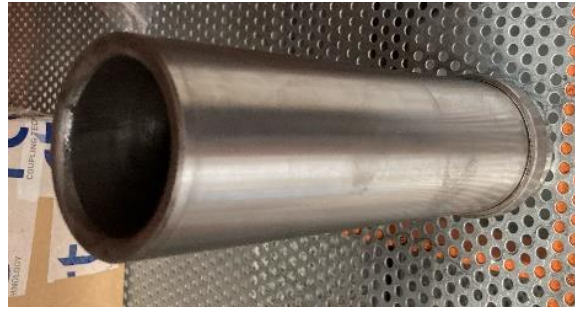


Figura 3.8 - Apresentação de um casquilho das guias principais.

### **3.2.5 Acessórios de imobilização**

A barra de fecho, representada na Figura 3.9 a vermelho, é um componente que permite que o molde se encontre fechado durante o seu transporte. O caso mais comum é a barra de fecho estar fixa através de dois parafusos. No entanto, se o molde for de dimensões elevadas, a fixação da barra de fecho é realizada através de cavilhas por forma a garantir que o molde não abre durante o seu transporte ou até mesmo durante o seu manuseamento.

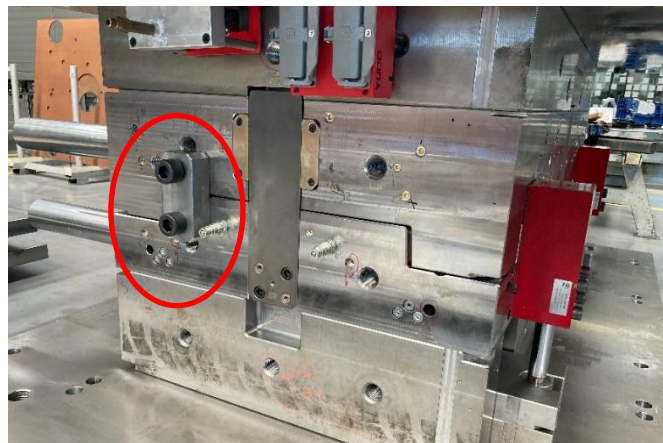


Figura 3.9 - Visualização da barra de fecho de um molde.

Relativamente aos blocos de travamento (Figura 3.10), são um conjunto de componentes que impedem que a linha de partição ou de junta se mexa durante a injeção da peça polimérica.

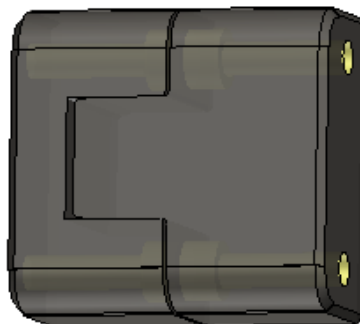


Figura 3.10 - Representação de blocos travamento retangulares para moldes.

### 3.2.6 Acessório de extração

As guias da placa extratora são em conjunto com os seus casquilhos os elementos que asseguram o guiamento das chapas extratoras durante a extração (Figura 3.11). Os seus tamanhos dependem do comprimento de extração do molde e da quantidade de material que vai ser usado no seu encaixe na chapa 003 do molde.

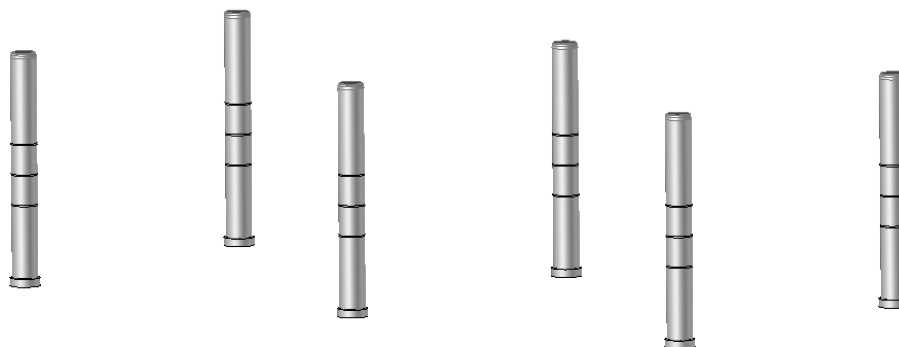


Figura 3.11 - Representação dos guias da placa extratora.

Os casquilhos das guias extratoras (Figura 3.12) e tal como anteriormente referido trabalham em conjunto com as guias da placa extratora, normalmente estão colocados nas chapas extratoras, para assegurarem o movimento das mesmas. O seu tamanho é calculado em função das dimensões das guias da placa extratora e do tamanho do molde.



Figura 3.12 – Visualização dos casquilhos das guias extratoras.

Por último temos os extratores (Figura 3.13). Estes elementos podem-se assemelhar a pequenas varetas que através de forma simples ou com certos formatos (tudo depende da maneira mais fácil de extrair a peça) têm como função moverem-se durante a fase de extração e extrair a peça da zona moldante. Os extratores são colocados no lado da bucha através das chapas de extração.



Figura 3.13 - Exemplo de vários extratores: Laminar, Rebaixado, Tubular, Rebaixado (de cima para a baixo, respetivamente).

### **3.2.7 Acessório de injeção**

Na Figura 3.14 apresenta-se o injetor principal, que é o componente com um furo cónico, que admite o material plástico para o injetar, através de um sistema de alimentação que irá alimentar a peça ou em algumas situações de forma direta na peça (sem qualquer sistema de alimentação). Esta divisão é normalmente escolhida em função do número de peças que o molde irá produzir em cada ciclo de produção. O dimensionamento do injetor é normalmente realizado através das dimensões bases dos fabricantes, mas em moldes em que tal não seja possível utilizam-se injetores com outras dimensões depois de devidamente adaptados.

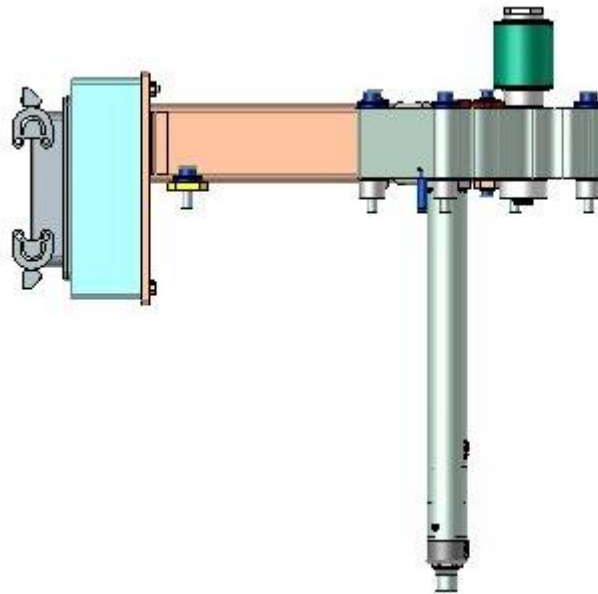


Figura 3.14 - Representação do bico de injeção.

### **3.2.8 Acessório de refrigeração**

Os acessórios de refrigeração têm como principal objetivo garantir que o circuito de refrigeração do molde, segue o percurso que foi projetado. O tampão (Figura 3.15) é um acessório que, para o circuito de refrigeração possuir uma entrada e uma saída,

tem como finalidade tapar as furações necessárias à construção deste circuito de forma a evitar que o líquido seja perdido ao longo do processo de refrigeração.



Figura 3.15 - Visualização de um tampão

Caso seja necessário tapar pequenos circuitos no interior, são utilizados tacos, no entanto importa referir que estes não garantem uma total vedação do circuito. Já o vedante ou O'ring, impedem que exista fugas de água, óleo ou ar entre chapas ou elementos e são colocados dentro de umas pequenas caixas.

### 3.3 Materiais para Moldes de Injeção

A construção de um molde de injeção, atualmente, é feita em aço ou alumínio, tal como referido anteriormente. No entanto, o fabricante deve ter atenção à escolha do material que irá utilizar na construção do molde. Essa escolha depende da função que o molde vai desempenhar e do ciclo de vida de serviço que o molde vai ter. Para além disso, é de extrema importância perceber se o molde irá ter uma cadência diária elevada ou baixa. Na Figura 3.16 estão representados os grupos de materiais mais usuais na construção dos moldes de injeção.

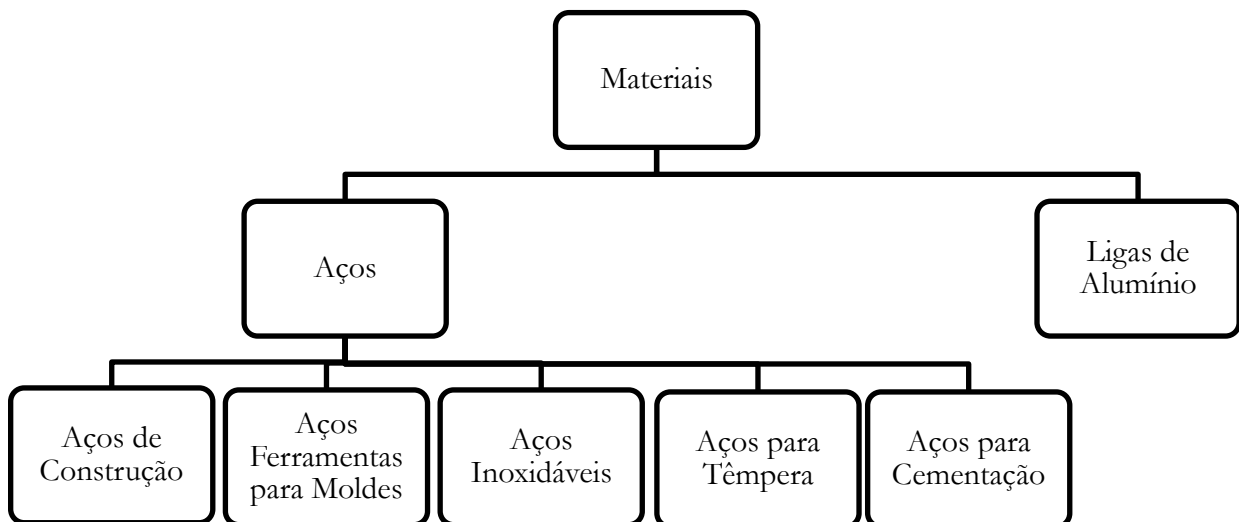


Figura 3.16 - Esquema de materiais para moldes injeção dividido entre aços e ligas de alumínio

### **3.3.1 Aços de Construção**

Os aços de construção são aços utilizados nas placas da estrutura do molde, mas é mais comum aplicar-se este tipo de aço em protótipos de moldes de injeção ou em moldes que trabalham pouco tempo por dia. É um bom material para moldes sem a necessidade de polir ou texturizar, exemplo disso é o aço vulgarmente conhecido por 1.1730 (AISI 1045).

### **3.3.2 Aços Ferramentas para Moldes**

Este tipo de aço é o mais utilizado na indústria. Trata-se de um aço que é utilizado nas zonas moldantes da peça, tais como a bucha, cavidade, postigos, elementos moveis, entre outros. Estes tipos de aços, apresentam uma boa dureza, elevada resistência ao desgaste, boa maquinabilidade, e bom acabamento superficial. Para além destes aspetos, os moldes fabricados com estes tipos de aços apresentam uma boa capacidade de produção diária é espectável que tenha ciclos de vida de produção acima de 250 000 ciclos. O aço 1.2311 (AISI P20) é o aço de eleição para construção das buchas e das cavidades.

### **3.3.3 Aços Inoxidáveis**

Relativamente aos aços inoxidáveis, estes são normalmente utilizados nas situações em que possa existir corrosão quer nas zonas moldantes, quer nos furos do circuito de refrigeração. Estes aços não são os mais indicados para moldes de grandes produções, no entanto se forem temperados e revestidos conseguem trabalhar durante bastante tempo. A têmpera aumenta a dureza do material, a tensão limite elástica e a resistência à tração. Um dos exemplos de aços mais utilizados é o AISI 420.

### **3.3.4 Aços para Têmpera**

Os aços para têmpera são normalmente usados em moldes cujas zonas moldantes sejam esbeltas ou em molde que necessitem de zonas de muita resistência mecânica e dureza. Para grandes produções, isto é, cerca de 500 000 ciclos de produção, os aços temperados são os mais adequados porque garantem uma boa estabilidade dimensional a altas temperaturas. O aço 1.2767 (AIS 6F7) é um exemplo de um aço de têmpera bastante utilizado pela indústria dos moldes.

### **3.3.5 Aços para Cementação**

Os aços para cementação são utilizados quando o material de injeção não possui propriedades elevadas de corrosão. Este tipo de aço tem uma baixa resistência à corrosão, no entanto tem uma excelente dureza, resistência ao choque e ao desgaste sendo o tipo de material mais usado na construção das guias dos moldes.

### 3.3.6 Ligas de Alumínio

Por vezes, antes de construir o molde, muitas empresas produzem um molde protótipo para amostra ao cliente. Normalmente as ligas de alumínio são o material de eleição para este tipo de moldes, pois apresentam um custo menor e consegue-se obter resultados excelentes. É sabido que as ligas de alumínio apresentam boa condutibilidade térmica, boa maquinabilidade e resistência à corrosão. De entre as diversas ligas de alumínio que existem no mercado, a liga 3.4365 (DIN 7075) é uma liga de alumínio muito comum na utilização de moldes protótipos e moldes em série de pouca duração de ciclos de vida.

## 3.4 Classificação dos Moldes

Os moldes para injeção de peças poliméricas, podem apresentar diversas configurações, de acordo com os requisitos que o cliente solicitou (requisitos do projeto) ou até mesmo em função dos componentes que são usados no molde. Assim, a classificação dos moldes não é unânime.

Segundo, o livro “Manual do Projetista”, os moldes podem ser principalmente divididos nos vários tipos representados no esquema abaixo.

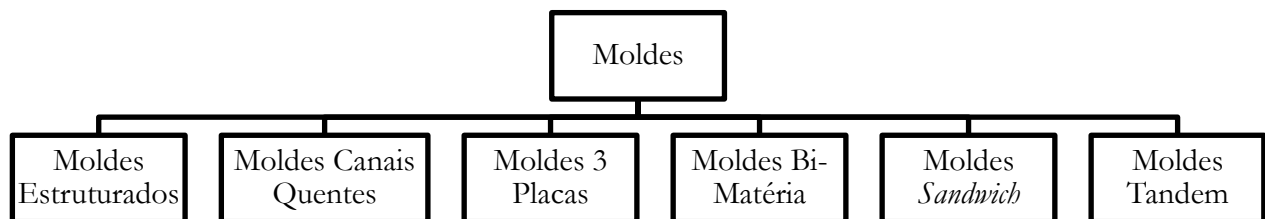


Figura 3.17 - Esquema dos vários tipos de moldes.

### 3.4.1 Moldes Estruturados

Os moldes estruturados (Figura 3.18) são moldes de um só material de injeção em apenas uma moldação podendo por vezes possuir várias moldações, possuindo uma estrutura simples que facilita o processo produtivo das moldações. A injeção do material não é realizada diretamente nas zonas moldantes (bucha e cavidade), são produzidas pequenas caixas onde se colocam as respetivas buchas e cavidades. Trata-se de um tipo de molde com uma estrutura forte, mais económica e sem permitir retificações de certos componentes. A seleção deste tipo de molde para produção envolve todos os fatores anteriormente descritos (pressões de injeção, quantidades de moldação) para que se garante um baixo custo de produção.

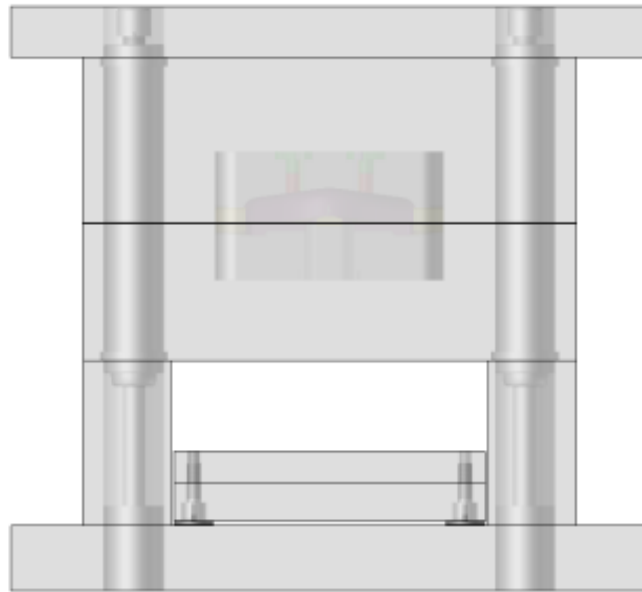


Figura 3.18 - Exemplificação de um molde simples estruturado.

### 3.4.2 Moldes de Canais Quentes

Os moldes de canais quentes são moldes utilizados quando existem grandes técnicas de produção, normalmente em moldes de injeção direta. O material de injeção, durante o processo de injeção, é transportado do canal de alimentação (Figura 3.19) até a zona moldante no estado fundido. Este tipo de moldes facilita o sistema de extração da moldação, pois a peça pode ser obtida sem que seja necessário a extração do sistema de alimentação.

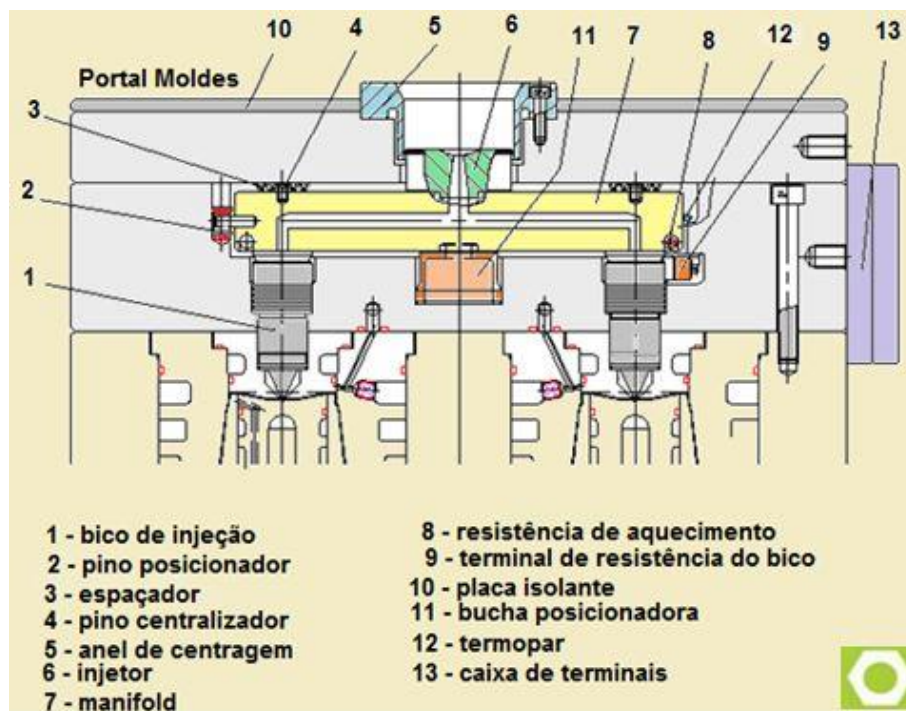


Figura 3.19 - Representação de canais quentes e sua legenda (Moldes Injeção Plásticos, 2021).

Este tipo de moldes é aplicado normalmente em de moldes de grandes produções e o sistema de injeção a canais quentes ajuda a eliminar o desperdiço de material e a garantir um ciclo de injeção mais curto. O custo deste sistema pode ser maior, mas o aumento da produtividade e a diminuição do material desperdiçado garantem rentabilidade num curto espaço de tempo do investimento.

### 3.4.3 Moldes de 3 Placas

Os moldes de 3 placas (canais frios) são moldes simples, comuns na indústria, com maior facilidade de operação, necessitam de pouca manutenção e tem um custo muito reduzido em termos de construção comparados com os moldes de canais quentes.

Este tipo de moldes, tal como o nome indica possui uma placa extra, denominada por placa flutuante, que permite no processo de abertura do molde a placa afaste-se das outras realizando a extração da peça moldante de um lado, e a extração do sistema de alimentação do outro lado.

Em moldes de várias moldações é utilizado um canal de injeção que leva ao material as moldações, mais conhecido como jito (Figura 3.20).



Figura 3.20 - Jito de molde de canal frio (Moldes Injeção Plásticos, 2021)

### 3.4.4 Moldes Bi-Matéria

Os moldes bi-matéria, são moldes um pouco mais complexos, pois trata-se de moldes de injeção de vários materiais. Existem vários tipos de moldes bi-matéria, o mais utilizado na socem é o de prato rotativo (Figura 3.21), que possui um veio que empurra o prato da bucha para a frente e a roda para se injetar o segundo material na peça que normalmente fica por baixo e o primeiro material em cima, acabando por estar a injetar dois materiais ao mesmo tempo.



Figura 3.21 - Prato rotativo utilizado moldes bi-matéria da empresa Vangest (Vangest, 2019)

Outra classificação dos moldes bi-matéria é o *pick and place*, onde um braço do robô pegue na peça onde se injetou o primeiro material coloca na zona onde se injeta o segundo material, no entanto, é raro ser utilizado. Tem uma grande desvantagem, o robô por vezes quando coloca a peça do primeiro material no local do segundo pode não ficar corretamente colocada podendo já prejudicar o funcionamento do molde.

### 3.4.5 Moldes Sandwich

Este tipo de moldes (Figura 3.22) permite duplicar o número de moldações utilizando a mesma pressão e força de fecho.

De forma a garantir que as cavidades ficam centradas com as buchas é utilizado um sistema de cremalheiras ou através de um sistema de guiamento através de barras de apoio no molde ou na máquina de injeção.

A extração das peças é realizada durante o movimento de abertura do molde, utilizando um sistema hidráulico que facilita a extração da peça. Trata-se de um tipo de moldes de custos elevados sendo que a sua utilização é muito pouca.



Figura 3.22 - Exemplo que um molde sandwich, montado na máquina de injeção.

### 3.4.6 Moldes Tandem

Os Moldes Tandem (Figura 3.23) são moldes que apresentam duas linhas de juntas mas, ao contrário do tipo de molde anterior, quando se realiza a desamoldação de uma peça na outra peça a sua linha de junta ainda se encontra fechada. Permite que exista uma redução de custos de produção sem perdas de qualidade e uma melhor refrigeração de cada peça.

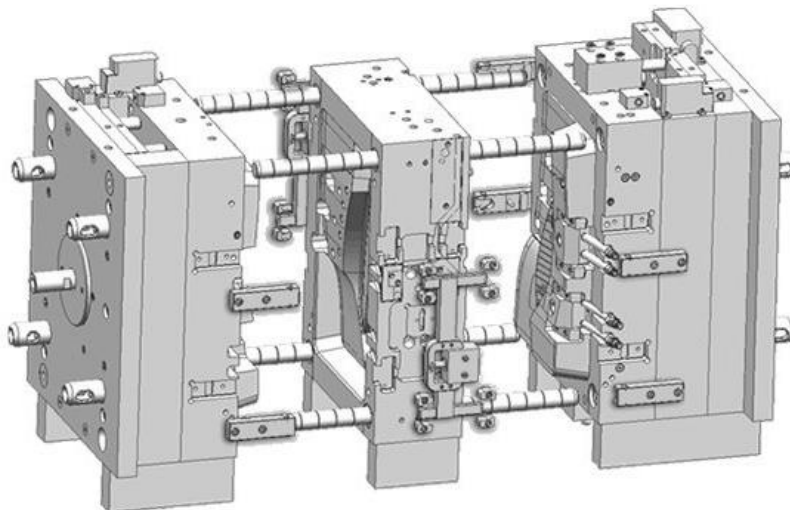


Figura 3.23 - Representação de um molde tandem.

### 3.5 Injeção Material

A injeção de material no molde é feita de forma cíclica, através das propriedades do material, dos resultados obtidos do estudo reológico, pressão de injeção, tempo de arrefecimento, entre outros a máquina produz o ciclo de injeção para a produção de cada peça.

#### 3.5.1 Ciclo de Injeção

O ciclo de moldação trata-se de um conjunto de operações necessárias para realizar a moldação da peça. Na figura abaixo, apresenta-se o ciclo de moldação que normalmente se encontra dividido em 8 etapas. De forma resumida, a produção de uma peça polimérica começa com o material a ser injetado no molde fechado, mas para haver a possibilidade de manter a pressão do material com o molde na sua posição por um lado e para se reduzir o efeito de contração da peça por outro é necessário realizar uma segunda pressão. De seguida, o molde sofre um processo de arrefecimento e ao mesmo tempo já existe material a ser injetado na máquina. No fim, o molde abre e o movimento da extração é executado para se poder retirar a peça obtida.

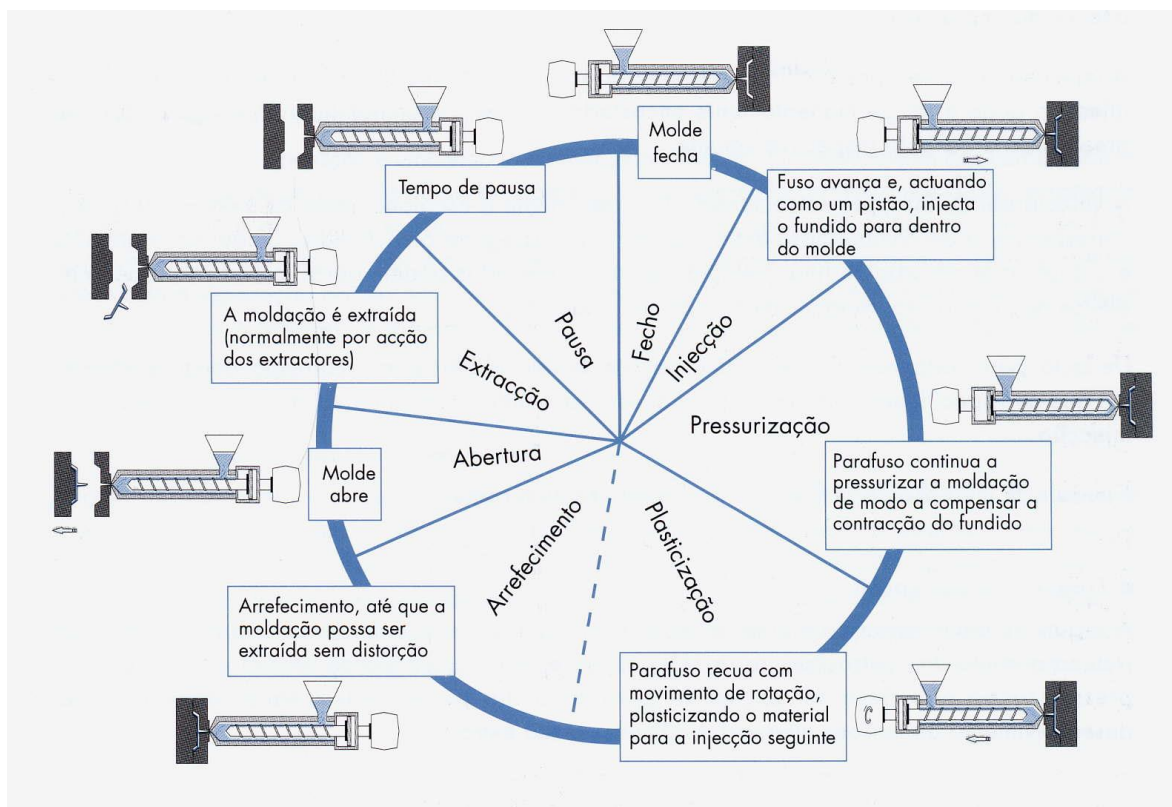


Figura 3.24 - Esquema do Ciclo de Moldação (CENTIMFE, 2003)

### 3.5.2 Tipo Entrada do Material no Molde

Existem vários formatos de entrada do material no molde, ataques de injeção (Figura 3.25). Cada ataque depende sempre das especificações do cliente, do tipo de molde e até mesmo do tipo de material (Harada, 2004).

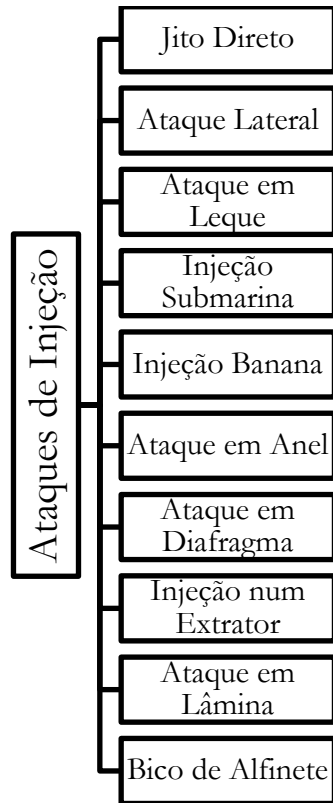


Figura 3.25 - Representação esquemática dos diferentes tipos de ataques de injeção (CENTIMFE, 2003).

Relativamente ao jito direto, este tipo de ataque é normalmente utilizado em moldes de uma só cavidade. A principal vantagem deste tipo de ataque é que usualmente origina uma baixa queda de pressão no sistema de alimentação. Como principal desvantagem pode-se referir a normal dificuldade que irá existir na separação do jito da peça, o que normalmente origina marcas na superfície de moldação. Na figura seguinte, apresenta-se uma representação deste tipo de ataque.



Figura 3.26 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito direto (CENTIMFE, 2003).

O ataque lateral, tal como o próprio nome indica, ocorre através da alimentação do material fundido pela parte lateral da peça. Este tipo de ataque apresenta como vantagens o facto de ser facilmente maquinado, a facilidade com que pode ser alterada a sua geometria, aquando do teste que iram ser realizados no molde e ainda a sua grande exatidão dimensional. No entanto, devido à sua dimensão relativamente longa, este tipo de ataque provoca queda de pressão no sistema de alimentação, dificultando o enchimento da peça. Devido à sua forma geométrica, este tipo de ataque deixa uma marca na superfície visível da peça, a qual, pode ser considerada antiestética (Figura 3.27).



Figura 3.27 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque lateral (CENTIMFE, 2003).

Outro tipo de ataque que pode ser usado no sistema de alimentação, é o ataque em leque. Este tipo de ataque garante um bom enchimento em peças que tenham grandes superfícies e paredes finas, pois a alimentação é feita através de uma “venda” que permite um enchimento mais uniforme. A principal desvantagem deste tipo de sistema de alimentação, à semelhança do sistema anterior, é o facto de deixar marca visível na superfície da peça.

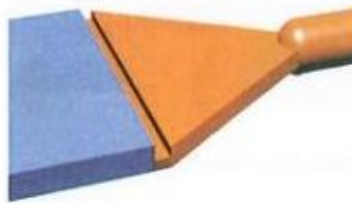


Figura 3.28 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque em leque (CENTIMFE, 2003).

Quando se pretende separar de forma automática o jito das peças, os sistemas de alimentação que são normalmente adotados são a injeção submarina ou a injeção banana (Figura 3.29). Estes dois tipos de injeção são vulgarmente utilizados em molde de duas placas sendo que a grande diferença entre eles em termos de desvantagem ocorre na injeção banana. Devido a grande deformação do material, o risco de se obter uma extração incorreta é grande, sendo que a complexidade da construção do sistema de alimentação maior do que no sistema de injeção submarina. Relativamente à marca de injeção pode-se afirmar que é quase nula.

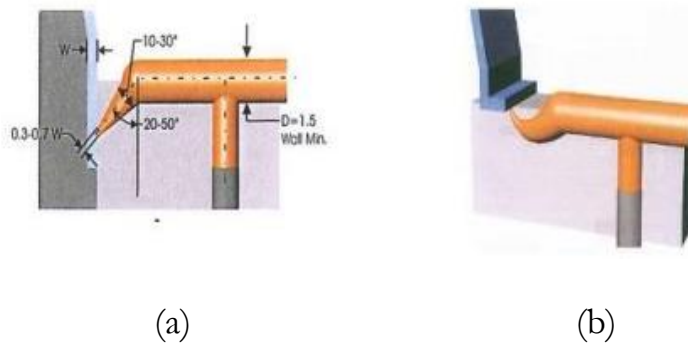


Figura 3.29 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque submarina (a) e ataque banana (b) (CENTIMFE, 2003).

Já o ataque em anel ou em diafragma é normalmente utilizada em peças cilíndricas, ocas, tubulares ou até em geometrias circulares de grande espessura para reduzir a fragilidade de certas peças, pois garantem a uniformidade de espessura ao longo da peça, durante o processo de injeção. Importa referir que, a única diferença entre o ataque em diafragma e o ataque em anel, é o facto de este ser realizado no interior da peça, o que no ataque em anel o mesmo é realizado pelo exterior, tal como se pode visualizar na figura seguinte.



Figura 3.30 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque em anel (a) e ataque em diafragma (b) (CENTIMFE, 2003).

A grande desvantagem destes tipos de sistema de alimentação tem a ver com a sua separação. Depois da remoção da peça é necessário realizar um acabamento sobre a mesma, pois estes tipos de canais de injeção deixam normalmente marcas na superfície da peça.

Em casos muito excepcionais é possível efetuar a injeção em extratores (Figura 3.31). Este tipo de alimentação possui o princípio do tipo de ataque em banana, apresenta uma menor complexidade de construção e permite esconder melhor a marca do ataque na peça. Como desvantagem, este tipo de sistema de alimentação com uma maior utilização do molde o movimento da extração pode deixar o canal de alimentação na peça sem que a mesma se separe do canal.



Figura 3.31 - Representação esquemática do sistema de alimentação de injeção nos extratores (CENTIMFE, 2003).

O ataque em lâmina, Figura 3.32, possui melhor utilidade em peça planas, derivada a sua injeção ser realizada ao longo da peça facilitando desta forma o enchimento uniforme da peça. A desvantagem deste tipo de ataque é a grande dificuldade na remoção do jito a peça.



Figura 3.32 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque em lâmina (CENTIMFE, 2003).

Por último tem-se o ataque em bico de alfinete. Este tipo de sistema de alimentação é muito comum nos moldes de 3 placas, pois possibilita que se possa colocar os pontos de injeção no centro da superfície. Como desvantagem, este tipo de ataque facilita a existência de uma prisão do sistema de alimentação, impedindo a sua extração. Na figura seguinte, apresenta-se uma representação deste tipo de ataque.



Figura 3.33 - Representação esquemática do sistema de alimentação por jito de ataque em bico de alfinete (CENTIMFE, 2003).

## 4 TRABALHOS DESENVOLVIDOS DURANTE O ESTÁGIO

Foram vários os trabalhos desenvolvidos ao longo do percurso de estágio, tal como referido anteriormente. Foi intuito da empresa que durante o tempo de estágio, o estagiário passa-se por todos os processos de produção de moldes. Assim, o início do estágio ocorreu no gabinete de projeto, com uma formação do *software* utilizado pela empresa, *TopSolid®*. No mesmo local, foram adquiridos conhecimentos da área e da metodologia de trabalho da empresa. Na fase de maquinação e programação, existiu uma revisão de conceitos já adquiridos ao longo dos anos académicos, e visualizou-se a forma como todo o trabalho é realizado nesta fase.

Por fim, houve uma passagem pelos dois últimos processos de fabricação dos moldes: a fase da bancada e a fase de teste de moldes. Importa referir que, foi nestas duas últimas etapas do processo de fabricação dos moldes que onde a duração de acompanhamento do processo foi maior em termos temporais, pois corresponde aos locais onde o conhecimento na área é bastante aprofundado. Como tal, realizou-se a montagem de vários moldes, assistiu-se aos seus testes e verificou-se os problemas que foram surgindo e quais as soluções que eram apresentadas para solucionar os problemas. Seguidamente apresenta-se um caso de estudo que foi acompanhado durante o processo de estágio na empresa socem.

### 4.1 Caso de Estudo

De todos os moldes que foram acompanhados ao longo do estágio, o molde ED21M5189, assim designado pela socem foi o escolhido para se apresentar como caso de estudo. Esta decisão foi tida em conta pois trata-se de um molde com bastantes componentes de montagem e um dos objetivos do estágio era o de adquirir conhecimentos relativos ao processo de bancada. Também o centro de ensaios, facilitou no facto de se conseguir obter um conhecimento maior relativo aos problemas que existem aquando do ensaio do molde e as soluções que tem de ser encontradas para que o molde funcione de acordo com o espetável.

Atendendo a que o processo de desenvolvimento não pode ser apresentando, devido ao acordo de confidencialidade que existe a empresa e o cliente, seguidamente faz-se somente referência ao seu processo de montagem, ao processo de teste e às soluções encontradas para os problemas obtidos.

Primeiramente importa referir como são identificados os moldes na empresa Socem. Qualquer molde que a empresa produz, recebe uma referência que é única e identifica o molde em todo o seu processo. A atribuição da referência do molde é da competência do grupo de moldes e tem em conta aspetos tais como: empresa que vai produzir o molde, ano do molde, tipo de molde e numeração do mesmo. Sendo assim, o molde que se referiu anteriormente recebeu a designação ED21M5189. O significado desta referência é a seguinte:

- ED- Molde pertencente à empresa Socem ED;
- 21- Molde iniciou a sua produção no ano 2021;
- M- Faz referência a ser um molde, pois, como a empresa produz protótipos de molde a letra de referência para estes é o “O”;
- 5189- Numeração dada ao molde.

## **4.2 Fase da Bancada**

A fase da bancada é um processo cíclico (Figura 4.1), pois trata-se de um procedimento ao qual os constituintes do molde por vezes não correspondem a sua funcionalidade, tendo que se realizar pequenos ajustes aos mesmos, ou até mesmo fazer alterações.

O processo de montagem de um molde começa sempre pela limpeza de todos os componentes mecânicos que serão montados no molde. Ao mesmo tempo que se efetua a limpeza dos componentes é realizada a verificação das suas dimensões geométrica e dimensionais, de forma a garantir que não existe nenhum elemento que apresente alguma irregularidade. Depois de tudo verificado, dá-se início à montagem do molde, onde todos os componentes são montados entre si para se obter um molde para conformação da peça. A duração temporal desta etapa está diretamente relacionada com a complexidade do molde, ou seja, se o molde não for muito complexo o tempo de montagem é curto (1 a 2 semanas), caso o molde seja complexo, o tempo já pode chegar a 4 a 5 semanas. Importa referir ainda, que é nesta etapa que podem começar a surgir os primeiros problemas nos elementos móveis do molde. Caso se detetem problemas na montagem de algum componente, o mesmo é analisado e é dada ordem de correção.

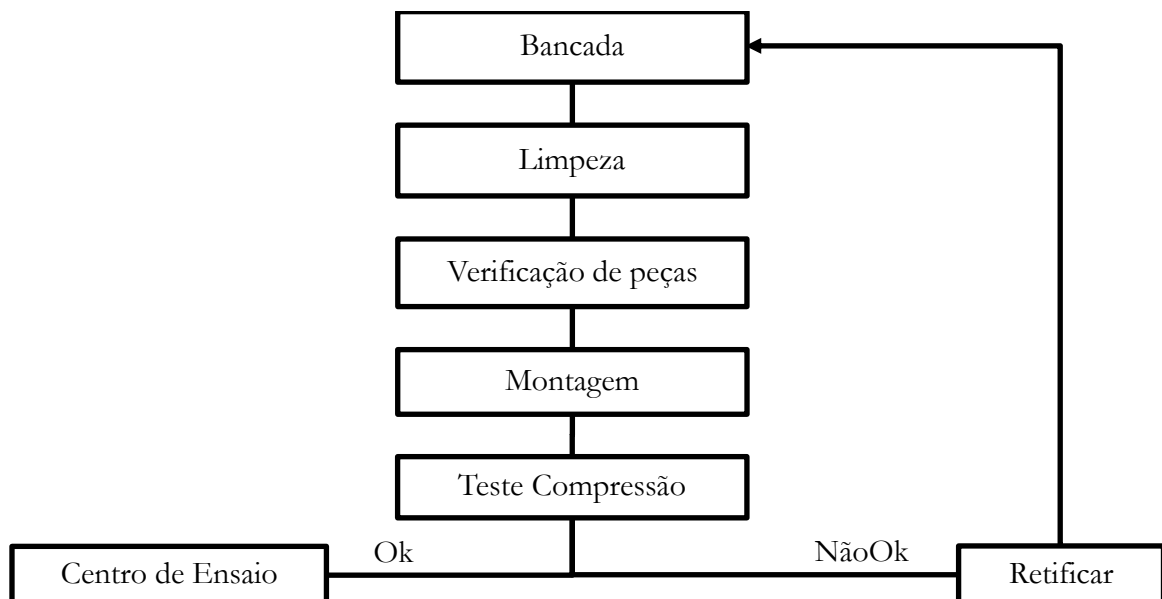


Figura 4.1 - Processo de trabalho de bancada.

Último procedimento é o teste de compressão do molde, teste esse que verifica se o plano de fecho opera de forma correta. O teste de compressão é uma verificação do plano de fecho de molde, isto é, o molde possui um plano de fecho, que corresponde a linha de junta do molde na junção da bucha com a cavidade, como tal analisa-se o correto funcionamento desse mesmo plano, através de uma pressão hidráulica capaz de simular a força de fecho obtida através do estudo reológico como anteriormente referido.

Com a utilização de uma tinta, verifica-se em toda a linha de junta o correto funcionamento do molde, aumentando a força de fecho de forma gradual até chegar ao valor referido.

Caso o molde não passe no teste de compressão é necessário proceder à retificação do plano de partição, desde retificação de componentes do molde ou até mesmo das zonas moldantes repetindo-se o ciclo de bancada. Se no final do teste de compressão o molde receber a aprovação, seguirá para o para o centro de ensaios. Seguidamente efetua-se uma breve explicação de cada uma das etapas referidas anteriormente.

#### **4.2.1 Limpeza e verificação das peças**

Como já foi referido anteriormente, o processo de bancada é um trabalho longo e que não se trata apenas de montar o molde, é necessário limpar todos os seus elementos e verificar se as dimensões estão dentro das tolerâncias supostas, pois por vezes existem erros de maquinação (Figura 4.2). Todos os componentes são limpos e através da tabela de materiais, onde se encontram as dimensões normais e as suas tolerâncias, verificou-se se todos os constituintes do molde se encontravam corretamente dimensionados, dentro das suas tolerancias.



Figura 4.2 - Componente moldante em preparação para o processo de limpeza.

Nesta verificação, confirmou-se que, no molde ED21M5189 os suportes pilar não se encontravam na altura correta, devido a um pequeno erro informático que influenciou a altura dos mesmos. No entanto a altura que era suposto ter seria inferior a que os suportes tinham, como solução retificou-se a altura e prosseguiu-se

ao processo de montagem do molde. Na figura seguinte, apresenta-se o componente moldante, depois de limpo e retificado.



Figura 4.3 - Componente moldante, após o processo de limpeza e retificação de correção de altura.

#### **4.2.2 Montagem**

No caso do molde ED21M5189 e já com todos os componentes limpos, em primeiro lugar começou-se por montar a bucha (local com vários constituintes). Seguidamente procedeu-se ao seu aperto na chapa 3 e iniciou-se o processo de montagem da extração. Para se montar a extração coloca-se a chapa de extração em posição e dispõem-se os extratores nos respetivos lugares para que não aconteça qualquer tipo de problema com a extração da peça (Figura 4.4). Depois disso, procede-se à fixação dos extratores através da fixação da chapa de aperto dos extratores.

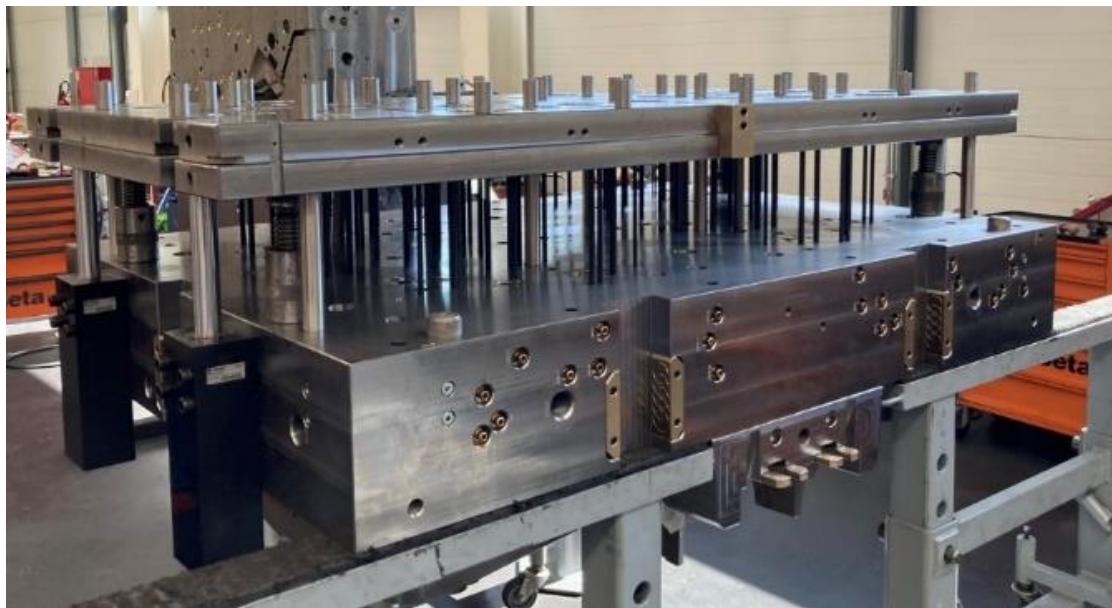


Figura 4.4 - Chapas Extradoras e extratores colocados no molde.

Como neste molde existem balancés (elementos que auxiliam a extração e criam as zonas negativas da peça) existiu a necessidade aquando da montagem do sistema de extração ter em atenção na montagem dos balancés, pois normalmente estes sistemas são colocados depois de os extratores estarem montados e lubrificados. O resto da estrutura, a chapa 009, os suportes dos pilares, os calços e as guias montam-se como um grupo e depois coloca-se na bucha. Importa referir que todos os elementos móveis são lubrificados e colocados nas respetivas corrediças, onde é realizado o movimento axial dos componentes que estão apertados na bucha. Antes de se colocar os periféricos do molde, colocam-se os acessórios nos circuitos de refrigeração (canais maquinados no interior do molde) nomeadamente, os tacos, os tampões e os records de forma a garantir que haja uma entrada e uma saída para o líquido de refrigeração do molde. Como neste molde existem apenas circuitos de refrigeração nos elementos móveis (Figura 4.5), nos balancés e no resto da estrutura, estes são montados de parte e de forma cuidada para que não haja qualquer fuga do líquido de refrigeração, sendo no final testados com ar comprimido para confirmar tais fugas existentes.

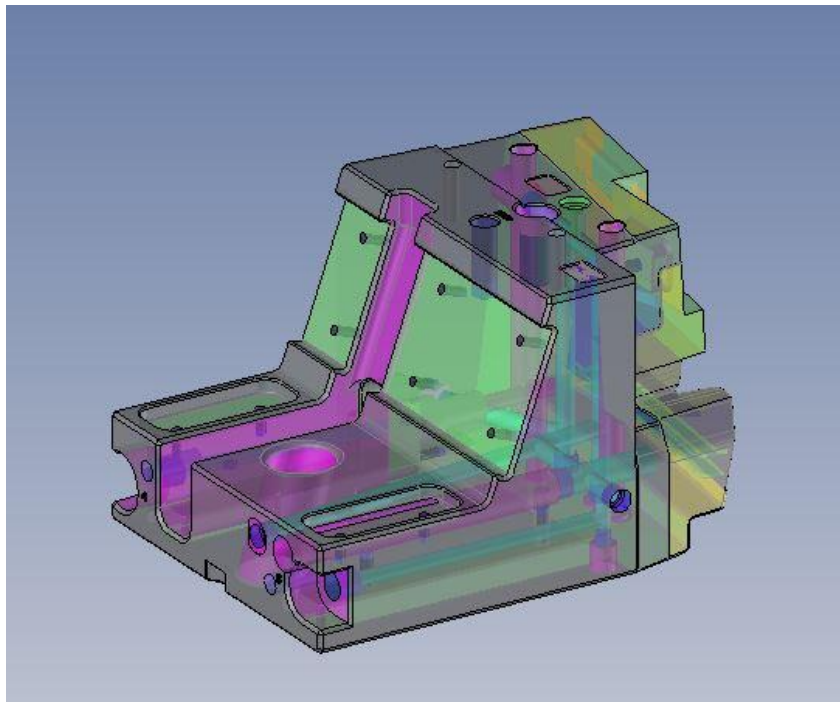


Figura 4.5 - Representação circuito refrigeração (azul) no elemento móvel

Os balancés possuem um circuito de refrigeração próprio, representado na Figura 4.6 a preto. Esta necessidade advém do fato de, como o material de injeção atinge elevadas temperaturas e para que o mesmo solidifique e arrefeça de forma uniforme. Para além disso, e para que não exista maior desgaste do molde e das zonas moldantes, pois os balancés representam estas zonas é necessária uma refrigeração individual dos mesmos. O posicionamento das mangueiras de refrigeração é um fator bastante importante a ter em conta. Um incorreto posicionamento das mesmas pode implicar uma má circulação do líquido de refrigeração, ou até mesmo uma interrupção do circuito promovendo em última situação uma fuga para o exterior.

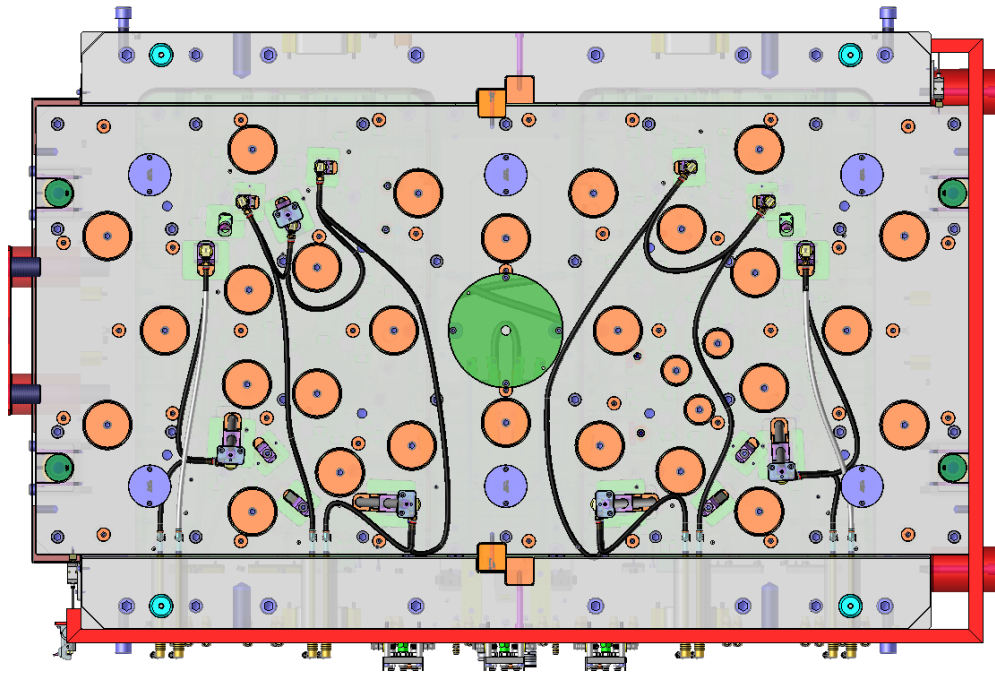


Figura 4.6 - Circuito de refrigeração dos balancés, representado a preto.

Seguidamente procedeu-se à verificação do circuito de refrigeração. Desta forma, é adicionada água pressurizada ao circuito de refrigeração, através de um equipamento próprio, para verificar se não existem fugas no circuito de refrigeração do molde (Figura 4.7).



Figura 4.7 - Exemplificação da realização do teste refrigeração.

Como já referido anteriormente, o equipamento de teste de refrigeração (Figura 4.8) é uma máquina capaz de colocar o líquido de refrigeração dentro do molde a uma pressão pré-estabelecida. Inicialmente, coloca-se ar no circuito para verificar que não existe fugas e verifica-se o circuito de refrigeração através do pequeno manómetro

de pressão. Ao verificar que não há fugas, procede-se à colocação do líquido de refrigeração e nova verificação da existência ou não de fugas.

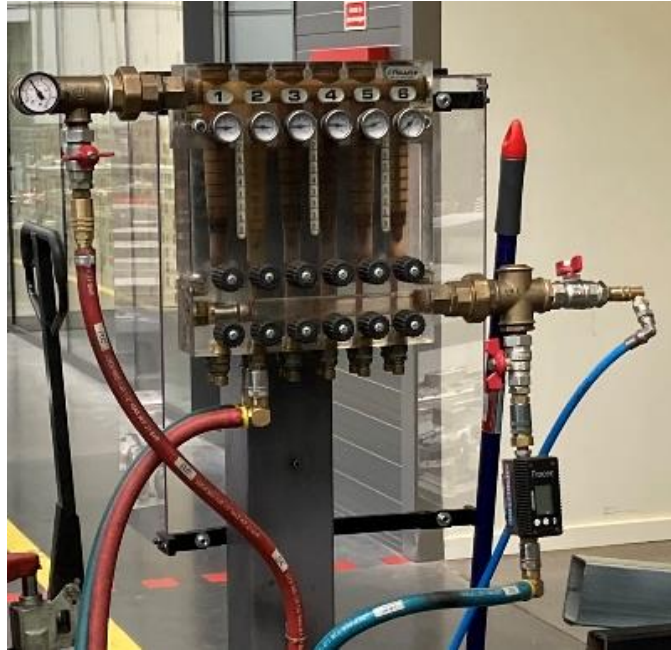


Figura 4.8 - Visualização da máquina de teste de refrigeração.

De seguida, procede-se à verificação do movimento de extração. A verificação do movimento de extração é realizada através de uma central hidráulica portátil (Figura 4.9). Para tal, ligam-se os cilindros hidráulicos e confirmam-se através dos movimentos dos extratores e balancés que não existe qualquer irregularidade, ou prisão nos movimentos da extração.

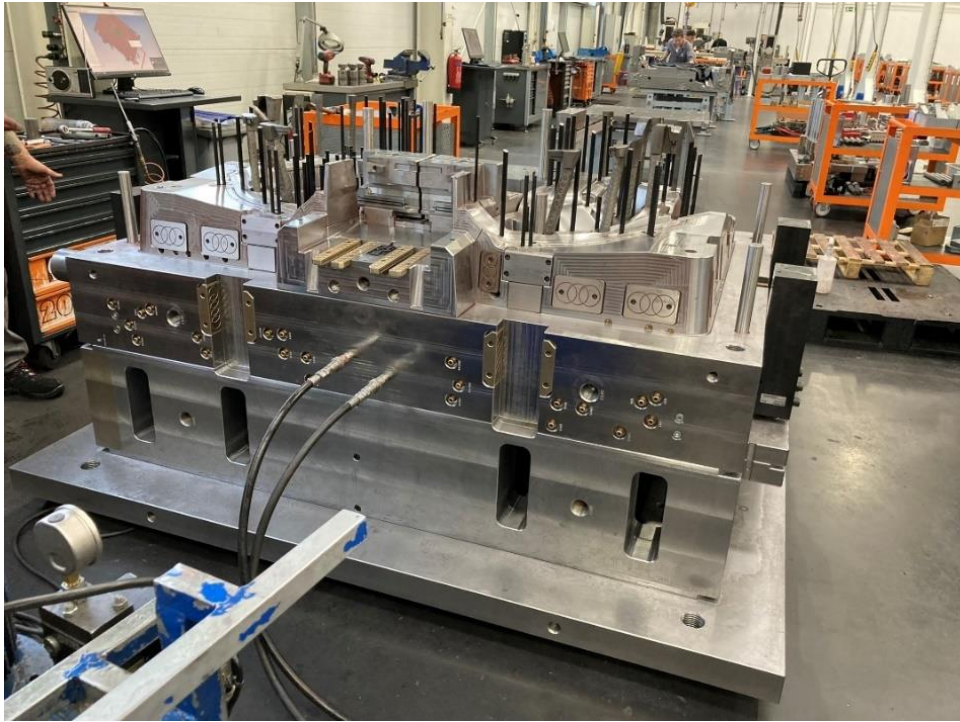


Figura 4.9 - Exemplificação da realização do teste de extração com o auxílio de uma central hidráulica.

Para finalizar a montagem da bucha, adicionam-se os periféricos do molde nomeadamente os pés, as barras de transporte, os coletores de refrigeração, os sistemas elétricos, entre outros e deu-se como finalizada o processo de montagem da bucha do molde ED21M5189.

Relativamente à cavidade, esta tem um processo de montagem mais curto, mas o cuidado na montagem tem de ser muito superior. Primeiramente procedeu-se ao aperto da cavidade à chapa 002, tendo em atenção que a peça possui uma textura diferente e o cuidado deve ser maior, pois a zona moldante da cavidade trata-se de uma zona da peça que fica visível para o exterior ao qual o cliente não pretendia que existissem marcas nessas zonas. Como se tratava de uma textura de espelho (Figura 4.10) em que qualquer marca neste local correspondia a um enorme prejuízo, a montagem deve ser realizada com enorme cuidado.



Figura 4.10 - Exemplo de uma textura de brilho.

De seguida, apertou-se a chapa do carburador à chapa 002. A chapa de carburador é onde se coloca o sistema de injeção. Esta deve ser montada de forma cuidada para não danificar nenhum bico de injeção, pois se houver qualquer dano num dos bicos o enchimento da peça é logo comprometido. Por último, aperta-se a chapa 001, o anel de injeção e a chapa isolante (chapa que permite isolar o molde das temperaturas elevadas que a injeção possui).

Para finalizar a montagem da cavidade, adicionam-se os restantes periféricos, nomeadamente as guias dos elementos móveis, os coletores de água (também circuitos que são testados e utilizados os mesmos acessórios que a bucha).

Com os dois lados corretamente montados, procedeu-se ao fecho do molde através de uma ponte rolante, não tendo sido esquecida a lubrificação das guias e das barras de ajuste, para garantir um melhor funcionamento do molde.

### 4.2.3 Teste de Compressão

Para se verificar se o molde fecha corretamente, ou seja, que as zonas moldantes da bucha e da cavidade possuem o ajustamento pretendido e que as guias dos elementos móveis fazem o curso deles corretamente, o molde sofre o ensaio de compressão através de uma prensa hidráulica. Na Figura 4.11 é possível visualizar o molde ED21M5189 na prensa hidráulica, durante a fase de teste de compressão.



Figura 4.11 - Teste de compressão do molde ED21M5189.

A prensa hidráulica consegue produzir uma força de fecho até 400 toneladas. Neste caso, foi-se aumentando gradualmente a força de fecho até se atingir a resultante máxima da máquina, ou seja, as 400 toneladas. Para se verificar a planicidade do plano de partição do molde, tanto a face da cavidade como a face da bucha são pintadas para que no fim do teste de compressão as superfícies fiquem “marcadas” de forma uniforme (Figura 4.12).

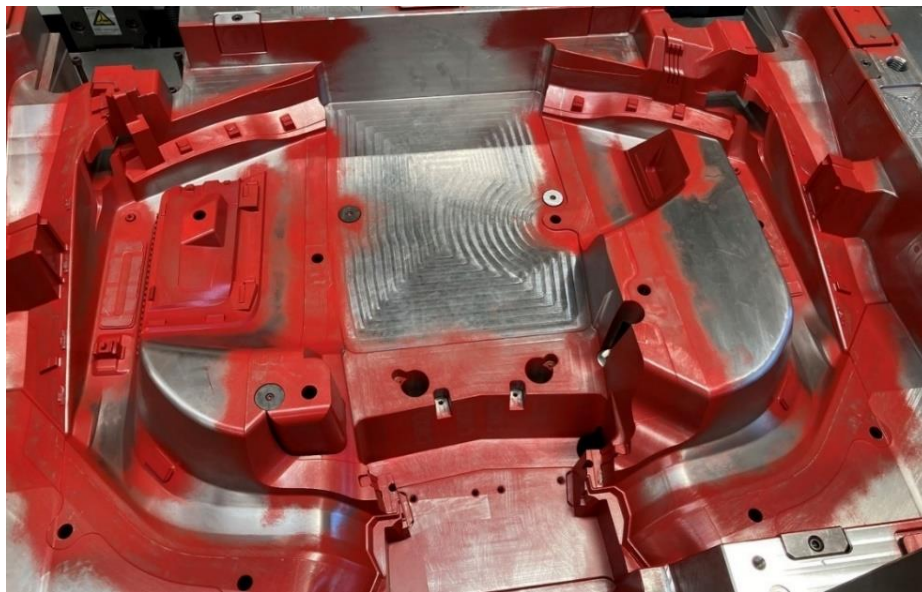


Figura 4.12 - Cavidade pintada para realizar o ajustamento

No caso do molde em análise, os elementos móveis foram o principal problema do ajustamento. Depois de realizar o teste de compressão confirmou-se que os elementos móveis possuíam problemas de ajustamento da sua zona moldante, tal como se apresenta na Figura 4.13.



Figura 4.13 – Visualização do problema de ajustamento dos elementos móveis na zona moldante.

Realizou-se um melhor ajustamento destes elementos, removendo material da linha de separação da zona moldante para que não ocorra problemas de enchimento da peça. Com ajustamento do molde feito, o molde vai para o centro de testes para se testar o seu comportamento com a injeção de material.

## 4.3 Centro de Ensaios

### 4.3.1 Material Polimérico

Todos os materiais antes de serem usados na máquina de injeção são colocados dentro de um recipiente e disposto dentro da estufa (Figura 4.14) a uma temperatura, já definida pelas propriedades do mesmo, para remoção da humidade. No caso do material utilizado neste molde, de acordo com a sua ficha técnica (Anexo A) foi colocado na estufa, durante quatro horas, a uma temperatura de 80 °C. Na ficha técnica de qualquer material estão indicadas diversas informações que são necessárias para o processo de injeção. De toda a informação, as mais importantes são: a sua viscosidade, o tempo de estufa, a temperatura da estufa, a temperatura de fusão e a temperatura do molde.



Figura 4.14 - Processo de estufa no material

#### 4.3.2 Montagem molde na máquina de injeção

No centro de ensaios, o molde é colocado na sua posição dentro da máquina de injeção (Figura 4.15). São feitas todas as ligações do molde tais como: as mangueiras para o circuito de refrigeração, as mangueiras para os cilindros hidráulicos, os *microswitch* (componente que permite saber quando o molde está fechado ou aberto), entre outros.

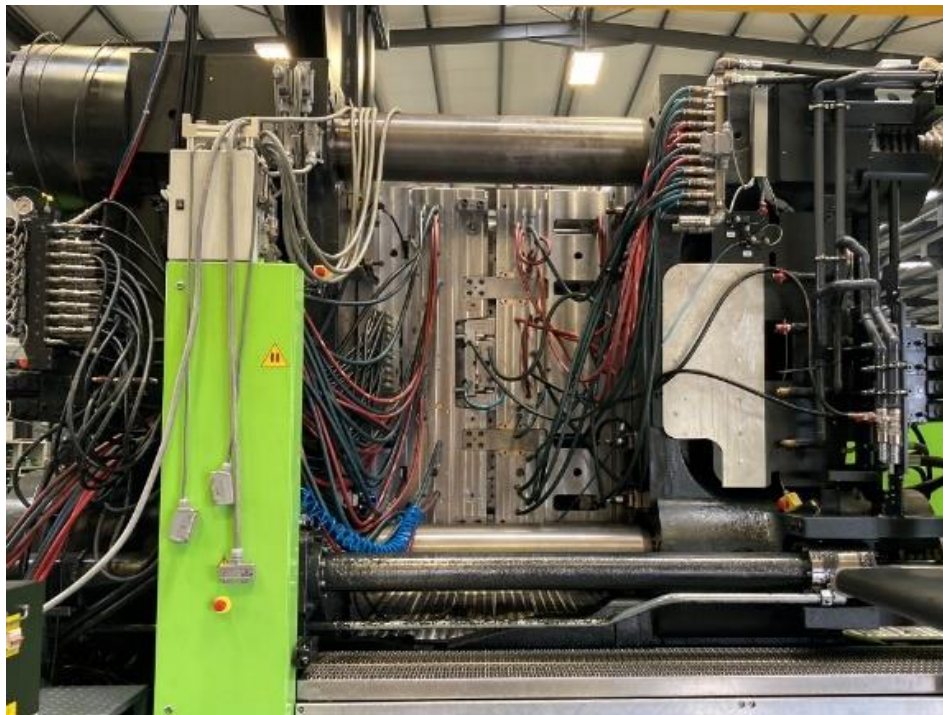


Figura 4.15 - Molde colocado e montado na máquina de injeção

Através do estudo reológico anteriormente referido, os dados de temperatura, de pressão são colocados no sistema da máquina e cria-se um processo de injeção na máquina. O ciclo de injeção na máquina é feito de forma automática, sendo que o operador apenas verifica se o ciclo foi feito de forma correta.

Para o molde em análise procedeu-se a uma alteração no ciclo de injeção. Ou seja, o tempo de extração da peça foi aumentado para que o cliente pode-se observar com atenção todo o movimento de extração do molde.

Após o cliente verificar que estava tudo em conformidade, retificou-se o tempo de extração para o valor normal. Com as ligações colocadas, o material pronto a usar, procede-se a uma verificação final dos movimentos dos extratores e dos balancés (Figura 4.16).



Figura 4.16 - Verificação dos movimentos dos extratores e balancés durante o teste de extração na máquina de injeção.

Realiza-se uma limpeza final nos dois lados para garantir que as zonas moldantes não têm qualquer mancha ou até mesmo restos de óleo devido à montagem dos componentes. No lado da bucha (Figura 4.17) o processo de limpeza é relativamente simples, através de um produto próprio e com um pano limpa-se toda a bucha.



Figura 4.17 – Bucha montada na máquina de injeção e limpa.

O lado da cavidade (Figura 4.18) já requer mais cuidado por causa da sua textura. Utiliza-se na mesma o produto com que se limpa a cavidade mas, neste caso, em vez de se usar um pano para limpeza utiliza-se ou algodão (permite não deixar marcas na textura) ou utiliza-se uma pistola de ar comprimido para soprar a cavidade.



Figura 4.18 - Cavidade montada na máquina de injeção e limpa.

Verificando-se que não havia nenhuma anomalia, inicia-se o processo de injeção de peças no molde através do ciclo de injeção.

### **4.3.3 Injeção de peças**

Inicialmente, tal como o ensaio de compressão, as pressões são aumentadas gradualmente. Ou seja, a pressão inicial e segunda pressão obtida no estudo reológico não são colocadas logo no início da injeção. Começa-se por colocar uma pressão mais baixa e aumenta-se de forma gradual os valores de pressão até se atingir o valor de pressão do estudo reológico.

É necessário realizar várias moldações para que se consiga preencher na totalidade a zona moldante. É a partir desse momento que, se vai alterando parâmetros (pressão de injeção, temperatura, tempo de enchimento) para se obter a chamada “peça perfeita” pois, no estudo reológico são apresentados os dados de injeção que deverão de ser colocados na máquina de injeção. Estes dados são maioritariamente de ponto de partida para se obter a “peça perfeita”. Por vezes, realizam-se pequenas alterações nos parâmetros de injeção, para certas verificações questionadas pelo cliente sendo por exemplo, o tempo de ciclo de uma moldação. Ou seja, para se verificar se é possível reduzir esse mesmo tempo de forma a aumentar a produção.

Como “Peça perfeita” pode-se afirmar que a peça produzida pela moldação não apresenta qualquer anomalia, que o seu tempo de ciclo é curto, a pressão de injeção e a temperatura corresponde aos resultados obtidos no estudo reológico ou perto dos mesmos.

## **4.4 Problemas Vs Soluções**

Por vezes, certa anomalia encontrada nas peças não tem como principais causas os parâmetros de injeção. Mas, para certos problemas existem várias soluções, assim toda esta situação pode ser dividida em duas partes:

- Problemas (teóricos) - problemas em que a sua solução pode e deve seguir uma tabela de soluções de problemas para resolução do mesmo;
- Problemas (práticos) - problemas que necessitam de outro tipo de soluções e que não seguem uma tabela de resolução de problemas.

### **4.4.1 Problemas Teóricos**

Em termos de defeitos, os mais comuns de acontecer nas peças, são: a rebarba, as manchas escuras, as moldações incompletas e os empenos. O problema da rebarba (Figura 4.19), são zonas onde existem excesso de material, normalmente, representada por uma pequena camada fora da linha de junta de baixa espessura. Existem várias causas para este problema, tais como: pressão de injeção bastante

elevada, ajustamento mal feito nos componentes, a temperatura elevada do material, entre outros.



Figura 4.19 - Representação de uma peça com rebarba (Fit Tecnologia, 2021).

As manchas escuras (Figura 4.20) nas peças moldantes representam por vezes zonas queimadas da peça. As grandes causas para o aparecimento deste defeito são ou temperaturas elevadas ou a falta de maquinação de saídas de gases. O defeito de moldação incompleta que também se encontra exemplificado na Figura 4.20, é visualizado quando em toda a peça se encontram zonas onde não existe material injetado, normalmente ocorre longe do ponto de injeção. A velocidade, o tempo de injeção, a baixa fluidez do material, a pressão de injeção e a dosagem insuficiente são as principais causas da moldação incompleta.

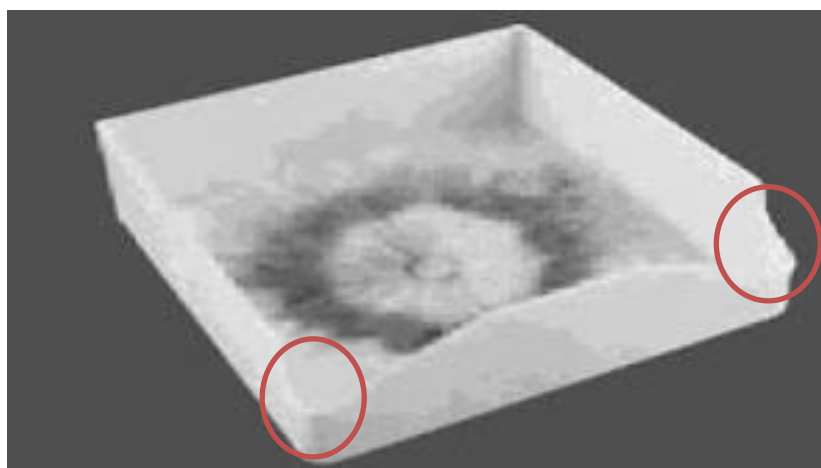


Figura 4.20 - Peça que apresenta manchas escuras e pequenas zonas de moldação incompletas a vermelho (Manchas, 2016).

Já para o problema de a moldação apresentar-se empenada, este defeito deve-se ao facto da temperatura do molde ser elevada quando a mesma foi extraída, ou seja, o seu arrefecimento foi insuficiente e a espessura da peça pode não ser a mais correta (Figura 4.21).



Figura 4.21 - Peça com problemas de empeno (Fit Tecnologia, 2021).

Através da Figura 4.22, observa-se a referida tabela anterior onde no lado esquerdo da tabela se apresentam os principais defeitos que podem ocorrer durante a injeção e as respetivas soluções conforme a prioridade de solução.

Possíveis soluções		Tabela de Defeitos e Soluções																												
		Temperatura do câmbio	Pressão de injeção	Velocidade de injeção	Diâmetro do bico	Volume de injeção	Pressão de recalque	Contrapressão	Resistência elétrica	Tempo de ciclo	Velocidade de dosagem	Limpeza do câmbio	Temperatura na zona de alimentação	Válvula de retenção	Descompressão	Quantidade de lubrificante	Índice de fluidez	Umidade	Contaminação	Granulometria	Homogeneização do masterbatch	Ângulo de saída do canal de injeção	Polimento dos canais de injeção ou distribuição	Quantidade de desmoldante	Tempo de resfriamento do molde	Temperatura do molde	Dimensões das entradas e canais	Saídas de ar	Posicionamento da(s) entrada(s)	
Aderência no bico ou cavidade		9	6	13	10	8	7								11	12						4	5	3	2	1				
Bolhas de ar		2			9	10	3			5				1		8	4									7	11	6		
Contração muito alta		1	5				6			2						7									3	4	8			
Deformação (empenamento)		1	4	5			6									7									2	3				
Delaminação		2		3														1												
Efeito arco-íris		1		2	3																							4		
Efeito memória		1		3	4											5										2	6			
Escorrimento pelo bico		1		4				2						3		5	6													
Formação de rabicho				1												2														3
Injeções incompletas		3	2	5	7	1		8		9						6										4	10		11	
Má homogeneidade de cor								4		1	3																			
Manchas claras		1		3				2	6		4	5						9	8		2									
Manchas escuras (queima)		1	8	9				7				4	5	6												2		3		
Manchas onduladas (concêntricas)		3	4	5												6										2	1	7		
Marca do castelo a/ou estria no outro lado da peça		1		2																										
Marcas de junção		1	2	4	5											6														
Marcas no sentido do fluxo		1	2	9				10	8							12		3	4	5				11		3				
Quebrando durante a ejeção		2	7		3	4																				6	5			
Rebarbas		3	2		1					5																4				
Rechupes		2	1	3	5	6	7			4																		9	10	
Sem brilho		3	1	4												5										2				

**Legenda:**  
■ Aumentar  
■ Diminuir  
■ Verificar  
■ Fazer testes aumentando ou diminuindo  
1 Quanto menor o número, maior a prioridade

**Tudo sobre Plásticos**  
www.tudosobreplasticos.com

Figura 4.22 - Tabela representativa dos defeitos e das soluções utilizadas conforme a prioridade (Roda, 2012)

#### **4.4.2 Problemas Práticos**

Das anomalias anteriormente referidas, por vezes é necessário perceber qual é a melhor solução para as corrigir. Nem sempre a escolha da solução é baseada numa tabela, como referido anteriormente. Com a evolução e conhecimento adquirido ao longo dos anos na produção de moldes, leva a que se encontrem soluções para defeitos que não se encontram em tabelas.

Um dos exemplos bastante comum na empresa quando se procede ao primeiro ensaio de enchimento da peça aparecer rebarba na peça moldante. Analisando a Figura 4.22, verifica-se que existem um conjunto de soluções por ordem que se podem ter em conta para a solução do problema. Essa prioridade vai desde a pressão de recalque, passando por alteração da velocidade de injeção, por alteração de tempo do canhão, alteração da temperatura do molde, alteração do tempo de ciclo ou até mesmo modificação do índice de fluidez do material. No entanto, todas estas alterações são alterações em parâmetros operacionais da injeção. Assim, a primeira escolha da empresa para resolver este tipo de defeito é verificar e melhorar o ajustamento do plano de partição, retirando todos os componentes que estão a provocar esta situação e se necessário proceder à deposição de material (através de processos de soldadura), para depois remaquinar essas zonas de forma a melhor o ajuste do plano de partição. Esta solução é bastante utilizada quando, os moldes tem um tempo de expedição grande. Este exemplo demonstra que, nem todas as anomalias seguem uma tabela de soluções e, tal como anteriormente referido, a experiência e o trabalho desenvolvido ao longo dos tempos nesta área de produção demonstram que certas soluções podem ser mais simples de implementar para solucionar os problemas que foram encontrados.

#### **4.4.3 Problemas e as soluções do Molde ED21M5189**

Qualquer molde que é produzido na socem as primeiras moldações são sempre enviadas ao cliente. O cliente ao visualizá-las tem duas opções: aprovar as peças, pois as peças encontravam-se em bom estado (dentro dos parâmetros estabelecidos, sem qualquer defeito), e o molde é expedido ou não aprovar as peças e indicar o porquê de não aprovar as peças.

No molde em causa (ED21M5189), as moldações apresentavam zonas com pequenas manchas escuras e na zona dos elementos móveis havia uma pequena película de material em excesso. Com estes problemas, o cliente decidiu não aprovar as primeiras moldações. Sendo assim, e depois de analisar os efeitos reportados pelo cliente, decidiu-se propor ao cliente as seguintes alterações:

- manchas escuras - realizar fugas de gases nas zonas onde se apresentam as manchas para eliminar esse defeito;
- rebarba na peça - o molde voltou a ir fazer o teste de compressão para se realizar um melhor ajustamento na zona dos elementos móveis.

Depois de realizadas estas correções, realizou-se novamente o teste de injeção e a peça já não apresentava qualquer defeito ou seja, não tinha manchas nem rebarba. Sendo assim, após o envio das novas peças ao cliente, o mesmo aprovou-as sem qualquer alteração tendo o molde sido expedido para o cliente.

Importa referir que, nem sempre após o primeiro ou segundo teste de injeção as moldações se apresentam sempre perfeitas, existem sempre problemas para resolver. Pode-se afirmar que, é quase impossível obter peças perfeitas nos primeiros testes de injeção. Muito dos motivos vem de por exemplo, os prazos serem curtos obrigando a que o tempo de trabalho na prensa não seja suficiente para garantir um correto alinhamento do plano de partição. Normalmente é preferível que o molde realize logo o seu primeiro teste, e retorne ao processo de trabalho de bancada se necessário. Para além do que foi referido anteriormente, outro grande motivo para o surgimento de defeitos nas primeiras injeções de material é o facto de mesmo com manutenção periódica, os equipamentos apresentarem folgas que advêm do normal funcionamento ou até mesmo por erros que são cometidos durante o processo de fabricação dos elementos. Claro está que, todos esses problemas não são possíveis de serem detetados no teste da prensa e só com a moldação é que se torna perceptível o seu problema.

## **5 CONCLUSÃO**

Com o término do estágio curricular e da redação do respetivo relatório, conclui-se que os objetivos autopropostos no início deste trabalho foram cumpridos com sucesso, garantido uma ligação entre os conhecimentos académicos com os conhecimentos práticos.

Para que a indústria de moldes esteja em constante evolução todo o processo produtivo de um molde tem de ser bastante otimizado, estando dividido em quatro fases ligadas entre si. Inicialmente o gestor de projeto analisa o molde imposto pelo cliente, assim como as suas especificações, tais como o tipo de material a injetar, tipo de molde, tipo de injeção e entre outros. Após uma análise cuidada é desenvolvido o desenho do molde assim como uma análise estrutural e injeção do mesmo para que se garanta um bom desempenho no molde. De seguida, o método de maquinação trata-se de um procedimento bastante rigoroso, pois qualquer peça do molde que não sejam bem fabricada ou bem dimensionadas, com as tolerâncias supostas, pode inviabilizar o funcionamento de um molde.

No entanto, o processo que proporcionou uma aprendizagem superior cumprindo com os objetivos propostos foi a fase de bancada. Na bancada todos os conhecimentos teóricos são colocados em prática garantindo um correto funcionamento do molde sendo, portanto, o local de trabalho onde se desenvolvem todos os conhecimentos. Apesar de ter sido na parte da bancada que se notou uma aprendizagem superior, é também na fase de testes de um molde que se confirma que nem sempre o processo produtivo de um molde corre na perfeição existindo por vezes imperfeições e falhas que requerem soluções rápidas e práticas.

Em suma, fica a certeza de que a escolha de realização de um estágio curricular foi a melhor opção para terminar o mestrado em engenharia mecânica, pois só assim se teve o contacto com o mercado de trabalho e com a indústria de moldes.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- Arquetis. (2022). Obtido de Arquetis: <https://www.arquetis.com/portefolio/ed>
- CadSolid. (2020). Manual de Formação TopSolid'Mold Básico.
- Cefamol, A. N. (2021). Otimização de Processos. *TECH-i9*, 12.
- CENTIMFE. (2003). *Manual do Projetista para Moldes de Injeção de Plástico*.
- Diário de Leiria. (10 de Fevereiro de 2020). Empresa Socem Ms celebra 40 anos a apostar na tecnologia e inovação. *Diário de Leiria*. Obtido de <https://www.diarioleiria.pt/noticia/53432>
- Fit Tecnologia. (05 de Outubro de 2021). *Injeção de plásticos: 7 problemas que podem atrapalhar sua produção*. Obtido de Revista Ferramental: <https://www.revistaferramental.com.br/artigo/injecao-de-plasticos-problemas-podem-atrapalhar-sua-producao/>
- Harada, J. (2004). *Moldes para Injeção de Termoplásticos*.
- Manchas. (15 de Dezembro de 2016). Obtido de Processamento de Plásticos: <http://processamentodeplastico.blogspot.com/2016/12/manchas.html>
- Moldes Injeção Plásticos. (16 de Outubro de 2021). Obtido de moldesinjecoplasticos: <http://moldesinjecoplasticos.com.br/classificacao-do-molde-de-injecao/>
- Moldes Injeção Plásticos. (07 de Novembro de 2021). Obtido de moldesinjecoplasticos: <http://moldesinjecoplasticos.com.br/sistema-de-alimentacao-em-moldes/>
- Roda, D. T. (15 de Janeiro de 2012). *Problemas e Soluções no Processo de Injeção*. Obtido de Tudo sobre Plásticos: [https://www.tudosobreplasticos.com/processo/solucoes\\_injecao.asp](https://www.tudosobreplasticos.com/processo/solucoes_injecao.asp)
- Socem, G. (2020). *Inpact*. Obtido de <https://inpact.pt/portfolio>
- Socem, G. (2020). *Sep-Tec*. Obtido de <https://septec.pt/portfolio>
- Vangest. (Maio de 2019). *Vangest*. Obtido de <https://www.vangest.pt/centro-de-testes-e-validacao-moliporex/>
- Vitis Management Consulting, Lda. (20 de Maio de 2022). *VitisConsulting*. Obtido de <https://vitisconsulting.pt/index.php/noticias/caracterizacao-socio-economica-do-setor-da-industria-de-moldes-portuguesa/>

## ANEXOS

### Anexo A – Ficha Técnica do material de injeção do molde ED21M5189

DOMO® Engineering Plastics  
Technical Data Sheet



The strength of chemicals.

#### DOMAMID® 6G30H2 NC

(DOMAMID A1-008-V30-H2-N)

Polyamide 6, 30% glass fiber reinforced, heat stabilized, for injection moulding, natural color

19.09.2016

TYPICAL PROPERTIES	CONDITION	STANDARD	UNIT	VALUE
<b>PRODUCT IDENTIFICATION</b>				
ISO 1043 abbreviation		ISO 1043		PA6-GF30
<b>PHYSICAL</b>				
Density		ISO 1183	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,36
Moisture absorption	sat., 23°C, 50% RH	ISO 62	[%]	2,3
Mold shrinkage parallel	72 hrs, 23°C, 50% RH	ISO 2577	[%]	0,25 - 0,45
Mold shrinkage transverse	72 hrs, 23°C, 50% RH	ISO 2577	[%]	0,85 - 1,05
<b>RHEOLOGICAL</b>				
Melt Volume Rate (MVR)	275 °C - 5,0 kg	ISO 1133	[cm <sup>3</sup> /10 min]	35
Viscosity number	96% H2SO4	ISO 307	[ml/g]	145
<b>MECHANICAL</b>				
Tensile modulus	1 mm/min	ISO 527	[MPa]	9500
Tensile stress at break	5 mm/min	ISO 527	[MPa]	180
Tensile strain at break	5 mm/min	ISO 527	[%]	3,6
Flexural modulus	5 mm/min	ISO 178	[MPa]	7200
Flexural strength	5 mm/min	ISO 178	[MPa]	270
Charpy unnotched	+23 °C	ISO 179/1eU	[kJ/m <sup>2</sup> ]	94
Charpy notched	+23 °C	ISO 179/1eA	[kJ/m <sup>2</sup> ]	14
<b>THERMAL</b>				
Melting point		ISO 11357-1	[°C]	221
Heat Deflection Temperature (HDT-B)	0,45 MPa	ISO 75	[°C]	220
Heat Deflection Temperature (HDT-A)	1,80 MPa	ISO 75	[°C]	210
VICAT softening temperature	50°C/h - 50N	ISO 306	[°C]	214
<b>ELECTRICAL</b>				
Volume resistivity		IEC 60093	[Ω·cm]	1E+15
Surface resistivity		IEC 60093	[Ω]	1E+14
<b>BURNING BEHAVIOUR</b>				
Burning rate (FMVSS)		FMVSS 302	[mm/min]	< 100

Test run at 23°C if not differently specified, DAM state (dry as moulded).

#### PROCESSING CONDITIONS:

Drying temperature/time : 75-85°C / 2-4h (with dew point of dried air < -30 °C)  
 Recommended melt temperature : 250-290 °C  
 Recommended mould temperature : 80-100 °C