



**Manuel João Spínola Maymone Madeira**

Licenciado em Ciências da Engenharia Mecânica

## **Metodologia para Parametrização dos Componentes do Balancé no Projeto de Moldes para Injeção de Plástico**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica

**Orientador:** Professor Doutor António José Freire Mourão,  
Professor Associado, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade Nova de Lisboa

**Coorientador:** Engenheiro Adriano Pereira, Engenheiro Mecânico,  
Aníbal H. Abrantes–Indústrias de Moldes e Plásticos, SA

### **Júri:**

**Presidente:** Professor Doutor Daniel Cardoso Vaz, Professor Auxiliar da  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de  
Lisboa

**Arguentes:** Engenheiro Rui Duarte, Engenheiro Mecânico e Diretor da  
Empresa Aníbal H. Abrantes – Indústria de Moldes e Plásticos,  
SA

Professor Doutor António Gabriel Marques Duarte dos Santos,  
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Nova de Lisboa

**Vogal:** Professor Doutor António José Freire Mourão, Professor  
Associado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Nova de Lisboa



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**novembro, 2019**



**Manuel João Spínola Maymone Madeira**

Licenciado em Ciências da Engenharia Mecânica

## **Metodologia para Parametrização dos Componentes do Balancé no Projeto de Moldes para Injeção de Plástico**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica

**Orientador:** Professor Doutor António José Freire Mourão  
Professor Associado, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade Nova de Lisboa

**Coorientador:** Engenheiro Adriano Pereira, Engenheiro Mecânico,  
Aníbal H. Abrantes–Indústrias de Moldes e Plásticos, SA

### **Júri:**

**Presidente:** Professor Doutor Daniel Cardoso Vaz, Professor Auxiliar da  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de  
Lisboa

**Arguentes:** Engenheiro Rui Duarte, Engenheiro Mecânico e Diretor da  
Empresa Aníbal H. Abrantes – Indústria de Moldes e Plásticos,  
SA

Professor Doutor António Gabriel Marques Duarte dos Santos,  
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Nova de Lisboa

**Vogal:** Professor Doutor António José Freire Mourão, Professor  
Associado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Nova de Lisboa

**novembro, 2019**



## **Metodologia para Parametrização dos Componentes do Balancé no Projeto de Moldes para Injeção de Plástico**

Copyright © Manuel João Spínola Maymone Madeira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



*“Go as far as you can see  
When you get there  
You’ll be able to see farther.”*

J.P. Morgan



*Aos meus Pais.*



# Agradecimentos

---

**Ao Professor Doutor António Mourão**, pelo grande saber e a confiança que me foi manifestando no decorrer deste processo, muitas foram as reuniões, as sugestões, o apoio e os desabafos. A grande disponibilidade para acompanhar o trabalho quer na empresa quer na Faculdade, foi determinante para o sucesso do mesmo, obrigado Professor.

**Ao Engenheiro Jorge Sales Gomes**, por proporcionar as condições para a realização desta dissertação, pela disponibilidade em integrar o acompanhamento deste projeto, pelas inúmeras reuniões que tivemos e pelas suas palavras sábias e de confiança neste percurso.

**Ao Engenheiro Adriano Pereira**, por ter acreditado neste projeto, pela forma como soube partilhar a sua disponibilidade, pelas reuniões até altas horas da noite, pela prontidão e assertividade em responder às questões colocadas e pela forma como realizou a transmissão de conhecimento.

**Ao Engenheiro Rui Duarte**, pelo acompanhamento, pelo seu grande saber e, por tudo o que me ensinou sobre moldes.

**Aos Funcionários da Empresa Aníbal H. Abrantes**, pelo acompanhamento, hospitalidade, companheirismo e principalmente por me ensinarem acerca do “Mundo” dos moldes.

**Aos Amigos da Faculdade**, por toda a paciência e ajuda ao longo destes meses, em especial ao Filipe Almeida, Tiago Pratas, Francisco Henriques e Carlos Catarino.

**Aos Amigos e Familiares**, pelas palavras de incentivo e por ouvirem os meus desabafos.

**Aos meus Pais**, por sempre acreditarem em mim e por me acompanharem nos momentos mais angustiantes do trabalho.

**A Todos o meu Muito Obrigado**, juntos contribuíram para a realização deste trabalho, porque um percurso destes não se faz sozinho.



# Resumo

---

A dissertação tem como objetivo desenvolver uma metodologia para parametrização dos componentes do balancé, no projeto de moldes para injeção de plástico. Entende-se por balancé o mecanismo utilizado para fazer a extração de peças poliméricas com saídas negativas interiores.

O estudo iniciou-se, pela recolha de dados, onde se criou uma base de dados com aplicações de balancés. Através da base de dados, parametrizaram-se as soluções de cada componente principal do balancé. A parametrização das soluções consistiu em decompor os componentes principais em subcomponentes, definir compatibilidades, assegurando o adequado funcionamento do mecanismo, e da atribuição de um código a cada um dos componentes principais, para que cada balancé tivesse uma única designação. Posteriormente, identificaram-se etapas técnico-comerciais (procedimentos e/ou imposições definidas pelo cliente e/ou pelas normas da empresa) e etapas técnico-construtivas (fases para caracterizar o balancé) associadas aos pontos de tomada de decisão no projeto do balancé. Recorrendo à metodologia *Design Structure Matrix* definiu-se a sequência de projeto do balancé através de etapas independentes. Para relacionar as tarefas desenvolveu-se uma ferramenta metodológica que teve por base um fluxograma, que permitiu reduzir as possibilidades para os componentes principais. Para a validação realizou-se um caso de estudo que mostrou a adequação da metodologia. Com a implementação desta ferramenta procura-se reduzir o tempo de projeto, diminuir a dispersão de soluções e conduzir à racionalização da gestão de stocks.

Em suma, prevê-se que o estudo possa constituir uma mais valia para a competitividade da empresa.

---

**Palavras-chave:** projeto de moldes para injeção de plástico, balancé, seleção de componentes, parametrização, metodologia de projeto, Matriz de Estrutura de Projeto, Tecnologia de Grupo, codificação.

---



# Abstract

---

The dissertation aims to develop a methodology for parameterization of the components of the undercut lifter in the design of molds for plastic injection. It is understood by undercut lifter the mechanism used to make the extraction of polymeric parts with internal negative outputs.

The study was initiated by data collection, where a database with undercut lifter applications was created. Through the database, the solutions of each main component of the undercut lifter were parameterized. The solution parameterization consisted in decomposing the main components into subcomponents, defining compatibilities, ensuring the proper functioning of the mechanism, and assigning a code to each of the main components, so that each undercut lifter had a single designation.

Subsequently, technical-commercial steps (procedures and/or impositions defined by the client and/or company norms) and technical-constructive steps (phases to characterize the undercut lifter) associated with decision-making points in the undercut lifter project were identified. Using the Design Structure Matrix methodology, the undercut lifter project sequence was defined through independent steps. To relate the tasks, a methodological tool based on a flowchart was developed, reducing the possibilities for the main components. For validation, a case study was conducted that showed the adequacy of the methodology. The implementation of this tool sought to reduce project time, reduce the dispersion of solutions and lead to rationalization of stock management.

In short, the study is expected to be an asset for the company's competitiveness.

---

**Keywords:** mold design for plastic injection, undercut lifter, component selection, parameterization, design methodology, Design Structure Matrix, Group Technology, coding.

---



# Índice Geral

|   |      |
|---|------|
| Agradecimentos .....  | xi   |
| Resumo .....  | xiii |
| Abstract.....   | xv   |
| Índice Geral.....   | xvii |
| Índice de Figuras.....  | xxi  |
| Índice de Tabelas.....  | xxv  |
| Capítulo 1 - Introdução .....   | 1    |
| 1.1 – Contextualização .....  | 1    |
| 1.2 – Motivação.....  | 1    |
| 1.3 – Objetivos.....  | 2    |
| 1.4 – Estrutura da Dissertação .....                                    | 3    |
| Capítulo 2 - Contextualização sobre a Indústria dos Moldes .....        | 5    |
| 2.1 - Apontamento Histórico da Indústria dos Moldes em Portugal.....    | 5    |
| 2.2 - Moldes da Indústrias de Transformação.....                        | 7    |
| 2.3 – Sobre o Processo de Moldação por Injeção.....                     | 8    |
| 2.4 – Moldes de Injeção.....  | 10   |
| 2.4.1 – Introdução .....  | 10   |
| 2.4.2 – Tipos de Moldes de Injeção.....                                 | 11   |
| 2.4.3 – Sistemas Funcionais .....                                       | 13   |
| 2.4.4 - Componentes Principais Constituintes do Molde.....              | 16   |
| 2.4.5 – Extração com Saídas Negativas.....                              | 18   |
| 2.5 – Sobre a Parametização do Projeto .....                            | 24   |
| 2.5.1 – Introdução .....  | 24   |
| 2.5.2 – Seleção do Componente a Parametrizar – Balancé.....             | 26   |
| Capítulo 3 – Para a Recolha e Organização de Dados sobre Balancés ..... | 29   |
| 3.1 – Introdução .....  | 29   |

|   |    |
|---|----|
| 3.2 – Procedimento .....                      | 29 |
| 3.2.1 – Guiamento da Haste .....              | 32 |
| 3.2.2 – Haste .....                           | 33 |
| 3.2.3 – Guiamento da Cabeça.....              | 34 |
| Capítulo 4 - Tratamento de Dados.....         | 37 |
| 4.1 – Introdução .....                        | 37 |
| 4.2 – Compatibilidades .....                  | 37 |
| 4.3 – Codificação.....                        | 38 |
| 4.4 – Guiamento da Cabeça.....                | 40 |
| 4.4.1 – Distribuição Estatística .....        | 40 |
| 4.4.2 – <i>Standard</i> .....                 | 40 |
| 4.4.3 – Fabrico.....                          | 41 |
| 4.4.4 – Compatibilidades .....                | 50 |
| 4.4.5 – Codificação.....                      | 53 |
| 4.5 – Haste .....                             | 55 |
| 4.5.1 – Secção Transversal Circular.....      | 57 |
| 4.5.2 – Secção Transversal Quadrangular ..... | 63 |
| 4.5.3 – Compatibilidades .....                | 65 |
| 4.5.4 – Codificação.....                      | 69 |
| 4.6 – Guiamento da Haste .....                | 71 |
| 4.6.1 – Distribuição Estatística .....        | 72 |
| 4.6.2 – Guiamento Primário .....              | 73 |
| 4.6.3 – Guiamento Intermédio .....            | 77 |
| 4.6.4 – Compatibilidades .....                | 81 |
| 4.6.5 – Codificação.....                      | 85 |
| 4.7 – Guiamento Auxiliar .....                | 87 |
| 4.7.1 – Compatibilidades .....                | 88 |
| 4.7.2 – Codificação.....                      | 90 |

|  |     |
|--|-----|
| Capítulo 5 – Sequência de Projeto.....   | 91  |
| 5.1 – Introdução .....   | 91  |
| 5.2 –Metodologia – <i>Design Structure Matrix</i> (DSM).....   | 91  |
| 5.3 – Aplicação da DSM ao Projeto do Balancé.....  | 96  |
| 5.3.1 – Etapas Técnico-Comerciais .....  | 96  |
| 5.3.1 – Etapas Técnico-Construtivas .....  | 99  |
| Capítulo 6 – Metodologia para Utilização Lógica dos Componentes do Balancé e<br>Caso de Estudo ..... | 105 |
| 6.1 – Introdução .....   | 105 |
| 6.2 – Fluxograma .....   | 106 |
| 6.3 – Caso de Estudo .....   | 108 |
| 6.3.1 – 1º Nível.....  | 109 |
| 6.3.2 – 2º Nível.....  | 109 |
| 6.3.3 – 3º Nível.....  | 111 |
| 6.3.4 – 4º Nível.....  | 113 |
| 6.3.5 – 5º Nível.....  | 114 |
| 6.3.6 – 6º Nível.....  | 115 |
| 6.3.7 – Solução Obtida.....  | 115 |
| Capítulo 7 - Conclusões e Trabalhos Futuros.....   | 121 |
| 7.1 – Conclusão .....  | 121 |
| 7.2 – Trabalhos Futuros .....  | 122 |
| Bibliografia .....   | 123 |
| Anexos .....   | 127 |
| Anexo 1 – Documento de Apoio ao Levantamento de Soluções Construtivas para<br>Balancés .....         | 129 |
| Anexo 2 – Soluções <i>Standard</i> para o Guiamento da Cabeça do Balancé.....                        | 132 |
| Anexo 3 – Veios de Precisão – SUTAFER .....  | 133 |
| Anexo 4 – Casquilhos – DME .....   | 135 |
| Anexo 5 – Casquilhos – Rainer – Knarr .....  | 136 |

|  |     |
|--|-----|
| Anexo 6 – Tubo Redondo Estrutural – Chagas.....                                      | 137 |
| Anexo 7 – Quadro Resumo com as Atualizações das Matrizes de<br>Compatibilidades..... | 139 |
| Anexo 8 – Matrizes de Apoio ao Caso de Estudo.....                                   | 141 |

# Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1 - Principais mercados da indústria dos moldes portuguesa em 2017.....   | 6  |
| Figura 2.2 - Balança comercial de 2010 a 2017 na indústria dos moldes em Portugal.....   | 6  |
| Figura 2.3 – Moldes da indústria de transformação de acordo com o material a processar.....  | 7  |
| Figura 2.4 - Processo de moldação por injeção (adaptado de Inno, 2019).....  | 9  |
| Figura 2.5 - Posição do molde na injetora (adaptado de Inno, 2019).....  | 11 |
| Figura 2.6 - Molde de duas placas (Centimfe, 2003).....  | 11 |
| Figura 2.7 - Molde de três placas (Centimfe, 2003).....  | 12 |
| Figura 2.8 - Molde canais quentes (Centimfe, 2003).....  | 12 |
| Figura 2.9 – Outros moldes: a) <i>Split</i> Molde; b) Molde Bi-material; c) Molde <i>sandwich</i> ; d) Molde família (adaptado de Centimfe, 2003)..... | 13 |
| Figura 2.10 - Constituição da impressão.....   | 14 |
| Figura 2.11 - Sistema de alimentação genérico.....   | 15 |
| Figura 2.12 - Vista explodida de um molde de duas placas.....  | 16 |
| Figura 2.13 - Sistemas de extração com saídas negativas.....   | 19 |
| Figura 2.14 - Nomenclatura do balancé: a) Configuração simples; b) Configuração complexa.....  | 19 |
| Figura 2.15 - Extração com balancé: a) Extração recuada; b) Extração avançada.....   | 20 |
| Figura 2.16 - Zona negativa inclinada.....   | 20 |
| Figura 2.17 - Representação das variáveis de cálculo do balancé no triângulo.....  | 21 |
| Figura 2.18 - Extrator em aço molda: a) Extração recuada; b) Extração avançada.....  | 22 |
| Figura 2.19 - Acionamento de movimentos rotativos: a) por motor; b) Através do movimento de abertura do molde (Centimfe, 2003).....                    | 22 |
| Figura 2.20 - Pormenor do desenho da bucha.....  | 23 |
| Figura 2.21 - Movimento lateral por guia inclinada.....  | 24 |
| Figura 2.22 - Extração forçada: a) Recorrendo a placa extratora; b) Recorrendo a extratores.....   | 24 |
| Figura 2.23 - Discriminação dos custos associado à produção de um componente para a indústria automóvel por injeção (adaptado de Mukherjee, 2005)..... | 25 |
| Figura 3.1 - Estrutura da base de dados "Soluções Construtivas Balancés".....  | 30 |
| Figura 3.2 - a) Guiamento haste quadrangular; b) Guiamento haste circular.....   | 32 |
| Figura 3.3 - a) Haste quadrangular; b) Haste circular.....   | 33 |
| Figura 3.4 - Haste otimizada para refrigeração.....  | 34 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.5 – Guiamento da cabeça: a) Ângulo de inclinação igual a zero;.....  | 34 |
| Figura 3.6 – Guiamento da cabeça: a) Otimizado para refrigeração; b) Guiamento auxiliar; c) Otimizado para refrigeração e guiamento auxiliar..... | 35 |
| Figura 4.1 - Gráfico das soluções identificadas para o guiamento da cabeça.....   | 40 |
| Figura 4.2 -Exemplo do componente C.....  | 44 |
| Figura 4.3 - Exemplo rasgo haste. ....  | 47 |
| Figura 4.4 - Princípios de funcionamento refrigeração: a) Variantes 1 e 2; b) Variantes 2 e 3.....  | 49 |
| Figura 4.5 - Exemplo fresa em T.....  | 49 |
| Figura 4.6 - Matriz de compatibilidades do guiamento da cabeça .....  | 51 |
| Figura 4.7 - Codificação do guiamento da cabeça do balancé .....  | 53 |
| Figura 4.8 - Quadro resumo para a codificação do guiamento da cabeça .....  | 54 |
| Figura 4.9 - Constituição da haste.....   | 55 |
| Figura 4.10 - Disposição das hastes a maquinar por eletroerosão por fio (Bolrão <i>et al.</i> , 2005) .....                                       | 56 |
| Figura 4.11 - Esquema do funcionamento do <i>o-ring</i> (Busak+Shamban, 2005).....  | 59 |
| Figura 4.12 - a) Acoplamento por parafuso; b) Acoplamento por porca .....   | 60 |
| Figura 4.13 - Montagem da variante anti-rotação.....  | 63 |
| Figura 4.14 - Matriz de compatibilidades da haste.....  | 67 |
| Figura 4.15 - Matriz de compatibilidades entre a haste e o guiamento da cabeça.....   | 68 |
| Figura 4.16 - Codificação da haste. ....  | 69 |
| Figura 4.17– Quadro resumo para a codificação da haste.....   | 70 |
| Figura 4.18 - Constituição do guiamento da haste .....  | 71 |
| Figura 4.19 - Gráfico das soluções identificadas para o guiamento da haste .....  | 72 |
| Figura 4.20 - Guiamento primário .....  | 73 |
| Figura 4.21 - Guiamento primário diretamente na placa para hastes circulares.....   | 73 |
| Figura 4.22 - Montagem da variante 2 do guiamento primário para haste circular .....  | 74 |
| Figura 4.23 - Montagem da variante 1 do anel espaçador.....   | 75 |
| Figura 4.24 - Guiamento primário diretamente na placa para hastes quadrangulares..  | 77 |
| Figura 4.25 - Guiamento intermédio .....  | 78 |
| Figura 4.26 - Fixação da haste auxiliar no bloco do guiamento intermédio .....  | 79 |
| Figura 4.27 - Matriz de compatibilidades do guiamento da haste.....   | 83 |
| Figura 4.28 - Matriz de compatibilidades entre o guiamento da haste e a haste .....   | 84 |
| Figura 4.29 - Codificação do guiamento da haste.....  | 85 |
| Figura 4.30 - Quadro resumo para a codificação do guiamento da haste.....   | 86 |
| Figura 4.31 - Constituição do guiamento auxiliar .....  | 87 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 4.32 - Matriz de compatibilidades entre o guiamento auxiliar o guiamento da cabeça e o guiamento da haste ..... | 89  |
| Figura 4.33 - Codificação do guiamento auxiliar.....   | 90  |
| Figura 4.34 - Quadro Resumo para a Codificação do Guiamento Auxiliar.....  | 90  |
| Figura 5.1 - Tipos de modelos DSM.....   | 92  |
| Figura 5.2 - Abordagem DSM para modelar um sistema.....  | 92  |
| Figura 5.3 - Representação binária DSM - a) <i>Inputs</i> nas linhas; b) Diagrama equivalente .....                    | 93  |
| Figura 5.4 - Abordagem <i>clustering</i> para a reorganização da matriz.....   | 94  |
| Figura 5.5 - Abordagem <i>sequencing</i> para a reorganização da matriz.....   | 95  |
| Figura 5.6 - a) Sequencial; b) Paralelo; c) Acoplamento.....   | 95  |
| Figura 5.7 - Divisão do projeto do balancé em conjuntos de etapas .....  | 96  |
| Figura 5.8 - Matriz DSM das etapas técnico-comerciais .....  | 97  |
| Figura 5.9 - Matriz DSM das etapas técnico-comerciais reorganizada.....  | 98  |
| Figura 5.10 – Sequência das etapas técnico-comerciais .....  | 98  |
| Figura 5.11 - Matriz DSM das etapas técnico-constructivas .....  | 101 |
| Figura 5.12 - Matriz DSM das etapas técnico-constructivas reorganizada.....  | 102 |
| Figura 5.13 - Sequência das etapas técnico-constructivas .....   | 103 |
| Figura 6.1 - Fluxograma para a atualização das matrizes de compatibilidades. ....                                      | 107 |
| Figura 6.2 - Caso de estudo.....   | 108 |
| Figura 6.3 - Fluxograma respetivo ao 1º nível.....   | 109 |
| Figura 6.4 - Desenho 2D da zona moldante.....  | 110 |
| Figura 6.5 - Fluxograma respetivo ao 2º nível.....   | 110 |
| Figura 6.6 - Desenho 2D do guiamento da cabeça e guiamento intermédio. ....  | 111 |
| Figura 6.7 - Desenho 2D com o ângulo e comprimento da haste.....   | 112 |
| Figura 6.8 - Fluxograma respetivo ao 3º nível.....   | 112 |
| Figura 6.9 - Fluxograma respetivo ao 4º nível.....   | 113 |
| Figura 6.10 - Fluxograma respetivo ao 5º nível.....  | 114 |
| Figura 6.11 - Desenho 2D do acoplamento ao carro.....  | 115 |
| Figura 6.12 - Desenho 2D do acoplamento à zona moldante.....   | 116 |
| Figura 6.13 - Desenho 2D do guiamento primário.....  | 117 |
| Figura 6.14 - Desenho 2D do guiamento intermédio. ....   | 117 |
| Figura 6.15 - Desenho 2D do guiamento da cabeça.....   | 118 |
| Figura 6.16 - Desenho 2D guiamento auxiliar.....   | 119 |



# Índice de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 2.1 - Ciclo de moldação (adaptado de Centimfe, 2003) .....  | 10 |
| Tabela 2.2 – Caracterização dos componentes principais do molde e dos sistemas de extração com saída ..... | 27 |
| Tabela 3.1 - Sequência de fotografias a capturar.....  | 31 |
| Tabela 3.2 - Classes do guiamento da haste .....   | 33 |
| Tabela 3.3 - Classes da haste .....  | 34 |
| Tabela 3.4 - Classes do guiamento da cabeça .....  | 35 |
| Tabela 4.1 - Guiamento da cabeça, soluções <i>standard</i> .....   | 41 |
| Tabela 4.2 - Guiamento da cabeça, soluções de fabrico .....  | 42 |
| Tabela 4.3 - Variantes do componente A .....   | 43 |
| Tabela 4.4 - Variantes do componente B.....  | 43 |
| Tabela 4.5 - Variantes furação para a haste .....  | 44 |
| Tabela 4.6 - Variantes tipo de orelha. ....  | 45 |
| Tabela 4.7 – Solução para incorporar guiamento auxiliar.....   | 46 |
| Tabela 4.8 – Variantes para posicionamento da haste. ....  | 47 |
| Tabela 4.9 - Variantes de refrigeração. ....   | 48 |
| Tabela 4.10 - Variantes do componente D .....  | 50 |
| Tabela 4.11 - Secção transversal da haste.....   | 57 |
| Tabela 4.12 - Variantes do acoplamento à zona moldante para hastes circulares .....                        | 58 |
| Tabela 4.13 - Variantes do acoplamento à zona moldante com refrigeração para hastes circulares.....        | 60 |
| Tabela 4.14 - Variantes do acoplamento ao carro para hastes circulares .....                               | 61 |
| Tabela 4.15 - Variantes para o posicionamento de hastes circulares no acoplamento ao carro .....           | 62 |
| Tabela 4.16 - Variante anti-rotação .....  | 63 |
| Tabela 4.17 - Variantes da zona moldante para hastes quadrangulares .....                                  | 64 |
| Tabela 4.18 - Variantes do acoplamento ao carro para haste quadrangulares .....                            | 65 |
| Tabela 4.19 - Variantes para o guiamento primário de hastes circulares.....                                | 74 |
| Tabela 4.20 - Variantes para o anel espaçador .....  | 76 |
| Tabela 4.21 - Pormenores de fixação dos casquilhos do guiamento primário .....                             | 76 |
| Tabela 4.22 - Variante para o guiamento primário de hastes quadrangulares.....                             | 77 |
| Tabela 4.23 - Variantes para o guiamento intermédio de hastes circulares.....                              | 79 |
| Tabela 4.24 - Variante para a fixação da haste auxiliar .....  | 80 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 4.25 - Pormenores de fixação do casquilho do guiamento intermédio .....   | 80  |
| Tabela 4.26 - Variante para o guiamento intermédio de hastes quadrangulares..... | 81  |
| Tabela 4.27 - Variantes para o guiamento auxiliar .....                          | 88  |
| Tabela 6.1 - Solução construtiva para a haste.....                               | 116 |
| Tabela 6.2 - Solução construtiva para o guiamento da haste. ....                 | 118 |
| Tabela 6.3 - Solução construtiva para o guiamento da cabeça.....                 | 119 |
| Tabela 6.4 - Solução construtiva para o guiamento auxiliar. ....                 | 120 |

# Introdução

---

## 1.1 – Contextualização

Nos últimos anos, a indústria dos moldes para injeção de plástico tem vindo a revelar preocupação na parametrização do projeto de moldes. Esta preocupação surge principalmente pela pressão que, atualmente se faz sentir para reduzir o tempo de desenvolvimento dos produtos. Atualmente a moldação por injeção desempenha um papel fundamental no que concerne ao processamento de materiais de base polimérica, nomeadamente termoplásticos, termoendurecíveis e elastómeros. Este processo encontra-se presente nos mais diversos mercados, destacando-se a indústria das embalagens, construção civil, automóvel, material elétrico e eletrónico como refere Centimfe (2003).

Reconhece-se que o projeto de moldes e a sua produção determinam o *time-to-market* e a qualidade dos produtos como referem Jong, Wu, & Liu (2009). Neste sentido, torna-se necessário definir estratégias para reduzir os tempos de projeto, de produção e os respetivos custos de modo a aumentar a competitividade. Assim, os processos de parametrização para otimizar o projeto de moldes podem ser encarados como uma mais-valia para a indústria dos moldes de injeção.

## 1.2 – Motivação

Portugal é um dos principais fabricantes de moldes para injeção de plástico a nível internacional. Esta posição tem vindo a ser consolidada devido ao carácter de inovação e de elevado desenvolvimento tecnológico, demonstrado por esta indústria.

Nesta perspetiva, a parceria entre a indústria e as universidades, são impulsionadoras da inovação. Este tipo de relacionamento tem sido um dos eixos da pesquisa, e do desenvolvimento da investigação com a criação de projetos específicos em áreas de interesse mútuo.

Desta interação entre a indústria e a Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, surgiu o desafio da empresa Aníbal H. Abrantes – Grupo Iberomoldes, para a elaboração da dissertação de mestrado em engenharia mecânica.

Foi com agrado e motivação que o autor, aceitou o desafio para a elaboração do seu projeto de dissertação na empresa Aníbal H. Abrantes. Empresa reconhecida como pioneira na indústria dos moldes para injeção de plástico em Portugal, localizada no concelho da Marinha Grande, distrito Leiria. Desde sempre, tem contribuindo ativamente para o desenvolvimento e implementação de novos métodos e técnicas. No que concerne à atividade económica, a empresa projeta e produz moldes para injeção de plástico para diversas indústrias, nomeadamente, automóvel, aeroespacial, eletrodomésticos, malas de viagem, dispositivos médicos, entre outras.

O desafio apresentado pela empresa, consistia em definir uma metodologia para parametrizar o projeto de moldes, visando sistematizar conhecimentos e definir métodos de trabalho. Após algumas reuniões com os responsáveis da empresa, decidiu-se centrar o estudo numa parte específica do projeto do molde – balancé, mecanismo utilizado para fazer a extração de peças com saídas negativas interiores. Selecionou-se o balancé como o mecanismo a estudar, por ser amplamente utilizado nos moldes, apresentar inúmeras variantes construtivas e revelar interesse para a empresa.

### 1.3 – Objetivos

De acordo com as motivações apresentadas para a realização desta dissertação, define-se como objetivo geral, desenvolver uma metodologia para parametrização dos componentes do balancé no projeto de moldes para injeção de plástico.

Para dar resposta ao objetivo geral, no sentido de operacionalizar o estudo definem-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as soluções implementadas pela empresa para o balancé;
- Parametrizar as soluções por componentes principais do balancé;
- Definir a sequência de projeto do balancé através de etapas independentes;
- Desenvolver uma ferramenta metodológica para seleção dos componentes principais do balancé.

## 1.4 – Estrutura da Dissertação

A organização da dissertação estrutura-se em sete capítulos, e vários anexos que facilitam a compreensão do documento.

- Capítulo 1 – Introdução | Contextualiza-se o tema da dissertação, valoriza-se a motivação e definem-se objetivos.
- Capítulo 2 – Contextualização sobre a Indústria dos Moldes | Apresenta-se um apontamento sobre a indústria dos moldes, para o enquadramento do estudo.
- Capítulo 3 – Para a Recolha e Organização de Dados sobre Balancés | Corresponde ao trabalho de campo, onde se obtiveram os dados para o desenvolvimento da base de dados das aplicações de balancés implementadas pela empresa.
- Capítulo 4 – Tratamento de Dados | Descreve-se a parametrização dos componentes principais do balancé.
- Capítulo 5 – Sequência de Projeto | Apresenta-se a sequência de etapas técnicas do projeto do balancé, recorrendo à metodologia *Design Structure Matrix*.
- Capítulo 6 – Metodologia para a Utilização Lógica dos Componentes do Balancé e Caso de Estudo | Apresenta-se uma ferramenta metodológica, que tem por base um fluxograma para seleção dos componentes principais do balancé e o caso de estudo.
- Capítulo 7 – Conclusões e Trabalhos Futuros | Descrevem-se as conclusões obtidas na realização do estudo e sugerem-se algumas temáticas para trabalhos futuros.



## Contextualização sobre a Indústria dos Moldes

---

### 2.1 - Apontamento Histórico da Indústria dos Moldes em Portugal

A indústria de moldes em Portugal tem a sua génese na evolução da indústria do vidro. A primeira fábrica de vidro foi implementada em Portugal no final do século XVIII por um Inglês chamado Stephens, localizada no concelho da Marinha Grande. Esta localização deve-se à proximidade do pinhal de Leiria facilitando assim o acesso à madeira, fundamental no processo de transformação do vidro. Embora mais tarde também se tenha difundido para o concelho de Oliveira de Azeméis.

O primeiro molde para vidro foi produzido no século XX. Este intervalo de tempo prende-se com o facto de até então os moldes serem importados da Alemanha e da Áustria. No final dos anos 20, os irmãos Aires Roque e Abrantes, instalavam na Marinha Grande a primeira oficina de moldes para vidro prensado. Em 1943 Aníbal H. Abrantes toma a iniciativa de iniciar a atividade dos moldes para materiais plásticos, embora sem o apoio do seu irmão Aires Roque, que viria a vender a sua parte da empresa. Dois anos depois, Aníbal H. Abrantes produzia o primeiro molde para injeção de plástico. Rapidamente começaram a surgir outras empresas ligadas a este ramo, tornando os concelhos da Marinha Grande e Oliveira de Azeméis os principais centros da indústria dos moldes para injeção de plástico. Em 1955 iniciava-se a exportação dos primeiros moldes para a Grã-Bretanha e em 1980 esta indústria já exportava para 50 países (Cefamol, 2017a).

Atualmente, devido ao carácter de inovação e de alta intensidade tecnológica desta indústria, Portugal é um dos principais fabricantes de moldes, ocupando a oitava posição a nível mundial e a terceira posição a nível europeu (Cefamol, 2017b).

O mercado da indústria de moldes, passa essencialmente pela exportação, aproximadamente 80%. Apresenta-se na Figura 2.1 os principais mercados da indústria portuguesa dos moldes em 2017, salientando-se a Alemanha com principal mercado, seguindo-se França, República Checa e Polónia.

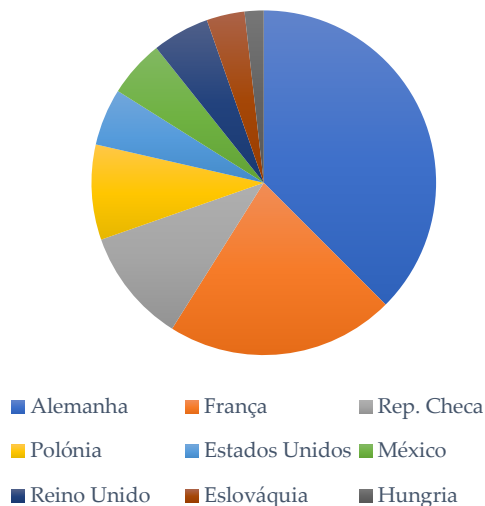


Figura 2.1 - Principais mercados da indústria dos moldes portuguesa em 2017 (adaptado de Cefamol, 2017b)

As exportações da indústria dos moldes têm tido uma tendência positiva no que se refere às exportações, como nos apresenta a Figura 2.2, atingido o máximo histórico em 2017, com um valor de 675 milhões de euros. Dignificando-se assim, todo o trabalho que tem vindo a ser desenvolvido pela indústria dos moldes em Portugal.

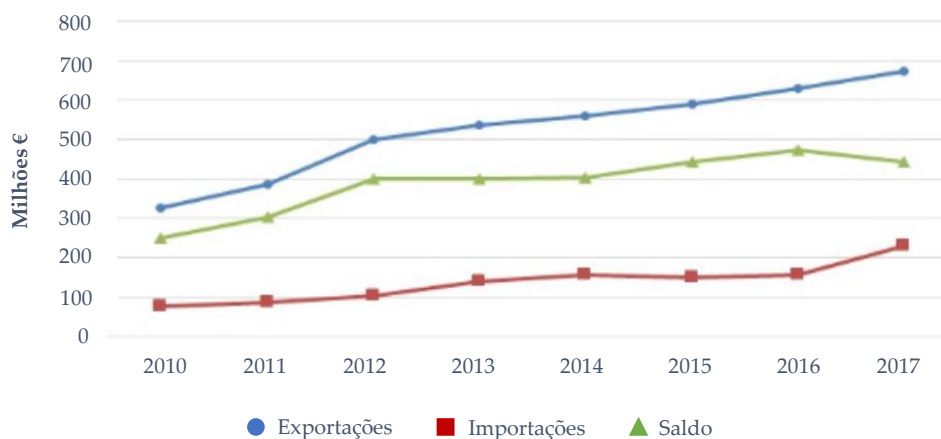


Figura 2.2 - Balança comercial de 2010 a 2017 na indústria dos moldes em Portugal (adaptado de Cefamol, 2017b)

Estes indicadores espelham a importância da indústria dos moldes na economia nacional, e a constante aposta no desenvolvimento e inovação desta indústria.

## 2.2 - Moldes da Indústrias de Transformação

Os moldes da indústria de transformação podem ser divididos de acordo com o material a processar. Tipicamente, a divisão é efetuada entre materiais poliméricos, materiais cerâmicos, vidro e materiais para fundição injetada; como exemplo destes, destacam-se as ligas de Alumínio, Zinco, Magnésio e Cobre (Centimfe, 2003)<sup>1</sup>. Dentro de cada grupo existem vários moldes distintos de acordo com o produto a fabricar. Relativamente à produção de peças poliméricas, destacam-se os moldes de injeção por ser o tipo de molde a estudar neste trabalho. Na Figura 2.3. enquadram-se os moldes de injeção de plástico no panorama dos moldes utilizados na indústria de transformação de peças que não sejam de material metálico ferroso.

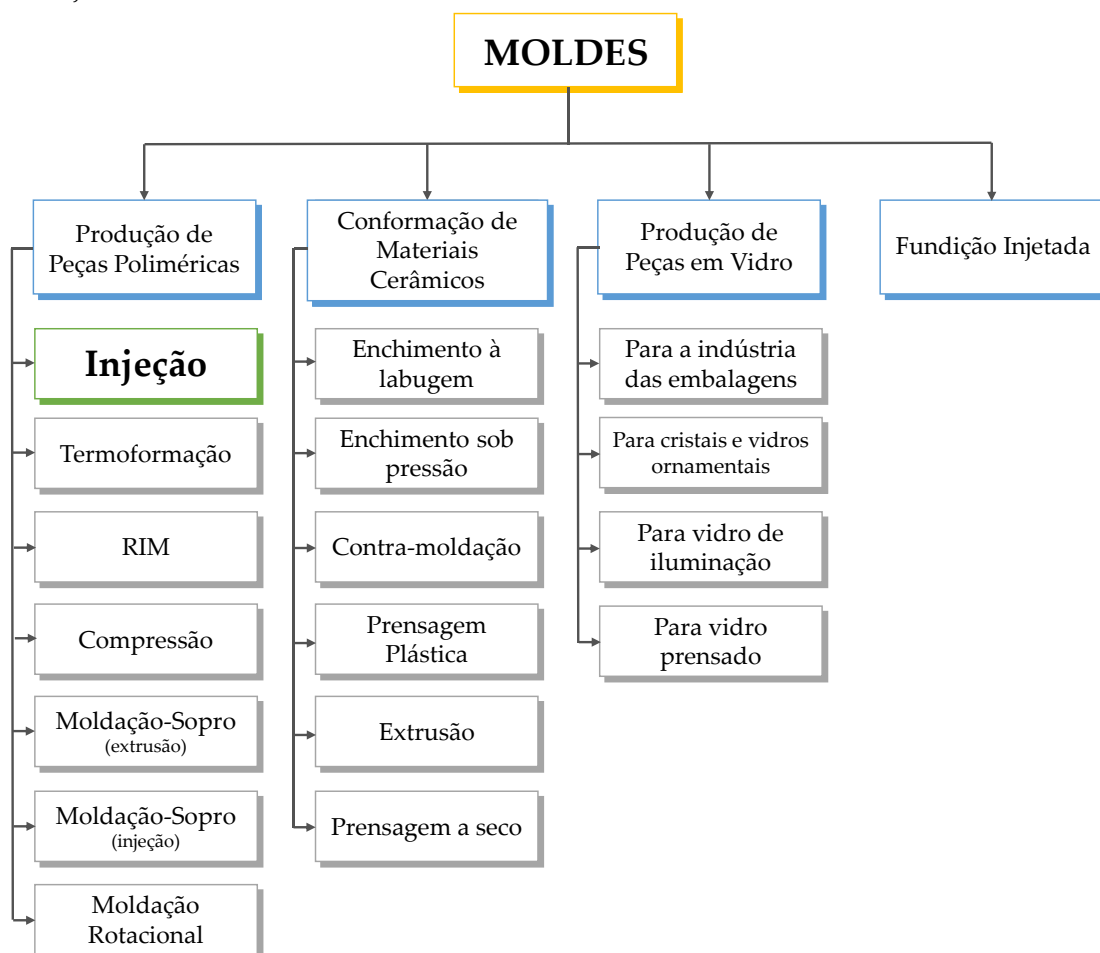


Figura 2.3 – Moldes da indústria de transformação de acordo com o material a processar

<sup>1</sup> A designação da referência **Centimfe** – Centro Tecnológico da Indústria de Moldes Ferramentas Especiais e Plásticos, **2003**; mobiliza-se ao longo deste capítulo por se constituir numa referência para a indústria de moldes para injeção de plástico em Portugal, através do Manual do Projetista. Sendo este Manual adotado pela empresa Aníbal H. Abrantes, pretende-se seguir o mesmo conjunto de práticas e conceitos generalistas de modo a promover a sua compreensão e facilitar a leitura desta dissertação. Neste sentido, apenas se apresenta esta referência, sendo a informação seguinte oriunda da mesma fonte documental.

Os moldes são amplamente utilizados nas mais variadas indústrias, com já foi referido anteriormente, por apresentarem uma boa reprodutibilidade, o que significa que quando o processo se encontra controlado a variabilidade das peças é mínima.

## 2.3 – Sobre o Processo de Moldação por Injeção

A moldação por injeção desempenha um papel fundamental no que concerne ao processamento de materiais de base polimérica, nomeadamente termoplásticos, termoendurecíveis e elastómeros. Atualmente, este processo encontra-se presente nos mais diversos mercados, destacando-se a indústria das embalagens, construção civil, automóvel, material elétrico e eletrónico. Como vantagens do processo de moldação por injeção apresentam-se a:

- Elevada cadência de produção;
- Elevada reprodutibilidade;
- Elevada precisão dimensional;
- Elevada flexibilidade em termos de geometria e dimensões;
- Não necessita de operações adicionais.

Relativamente ao equipamento necessário para este processo de moldação por injeção destaca-se:

- **Injetora;**
- **Molde;**
- Dispositivos para transporte e alimentação da matéria prima;
- *Robot* para manuseamento da peça;
- Tapete transportador;
- Moinho de granular (reciclagem dos desperdícios);
- Dispositivos para controlo de temperatura.

Os equipamentos com maior importância na qualidade da peça são a **injetora** e o **molde**, contudo, os restantes equipamentos contribuem para auxiliar no processo de moldação por injeção.

O processo de moldação por injeção para termoplásticos pode ser descrito da seguinte forma:

- A matéria prima na forma de pequenos grãos (*pellets*) é introduzida na tremonha da injetora e transportada para o interior do cilindro de plasticização por intermédio de um fuso;

- O cilindro de plasticização tem a função de aquecer e homogeneizar a matéria prima, garantido que esta está em condições para preencher a impressão. O aquecimento da matéria prima é conseguido através de dois processos distintos, que ocorrem em simultâneo. Por condução através das paredes do cilindro, recorrendo a uma manga de aquecimento, e pelo fenómeno de dissipação viscosa, resultado do atrito entre as cadeias moleculares do polímero, e entre o polímero, e as paredes do parafuso/cilindro;
- O fundido é forçado sob pressão a fluir para o interior do molde até preencher na totalidade a impressão. Após o preenchimento da impressão iniciam-se as trocas de calor entre as paredes das superfícies moldantes e o fluido de arrefecimento.
- Após o arrefecimento, isto é, quando a peça já apresentar solidificação suficiente para ser extraída, o sistema de extração liberta a peça.

De modo a ilustrar todo o processo de moldação por injeção, apresenta-se a Figura 2.4.

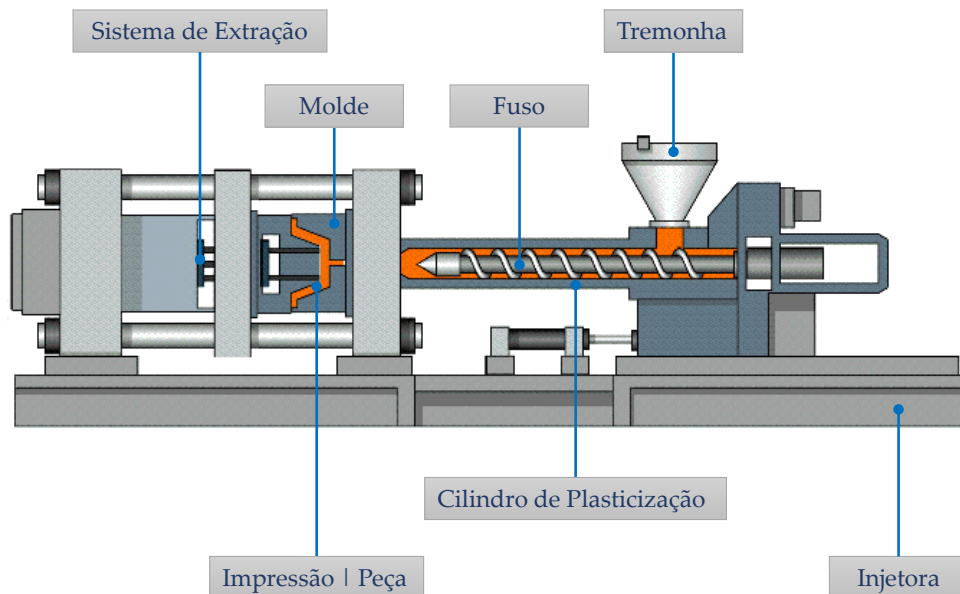









Figura 2.4 - Processo de moldação por injeção (adaptado de Inno, 2019)

O processo de moldação por injeção, define-se como um processo cíclico, constituído por oito fases necessárias para a realização de uma peça, conforme se apresenta na Tabela 2.1. Verifica-se que a **fase de arrefecimento** é a fase que consome a maior parte do tempo de ciclo. Em simultâneo, assim que a entrada de material para a impressão

solidifica, denominado por ataque, inicia-se a **fase da plasticização** que ocorre em simultâneo com a fase do arrefecimento, tornando o ciclo mais eficiente.

Tabela 2.1 - Ciclo de moldação (adaptado de Centimfe, 2003)

| Fase          | Descrição  | Tempo de cada fase em relação ao tempo de ciclo                                       |
|---------------|--|---|
| Fecho         | O molde fecha.   |    |
| Injeção       | O Fuso avança atuando como um pistão, injetando o fundido para dentro do molde.          |    |
| Pressurização | O fuso continua a pressurizar a moldação de modo a compensar a contração do fundido.     |    |
| Arrefecimento | O molde arrefece de forma a que a moldação possa ser extraída sem distorção.             |    |
| Plasticização | O fuso recua com movimento de rotação, plasticizando o material para a injeção seguinte. |   |
| Abertura      | O molde abre.  |    |
| Extração      | A peça é extraída com o auxílio dos extratores.  |   |
| Pausa         | Tempo de pausa entre ciclos.   |  |

## 2.4 – Moldes de Injeção

### 2.4.1 – Introdução

O molde de injeção é uma ferramenta que transforma o fundido proveniente da injetora numa peça polimérica com uma forma e dimensões específicas (Low & Lee, 2003). Uma característica fundamental do molde é a elevada precisão dimensional como refere Low and Lee (2010), uma vez que o molde é o principal responsável pela qualidade da peça polimérica.

O molde é constituído por duas metades, uma relativa à injeção, parte fixa, e outra à extração, parte móvel. Esta separação ocorre na linha de partição e tem a finalidade de permitir a libertação da peça após a enformação. Relativamente à sua posição na injetora, este encontra-se posicionado no sistema de fecho da máquina, que permite efetuar a abertura e o fecho do molde (Figura 2.5).

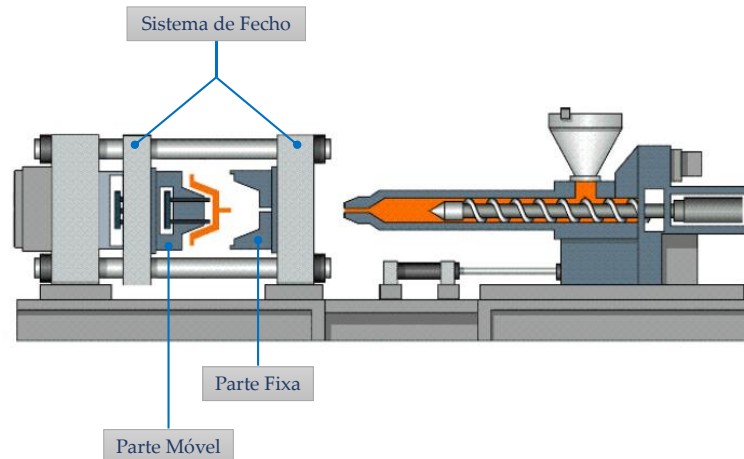


Figura 2.5 - Posição do molde na injetora (adaptado de Inno, 2019)

## 2.4.2 - Tipos de Moldes de Injeção

Os moldes de injeção podem ser agrupados em três categorias, moldes convencionais ou de duas placas, moldes de três placas e moldes de canais quentes.

Os moldes de duas placas ou convencionais (Figura 2.6) são moldes mais simples, apresentam a desvantagem de o sistema de alimentação ter de ser removido *a posteriori*.

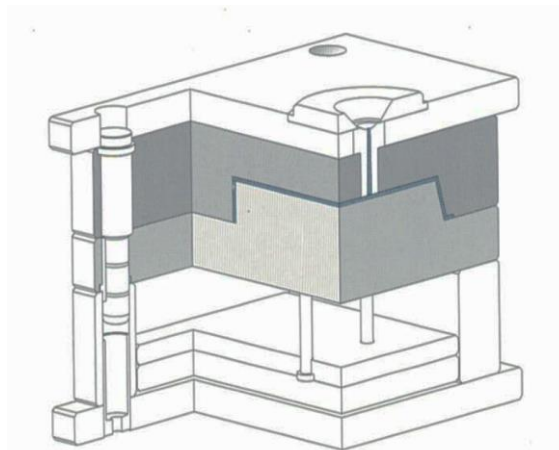


Figura 2.6 - Molde de duas placas (Centimfe, 2003)

Relativamente aos moldes de três placas (Figura 2.7) são idênticos aos de duas placas, com a variante de apresentarem uma terceira placa que permite fazer a remoção do sistema de alimentação durante o movimento de abertura do molde.

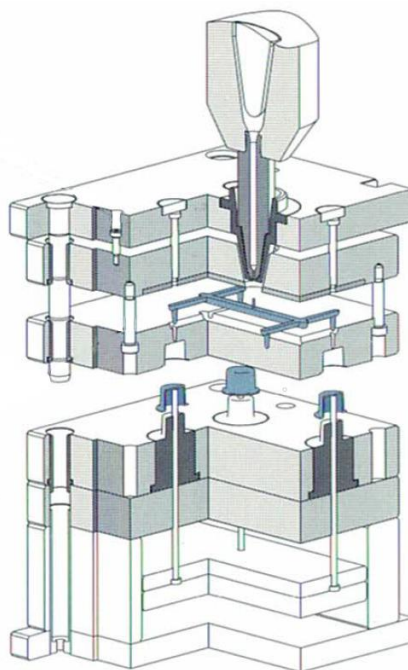


Figura 2.7 - Molde de três placas (Centimfe, 2003)

Por último os moldes de canais quentes (Figura 2.8), destacam-se dos anteriores uma vez que o sistema de alimentação se encontra controlado termicamente. Isto é, o material encontra-se fundido desde o bico da injetora até à moldação. A grande vantagem deste sistema face aos anteriores, reside no facto de não ser necessário remover o sistema de alimentação, reduzindo assim operações posteriores de reciclagem.

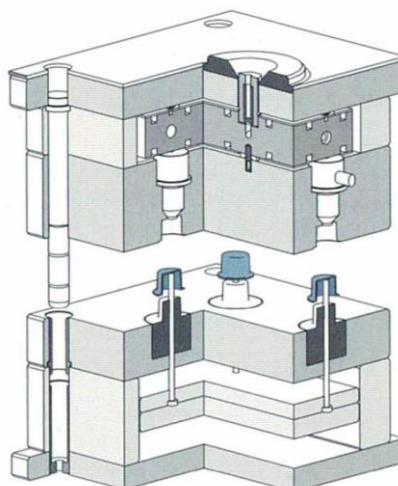


Figura 2.8 - Molde canais quentes (Centimfe, 2003)

Para além dos moldes anteriormente apresentados, ainda se podem identificar os *split* moldes, os moldes bi-material, os moldes *sandwich* e os moldes família (Figura 2.9).

No que se refere aos *split* moldes, estes são utilizados quando a extração da peça não pode ser feita segundo a direção de abertura do molde. Relativamente aos moldes bi-

material estes permitem realizar peças com materiais diferentes ou com o mesmo material e cores diferentes. Os moldes *sandwich*, permitem realizar o dobro das peças com a mesma força de fecho. Por último, os moldes família, permitem produzir peças com geometrias diferentes.

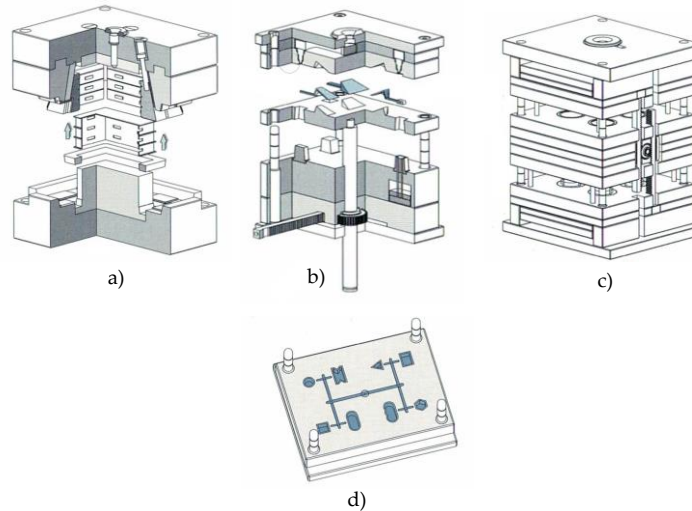


Figura 2.9 – Outros moldes: a) *Split Molde*; b) Molde Bi-material; c) Molde *sandwich*; d) Molde família (adaptado de Centimfe, 2003)

### 2.4.3 – Sistemas Funcionais

O molde para produzir peças com qualidade precisa de incorporar seis sistemas funcionais:

- Impressão (Zonas moldantes);
- Centragem e guiamento;
- Alimentação;
- Escapes de gases;
- Controlo de temperatura;
- Extração.

#### Impressão

A impressão é responsável por conferir a geometria à peça polimérica. A sua constituição integra dois componentes distintos, a bucha e a cavidade. Normalmente, a bucha pertence à parte móvel e a cavidade à parte fixa. A bucha define a forma interior da peça enquanto que a cavidade define a forma exterior. O plano de partição é a zona onde ocorre a separação das duas metades do molde, permitindo a extração da peça após arrefecimento (Figura 2.10).

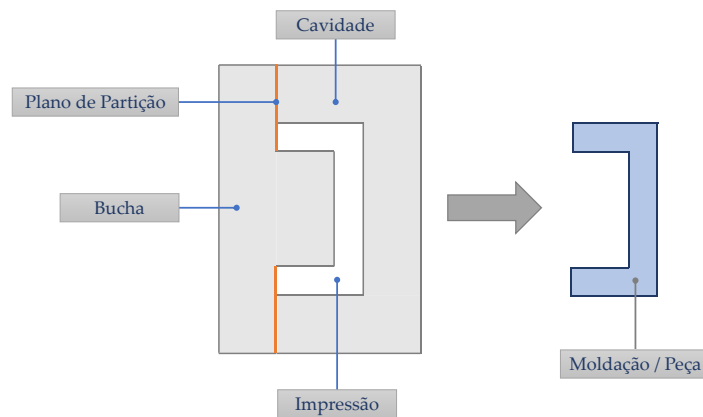


Figura 2.10 - Constituição da impressão

### Centragem e Guiamento

O sistema de centragem tem como finalidade, garantir que o molde se encontra centrado com a unidade de plasticização da injetora. A precisão da centragem é determinante, uma vez que um pequeno desalinhamento poderia levar a uma deficiente selagem entre o bico do molde e a injetora, aumentando o número de interrupções na produção.

Relativamente ao guiamento, este sistema tem a função de guiar as duas metades do molde, garantindo que após a abertura do molde, a parte móvel volta à posição inicial, permitindo realizar um novo ciclo.

### Alimentação

O sistema de alimentação assegura o transporte do fundido da injetora para a impressão. O transporte do fundido é realizado através de pequenos canais maquinados nas placas do molde. A Figura 2.11, apresenta a composição típica do sistema de alimentação. Na sua essência este sistema é constituído por um jito, canal que contacta directamente com o bico da injetora, pelo alimentador principal, que transporta o fundido do jito para os canais secundários, e pelos ataques que permitem a entrada do material na impressão.

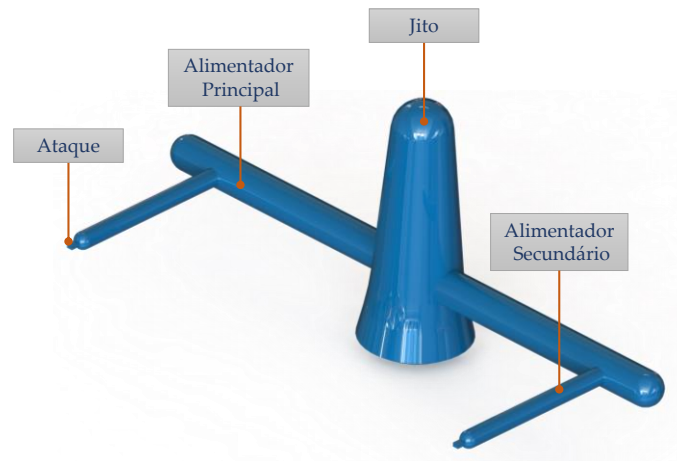


Figura 2.11 - Sistema de alimentação genérico

### Escapes de Gases

Os escapes de gases são pequenos rasgos que se situam na placa das cavidades. A sua função consiste em permitir a libertação do ar aprisionado no interior do molde e dos gases voláteis resultantes do enchimento da impressão. A não utilização destes rasgos pode levar a defeitos na moldação (peça), como por exemplo falta de enchimento e construção irregular da moldação.

### Controlo de Temperatura

O arrefecimento da peça é uma etapa crítica do processo de moldação por injeção, uma vez que ocupa grande parte do tempo de ciclo. Deste modo, deve-se conseguir fazer o arrefecimento o mais rapidamente possível sem comprometer a integridade da peça, em particular, os empenos.

Os principais requisitos do sistema de controlo de temperatura são: garantir a uniformidade da temperatura do molde e arrefecer a peça o mais rapidamente possível. De modo a cumprir os requisitos, são maquinados nas placas da bucha e da cavidade furos de passagem para um fluido refrigerante; na maioria dos casos utiliza-se como refrigerante a água por ser um fluido económico.

### Extração

A extração da peça é realizada no intervalo entre a abertura e o fecho do molde. O fenómeno de contração da peça faz com que esta adira à bucha, tornando-se imperativo a utilização de um sistema que permita fazer a sua extração. Tipicamente, o sistema de extração pode ser atuado diretamente pela injetora, recorrendo a cilindros pneumáticos ou hidráulicos.

Os sistemas de extração podem ser divididos em dois casos distintos – extração simples e extração com contra saída. A extração simples ocorre, quando o movimento dos extratores segundo a direção de abertura do molde é suficiente para extrair a peça. A extração com contra saída ocorre, quando existe mais do que uma direção de saída, obrigando a um mecanismo adicional para libertar a peça.

#### 2.4.4 - Componentes Principais Constituintes do Molde

O molde para injeção de plástico é uma ferramenta complexa, que consiste na junção de um grande número de componentes. De modo a ilustrar a sua constituição, optou-se por apresentar a vista explodida de um molde de duas placas para a produção de quatro copos, que se desenvolveu recorrendo ao *software* de desenho assistido por computador *SolidWorks* 2018. A Figura 2.12 apresenta a vista explodida do molde juntamente com a identificação de todos os componentes.

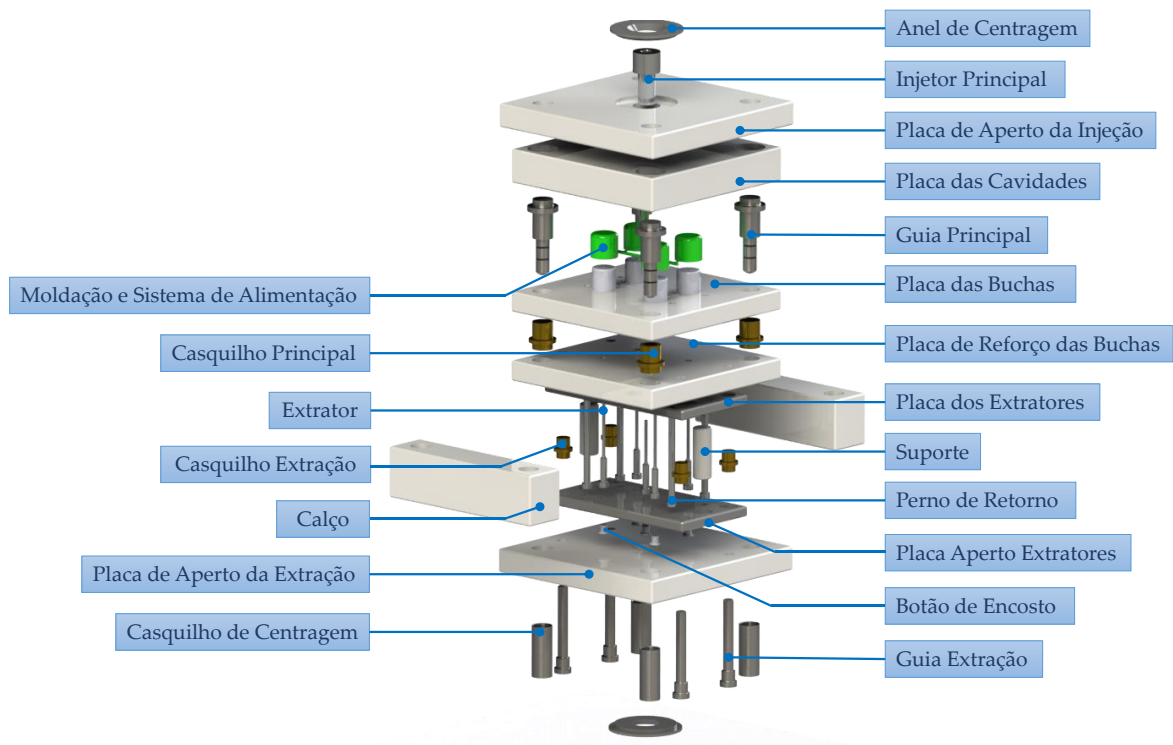


Figura 2.12 - Vista explodida de um molde de duas placas

Após a identificação dos componentes principais intervenientes no molde, torna-se importante realizar a análise da função de cada um dos componentes individualmente.

**Anel de Centragem** – Existem dois anéis de centragem no molde, um na placa de aperto da injeção e outro na placa de aperto da extração. A função do anel de centragem é garantir a centragem do molde nos pratos da injetora.

**Injetor Principal** – Componente que assegura a ligação do bico da injetora aos canais de alimentação. Este componente permite que o jito não seja maquinado diretamente nas placas, facilitando as operações de maquinagem e de manutenção.

**Placa de Aperto da Injeção** – Esta placa serve de suporte à placa das cavidades e permite fazer a fixação do molde à injetora, podendo ser através de grampos, garras hidráulicas, etc.

**Placa das Cavidades** – Esta placa contém as cavidades, zona que define a geometria exterior da moldação. Apresenta, também, canais maquinados na superfície para os alimentadores e ataques e ainda furos de passagem para a circulação do fluido de refrigeração.

**Placa das Buchas** – A placa das buchas é em tudo semelhante à placa das cavidades, com a variante de conter as buchas, zona que define a geometria interior da moldação.

**Guias e Casquilhos** – Estes dois componentes funcionam sempre em simultâneo e têm a função de garantir o guiamento das duas metades do molde e das placas dos extratores. Atualmente, estes acessórios já permitem fazer o alinhamento (encavilhamento) das várias placas do molde. Por exemplo, a placa de aperto da injeção e a placa das cavidades têm de estar perfeitamente alinhadas para um bom funcionamento do molde. Esse alinhamento não se consegue com a ligação aparafusada devido à folga existente entre o furo e o parafuso. Deste modo, existe a necessidade de recorrer a sistemas de guias e casquilhos respigados para garantir um alinhamento correto das duas placas.

**Placa de Reforço das Buchas** – Esta placa é encavilhada e apertada à placa das buchas de modo a aumentar a sua rigidez. Trata-se de um elemento importante uma vez que as pressões que se desenvolvem na fase de injeção e pressurização são elevadas.

**Placa dos Extratores e Placa de Aperto dos Extratores** – A conjugação destas duas placas permite o posicionamento dos extratores e a sua movimentação ao longo do curso de extração.

**Extrator** – O extrator é o componente que contacta com a superfície da peça promovendo a sua extração. Deverá estar posicionado em zonas criteriosamente estudadas, para evitar deformações ou marcas na moldação.

**Suporte** – Este componente tem a função de reduzir a flexão da placa das buchas e ao mesmo tempo reforçar a estrutura do molde. A sua função é principalmente importante nas fases de enchimento e de pressurização, onde se registam as pressões mais elevadas.

**Botão de Encosto** – O botão de encosto faz a separação entre a placa dos extratores e a placa de aperto da extração. A utilização deste componente permite aplicar um acabamento superficial menos rigoroso entre as duas placas e garantir que não ocorre colagem entre elas. Para além das funções referida anteriormente, permite ainda a existência de uma folga entre as placas permitindo a acumulação de detritos da produção sem comprometer o funcionamento do molde.

**Perno de Retorno** – Este componente permite fazer o recuo da placa dos extratores, preparando o sistema de extração para um novo ciclo.

**Calço** – A principal função do calço é garantir a altura para que o sistema de extração possa ser instalado e percorrer sem limitações o curso de extração. Em alguns casos, pode servir apenas para garantir a altura mínima para instalação na injetora.

**Casquilho de Centragem** – O casquilho de centragem tem a função de encavilhar as placas que atravessa, garantindo o correto alinhamento das mesmas.

**Placa de Aperto da Extração** – Esta placa serve de suporte à placa das buchas, placa de reforço das buchas e calços. Serve ainda de batente para o sistema de extração e permite fazer a fixação do molde à injetora, podendo ser através de grampos, garras hidráulicas, etc.

## 2.4.5 – Extração com Saídas Negativas

A maioria das peças poliméricas a produzir apresentam saídas negativas ou contra-saídas. Estas saídas implicam que a extração tenha de se realizar numa direção diferente da abertura do molde.

Identificam-se cinco tipos de sistemas para a extração de peças com saídas negativas, conforme se apresenta na Figura 2.13.

Dada a relevância para o estudo, apresenta-se de forma mais detalhada o sistema de extração com balancés.

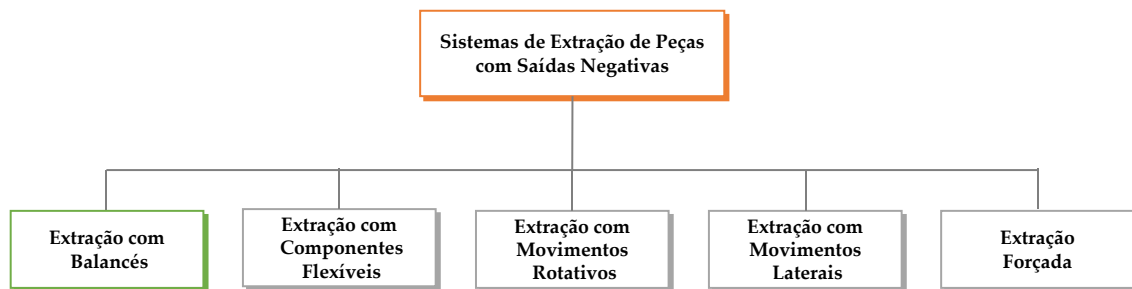


Figura 2.13 - Sistemas de extração com saídas negativas

### Extração com Balancés

O balancé é um mecanismo utilizado para a libertação de saídas negativas interiores. Trata-se de um mecanismo amplamente utilizado pela sua simplicidade e por se acionar recorrendo apenas ao avanço da extração.

A configuração do balancé depende da aplicação para a qual se projeta; como exemplo apresentam-se dois casos distintos, um balancé simples e um balancé complexo, conforme Figura 2.14.

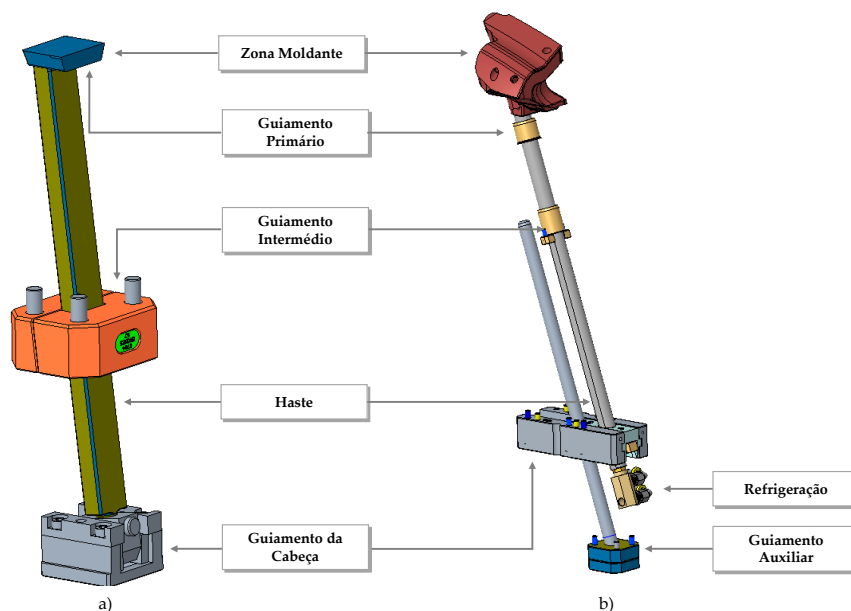


Figura 2.14 - Nomenclatura do balancé: a) Configuração simples; b) Configuração complexa

O balancé apresenta os seguintes componentes principais: haste, guiamento da haste, que contempla o guiamento primário e o guiamento intermédio, guiamento da cabeça e guiamento auxiliar. Reconhece-se o guiamento auxiliar como sendo um componente principal, embora nem sempre seja utilizado. Valoriza-se ainda em algumas

situações a necessidade de aplicar refrigeração à zona moldante. A função de cada um dos componentes principais do balancé, será apresentada no capítulo 4.

O funcionamento do balancé apresenta um movimento composto, como se ilustra na Figura 2.15. O avanço da extração (1) faz deslocar o guiamento da cabeça (2), num movimento de deslizamento, perpendicularmente ao avanço da extração, permitindo converter o movimento vertical da extração, num movimento inclinado (3). O movimento inclinado da haste permite libertar a peça plástica.

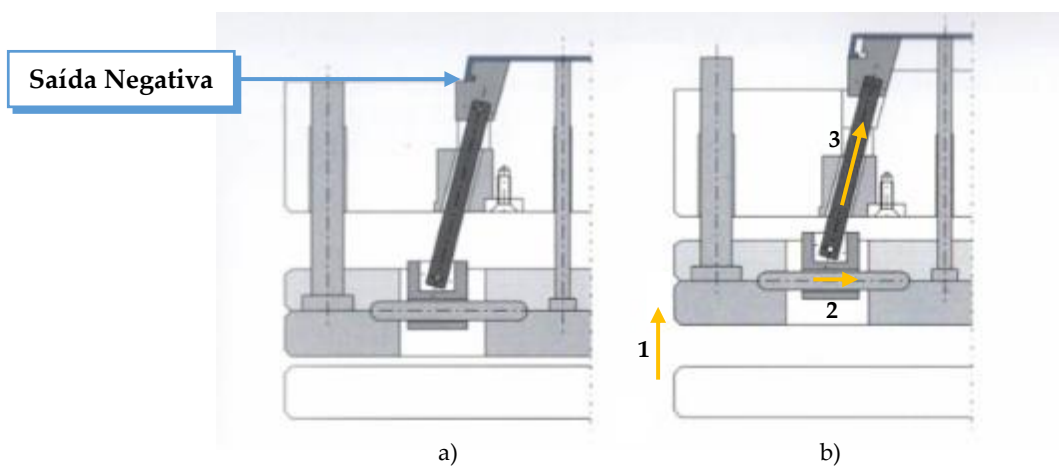


Figura 2.15 - Extração com balancé: a) Extração recuada; b) Extração avançada (Centimfe, 2003)

Em algumas aplicações, quando a moldação apresenta saídas negativas inclinadas, torna-se necessário que o guiamento da cabeça seja inclinado, caso contrário a peça polimérica permaneceria dentro do molde. Para ilustrar esta variante, apresenta-se a Figura 2.16.

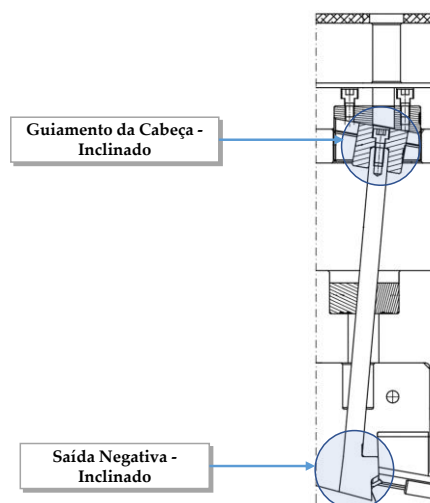


Figura 2.16 - Zona negativa inclinada

Este mecanismo do ponto de vista de cálculo, baseia-se em quatro variáveis – altura da extração, curso de desmoldação, ângulo de inclinação do negativo e ângulo da haste. As expressões apresentadas de seguida, destinam-se a aplicações em que o ângulo do negativo é de zero graus, pelo que a variável ângulo de inclinação do negativo não será contemplada nas expressões.

As variáveis altura de extração (L), curso de desmoldação (C), e ângulo da haste ( $\Theta$ ) relacionam-se através de um triângulo retângulo (Figura 2.17). Conhecendo duas das variáveis consegue-se determinar a variável desconhecida, recorrendo a relações trigonométricas.

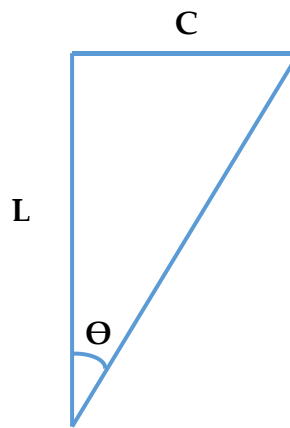


Figura 2.17 - Representação das variáveis de cálculo do balancé no triângulo

Exemplificando, assumindo que se conhece L e  $\Theta$ , pode determinar-se o curso de desmoldação (C) recorrendo à expressão,

$$C = L \cdot \tan(\theta)$$

### Extração com Componentes Flexíveis

A utilização de extratores em aço mola, permite moldar pequenas saídas negativas, interiores ou exteriores. Posicionam-se nas placas extratoras, como se de extratores convencionais se tratassem. Quando as placas avançam os extratores em aço mola deformam-se devido à elasticidade, permitindo assim, libertar as saídas negativas. A Figura 2.18 ilustra o princípio de funcionamento dos extratores em aço mola.

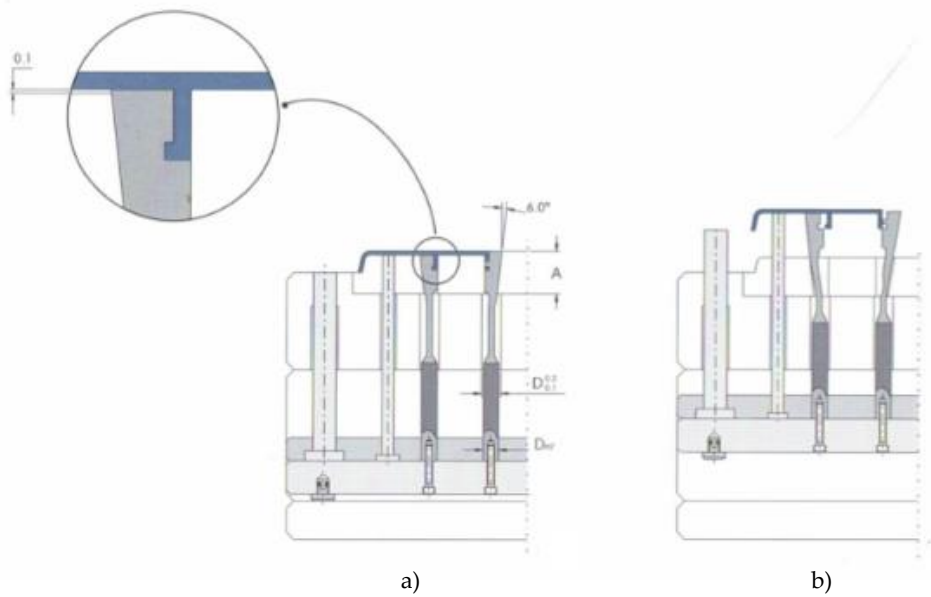


Figura 2.18 - Extrator em aço molda: a) Extração recuada; b) Extração avançada (Centimfe, 2003)

### Extração com Movimentos Rotativos

A desmoldação recorrendo a movimentos rotativos, utiliza-se para a extração de peças plásticas com roscas internas. A rotação da bucha pode ser realizada de duas formas distintas – por motor ou recorrendo ao movimento de abertura do molde, conforme Figura 2.19.

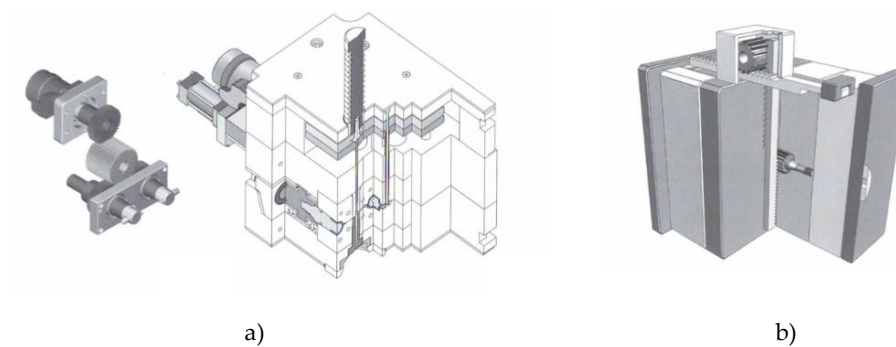


Figura 2.19 - Acionamento de movimentos rotativos: a) por motor; b) Através do movimento de abertura do molde (Centimfe, 2003)

Anteriormente, apresentaram-se duas possibilidades para movimentar a bucha, contudo, o movimento de rotação da bucha não é suficiente para desmoldar a rosca. Quando a bucha roda podem ocorrer duas situações, a moldação roda solidária com a bucha ou a moldação fica parada e a bucha roda, causando a degradação da rosca. Desta forma, explicita-se que para extrair um rosca é necessário combinar dois movimentos, o

movimento de rotação e um movimento de translação, como se de um processo de abertura de rosca se tratasse.

Nesta perspetiva, para realizar o movimento de translação maquina-se uma rosca quadrada (rosca adequada para movimentos) na extremidade oposta da bucha. Desta forma, quando a bucha roda, a rosca do movimento vai “roscando” assegurando o movimento de translação da bucha, permitindo “desenroscar” a moldação (Figura 2.20).

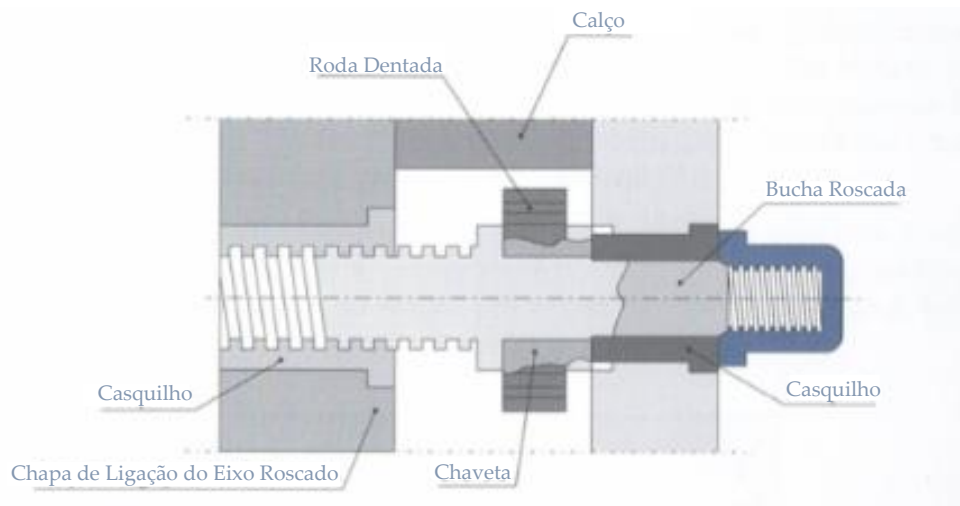


Figura 2.20 - Pormenor do desenho da bucha  
(Centimfe, 2003)

### Extração com Movimentos Laterais

A extração com movimentos laterais utiliza-se, quando é necessário produzir peças plásticas com saliências ou recessos laterais. Os elementos que se deslocam lateralmente no molde, denominam-se elementos móveis e permitem fazer a extração da moldação num plano diferente do da extração.

No que concerne ao acionamento dos elementos móveis destacam-se as guias, molas de compressão e sistemas hidráulicos/pneumáticos. Os acionamentos por guia são os mais utilizados, pelo que serão os abordados neste ponto.

Os movimentos laterais acionados por guias, utilizam-se em casos de pequenos e médios deslocamentos. A utilização de guias inclinadas, permite utilizar o movimento de abertura do molde para fazer o movimento do elemento móvel.

Durante a abertura do molde a guia inclinada induz o elemento móvel a deslizar, permitindo a libertação da moldação (Figura 2.21).

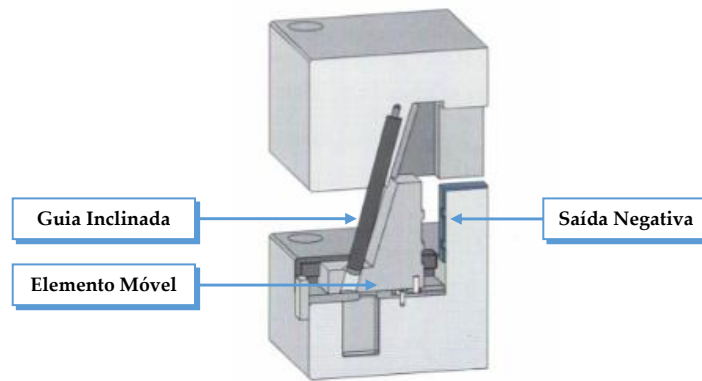


Figura 2.21 - Movimento lateral por guia inclinada  
(adaptado de Centimfe, 2003)

### Extração Forçada

A extração forçada utiliza-se na moldação de peças com pequenas contra saídas, produzidas em materiais flexíveis, elastómeros. A desmoldação é conseguida pela deformação elástica da moldação. A Figura 2.22, apresenta dois exemplos de extração forçada.

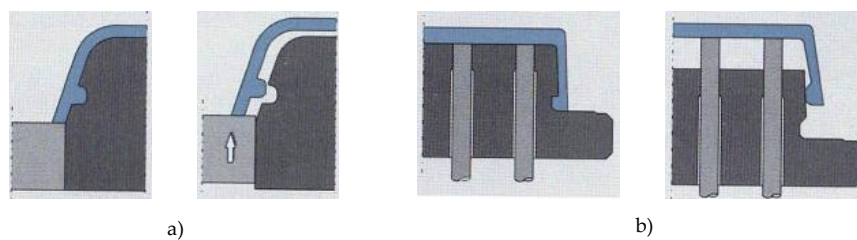


Figura 2.22 - Extração forçada: a) Recorrendo a placa extratora; b) Recorrendo a extratores  
(adaptado de Centimfe, 2003)

## 2.5 – Sobre a Parametrização do Projeto

### 2.5.1 – Introdução

O panorama atual da indústria pauta-se pela elevada competitividade e diversidade de produtos, reduzir o tempo de desenvolvimento do produto torna-se a meta para todas as empresas. A indústria de moldes tem vindo a constatar que o projeto de moldes e a sua produção determinam o *time-to-market* e a qualidade dos produtos (Jong *et al.*, 2009). Assim sendo, torna-se necessário definir estratégias para reduzir os tempos de projeto, produção e os respetivos custos de modo a aumentar a competitividade.

A estratégia a adotar pode passar por parametrizar o projeto de moldes, que permitirá, de uma forma eficiente, reduzir o ciclo de desenvolvimento do projeto de um molde como refere Jong *et al.* (2009). Esta estratégia apresenta inúmeras vantagens que estão

em linha com as necessidades da indústria atual, concretamente na redução dos tempos e consequentemente dos custos (MISUMI, 2011).

De acordo com Weck (1990) e Brimson & Berliner (1987) torna-se fundamental atuar ao nível do projeto, dado que 70 a 80% dos custos totais do produto são impostos na fase de projeto. Através da observação da Figura 2.23, constata-se que a maior percentagem dos custos associados à produção de uma peça por injeção centra-se na produção do molde. Deste modo, e uma vez que o projeto tem implicações diretas na produção, a alteração do projeto pode levar à redução dos custos de produção. Nesta perspetiva, corrobora-se a importância de atuar ao nível da parametrização do projeto de moldes.

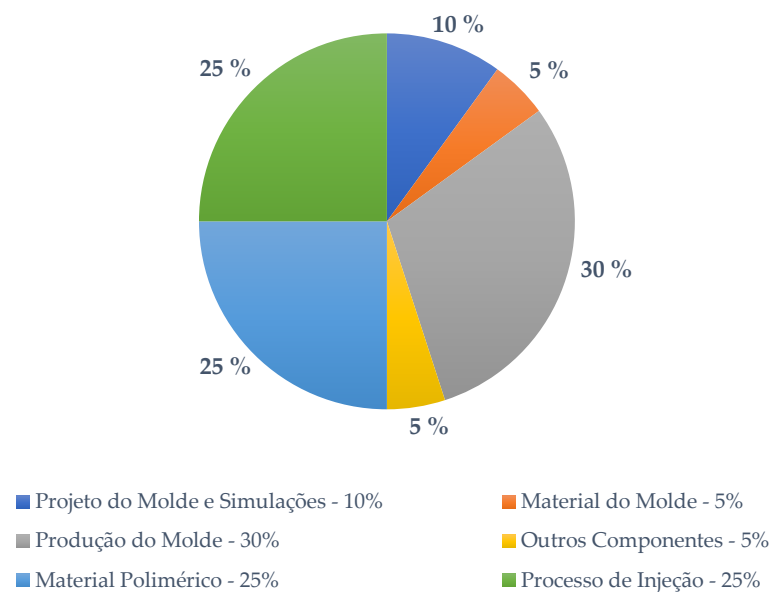


Figura 2.23 - Discriminação dos custos associado à produção de um componente para a indústria automóvel por injeção (adaptado de Mukherjee, 2005)

A parametrização do projeto de moldes, apresenta enumeras vantagens que se refletem nos vários setores de uma empresa. De acordo com o fabricante MISUMI (2011) as vantagens associadas à parametrização são:

- Redução do tempo de projeto;
- Redução do tempo de maquinagem, acabamento e *setup*;
- Redução do investimento em máquinas e ferramentas;
- A intermutabilidade de componentes durante a manutenção torna-se mais fácil;
- A manutenção torna-se mais fácil no caso de exportação;
- Redução dos custos de aprovisionamento.

O estudo de Anderson (2017), apresenta uma visão mais genérica sobre a parametrização e destaca como principais vantagens o aumento da qualidade dos produtos, a

redução dos custos, o aumento da flexibilidade e o aumento da capacidade de resposta na entrega de produtos. De acordo com as várias perspectivas de parametrização, valoriza-se a sua importância pelas vantagens que apresentam na competitividade da indústria.

### 2.5.2 – Seleção do Componente a Parametrizar – Balancé

Tendo em consideração a diversidade dos componentes principais constituintes de um molde, e os sistemas para a extração de peças com saídas negativas, tornou-se essencial selecionar um componente/sistema a parametrizar para o desenvolvimento desta dissertação.

A permanência do autor na empresa Aníbal H. Abrantes, permitiu o conhecimento da realidade no que se refere à parametrização de componentes/sistemas, identificando as necessidades em consonância com os responsáveis da empresa.

Neste sentido, procurando sistematizar a informação recolhida, desenvolveu-se uma tabela onde se apresentam os componentes principais do molde e os sistemas de extração de saídas negativas, caracterizados quanto à sua tipologia – *standard* ou fabrico, frequência de utilização em moldes e variantes construtivas.

Da análise dos dados, verificou-se que os componentes principais do molde são adquiridos a fornecedores de componentes normalizados (HASCO, DME, Meusburger), embora na sua maioria, se torne necessário maquinar esses componentes por imposição da peça polimérica a moldar. Como exemplo, salienta-se a placa das cavidades e a placa das buchas, que embora seja possível adquiri-las com dimensões específicas, furos para guias e casquilhos, existe sempre a necessidade de maquinar a zona moldante.

Deste modo, no que concerne aos componentes principais do molde não existe campo para a parametrização, razão pela qual não se preencheram as colunas associadas à frequência de utilização e variantes construtivas (Tabela 2.2). Relativamente aos sistemas de extração com saídas negativas, identificaram-se duas soluções *standard* e três soluções de fabrico. Reconhecendo que, as soluções *standard* não permitem a parametrização, surgem os balancés, os movimentos rotativos e os movimentos laterais como possíveis objetos de estudo. Avaliando a frequência de utilização e as variantes construtivas dos três sistemas, optou-se pelo balancé como o sistema mais adequado para parametrizar, por ser amplamente utilizado nos moldes, por apresentar inúmeras variantes construtivas e revelar interesse para a empresa.

Tabela 2.2 – Caracterização dos componentes principais do molde e dos sistemas de extração com saída negativas

|                        |                                | Tipologia      | Frequência de Utilização | Variantes Construtivas |
|------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------|------------------------|
| Componentes Principais | Anel de Centragem              | S              | -                        | -                      |
|                        | Injetor Principal              | S              | -                        | -                      |
|                        | Placa de Aperto da Injeção     | S              | -                        | -                      |
|                        | Placa das Cavidades            | S              | -                        | -                      |
|                        | Placa das Buchas               | S              | -                        | -                      |
|                        | Guias e Casquilhos             | S              | -                        | -                      |
|                        | Placa de Reforço das Buchas    | S              | -                        | -                      |
|                        | Placa dos Extratores           | S              | -                        | -                      |
|                        | Placa de Aperto dos Extratores | S              | -                        | -                      |
|                        | Extrator                       | S              | -                        | -                      |
|                        | Suporte                        | S              | -                        | -                      |
|                        | Botão de Encosto               | S              | -                        | -                      |
|                        | Perno de Retorno               | S              | -                        | -                      |
|                        | Calço                          | S              | -                        | -                      |
|                        | Placa de Aperto da Extração    | S              | -                        | -                      |
| Sistemas Extração      | <b>Balancés</b>                | <b>Fabrico</b> | <b>↑</b>                 | <b>↑</b>               |
|                        | Componentes Flexíveis          | S              | -                        | -                      |
|                        | Movimentos Rotativos           | F              | ↓                        | ↓                      |
|                        | Movimentos Laterias            | F              | ↑                        | ↓                      |
|                        | Extração Forçada               | S              | -                        | -                      |

S - Standard F - Fabrico ↑ - Elevado ↓ - Reduzido



# Para a Recolha e Organização de Dados sobre Balancés

---

## 3.1 – Introdução

A tomada de decisão para operacionalizar a recolha de informação, teve subjacente o objetivo da dissertação: desenvolver uma metodologia para parametrização dos componentes do balancé no projeto de moldes para injeção de plástico. A seleção das fontes e dos métodos de recolha de informação, tiveram presente a procura das opções mais relevantes para o estudo a desenvolver, sempre em cooperação e parceria com a empresa.

O ponto de partida para o desenvolvimento do estudo, iniciou-se pelo trabalho de campo na empresa na empresa Aníbal H. Abrantes. A permanência na empresa, foi uma mais-valia para o conhecimento da realidade, pela experiência e contacto *in loco* com toda a equipa multidisciplinar. A realização de entrevistas a testemunhos privilegiados da empresa, a observação nas áreas de projeto, de produção e de bancada, foram técnicas essenciais de recolha de dados, que permitiram realizar uma base de dados com soluções construtivas para os componentes principais<sup>2</sup> do balancé.

## 3.2 – Procedimento

Inicialmente, foi disponibilizada pela empresa uma pasta digital com vários documentos elaborados por esta, onde se encontravam vários desenhos 2D de soluções construtivas para balancés. Com base nesses documentos iniciou-se a construção da base de dados, utilizando o *Microsoft Office – Excel, 2017*, denominada “Soluções Construtivas

---

<sup>2</sup> Componentes Principais – Guiamento da Haste, Haste, Guiamento da Cabeça e Guiamento Auxiliar.

Balancés”. A base de dados foi organizada pela divisão do balancé nos seus componentes principais: guiamento da haste (GH), haste (H), guiamento da cabeça (GC) e guiamento auxiliar (GA). Procurando englobar o maior número de soluções, integrou-se na mesma base de dados o registo de uma classe de balancés especiais (BE). Ao realizar esta divisão tornou-se possível registar todas as soluções diferentes para cada componente do balancé e em simultâneo analisar as respetivas frequências de utilização em projetos. Para facilitar a análise posterior dos dados, acrescentou-se um campo destinado às compatibilidades entre componentes. A Figura 3.1 apresenta uma visão geral da estrutura do documento. Este documento encontra-se organizado em cinco folhas, sendo que, em cada uma existem quatro linhas com a seguinte denominação:

- Solução – Imagem da solução;
- Referência – Código atribuído a cada solução;
- Compatibilidade – Possibilidade de interação entre os diferentes componentes;
- Frequência – Número de vezes que uma determinada solução se repete.

Relativamente aos balancés especiais, não se efetuou a análise por componentes, uma vez que na maioria dos casos se tratava de soluções específicas para um determinado molde, tendo sido tomada a decisão de não integrar os balancés especiais.

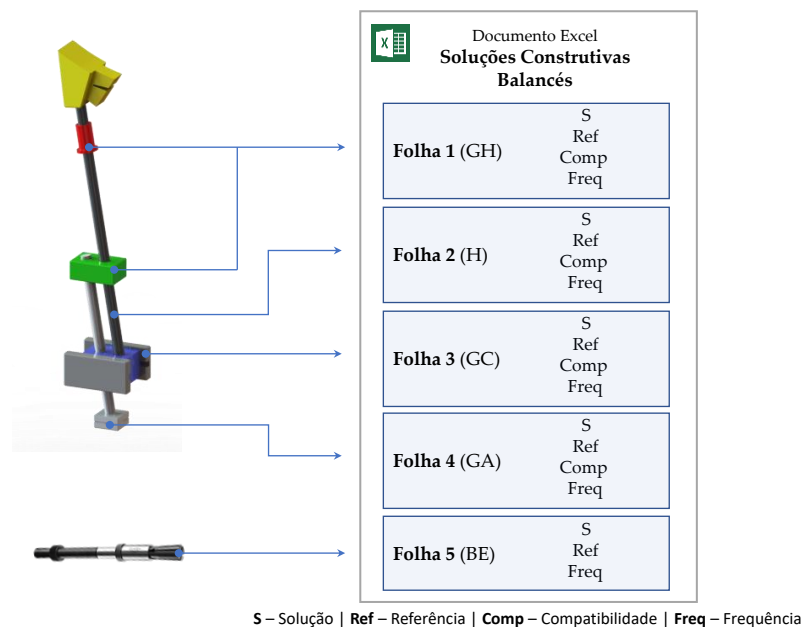


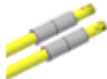
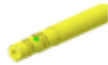







Figura 3.1 - Estrutura da base de dados "Soluções Construtivas Balancés"

Durante a realização desta tarefa surgiram algumas dificuldades, sobretudo na distinção das várias soluções construtivas, uma vez que os desenhos 2D apenas apresentavam uma vista do balancé. De modo a ultrapassar esta dificuldade e uma vez que cada

desenho 2D tinha associado o número do molde, solicitou-se autorização para aceder à base de dados dos moldes em formato 3D da empresa. Recorrendo ao programa de desenho *CREO 4.0* visitaram-se todos os moldes presentes nos documentos fornecidos pela empresa e capturaram-se fotografias específicas (Tabela 3.1) a introduzir na base de dados em construção. De seguida, atualizou-se os dados recolhidos com todas as soluções e solicitou-se apreciação ao engenheiro responsável pelo projeto. O *feedback* foi positivo, contudo, faltavam algumas soluções importantes na base de dados. De modo a sublimar este problema foi solicitado apoio de três projetistas, que durante um dia auxiliaram na tarefa de identificação de novas soluções construtivas. Para tal, foi elaborado um documento – “Documento de Apoio Levantamento de Soluções Construtivas para Balancés” (Anexo 1) para assegurar a uniformidade dos dados recolhidos. Após este levantamento foram introduzidas novas soluções, ficando assim, atualizada a base de dados, constituindo-se como o referencial para este estudo.

Tabela 3.1 - Sequência de fotografias a capturar

| Fotografia                                  | Esquema  |
|---|--|
| Conjunto                                    |  |
| Guiamento da Cabeça (Carro)                 |  |
| Guiamento da Haste                          |  |
| Haste - Fixação ao Carro                    |  |
| Haste - Fixação à Zona Moldante             |  |
| Zona Moldante (Foco para a ligação à Haste) |  |
| Guiamento Auxiliar                          |  |
| Desenho 2D                                  |  |
| Balancé Especial                            |  |

Para definir a amostra do estudo, teve-se em consideração que a empresa produz por ano aproximadamente 100 moldes, embora nem todos necessitam de utilizar o mecanismo para extração de peças com saídas negativas interiores (balancé). Dos dados recolhidos identificaram-se 109 moldes, considerados os mais relevantes, que corresponderam ao período de 2003 a 2019. Nesta perspetiva e procurando a maior abrangência e diversidade dos dados, decide-se como amostra a totalidade dos 109 moldes que correspondem a 169 aplicações de balancés.

De acordo com a amostra, identificaram-se as seguintes soluções:

- Guiamento da haste – 23 soluções identificadas;
- Haste – 43 soluções identificadas;
- Guiamento da cabeça – 55 soluções identificadas;
- Guiamento auxiliar – 6 soluções identificadas;
- Balancés especiais – 11 soluções identificadas.

De modo a organizar os dados, atribuíram-se classes aos componentes que apresentavam maior número de soluções identificadas, guiamento da haste, haste e guiamento da cabeça. Esta lógica de agrupamento permitiu facilitar a interpretação dos dados e, conseqüentemente, facilitar o tratamento dos mesmos. Salienta-se que este agrupamento numa primeira fase foi determinante para organizar os dados, facilitando o tratamento dos mesmo, conforme se apresenta no capítulo 4.

### 3.2.1 – Guiamento da Haste

O guiamento da haste pode ser dividido em dois componentes, guiamento primário e guiamento intermédio. Estas foram as primeiras classes, utilizadas para agrupar os dados do guiamento da haste. De seguida, acrescentaram-se mais duas classes referentes à secção da haste – haste quadrangular (quadrada ou retangular) e haste circular. A introdução desta nova classe releva-se pertinente, uma vez que as soluções de guiamento variam significativamente de acordo com a secção da haste (Figura 3.2).



Figura 3.2 - a) Guiamento haste quadrangular; b) Guiamento haste circular

Com base nas quatro classes identificadas elaborou-se uma matriz (Tabela 3.2) que ilustra as combinações possíveis entre as mesmas. O ponto (•) indica a existência de combinações entre as classes da linha e da coluna.

Tabela 3.2 - Classes do guiamento da haste

|                    | G. Primário | G. Primário   G. Intermédio |
|--------------------|-------------|-----------------------------|
| Haste Quadrangular | •           | •                           |
| Haste Circular     | •           | •                           |

### 3.2.2 – Haste

A haste classifica-se de acordo com a secção transversal – haste quadrangular ou haste circular (Figura 3.3). A secção da haste está diretamente relacionada com a fixação da zona moldante à mesma. A zona moldante na haste quadrangular é maquinada diretamente na haste; relativamente à haste circular, existe a necessidade de definir um tipo de acoplamento entre a haste e a zona moldante, uma vez que a zona moldante é realizada numa peça separada da haste, designada de postiço.

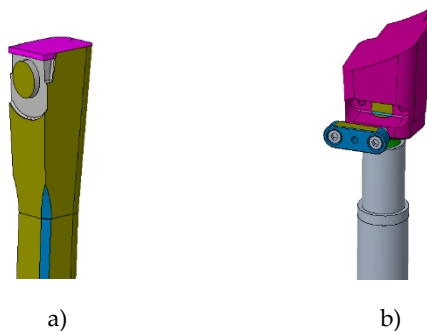


Figura 3.3 - a) Haste quadrangular; b) Haste circular

Por vezes a zona moldante necessita de refrigeração, quer seja pela sua dimensão, massa, material a injetar, etc. Quando assim acontece, a haste funciona como meio de transporte do fluido refrigerante até à zona moldante; neste sentido, acrescentaram-se as classes, haste simples ou sem refrigeração e haste otimizada para refrigeração (Figura 3.4). Os furos representados a verde, dizem respeito aos canais para circulação do fluido refrigerante.

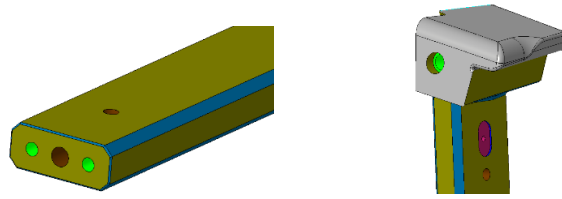


Figura 3.4 - Haste otimizada para refrigeração

Com base nas quatro classes identificadas elaborou-se uma matriz (Tabela 3.3) que ilustra as combinações possíveis entre as mesmas. O ponto (•) indica a existência de combinações entre as classes da linha e da coluna.

Tabela 3.3 - Classes da haste

|                    | Simplex | Opt. Refrigeração |
|--------------------|---------|-------------------|
| Haste Quadrangular | •       | •                 |
| Haste Circular     | •       | •                 |

### 3.2.3 – Guiamento da Cabeça

O guiamento da cabeça é o componente que apresenta o maior número de soluções identificadas, deste modo realizou-se um agrupamento mais detalhado, permitindo uma melhor compreensão dos dados. Em primeiro lugar começou-se por fazer a distinção entre componentes de compra ou *standard* (S) e componentes de fabrico interno (F). De seguida acrescentou-se uma classe relacionada com a inclinação do guiamento da cabeça ( $\alpha$ ) (Figura 3.5).

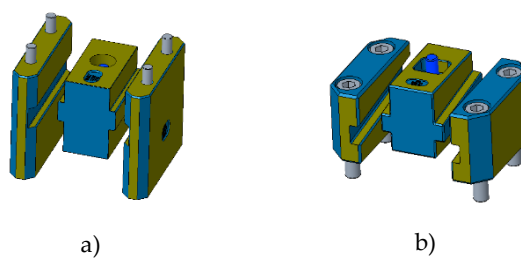


Figura 3.5 – Guiamento da cabeça: a) Ângulo de inclinação igual a zero;  
b) Ângulo de inclinação diferente de zero

Com o decorrer do levantamento de novas soluções surgiu a necessidade de acrescentar mais três classes; otimizado para refrigeração, guiamento auxiliar e otimizado para refrigeração e guiamento auxiliar (Figura 3.6).

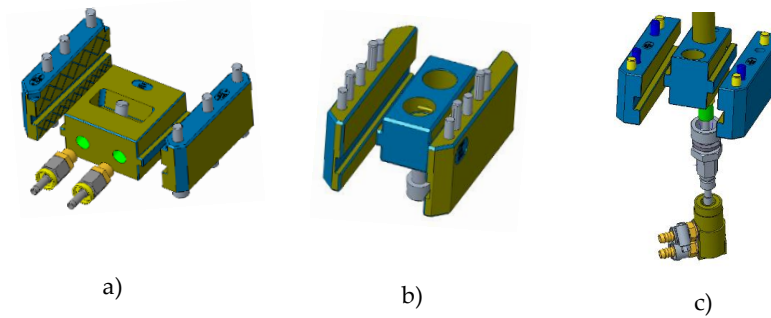


Figura 3.6 – Guiamento da cabeça: a) Otimizado para refrigeração; b) Guiamento auxiliar; c) Otimizado para refrigeração e guiamento auxiliar

A classe otimizado para refrigeração contempla as soluções que apresentam os furos (verde), necessários para o transporte do fluido refrigerante desde o guiamento da cabeça até à haste. No que concerne ao guiamento auxiliar, esta classe engloba todas as soluções que apresentam um furo extra no carro (componente que desliza) para acomodar uma haste auxiliar. Esta permite auxiliar o movimento do mesmo, quando existem ângulos de haste muito elevados ou a zona moldante apresenta dimensões elevadas que dificultam o movimento de deslize.

Com base nas seis classes identificadas elaborou-se uma matriz (Tabela 3.4) que ilustra as combinações possíveis entre as mesmas. O ponto (•) indica a existência de combinações entre as classes da linha e da coluna.

Tabela 3.4 - Classes do guiamento da cabeça

|   |                 | Simple | Opt. Refrigeração | Guiamento Auxiliar | Opt. Refrigeração   Guiamento Auxiliar |
|---|-----------------|--------|-------------------|--------------------|--|
| S | $\alpha = 0$    | •      | •                 |                    |  |
| F | $\alpha = 0$    | •      | •                 | •                  | •                                      |
| S | $\alpha \neq 0$ | •      | •                 |                    |  |
| F | $\alpha \neq 0$ | •      | •                 | •                  | •                                      |



# Tratamento de Dados

---

## 4.1 – Introdução

Neste capítulo pretende-se apresentar de forma estruturada as soluções encontradas para os componentes principais do balancé.

A organização dos dados recolhidos, consistiu em efetuar a divisão dos componentes principais do balancé em subcomponentes<sup>3</sup> e/ou características<sup>4</sup> específicas e identificar as respetivas variantes. Em continuidade realizou-se a parametrização de todas as soluções para cada um dos componentes principais, pelas combinações possíveis estabelecidas entre os componentes/características específicas.

A aplicação desta estratégia implicou a identificação exata de cada uma das variantes, permitindo a construção de matrizes de compatibilidades que asseguram o correto funcionamento do balancé. Estas compatibilidades definem-se em dois níveis de análise: 1) interação entre componentes/características do componente principal, 2) interação direta entre componentes principais.

Por último, pretende-se codificar cada um dos componentes principais do balancé, permitindo associar uma referência única a cada solução construtiva.

## 4.2 – Compatibilidades

A divisão dos componentes principais em componentes e/ou em características específicas resultou num aumento do número de soluções para cada componente principal. O aumento do número de soluções, resultou da combinação de todos os componen-

---

<sup>3</sup> Ao longo do estudo a palavra subcomponente passa a designar-se por componente.

<sup>4</sup> Quando um componente principal é constituído por um único componente.

tes/características identificadas, para além das listadas no levantamento efetuado. Revelou-se necessário definir as compatibilidades entre componentes/características, de modo a assegurar que todas as soluções possíveis de realizar eram válidas do ponto de vista técnico e de montagem.

No sentido de permitir uma visão geral das compatibilidades e uma consulta intuitiva em ambiente fabril, optou-se por construir uma matriz quadrada,  $N \times N$ , em que  $N$  corresponde às variantes de cada componente/característica. O preenchimento da matriz, realizou-se em dois momentos distintos. Num primeiro momento, preencheu-se as entradas que se assemelham às soluções identificadas no levantamento das soluções construtivas. Num segundo momento, para colmatar a ausência de soluções construtivas na base de dados realizada, solicitou-se a colaboração dos engenheiros responsáveis do projeto para realizar os registos, assegurando o preenchimento adequado das matrizes.

A matriz utilizada caracteriza-se, por ser simétrica relativamente à diagonal principal, o que permite ao selecionar uma variante de um componente/característica avaliar as compatibilidades com as restantes variantes dos componentes/características. Em alguns componentes primários, torna-se ainda necessário definir as compatibilidades entre os mesmos, assegurando a compatibilidade de montagem e o correto funcionamento do mecanismo. O método utilizado para as compatibilidades com interação direta, é em tudo igual ao anterior, com a particularidade de apenas se apresentar na matriz os componentes/características relevantes para satisfazer uma determinada montagem.

### 4.3 – Codificação

Um código é um conjunto de números ou letras, aos quais se atribui um determinado significado; quando decifrado fornece uma informação específica, como refere Patel, (1991). Uma vez que existem diversas possibilidades para cada componente principal do balancé torna-se necessário definir uma estratégia de codificação para que associado a cada solução construtiva seja atribuído um código sem ambiguidade.

Para desenvolver o sistema de codificação, recorreu-se à filosofia de processamento denominada – Tecnologia de Grupo. A Tecnologia de Grupo consiste em agrupar componentes de acordo com as suas características de fabrico. Assim, podem formar-se células de produção para componentes que embora apresentem formas diferentes são obtidos pelos mesmos processos de fabrico, facilitando o fluxo de componentes ao longo da sua fabricação (Arn, 1975).

De acordo com a Tecnologia de Grupo existem três tipos de codificação possíveis:

- *Monocode*;
- *Polycode*;

- Híbrido.

No *monocode* cada caracter consiste na expansão do caracter anterior, o que significa que existe uma dependência entre o caracter a preencher e o anterior. A vantagem desta abordagem, consiste na capacidade de registrar um maior número de informação com um número reduzido de dígitos. Esta metodologia necessita de um fluxograma, para preencher os campos associados a cada dígito, o que torna esta abordagem difícil de implementar (Debnárová, Krchová, & Kuric, 2014).

Relativamente ao *polycode*, cada caracter é independente do anterior, o que significa que cada campo assume uma posição fixa no código. Esta abordagem é relativamente simples de implementar, no entanto pode conduzir a um número muito elevado de caracteres (Debnárová *et al.*, 2014).

A abordagem híbrida é uma das abordagens mais utilizadas e consiste na junção das duas anteriores (*monocode* e *polycode*) aproveitando o melhor de cada uma delas (Debnárová *et al.*, 2014).

Face ao apresentado anteriormente, optou-se pela abordagem *polycode*, uma vez que o código pode ser construído partindo de um número fixo de caracteres independentes. Esta independência releva-se pertinente na medida em que, caso exista a necessidade de adicionar novos campos ao código, pode fazer-se, acrescentando apenas um campo na última posição do código. Para além disso, é a solução mais simples de implementar e de utilizar em ambiente fabril.

Por outro lado, uma vez que o código é estático, podem ocorrer situações em que um dos campos não se aplica, por imposição da matriz de compatibilidades, nestas situações definiu-se que o campo toma o valor de 0 (zero). Assim sendo, torna-se possível codificar qualquer combinação que satisfaça a matriz de compatibilidades.

Para cada componente primário do balancé atribuiu-se um código, o que significa que o código do balancé será a junção do código do guiamento da cabeça, da haste, do guiamento da haste e do guiamento auxiliar – sempre nesta sequência.

## 4.4 – Guiamento da Cabeça

### 4.4.1 – Distribuição Estatística

Com base nos dados recolhidos do levantamento efetuado às soluções construtivas para os balancés, realizou-se uma estatística descritiva. Para o efeito elaborou-se um gráfico onde se apresenta a distribuição dos tipos de soluções (fabrico e *standard*) na frequência (F) e nas soluções identificadas (SI) para o guiamento da cabeça do balancé.

Analisando o gráfico (Figura 4.1), verifica-se que 10% das soluções identificadas correspondem a soluções *standard* e 90% a soluções de fabrico. Observando agora a coluna das frequências, verifica-se uma percentagem de 40% para as soluções *standard* e 60% para as soluções de fabrico.

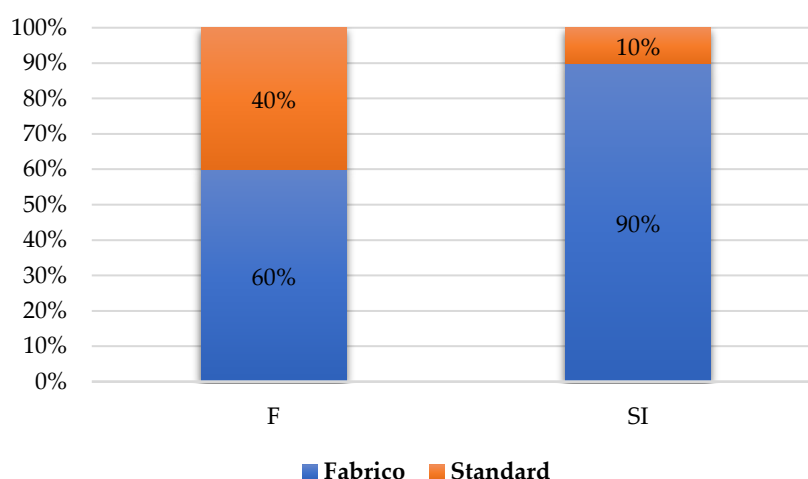


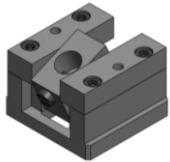
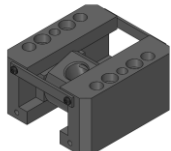
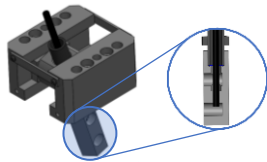
Figura 4.1 - Gráfico das soluções identificadas para o guiamento da cabeça

### 4.4.2 – *Standard*

As soluções *standard* identificadas para o guiamento da cabeça do balancé encontram-se na Tabela 4.1. Identificaram-se três soluções, duas simples KOCU\_S e KOCU\_F do fabricante Sankyo (Anexo 2) e uma outra, que consiste na introdução de componentes adicionais para tornar o KOCU\_F otimizado para refrigeração.

Analisando a frequência destas soluções, comparativamente às soluções de fabrico verifica-se a ocorrência significativa das soluções *standard*, aproximadamente 40%, o que espelha a preocupação da empresa em adquirir componentes normalizados.

Tabela 4.1 - Guiamento da cabeça, soluções *standard*

| KOCU_S  | KOCU_F  | KOCU_F + Refrigeração   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Guiamento da Cabeça Simples   |   |   |
| Índice para Código  |   |   |
| 1   | 2   | 3   |
| Guiamento da Cabeça Inclinado   |   |   |
| Índice para Código  |   |   |
| -   | 4   | 5   |

### 4.4.3 – Fabrico

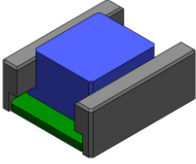
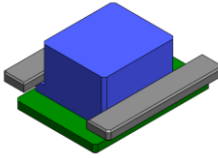
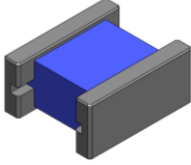
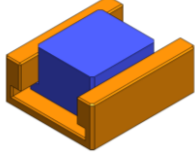
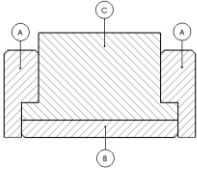
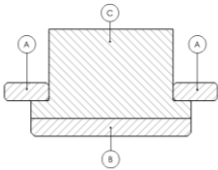
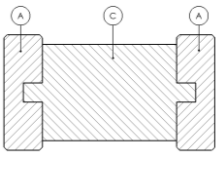
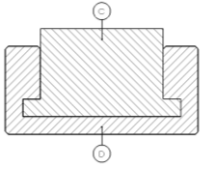
As soluções de fabrico representam a maioria das soluções identificadas, para o guiamento da cabeça do balancé, aproximadamente 90%.

Observando as várias soluções construtivas, identificam-se quatro conceitos distintos para o guiamento da cabeça. A Tabela 4.2 apresenta, quatro conceitos em perspetiva e a vista de corte onde se identificam os componentes utilizados em cada conceito. Associado a estes conceitos foram identificados quatro componentes – barra de deslize (A), barra de deslize do carro (B), carro (C) e monobloco (D). Conjugando estes componentes consegue-se obter cada um dos quatro conceitos. Para facilitar a interpretação da tabela utilizou-se um esquema de cores:

|   |              |
|---|--------------|
|  | componente A |
|  | componente B |
|  | componente C |
|  | componente D |

Os componentes que apresentam a mesma cor pertencem à mesma família, isto é, embora apresentem configurações diferentes, desempenham a mesma função e são realizados pelo mesmo processo de fabrico.

Tabela 4.2 - Guiamento da cabeça, soluções de fabrico

| Conceitos de Fabrico para o Guiamento da Cabeça                                   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Componentes   |   |  |   |
|  |  |  |  |
| Índice para Código  |   |  |   |
| Conceito 1  | Conceito 2  | Conceito 3   | Conceito 4  |

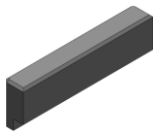
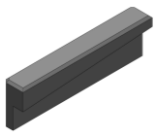
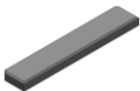
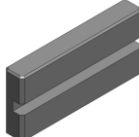
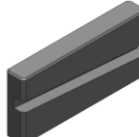
Relativamente ao fabrico, estes componentes podem ser fabricados em aço<sup>5</sup> 1.2842 temperado, aço 1.2312 nitrurado ou ampco 18. Estes materiais caracterizam-se pela elevada resistência ao desgaste, o que os torna adequados para aplicações como esta. Relativamente ao formato da matéria prima, tipicamente utilizam-se barras fresadas de precisão (DIN 59350), o que permite uma redução dos tempos de maquinação.

### Componente A – Barra de Deslize

A barra de deslize, tem a função de guiar o carro segundo a direção de deslize. Relativamente ao processo de fabrico, estas barras são obtidas pelo processo de corte por arranque de aparas. Num primeiro momento, as barras são fresadas onde é conferida a geometria geral da peça e posteriormente retificadas, para garantir o ajustamento pretendido. No que concerne às variantes, identificaram-se cinco possibilidades (Tabela 4.3). As variantes 2 e 5 são em tudo, semelhantes às variantes 1 e 4 respetivamente, com a particularidade de apresentarem o ângulo de inclinação do rasgo diferente de zero.

<sup>5</sup> Aço especificado de acordo com o número de *Werkstoff*.

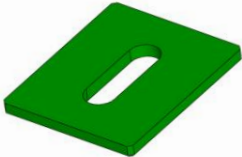

Tabela 4.3 - Variantes do componente A

| Componente A – Barra de Deslize   |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| Índice para Código  |   |   |  |   |
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   |

### Componente B – Barra de Deslize do Carro

O componente B, barra de deslize do carro, desempenha a mesma função do componente A, guiar o carro segundo a direção de deslize. Os componentes A e B são complementares, nos conceitos 1 e 2, e têm de ser aplicados em conjunto para o adequado funcionamento do sistema. O processo de fabricação deste componente é em tudo idêntico ao do componente A. Para este componente identificaram-se duas variantes (Tabela 4.4), que apenas diferem no ângulo de inclinação de uma das suas faces. De notar, que as duas variantes apresentam um orifício passante na face de maior dimensão. Este orifício permite aceder ao carro, tipicamente para desmontar a haste de uma forma mais simples, sem a necessidade de remover a placa de extração e a placa de aperto da extração.

Tabela 4.4 - Variantes do componente B

| Componente B – Barra de Deslize do Carro  |  |
|---|--|
|  |  |
| Índice para Código  |  |
| 1   | 2  |

### Componente C – Carro

O componente C, carro (Figura 4.2), tem a função de transformar o movimento de deslize, segundo a direção de desmoldação da zona moldante num movimento inclinado por ação do acionamento das placas extratoras. No que concerne à fabricação deste componente identificam-se três processos de fabricação, fresagem, furação e retificação.

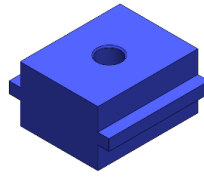


Figura 4.2 -Exemplo do componente C

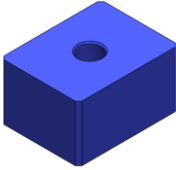
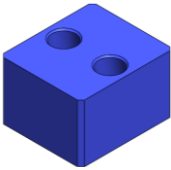
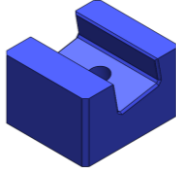

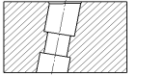

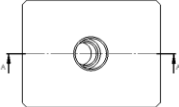
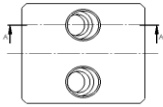
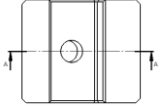
Este componente é o mais complexo do guiamento da cabeça do balancé, pelas inúmeras variantes que pode assumir. Deste modo optou-se por fazer a sua divisão da seguinte forma:

- Furação para a Haste;
- Tipo de Orelha;
- Guiamento Auxiliar;
- Posicionamento da Haste;
- Refrigeração.

### Componente C – Furação para a Haste

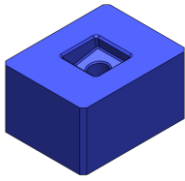
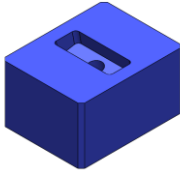
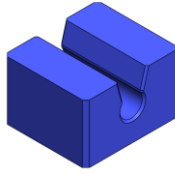
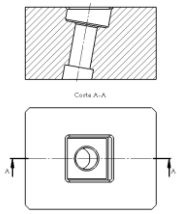
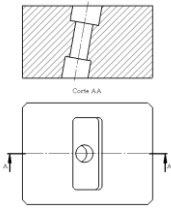
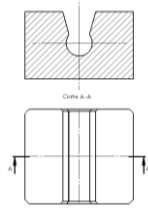
O componente C, carro, necessita de uma furação para acomodar a haste, garantindo que estes dois componentes se movam de uma forma solidária. De modo a ilustrar as variantes para esta furação, remete-se para a Tabela 4.5. As variantes 1 e 2 estão otimizadas para hastes circulares, na variante 2 apresenta-se uma situação em que existe a necessidade de utilizar duas hastes, tipicamente motivado pelo peso/dimensão da zona moldante. Relativamente às variantes 3, 4 e 5 identificam-se compatibilidades com hastes quadrangulares. Por último, a variante 6 denominada “rabo de andorinha” permite acomodar hastes quadrangulares, quando não existe possibilidade de aplicar uma ligação aparafusada para a fixação da mesma.

Tabela 4.5 - Variantes furação para a haste

| Componente C – Furação para a Haste   |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Desenho 2D  |   |   |
|  |  |  |
|  |  |  |

(Continua)

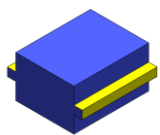
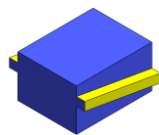
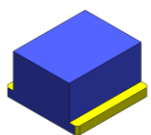
Tabela 4.5 - Variantes furação para a haste (Continuação)

| Índice para Código  |   |   |
|---|---|---|
| 1   | 2   | 3   |
|  |  |  |
| Desenho 2D  |   |   |
|  |  |  |
| Índice para Código  |   |   |
| 4   | 5   | 6   |

**Componente C – Tipo de Orelha**

O componente C, carro, para realizar o movimento de deslize que lhe é característico, necessita de uma saliência em duas das suas seis faces. Esta saliência denomina-se “orelha” e consiste numa saliência de secção retangular, que acompanha todo o comprimento do carro. Relativamente à sua localização, encontra-se situada nas duas faces paralelas à direção de deslize. A Tabela 4.6 ilustra as três possibilidades para esta saliência. A variante 1 e 2 apresentam a saliência no centro da face e diferem apenas no ângulo de inclinação. Relativamente à variante 3, esta apresenta a saliência na extremidade da face, o que impossibilita a variante com ângulo diferente de zero.

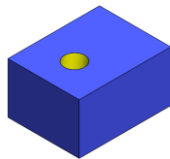
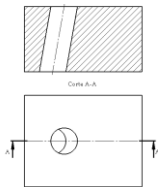
Tabela 4.6 - Variantes tipo de orelha

| Componente C – Tipo de Orelha   |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Índice para Código  |   |   |
| 1   | 2   | 3   |

### Componente C – Guiamento Auxiliar

Quando se projeta um balancé e existe a necessidade de utilizar ângulos de inclinação da haste elevados, tem de se utilizar um guiamento auxiliar. A utilização de ângulos superiores a 12° de acordo com a experiência dos projetistas desta indústria, induz esforços elevados na haste causando por vezes a rotura da mesma. A solução encontrada para superar esta dificuldade consiste na introdução de uma guia auxiliar, que irá aliviar os esforços a que a haste fica sujeita. De modo a permitir a utilização da guia auxiliar, torna-se necessário realizar um furo passante com a mesma inclinação da haste no carro. A Tabela 4.7 apresenta a solução utilizada para incorporar o guiamento auxiliar no carro.

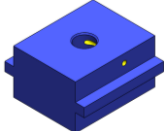
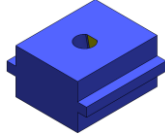
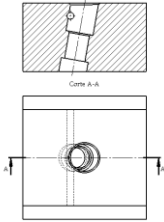
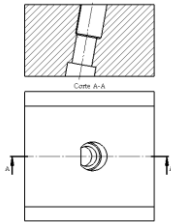
Tabela 4.7 – Solução para incorporar guiamento auxiliar

| Componente C – Guiamento Auxiliar   |
|---|
|    |
| Desenho 2D  |
|  |
| Índice para Código  |
| 1   |

### Componente C – Posicionamento

Quando se opta pela utilização de uma haste circular, torna-se necessário garantir que a haste se mantém corretamente posicionada, isto é, não pode ter o grau de liberdade de rotação livre. Caso a haste pudesse rodar, seria difícil garantir o posicionamento da zona moldante, podendo causar problemas na moldação (peça polimérica a produzir) e na integridade do molde. Deste modo, podem utilizar-se duas variantes diferentes do carro para restringir essa rotação (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 – Variantes para posicionamento da haste

| Componente C – Posicionamento da Haste  |   |
|---|---|
|  |  |
| Desenho 2D  |   |
|  |  |
| Índice para Código  |   |
| 1   | 2   |

A variante 1, consiste na realização de um furo passante que intersecta o furo da haste. Este furo permite alojar uma cavilha que irá restringir a rotação da haste. Para que esta variante funcione corretamente torna-se necessário realizar um rasgo na haste (Figura 4.3). No que concerne à variante 2, realiza-se um rasgo no furo e utiliza-se uma haste semelhante à utilizada na variante 1 (Figura 4.3).

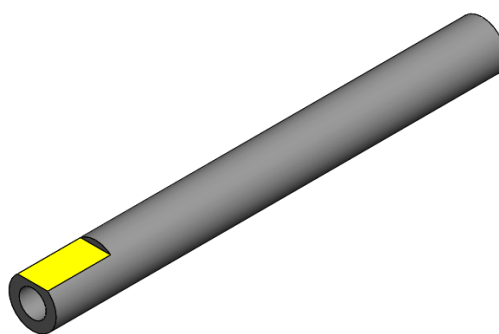


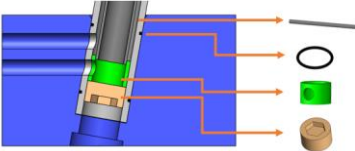
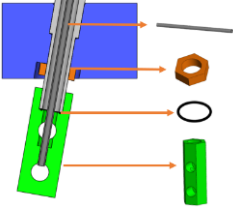
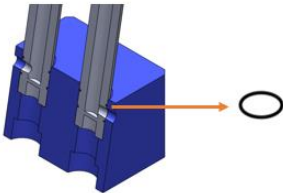
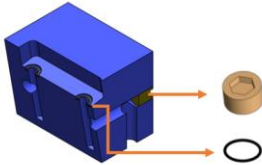
Figura 4.3 - Exemplo rasgo haste

### Componente C – Refrigeração

Por vezes, torna-se necessário aplicar refrigeração na zona moldante, quer pelo tipo de material a moldar, pela dimensão/peso da zona moldante, etc. Neste sentido, torna-

se necessário definir, de que modo se efetua o transporte do fluido refrigerante até à zona moldante. Uma vez que se trata de um circuito fechado, tem de existir a preocupação do retorno do fluido para o termorregulador e regulador de caudal. A Tabela 4.9 ilustra as quatro possibilidades utilizadas para refrigerar a zona moldante.

Tabela 4.9 - Variantes de refrigeração

| Componente C – Refrigeração   |   |
|---|---|
|    |    |
| Índice para Código  |   |
| 1   | 2   |
|  |  |
| Índice para Código  |   |
| 3   | 4   |

As variantes 1 e 2 utilizam o mesmo princípio de funcionamento (Figura 4.4 a), este princípio utiliza-se quando o balancé tem uma única haste circular e existe a necessidade de refrigeração da zona moldante. A haste é equipada, com um tubo de menor diâmetro no seu interior, que faz o transporte do fluido frio até à zona moldante, o retorno (fluido quente) é conseguido pelo espaço que existe entre a parede interior da haste e a parede exterior do tubo. Relativamente aos aspetos construtivos a variante 1 necessita de duas furações na lateral do carro onde ocorre a entrada e a saída do fluido. A variante 2 apenas necessita de uma secção roscada na haste, uma vez que o aperto do carburador – componente que permite a entrada e saída das águas (componente verde) – se faz através de uma ligação roscada.

No que concerne às variantes 3 e 4, utiliza-se o mesmo princípio de funcionamento (Figura 4.4 b), utiliza-se quando se opta por hastes duplas ou hastes quadrangulares. Como existem duas hastes ou dois furos na haste (variante 4), o sistema de refrigeração

fica facilitado, pois o fluido frio pode percorrer uma das hastes/furo e o fluido quente a outra haste/furo. No que concerne aos princípios construtivos estas duas variantes são em tudo semelhantes, com exceção da variante 3 estar otimizada para duas hastes circulares e a variante 4 para hastes quadrangulares.

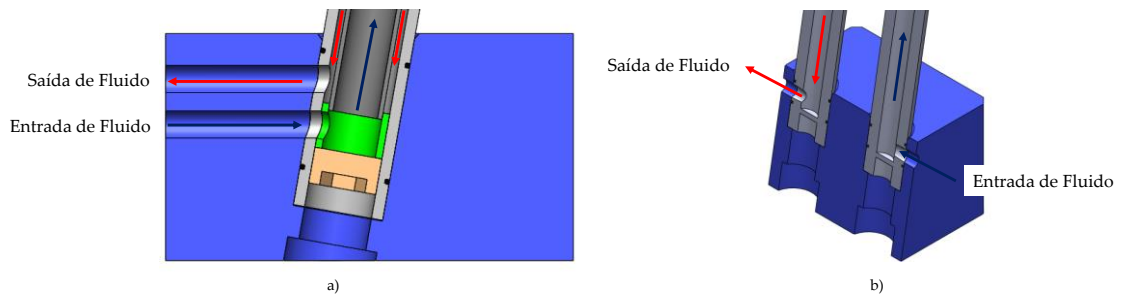


Figura 4.4 - Princípios de funcionamento refrigeração: a) Variantes 1 e 2; b) Variantes 2 e 3

### Componente D – Monobloco

O componente D, monobloco, desempenha a mesma função dos componentes A e B numa peça única. Tipicamente, este componente utiliza-se em balancés de pequenas dimensões. No que se refere aos processos de fabrico, destaca-se a fresagem e eletroerosão por fio para a variante 1 e fresagem para a variante 2. Salienta-se que, para a realização do rasgo da variante 2 utiliza-se uma fresa especial, fresa em T ( Figura 4.5).

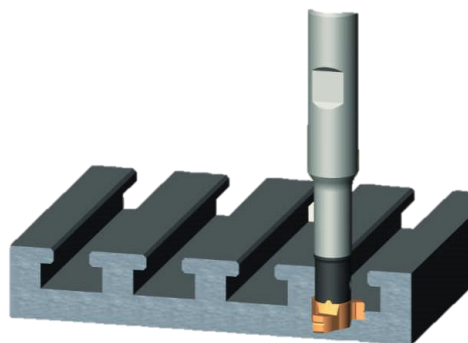
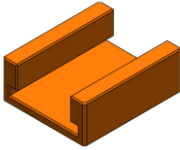
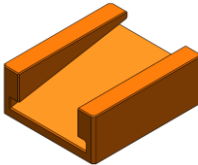


Figura 4.5 - Exemplo fresa em T










As variantes 1 e 2 (Tabela 4.10) são em tudo semelhantes, com a exceção de a variante 2 apresentar um ângulo de inclinação numa das faces.

Tabela 4.10 - Variantes do componente D

| Componente D – Monobloco  |  |
|---|--|
|  |  |
| Índice para Código  |  |
| 1   | 2  |

#### 4.4.4 – Compatibilidades

Após a identificação dos conceitos de fabrico e das variantes associados aos componentes/características do guiamento da cabeça do balancé, torna-se necessário definir as compatibilidades entre eles. Para facilitar a interpretação da matriz (Figura 4.6) utilizou-se o seguinte código policromático:

|   |   |
|---|---|
|  | Solução de fabrico – Conceito (Tabela 4.2)          |
|  | Componente A (Tabela 4.3)                           |
|  | Componente B (Tabela 4.4)                           |
|  | Componente C – Furação para a haste (Tabela 4.5)    |
|  | Componente C – Tipo de orelha (Tabela 4.6)          |
|  | Componente C – Guiamento auxiliar (Tabela 4.7)      |
|  | Componente C – Posicionamento da haste (Tabela 4.8) |
|  | Componente C – Refrigeração (Tabela 4.9)            |
|  | Componente D (Tabela 4.10)                          |

Associada a cada cor estão as respetivas variantes numeradas de acordo com as tabelas apresentadas anteriormente dos diferente componentes/características.

A matriz deve ser interpretada da seguinte forma:

- 1º Passo – identificar o conceito a utilizar nas linhas;
- 2º Passo – fixar a linha e fazer variar as colunas, para se obterem as variantes associadas aos componentes/características compatíveis com esse conceito;
- 3º Passo – escolher uma variante associada a um componente/característica e averiguar a compatibilidade com os restantes componentes/características ao longo da coluna.

Salvaguarda-se que, as soluções *standard* não se encontram listadas na matriz de compatibilidades, uma vez que o conjunto é adquirido pronto a montar no molde.





#### 4.4.5 – Codificação

Como referido no subcapítulo 4.3, a codificação permitiu atribuir uma referência única a cada solução construtiva do guiamento da cabeça. O desenvolvimento deste código teve por base as soluções *standard*, os conceitos de fabrico e as variantes associadas aos componentes/características. Atribuindo um campo a cada uma destas possibilidades, obteve-se um código de 11 dígitos, como se apresenta na Figura 4.7.

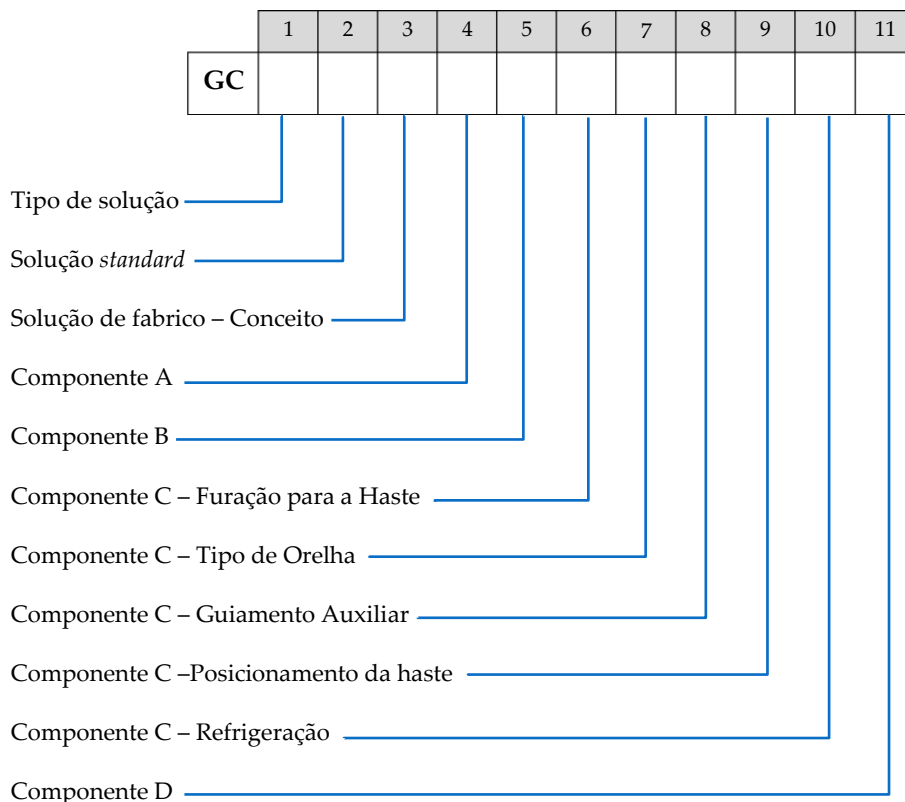


Figura 4.7 - Codificação do guiamento da cabeça do balancé

Para facilitar o preenchimento do código, desenvolveu-se um quadro resumo (Figura 4.8) com todas as soluções possíveis para cada um dos 11 dígitos.

Relativamente ao guiamento da cabeça existem dois tipos de soluções, *standard* e de fabrico e dado que a codificação é estática como referido no subcapítulo 4.3, existe a necessidade de utilizar o algarismo 0 (zero) para efetuar o preenchimento do código.



































| Dígito 1        |          | Dígito 2         |  | Dígito 3                 |   | Dígito 4 |   | Dígito 5 |   | Dígito 6              |   | Dígito 7           |   | Dígito 8                  |   | Dígito 9                    |   | Dígito 10           |   | Dígito 11 |   |
|-----------------|----------|------------------|--|--------------------------|---|----------|---|----------|---|-----------------------|---|--------------------|---|---------------------------|---|-----------------------------|---|---------------------|---|-----------|---|
| Tipo de Solução |          | Solução Standard |  | Solução Fabrico-Concepto |   | Comp A   |   | Comp B   |   | Comp. C-Furação Haste |   | Comp C-Tipo Orelha |   | Comp C-Guiamento Auxiliar |   | Comp C-Posicionamento Haste |   | Comp C-Refrigeração |   | Comp D    |   |
| 1               | Standard | 0                | Não Aplicável  | 0                        | Não Aplicável   | 0        | Não Aplicável   | 0        | Não Aplicável   | 0                     | Não Aplicável   | 0                  | Não Aplicável   | 0                         | Não Aplicável   | 0                           | Não Aplicável   | 0                   | Não Aplicável   | 0         | Não Aplicável   |
| 2               | Fabrico  | 1                | <br>$\alpha = 0$      | 1                        |    | 1        |    | 1        |  | 1                     |    | 1                  |  | 1                         |  | 1                           |  | 1                   |  | 1         |    |
|                 |          | 2                | <br>$\alpha = 0$      | 2                        |    | 2        |    | 2        |  | 2                     |    | 2                  |  |                           |   | 2                           |  | 2                   |  | 2         |    |
|                 |          | 3                | <br>$\alpha = 0$      | 3                        |    | 3        |    |          |   | 3                     |    | 3                  |  |                           |   |                             |   | 3                   |  |           |   |
|                 |          | 4                | <br>$\alpha \neq 0$  | 4                        |  | 4        |  |          |   | 4                     |  |                    |   |                           |   |                             |   |                     |   | 4         |  |
|                 |          | 5                | <br>$\alpha \neq 0$ |                          |   | 5        |  |          |   | 5                     |  |                    |   |                           |   |                             |   |                     |   |           |   |
|                 |          |                  |  |                          |   |          |   |          |   | 6                     |  |                    |   |                           |   |                             |   |                     |   |           |   |

Figura 4.8 - Quadro resumo para a codificação do guiamento da cabeça

## 4.5 – Haste

A haste desempenha a função de elemento de ligação, entre o guiamento da cabeça e a zona moldante. Durante o funcionamento do balancé, a haste deve descrever o movimento de deslize de uma forma precisa, garantindo o funcionamento adequado do mecanismo e a qualidade da moldação. A precisão do movimento consegue-se recorrendo a um elemento de guiamento. Para tal, existe a necessidade de definir uma tolerância para a haste e outra para o elemento de guiamento, garantindo um ajustamento deslizante entre ambos (Formação-Training, 2019). Habitualmente, utiliza-se uma tolerância para a haste (veio) g6 e H7 para o elemento de guiamento (furo). Este ajustamento permite fazer a montagem à mão, sendo o indicado para este tipo de guiamento.

Relativamente aos materiais utilizados para a haste destacam-se os aços<sup>6</sup>, 1.1213, 1.7225, 1.1191 e o 1.5216.

A constituição da haste caracteriza-se pela secção transversal, pelo acoplamento à zona moldante e pelo acoplamento ao carro (Figura 4.9). Reconhecendo a haste como um componente de fabrico, devido à necessidade de dimensões específicas para satisfazer o projeto do balancé, na maioria das vezes, não permite a utilização de soluções *standard*. Razão pela qual as soluções apresentadas de seguida correspondem apenas a soluções de fabrico.

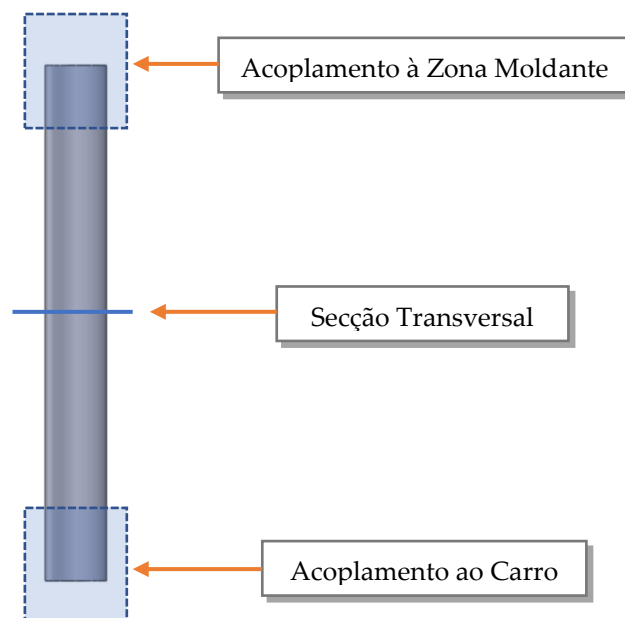


Figura 4.9 - Constituição da haste

<sup>6</sup> Aço especificado de acordo com o número de *Werkstoff*.

### Secção Transversal

A haste pode ser classificada num primeiro momento de acordo com a secção transversal. Existem duas possibilidades para a secção transversal da haste, secção circular e secção quadrangular (Tabela 4.11).

As hastes de secção circular são utilizadas, quando existe a necessidade de acoplamento entre a zona moldante e a haste. No que concerne ao processo de fabrico, utilizam-se varões calibrados, que são cortados com o comprimento adequado e posteriormente torneados e fresados. Os varões são fornecidos com uma dureza superficial superior à do núcleo, esta dureza é conseguida através do processo de têmpera por indução (Anexo 3). A dureza superficial permite boa resistência ao desgaste, enquanto que o núcleo dúctil permite resistir a esforços de flexão e facilitar a maquinação (Anexo 3).

Relativamente às hastes quadrangulares estas são utilizadas, quando se pretende maquinar a zona moldante na própria haste. Esta aplicação é mais comum em negativos de pequenas dimensões. O processo de fabrico destas hastes inicia-se com uma barra fresada de precisão de um dos aços apresentados anteriormente. Existem duas possibilidades para obter estas hastes, por eletroerosão por fio ou por fresagem. A erosão por fio destaca-se quando se pretendem maquinar várias hastes, com espessuras semelhantes (Figura 4.10), contudo apenas permite obter perfis. Sendo as barras tratadas termicamente este processo revela-se mais económico e garante um maior rigor dimensional (Bolrão & Santos, 2005).

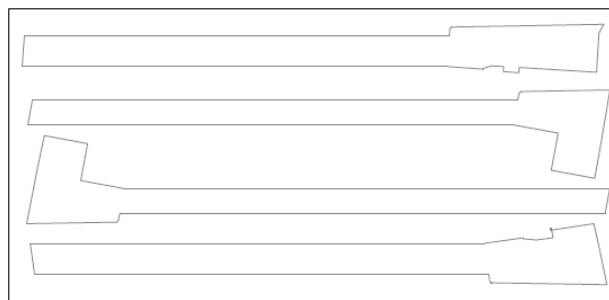
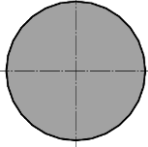



Figura 4.10 - Disposição das hastes a maquinar por eletroerosão por fio (Bolrão *et al.*, 2005)

Na impossibilidade de recorrer à eletroerosão por fio, face à geometria da zona moldante, recorre-se à fresagem.

Tabela 4.11 - Secção transversal da haste

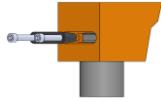
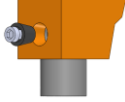
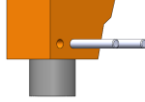

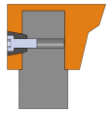




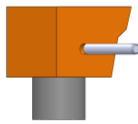
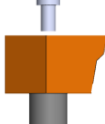
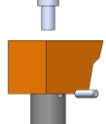
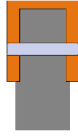
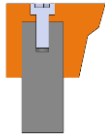
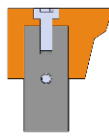



| Secção Transversal  |  |
|---|--|
|  |  |
| Índice para Código  |  |
| 1   | 2  |

### 4.5.1 – Secção Transversal Circular

#### Acoplamento à Zona Moldante

Quando se opta pela utilização de hastes circulares, torna-se necessário definir o tipo de acoplamento entre a haste e a zona moldante. O acoplamento pode ser realizado, de modo geral, em três formas distintas, chaveta, cavilha ou parafuso (Tabela 4.12). As variantes 1 e 2 ilustram o acoplamento por chaveta. O acoplamento por chaveta necessita de uma furação cônica na zona moldante e de um rasgo cônico na haste, para que seja possível montar a chaveta. A chaveta funciona como elemento de bloqueio e devido à geometria cônica, garante o posicionamento correto da zona moldante na haste. A principal diferença entre as variantes 1 e 2 está relacionada com a dimensão da zona moldante. Utiliza-se a variante 2 quando existem limitações de espaço. As variantes 3 e 4 espalham o acoplamento por cavilha. Para realizar este acoplamento é necessário realizar um furo na haste e outro na zona moldante, ambos calibrados. Os furos têm de ser calibrados, pois pretende-se obter um ajustamento ligeiramente preso H6/j6 (Formação-Training, 2019) entre o furo e a cavilha. Este ajustamento, garante o correto posicionamento da zona moldante na haste. Relativamente à variante 3 esta utiliza duas cavilhas, para tal são realizados dois furos na zona moldante e duas meias canas na haste. Por outro lado, a variante 4 utiliza apenas uma cavilha central. Por último, as variantes 5 e 6 representam o acoplamento por parafuso. O acoplamento por parafuso é conseguido através da realização de um furo passante na zona moldante e de um furo roscado na haste para alojar o parafuso. Quando se opta por esta, há que ter em consideração que existe sempre uma folga entre os filetes de rosca do furo e do parafuso. Assim, para aplicações de maior precisão é comum a utilização de uma cavilha (variante 6) para garantir o correto posicionamento da zona moldante.

Tabela 4.12 - Variantes do acoplamento à zona moldante para hastes circulares

| Acoplamento à Zona Moldante – Haste Circular  |   |   |
|---|---|---|
| Acoplamento   |   |   |
|    |    |    |
|    |    |    |
| Haste   |   |   |
|    |    |    |
| Índice para Código  |   |   |
| 1   | 2   | 3   |
| Acoplamento   |   |   |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Haste   |   |   |
|  |  |  |
| Índice para Código  |   |   |
| 4   | 5   | 6   |

### Acoplamento à Zona Moldante – Refrigeração

Quando existe a necessidade de refrigeração da zona moldante, e uma vez que a haste funciona, na maioria das vezes, como meio de transporte do fluido refrigerante, torna-se necessário realizar algumas modificações na mesma (representadas a verde na Tabela 4.13). A haste passa a ser fabricada a partir de um tubo, permitindo desta forma o transporte do fluido refrigerante do carro para a zona moldante. Outra característica que ganha relevância, é a necessidade de realizar ranhuras para alojar *o-ring*'s. O *o-ring* é um tipo de vedante de secção circular (toroidal) fabricado de elastómero. A utilização deste elemento permite que o fluido não escape para o exterior na interface entre a zona moldante e a haste.

A vedação é conseguida devido à deformação do *o-ring* (Figura 4.11). A deformação inicial, radial ou axial, dependendo do tipo de aplicação, é provocada pelo aperto das peças em contacto, assegurando deste modo a vedação inicial. A combinação da deformação inicial, com a deformação provocada pela pressão do fluido, assegura a vedação final. Esta solução de vedação é amplamente utilizada em diversos sistemas mecânicos, devido à fiabilidade, facilidade de implementação e pela compatibilidade com a maioria dos fluidos (Busak+Shamban, 2005).

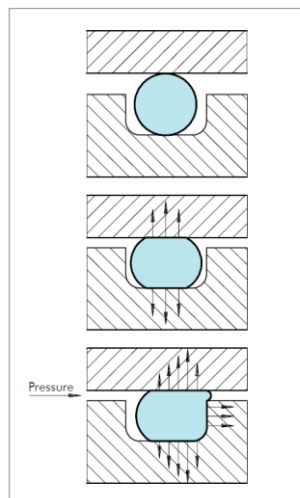


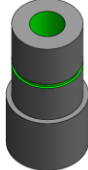



Figura 4.11 - Esquema do funcionamento do *o-ring* (Busak+Shamban, 2005)

No que concerne às quatro variantes identificadas (Tabela 4.13), apenas diferem na localização e na quantidade de ranhuras para o alojamento dos *o-ring*'s. As variantes 1 e 2 asseguram a vedação através de uma ranhura no topo da haste, enquanto que as variantes 3 e 4 garantem a vedação através de ranhuras ao longo do comprimento da haste. Por vezes pode haver a necessidade de utilizar dois *o-ring*'s, quando assim é tem de se optar pela variante 4.

Tabela 4.13 - Variantes do acoplamento à zona moldante com refrigeração para hastes circulares

| Acoplamento à Zona Moldante – Refrigeração  |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Índice para Código  |   |  |   |
| 1   | 2   | 3  | 4   |

### Acoplamento ao Carro

O acoplamento da haste ao carro, garante que estes dois componentes se movam solidários. A Tabela 4.14 ilustra as variantes identificadas para o acoplamento ao carro para hastes circulares. Este acoplamento pode ser realizado de duas formas distintas, utilizando parafusos (variantes 1 a 6) ou porcas (variante 7) como elementos de ligação. A Figura 4.12 ilustra os elementos de ligação utilizados para o acoplamento da haste ao carro, representados pela cor laranja. Quando se opta pela utilização de parafusos, existe a necessidade de maquinar um furo roscado na haste. Relativamente à utilização de porcas é necessário maquinar uma rosca exterior na haste.

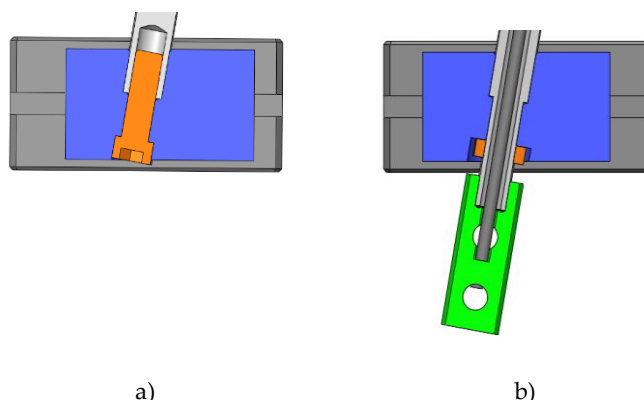





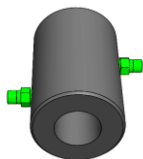

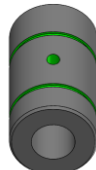
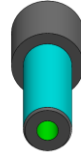
Figura 4.12 - a) Acoplamento por parafuso; b) Acoplamento por porca

Relativamente às variantes 1 a 6, embora utilizem parafuso como elemento de ligação, apresentam características diferentes. A variante 1 consiste apenas na haste com furo para a fixação, caso mais simples. A variante 2 apresenta dois rasgos diametralmente opostos, os quais permitem utilizar uma haste circular num carro com uma furação retangular, garantindo o posicionamento desta. A variante 3 apresenta dois furos e

duas ranhuras para alojar o *o-ring's*, sendo utilizada quando se opta pelo sistema de refrigeração identificado na Tabela 4.9 como variante 1. A variante 4 tem dois furos diametralmente opostos onde são colocados componentes, que permitem fazer a ligação de um tubo/mangueira. Nesta situação, o fluido refrigerante é introduzido diretamente na haste, não havendo necessidade de passar pelo carro. Para completar o sistema de refrigeração, é necessário acrescentar os componentes utilizados na variante 1 da Tabela 4.9. Relativamente às variantes 5 e 6 estas apenas diferem no número de ranhuras para os *o-ring's*. Estas variantes são utilizadas quando se opta pelo sistema de refrigeração apresentado na Tabela 4.9 como variante 3.

Relativamente à variante 7, esta utiliza uma porca como elemento de ligação. A face identificada a azul corresponde à superfície roscada onde a porca irá apertar. Esta variante é utilizada quando se seleciona o sistema de refrigeração apresentado na Tabela 4.9 como variante 2.

Tabela 4.14 - Variantes do acoplamento ao carro para hastes circulares

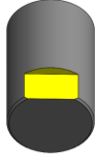
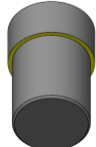
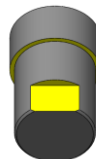
| Acoplamento ao Carro – Haste Circular   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|  |  |  |   |
| Índice para Código  |   |   |   |
| 1   | 2   | 3   |   |
|  |  |   |  |
| Índice para Código  |   |   |   |
| 4   | 5   | 6   | 7   |

## Posicionamento

Como referido para o componente C no subcapítulo 4.4.3, o posicionamento assegura a correta posição da zona moldante, garantindo a qualidade da moldação e a integridade do molde. A Tabela 4.15 apresenta as variantes identificadas para o posicionamento de hastes circulares no acoplamento ao carro. Para a haste existem dois tipos de posicionamento distintos – o posicionamento representado pela variante 1, que impede a rotação da haste e – o posicionamento da variante 2, que assegura que a distância entre o carro e a zona moldante se mantém constante, independentemente do aperto da haste.

A variante 1 consiste em realizar um rasgo na haste, combinando esse rasgo com as variantes de posicionamento do carro (Tabela 4.8) garante-se o correto posicionamento da haste. A variante 2 consiste em rebaixar o diâmetro da ponta da haste para se obter uma superfície de assentamento, a qual serve de referência para definir o comprimento da haste, assegurando que a zona moldante quando o molde está fechado permanece na posição correta. Por último, a variante 3 conjuga as variantes 1 e 2 na mesma peça.


Tabela 4.15 - Variantes para o posicionamento de hastes circulares no acoplamento ao carro

| Acoplamento Carro – Posicionamento  |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Índice para Código  |   |   |
| 1   | 2   | 3   |

## Anti – Rotação

De forma análoga ao posicionamento, a variante da haste, anti-rotação, permite restringir o grau de liberdade de rotação da haste. Consiste num rasgo localizado a montante do guiamento intermédio, ou principal caso não se aplique o primeiro (Tabela 4.16).

Tabela 4.16 - Variante anti-rotação

|   |
|---|
| Anti - Rotação  |
|  |
| Índice para Código  |
| 1   |

O rasgo serve de face de deslize para um componente (identificado a cor de laranja na Figura 4.13). A utilização deste conjunto, permite minimizar o impacto de uma falha mecânica. No caso de ocorrer uma falha na ligação entre o carro e a haste, este conjunto assegura que a zona moldante não roda. A não utilização deste conjunto, implica que se o molde fechar com a zona moldante fora de posição, poderá provocar danos severos, quer na zona moldante quer nos restantes componentes do molde.

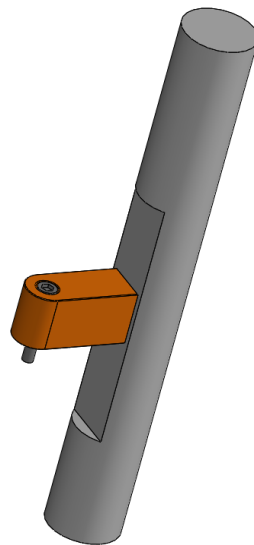


Figura 4.13 - Montagem da variante anti-rotação

## 4.5.2 - Secção Transversal Quadrangular

### Zona Moldante

Como referido anteriormente, as hastes de secção transversal quadrangular têm a zona moldante maquinada na própria haste. Desta forma, não existe acoplamento entre

a zona moldante e a haste. As variantes apresentadas na Tabela 4.17 apenas diferem na refrigeração. A variante 2 encontra-se otimizada para refrigeração e a zona moldante contém uma série de furos por onde circula o fluido refrigerante.

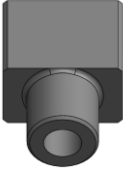



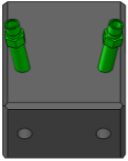

Tabela 4.17 - Variantes da zona moldante para hastes quadrangulares

| Zona Moldante – Haste Quadrangular  |   |
|---|---|
|  |  |
| Índice para Código  |   |
| 1   | 2   |

### Acoplamento ao Carro









No que se refere ao acoplamento ao carro para hastes quadrangulares, identificaram-se seis variantes possíveis (Tabela 4.18). A variante 1 utiliza-se quando se pretende utilizar uma solução *standard* para o guiamento da cabeça. Uma vez que as soluções *standard* apresentam um furo circular para a fixação da haste, existe a necessidade de maquinhar a extremidade da haste quadrangular, para garantir a montagem. Relativamente à variante 2, esta é utilizada quando as dimensões não permitem a utilização de parafuso para fazer a fixação da haste. Esta solução é utilizada com o carro, identificado na Tabela 4.5 como variante 6. A variante 3 é a mais simples deste segmento e consiste apenas numa haste quadrangular com o furo roscado para alojar o parafuso. Relativamente à variante 4, esta apresenta uma particularidade, a haste funciona como carro, isto é, a própria haste efetua o movimento de deslize. Em algumas aplicações, a haste funciona com o componente D, monobloco, identificado na Tabela 4.10. As variantes 5 e 6 encontram-se otimizadas para refrigeração. Relativamente à variante 5, o fluido refrigerante entra diretamente na haste, não havendo a necessidade de passar pelo carro. A variante 6, tem dois furos (identificados a verde) na base por onde circula o fluido refrigerante, um dos furos transporta o fluido até à zona moldante e o outro o retorno desse mesmo fluido.

Tabela 4.18 - Variantes do acoplamento ao carro para haste quadrangulares

| Acoplamento Carro – Haste Quadrangular  |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Índice para Código  |   |   |
| 1   | 2   | 3   |
|  |  |  |
| Índice para Código  |   |   |
| 4   | 5   | 6   |

### 4.5.3 – Compatibilidades










Após a identificação das variantes associadas às características da haste, definiram-se as compatibilidades entre elas. Para facilitar a interpretação da matriz (Figura 4.14) utilizou-se o seguinte código policromático:

|   |  |
|---|--|
|  | Secção transversal – (Tabela 4.11)   |
|  | Secção circular – Acoplamento zona moldante – (Tabela 4.12)                |
|  | Secção circular – Acoplamento zona moldante – Refrigeração – (Tabela 4.13) |
|  | Secção circular – Acoplamento carro – (Tabela 4.14)                        |
|  | Secção circular – Posicionamento – (Tabela 4.15)                           |
|  | Secção circular – Anti – Rotação – (Tabela 4.16)                           |
|  | Secção quadrangular – Zona moldante – (Tabela 4.17)                        |
|  | Secção quadrangular – Acoplamento ao carro – (Tabela 4.18)                 |

Associada a cada cor estão as respetivas variantes numeradas de acordo com as tabelas apresentadas anteriormente dos diferente componentes/características.

No que concerne à interpretação da matriz, deve começar-se por definir a secção transversal, nas linhas. Os restantes passos são idênticos aos apresentados no capítulo 4.4.4 – Compatibilidades.

Como a haste apresenta interação direta com o guiamento da cabeça, torna-se necessário definir as compatibilidades entre estes dois componentes principais. Mais uma vez, para facilitar a interpretação da matriz (Figura 4.15) utilizou-se um código policromático:

-  Guiamento da cabeça – Standard – (Tabela 4.1)
-  Guiamento da cabeça – Componente C – Furação para a haste – (Tabela 4.5)
-  Guiamento da cabeça – Componente C – Posicionamento da haste – (Tabela 4.8)
-  Guiamento da cabeça – Componente C – Refrigeração – (Tabela 4.9)
-  Guiamento da cabeça – Componente D – (Tabela 4.10)
  
-  Haste – Seção transversal – (Tabela 4.11)
-  Haste – Seção circular – Acoplamento ao carro – (Tabela 4.14)
-  Haste – Seção Circular – Posicionamento – (Tabela 4.15)
-  Haste – Seção quadrangular – Acoplamento ao carro – (Tabela 4.18)

No que concerne à interpretação da matriz, com base no componente principal selecionado, deve averiguar-se as compatibilidades com os componentes/características a selecionar, restringindo *a priori* algumas possibilidades na matriz desse componente principal.





#### 4.5.4 – Codificação

Como referido no capítulo 4.3 a codificação permite, atribuir uma referência única a cada solução construtiva da haste. O desenvolvimento deste código teve por base as características identificadas para a haste. Atribuindo um campo a cada uma destas possibilidades, obteve-se um código de 8 dígitos, como se apresenta na Figura 4.16.

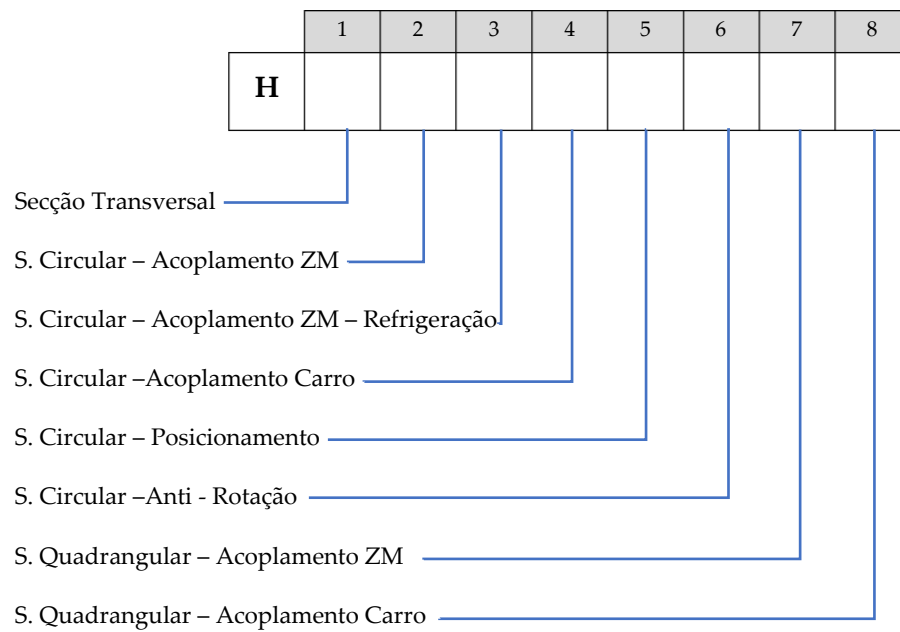


Figura 4.16 - Codificação da haste

A Figura 4.17 apresenta um quadro resumo com todas as soluções possíveis para cada um dos 8 dígitos.

| Dígito 1   | Dígito 2           | Dígito 3 | Dígito 4 | Dígito 5 | Dígito 6 | Dígito 7 | Dígito 8   |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|-------------------|--|---|---------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|--|-----------------------|--|---|---------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|----------------------|--|---|---------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|--|-------------------|--|---|---------------|---|--|---|--|---|--|--|-----------------|--|---|---------------|---|--|--|-------------------|--|---|---------------|---|--|---|--|---|----------------------|--|---|---------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Secção Transversal</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> </table> | Secção Transversal |          | 1        |          | 2        |          | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">SC Acoplamento ZM</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Não Aplicável</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> </tr> </table> | SC Acoplamento ZM |  | 0 | Não Aplicável | 1 |  | 2 |  | 3 |  | 4 |  | 5 |  | 6 |  | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">SC Acoplamento ZM-Ref</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Não Aplicável</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> </tr> </table> | SC Acoplamento ZM-Ref |  | 0 | Não Aplicável | 1 |  | 2 |  | 3 |  | 4 |  | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">SC Acoplamento Carro</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Não Aplicável</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> </tr> </table> | SC Acoplamento Carro |  | 0 | Não Aplicável | 1 |  | 2 |  | 3 |  | 4 |  | 5 |  | 6 |  | 7 |  | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">SC Posicionamento</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Não Aplicável</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> </tr> </table> | SC Posicionamento |  | 0 | Não Aplicável | 1 |  | 2 |  | 3 |  | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">SC Anti-Rotação</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Não Aplicável</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> </table> | SC Anti-Rotação |  | 0 | Não Aplicável | 1 |  | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">SQ Acoplamento ZM</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Não Aplicável</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> </table> | SQ Acoplamento ZM |  | 0 | Não Aplicável | 1 |  | 2 |  | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">SQ Acoplamento Carro</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Não Aplicável</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> </tr> </table> | SQ Acoplamento Carro |  | 0 | Não Aplicável | 1 |  | 2 |  | 3 |  | 4 |  | 5 |  | 6 |  |
| Secção Transversal   |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 1  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 2  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| SC Acoplamento ZM  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 0  | Não Aplicável      |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 1  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 2  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 3  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 4  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 5  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 6  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| SC Acoplamento ZM-Ref  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 0  | Não Aplicável      |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 1  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 2  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 3  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 4  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| SC Acoplamento Carro   |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 0  | Não Aplicável      |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 1  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 2  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 3  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 4  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 5  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 6  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 7  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| SC Posicionamento  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 0  | Não Aplicável      |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 1  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 2  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 3  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| SC Anti-Rotação  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 0  | Não Aplicável      |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 1  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| SQ Acoplamento ZM  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 0  | Não Aplicável      |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 1  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 2  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| SQ Acoplamento Carro   |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 0  | Não Aplicável      |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 1  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 2  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 3  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 4  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 5  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 6  |                    |          |          |          |          |          |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                       |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |  |  |                 |  |   |               |   |  |  |                   |  |   |               |   |  |   |  |   |                      |  |   |               |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |

Figura 4.17- Quadro resumo para a codificação da haste

## 4.6 – Guiamento da Haste

O guiamento da haste desempenha a função de guiar a haste durante o movimento de deslize que lhe é característico. A necessidade de utilizar este componente encontra-se explicado no capítulo 4.5 – Haste. Como se referiu anteriormente, a precisão do guiamento é conseguida através de um ajustamento deslizante, H7g6.

No que concerne às soluções identificadas para o guiamento da haste, podem identificar-se três tipos, soluções *standard*, soluções de fabrico e soluções mistas. As soluções *standard*, na maioria das vezes, consistem na utilização de casquilhos adquiridos a fornecedores de componentes para moldes. Esses casquilhos, são fabricados nos seguintes materiais<sup>7</sup> 2.0975 (liga de cobre alumínio e níquel) e 2.0598 (liga de cobre zinco e alumínio), podendo ter inclusões de grafite, beneficiando da propriedade autolubrificante que lhe é característica, de acordo com os Anexos 4 e 5, respetivamente. Quando se optam por soluções de fabrico, os materiais a utilizar são – ampc 18, aço 1.2842<sup>8</sup>, aço 1.2311<sup>8</sup> nitrurado. Por último, as soluções mistas consistem na utilização de componentes de fabrico e *standard* em simultâneo.

O guiamento da haste caracteriza-se pela secção transversal da haste, guiamento primário e guiamento intermédio, como ilustrado na Figura 4.18.

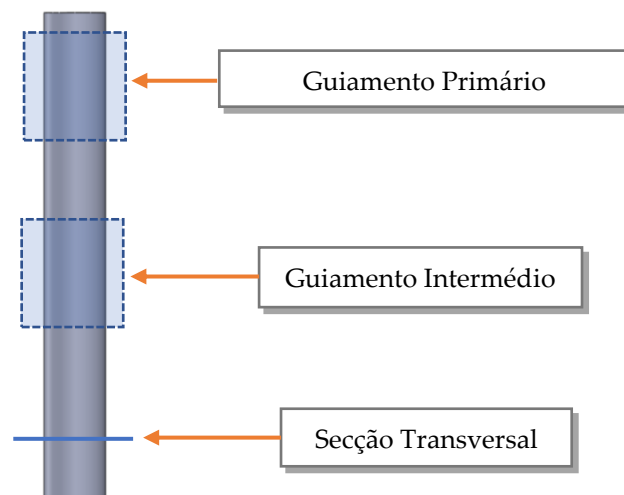


Figura 4.18 - Constituição do guiamento da haste

<sup>7</sup> De acordo com a norma Alemã (DIN).

<sup>8</sup> Aço especificado de acordo com o número de *Werkstoff*.

### 4.6.1 – Distribuição Estatística

Na sequência da descrição efetuada anteriormente para as soluções identificadas do guiamento da haste, realizou-se uma estatística descritiva, recorrendo a um gráfico onde se apresenta a distribuição dos tipos de soluções (fabrico, *standard* e fabrico + *standard*) na frequência (F) e nas soluções identificadas (SI) para o guiamento primário e intermédio de hastes circulares e quadrangulares (Figura 4.19).

Desta estatística, observa-se que o guiamento primário e o guiamento intermédio para hastes quadrangulares, apenas apresentam soluções de fabrico. Relativamente ao guiamento primário para hastes circulares, o maior número de soluções identificadas, corresponde às soluções de fabrico + *standard*, 64%, seguindo-se as soluções *standard*, 29%, e por último as soluções de fabrico, 7%. Observando agora a coluna da frequência a ordem mantém-se com 65% para as soluções de fabrico + *standard*, 21% para as soluções *standard* e 14% para as soluções de fabrico. No que concerne ao guiamento intermédio para hastes circulares as soluções *standard* + fabrico e fabrico apresentam o maior número de soluções identificadas, com 37,5%. As soluções de fabrico + *standard* apresentam um valor de 25%. A análise das frequências do guiamento intermédio para hastes circulares das soluções de fabrico, destaca-se com 52,5%, seguindo-se as soluções fabrico + *standard*, 37,5%, e por último as soluções *standard* com 10%.

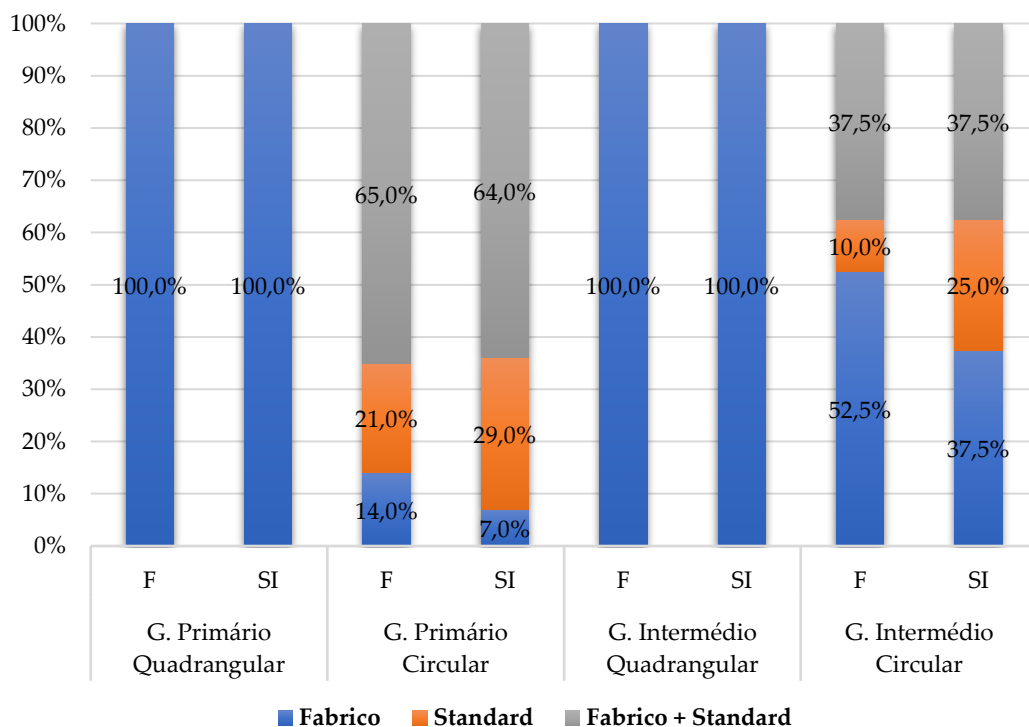


Figura 4.19 - Gráfico das soluções identificadas para o guiamento da haste

### 4.6.2 – Guiamento Primário

O guiamento primário é mais relevante no que concerne à qualidade da moldação (Figura 4.20). Para assegurar que durante o avanço da extração não ocorrem danos na moldação, e que durante o recuo, a zona moldante encaixa com precisão na caixa, existe a necessidade de localizar um guiamento o mais próximo possível da zona moldante (guiamento primário), como refere Bolrão *et al.*, (2005).

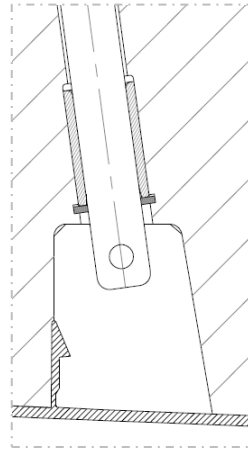


Figura 4.20 - Guiamento primário  
(Adaptado de Bolrão *et al.*, 2005)

### Haste Circular

Para o guiamento primário de hastes circulares identificaram-se três variantes (Tabela 4.19). A variante 1 consiste em realizar o guiamento diretamente na haste, não recorrendo a elementos postiços (casquilhos). Neste caso, existe a necessidade de realizar uma zona de guiamento com uma dimensão entre 10 e 20 mm e uma folga de no mínimo 0°30' (Figura 4.21).

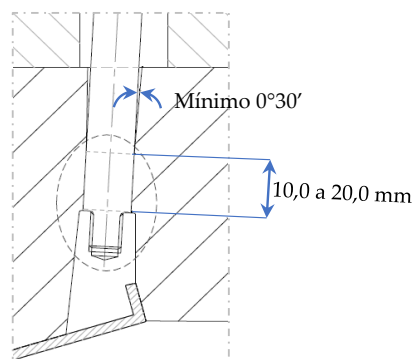


Figura 4.21 - Guiamento primário diretamente na placa para hastes circulares  
(Adaptado de Bolrão *et al.*, 2005)

Relativamente às variantes 2 e 3, ambas utilizam casquilhos, contudo os casquilhos apresentam algumas variações – o casquilho da variante 2, apresenta uma zona de maior diâmetro para servir de batente aquando da montagem (Figura 4.22).

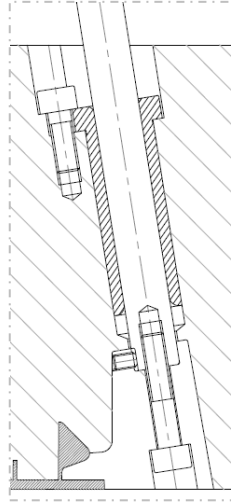
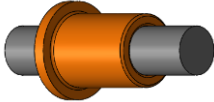
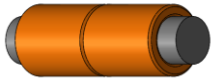


Figura 4.22 - Montagem da variante 2 do guiamento primário para haste circular  
(Adaptado de Bolrão *et al.*, 2005)

No que concerne à variante 3, este casquilho têm um diâmetro constante ao longo de todo o comprimento, permitindo conjugar vários casquilhos. Esta variante utiliza-se quando existe a necessidade de realizar zonas de guiamento de maior dimensão.

Para que o guiamento primário se possa implementar, quer seja diretamente na placa ou por casquilho, existe a necessidade de maquinar um furo calibrado onde será guiada a haste ou introduzido o casquilho.

Tabela 4.19 - Variantes para o guiamento primário de hastes circulares

| Guiamento Primário – Haste Circular |   |   |
|-------------------------------------|---|---|
| Guiamento Direto<br>na Placa        |  |  |
| Índice para Código                  |   |   |
| 1                                   | 2   | 3   |

### Anel Espaçador

Em alguns casos, existe a necessidade de utilizar um componente adicional, denominado anel espaçador. O anel espaçador consiste num tubo de secção circular, que apresenta uma dimensão em que o diâmetro interior não contacta com a haste, e o diâmetro exterior não contacta com o furo. Estas características, asseguram que o guiamento é realizado exclusivamente pelos casquilhos. O anel espaçador é fabricado a partir de um tubo de aço 10219<sup>9</sup> (Anexo 6) que é cortado com o comprimento adequado e posteriormente maquinado para ficar com as dimensões pretendidas.

A utilização deste componente pode ser realizada, de duas formas distintas de acordo com a Tabela 4.20. A variante 1 consiste na utilização de um anel espaçador de um dos lados do casquilho. Esta solução utiliza-se, quando a placa da bucha apresenta uma espessura elevada. A elevada espessura implica, a utilização do anel espaçador para que se possa fazer a fixação do casquilho de uma forma mais simples, permitindo a fixação logo na superfície da placa ao invés de junto ao casquilho (Figura 4.23).

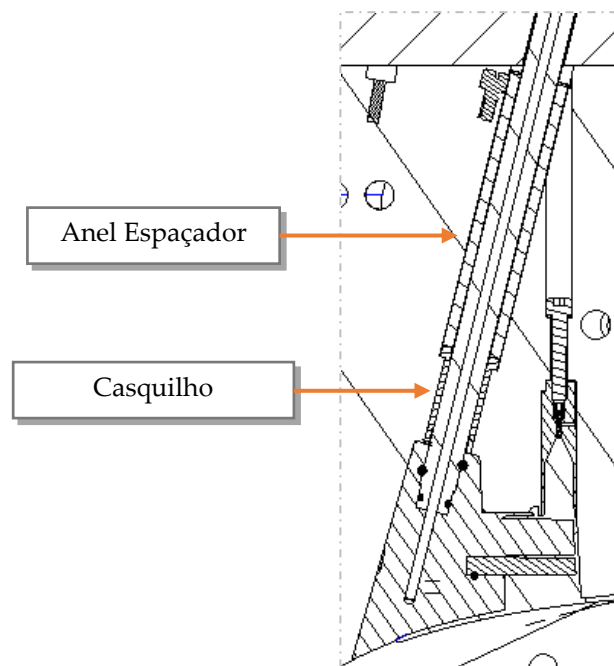
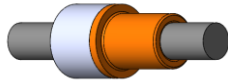
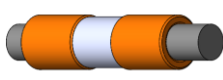


Figura 4.23 - Montagem da variante 1 do anel espaçador

<sup>9</sup> De acordo com a Norma Europeia (EN).

A variante 2 consiste na utilização de um anel espaçador entre dois casquilhos. Esta solução é semelhante à anterior, contudo ganha relevância quando existe, a necessidade de fazer o guiamento primário em dois pontos distintos, devido à elevada espessura da placa.

Tabela 4.20 - Variantes para o anel espaçador



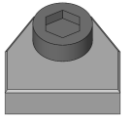
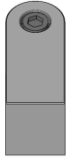
| Anel Espaçador  |  |
|---|--|
|  |  |
| Índice para Código  |  |
| 1   | 2  |

### Pormenores de Fixação

Quando se utilizam casquilhos como elementos de guiamento é necessário fixá-los, garantindo que o grau de liberdade de translação segundo a direção do furo fica bloqueado. Essa fixação pode ser conseguida de quatro formas distintas (Tabela 4.21),

- Parafuso (variante 1);
- Freio interior (variante 2);
- Chapa aparafusada (variante 3);
- Anti-Rotação (variante 4).

Tabela 4.21 - Pormenores de fixação dos casquilhos do guiamento primário

| Pormenores de Fixação   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Índice para Código  |   |  |   |
| 1   | 2   | 3  | 4   |

## Haste Quadrangular

No que concerne ao guiamento primário para hastes quadrangulares, apenas se identificou uma variante (Tabela 4.22). Esta consiste na realização do guiamento diretamente na placa da bucha.

Tabela 4.22 - Variante para o guiamento primário de hastes quadrangulares

| Guiamento Primário – Haste Quadrangular |
|---|
| Guiamento Direto na Placa               |
| Índice para Código                      |
| 1                                       |

Para que o guiamento se realize corretamente, devem-se respeitar as dimensões apresentadas na Figura 4.24. A dimensão linear corresponde à zona de guiamento e a dimensão angular ao ângulo que deve existir entre a haste e a placa.

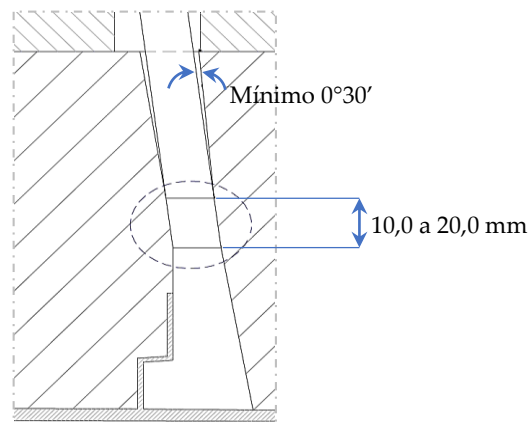


Figura 4.24 - Guiamento primário diretamente na placa para hastes quadrangulares (Adaptado de Bolrão *et al.*, 2005)

### 4.6.3 – Guiamento Intermédio

O guiamento intermédio desempenha a função de garantir que o ângulo da haste se mantém constante durante o período de funcionamento, como refere Bolrão *et al.*, (2005). Na maioria dos casos, localiza-se a meio vão da haste. Este tipo de guiamento ganha relevância quando se trata de hastes com comprimento considerável (Figura 4.25).

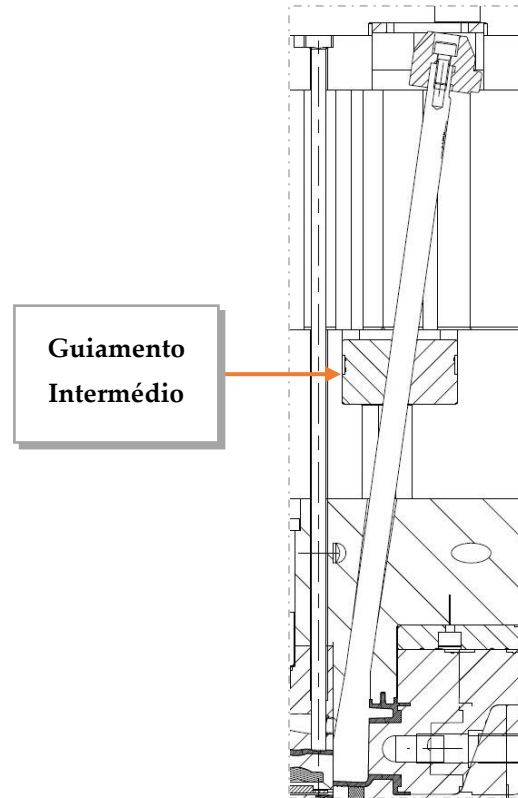


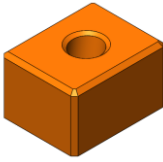
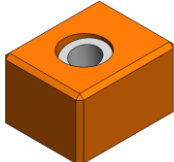
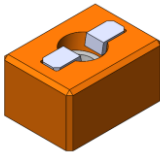
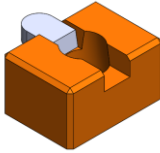

Figura 4.25 - Guiamento intermédio  
(Adaptado de Bolrão *et al.*, 2005)

### Haste Circular

Para o guiamento intermédio de hastes circulares, identificaram-se cinco variantes (Tabela 4.23). Num primeiro momento, estas variantes podem ser classificadas de acordo com o tipo de maquinagem a realizar na placa da bucha. As variantes 1 a 4, consistem num bloco paralelepípedo que contém o furo com o diâmetro e a inclinação adequados para uma determinada aplicação, sendo na maioria dos casos blocos fabricados devido à diversidade dimensional. Uma vez que o furo é realizado no bloco, a maquinagem da placa consiste apenas em abrir uma caixa, por fresagem, com as dimensões adequadas ao bloco. No que concerne à variante 5, trata-se de um casquilho *standard*. O modo de aplicação deste tipo de solução passa por realizar um furo inclinado na placa, tornando a implementação mais complexa.

Relativamente às variantes 1 e 2 estas apenas diferem na utilização de um casquilho *standard*, na zona de guiamento da haste. Na variante 1 o guiamento é realizado diretamente no bloco, enquanto que na variante 2 opta-se por utilizar um elemento postíço (casquilho). As variantes 3 e 4 são semelhantes às variantes 2 e 1, respetivamente, com a exceção de apresentarem no próprio bloco o componente anti-rotação.

Tabela 4.23 - Variantes para o guiamento intermédio de hastes circulares

| Guiamento Intermédio – Haste Circular   |  |   |
|---|--|---|
|  |  |   |
| Índice para Código  |  |   |
| 1   | 2  |   |
|  |   |  |
| Índice para Código  |  |   |
| 3   | 4  | 5   |

### Fixação da Haste Auxiliar

Quando existe a necessidade de utilizar guiamento auxiliar, pode ser aproveitado o bloco do guiamento intermédio, para fazer a fixação da haste auxiliar. A fixação da haste auxiliar nas duas extremidades (bi-encastrada), permite reduzir a flexão da haste e todos os esforços a ela associados. Esta possibilidade permite que as furações inclinadas, sejam todas efetuadas num bloco postíço (Figura 4.26). Outra solução viável seria furar diretamente a placa da bucha, contudo, mais complicada e dispendiosa, devido às dimensões da mesma.

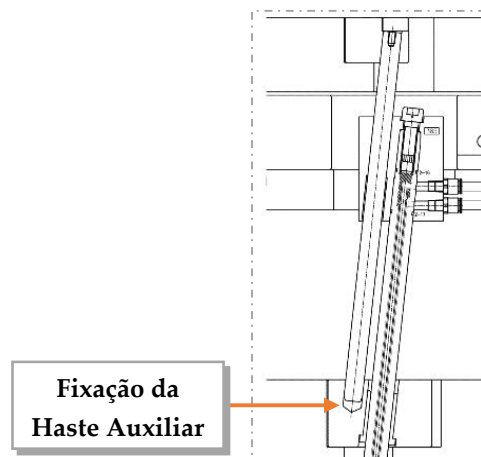
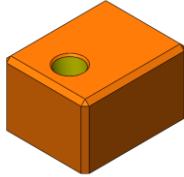
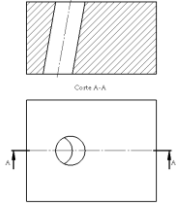


Figura 4.26 - Fixação da haste auxiliar no bloco do guiamento intermédio

A Tabela 4.24, ilustra a variante utilizada para incorporar a fixação da haste auxiliar no bloco do guiamento intermédio. Esta variante consiste em adicionar um furo com o diâmetro e ângulo adequado à haste auxiliar.



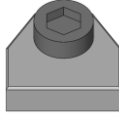

Tabela 4.24 - Variante para a fixação da haste auxiliar

| Fixação da Haste Auxiliar  |
|--|
|   |
| Desenho 2D   |
|  |
| Índice para Código   |
| 1  |

### Pormenores de Fixação

Como já foi referido anteriormente, quando se opta pela utilização de casquilhos, existe a necessidade de proceder à sua fixação. Neste sentido a Tabela 4.25 apresenta as possibilidades de fixação compatíveis com a variante 5 da Tabela 4.23.

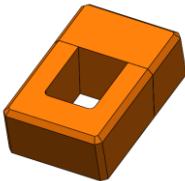
Tabela 4.25 - Pormenores de fixação do casquilho do guiamento intermédio

| Pormenor de Fixação   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Índice para Código  |   |  |   |
| 1   | 2   | 3  | 4   |

## Haste Quadrangular

Quando se opta por utilizar hastes de secção quadrangular, o guiamento intermédio realiza-se de acordo com a variante apresentada na Tabela 4.26. Esta variante é constituída por duas peças, que combinadas garantem as dimensões e o ângulo adequados para a aplicação. A razão pela qual se opta por fabricar a peça em duas metades, está relacionada com a facilidade de maquinação.

Tabela 4.26 - Variante para o guiamento intermédio de hastes quadrangulares

| Guiamento Intermédio – Haste Quadrangular   |
|---|
|  |
| Índice para Código  |
| 1   |

### 4.6.4 – Compatibilidades











Após a identificação das variantes associadas aos componentes/características do guiamento da haste, definiram-se as compatibilidades entre elas. Para facilitar a interpretação da matriz (Figura 4.27) utilizou-se o seguinte código policromático:

- Guiamento primário – Haste circular – (Tabela 4.19)
- Guiamento primário – Haste circular – Anel espaçador – (Tabela 4.20)
- Guiamento primário – Haste circular – Pormenores de fixação – (Tabela 4.21)
- Guiamento primário – Haste quadrangular – (Tabela 4.22)
- Guiamento intermédio – Haste circular – (Tabela 4.23)
- Guiamento intermédio – Haste circular – Guiamento auxiliar – (Tabela 4.24)
- Guiamento intermédio – Haste circular – Pormenores de fixação – (Tabela 4.25)
- Guiamento intermédio – Haste quadrangular – (Tabela 4.26)

Associada a cada cor estão as respetivas variantes numeradas de acordo com as tabelas apresentadas anteriormente dos diferente componentes/características.

No que concerne à interpretação da matriz, deve começar-se por definir o tipo de guiamento, guiamento primário ou guiamento intermédio, nas linhas. Os restantes passos são idênticos aos apresentados no capítulo 4.4.4 – Compatibilidades.

Como o guiamento da haste apresenta interação direta com a haste, torna-se necessário definir as compatibilidades entre estes dois componentes principais. Procurando facilitar a interpretação da matriz (Figura 4.28) utilizou-se um código policromático:

|   |   |
|---|---|
|    | Haste – Secção Transversal – (Tabela 4.11)                                    |
|    | Haste – Secção circular – Anti – Rotação – (Tabela 4.16)                      |
|    | Guiamento primário – Haste circular – (Tabela 4.19)                           |
|    | Guiamento primário – Haste circular – Anel espaçador – (Tabela 4.20)          |
|    | Guiamento primário – Haste circular – Pormenores de fixação – (Tabela 4.21)   |
|    | Guiamento primário – Haste quadrangular – (Tabela 4.22)                       |
|    | Guiamento intermédio – Haste circular – (Tabela 4.23)                         |
|    | Guiamento intermédio – Haste circular – Guiamento auxiliar – (Tabela 4.24)    |
|   | Guiamento intermédio – Haste circular – Pormenores de fixação – (Tabela 4.25) |
|  | Guiamento intermédio – Haste quadrangular – (Tabela 4.26)                     |

Relativamente à interpretação da matriz, com base no componente principal selecionado, deve averiguar-se as compatibilidades com os componentes/características a selecionar, restringindo *a priori* algumas possibilidades na matriz desse componente principal.

















































| Haste   |   | Guiamento da Haste  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   |   | Secção Transversal  |   | S. Circ   | Guiamento Primário  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Guiamento Intermédio  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   | Haste Circular  |   |   | Haste Circular  |   |   |   | Haste Quadrangular  | Haste Circular  |   |   |   |   | Haste Circular  |   |   |   | Haste Quadrangular  |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |   | Anel – Espaçador  |   | Pormenores de Fixação   |   |   |   |   |   |   |   | G. Aux.   | Pormenores de Fixação   |   |   |   |   |   |
|    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 1   | 2   | 1   | 1   | 2   | 3   | 1   | 2   | 1   | 2   | 3   | 4   | 1   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 1   | 1   | 2   | 3   | 4   | 1   |   |
|    | 1   |   |   |   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | . |
|    | 2   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | . |
|    | 1   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | .   | .   | .   | .   |   |   |   |   |   |   | .   |   |
| Guiamento Direto na Placa   | 1   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    | 2   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    | 3   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    | 1   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    | 2   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    | 1   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   | 2   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 3   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 4   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Guiamento Direto na Placa   | 1   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 1   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 2   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 3   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 4   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 5   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 1   | .   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 1   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 2   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 3   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 4   |   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | 1   |   | .   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

Figura 4.28 - Matriz de compatibilidades entre o guiamento da haste e a haste

### 4.6.5 - Codificação

Como referido no capítulo 4.3 a codificação permite, atribuir uma referência única a cada solução construtiva do guiamento da haste.

O desenvolvimento deste código teve por base os componentes/características identificadas para o guiamento da haste. O código apresenta 8 campos e encontra-se dividido em duas parte, guiamento primário, campos de 1 a 4 e guiamento intermédio, campos 5 a 8 (Figura 4.29).

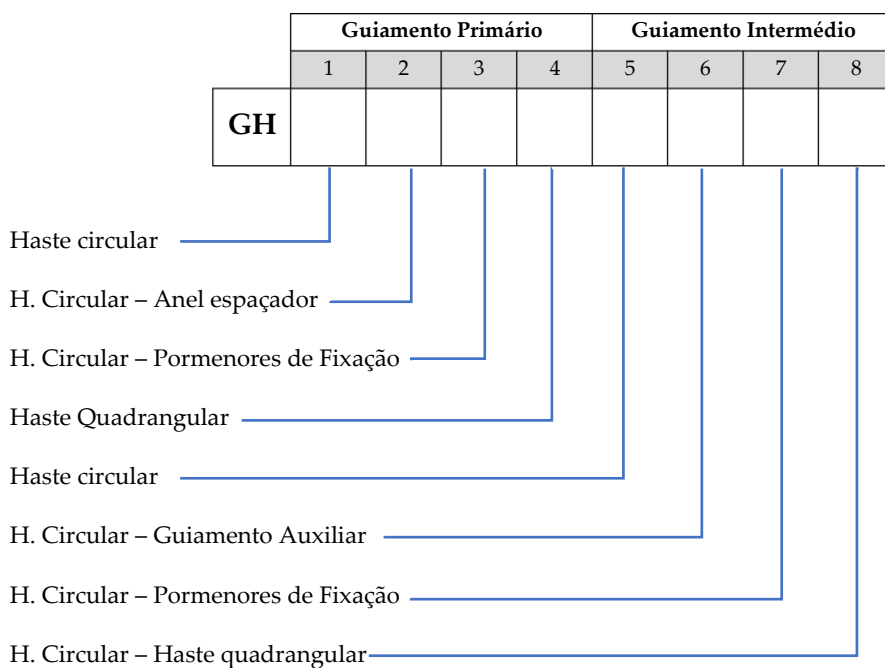


Figura 4.29 - Codificação do guiamento da haste

A Figura 4.30 apresenta um quadro resumo com todas as soluções possíveis para cada um dos 8 dígitos.

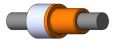





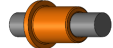












| Dígito 1             |   | Dígito 2                               |   | Dígito 3                        |  | Dígito 4                    |                                 | Dígito 5             |   | Dígito 6                           |   | Dígito 7                        |  | Dígito 8                    |   |
|----------------------|---|--|---|---------------------------------|--|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|---|------------------------------------|---|---------------------------------|--|-----------------------------|---|
| GP<br>Haste Circular |   | GP<br>Haste Circular<br>Anel Espaçador |   | GP<br>Haste Circular<br>Fixação |  | GP<br>Haste<br>Quadrangular |                                 | GI<br>Haste Circular |   | GI<br>Haste Circular<br>G Auxiliar |   | GI<br>Haste Circular<br>Fixação |  | GI<br>Haste<br>Quadrangular |   |
| 0                    | Não<br>Aplicável  | 0                                      | Não<br>Aplicável  | 0                               | Não<br>Aplicável   | 0                           | Não<br>Aplicável                | 0                    | Não<br>Aplicável  | 0                                  | Não<br>Aplicável  | 0                               | Não<br>Aplicável   | 0                           | Não<br>Aplicável  |
| 1                    | Guiamento<br>Direto na<br>Placa   | 1                                      |  | 1                               |   | 1                           | Guiamento<br>Direto na<br>Placa | 1                    |    | 1                                  |  | 1                               |   | 1                           |  |
| 2                    |  | 2                                      |  | 2                               |   | 2                           |                                 | 2                    |    | 2                                  |   | 2                               |   | 2                           |   |
| 3                    |  | 3                                      |   | 3                               |   | 3                           |                                 | 3                    |    | 3                                  |   | 3                               |   | 3                           |   |
|                      |   |  |   | 4                               |  | 4                           |                                 | 4                    |   | 4                                  |   | 4                               |  | 4                           |   |
|                      |   |  |   |                                 |  |                             |                                 | 5                    |  |                                    |   |                                 |  |                             |   |

Figura 4.30 - Quadro resumo para a codificação do guiamento da haste

## 4.7 – Guiamento Auxiliar

O guiamento auxiliar é um conjunto que assiste o movimento do balancé, quando o ângulo da haste ultrapassa os 12° e/ou as dimensões da zona moldante são de tal forma elevadas que dificultam o movimento do carro (Figura 4.31).

Este conjunto é constituído por dois componentes principais, o porta hastes e a haste auxiliar. O porta hastes é o componente que assegura o encastramento da haste auxiliar, garantindo a restrição de todos os graus de liberdade da mesma. Este componente é colocada na placa de aperto da extração, com o auxílio de parafusos e cavilhas calibradas. Relativamente ao processo de fabrico, o porta hastes é obtido por fresagem de um aço 1.1730<sup>10</sup>. A haste auxiliar, permite que o carro deslize sobre ela, auxiliando o movimento e garantindo a maior rigidez do sistema. Este componente é fabricado com os mesmos materiais e apresenta os mesmos tratamentos térmicos das hastes de secção circulares, apresentadas no capítulo 4.5. Devido às dimensões específicas este conjunto não pode ser adquirido a fabricantes de componentes *standard*.

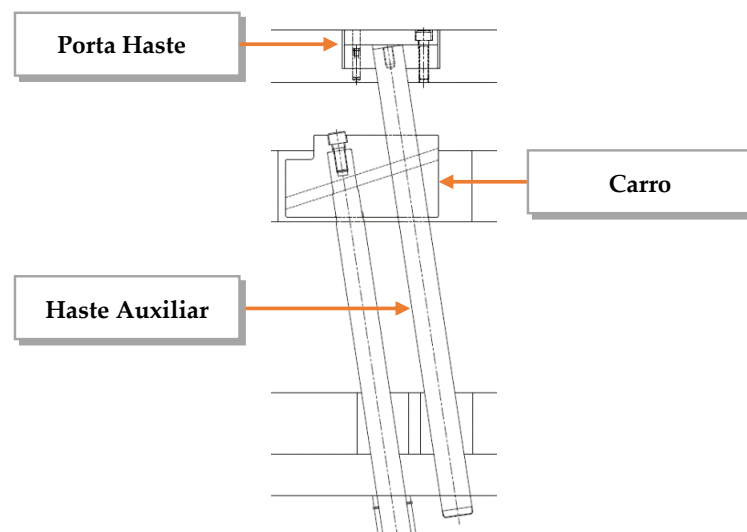


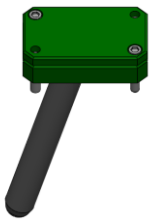
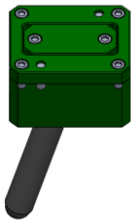
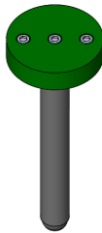
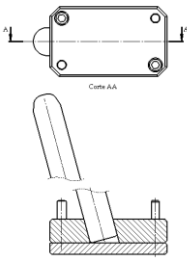
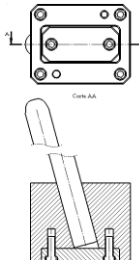
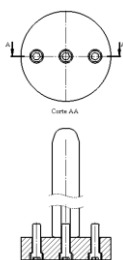
Figura 4.31 - Constituição do guiamento auxiliar

No que concerne às soluções identificadas para o guiamento auxiliar identificaram-se três variantes (Tabela 4.27). Estas variantes apenas diferem na configuração do porta hastes. A variante 1 permite fazer encastramentos pequenos e apresenta a vantagem da maquinação para a fixação do porta hastes, ser realizada perpendicularmente à placa de

<sup>10</sup> Aço especificado de acordo com o número de *Werkstoff*.

aperto da extração. Relativamente à variante 2, esta apresenta uma zona de encastramento muito superior, tipicamente para utilizar em balancés de grandes dimensões. Esta variante também permite fazer a maquinação perpendicularmente à placa de aperto da extração. Por último, a variante 3, consiste em aparafusar uma placa circular à extremidade da haste auxiliar. Esta variante utiliza-se em moldes de pequenas dimensões, e requer uma maquinação inclinada para a fixação à placa de aperto da extração.




Tabela 4.27 - Variantes para o guiamento auxiliar

| Guiamento Auxiliar  |   |   |
|---|---|---|
|    |    |    |
| Desenho 2D  |   |   |
|  |  |  |
| Índice para Código  |   |   |
| 1   | 2   | 3   |

### 4.7.1 - Compatibilidades

O guiamento auxiliar apenas apresenta variantes para um componente, o porta hastes, o que significa que a matriz de compatibilidades integra o guiamento auxiliar e os componentes principais que têm interação direta – guiamento da cabeça e guiamento da haste.

Para facilitar a interpretação da matriz (Figura 4.32) utilizou-se o seguinte código policromático:

-  Guiamento da cabeça – Carro – Guiamento auxiliar – (Tabela 4.7)
-  Guiamento da haste – Guiamento intermédio – Haste circular – Guiamento Auxiliar – (Tabela 4.24)
-  Guiamento Auxiliar – (Tabela 4.27)

Associada a cada cor estão as respetivas variantes numeradas de acordo com as tabelas apresentadas anteriormente dos diferente componentes/características.

No que concerne à interpretação da matriz, com base no componente principal selecionado, deve averiguar-se as compatibilidades com os componentes/características a selecionar, restringindo *a priori* algumas possibilidades na matriz desse componente principal.











|   |   | G. Cabeça   | G. Haste  | G. Auxiliar  |   |   |
|---|---|---|---|--|---|---|
|   |   | Componente C  | Guiamento Intermédio  |  |   |   |
|   |   | G. Aux.   | Haste Circular G.Aux.   |  |   |   |
|   |   |  |  |  |  |  |
|   |   | 1   | 1   | 1  | 2   | 3   |
|  | 1 |   | .   | .  | .   | .   |
|  | 1 | .   |   | .  | .   | .   |
|  | 1 | .   | .   |  |   |   |
|  | 2 | .   | .   |  |   |   |
|  | 3 | .   | .   |  |   |   |

Figura 4.32 - Matriz de compatibilidades entre o guiamento auxiliar o guiamento da cabeça e o guiamento da haste

## 4.7.2 - Codificação

Como se apresenta no capítulo 4.3 a codificação permite, atribuir uma referência única a cada solução construtiva do guiamento auxiliar.

O desenvolvimento deste código teve por base o componente identificado para o guiamento auxiliar. O código apresenta apenas 1 campo, uma vez que o porta haste é o único componente que pode variar (Figura 4.33).



Figura 4.33 - Codificação do guiamento auxiliar

A Figura 4.34 apresenta um quadro resumo com todas as soluções possíveis para o código.

**Dígito 1**


| Guiamento Auxiliar |   |
|--------------------|---|
| 0                  | Não Aplicável   |
| 1                  |  |
| 2                  |  |
| 3                  |  |

Figura 4.34 - Quadro Resumo para a Codificação do Guiamento Auxiliar

## Sequência de Projeto

---

### 5.1 – Introdução

Um projeto sem uma sequência de etapas definidas, contribuirá seguramente, para uma dispersão de soluções.

Nesta perspectiva, a elaboração de uma sequência de projeto revela-se indispensável para identificar os pontos de tomada de decisão no projeto do balancé. Identificados os pontos de tomada de decisão, permitirá definir onde e como, se devem combinar as soluções identificadas no capítulo 4 para cada um dos componentes principais do balancé, tema a abordar no capítulo 6 pormenorizadamente.

Neste caso pretende-se aplicar uma metodologia de projeto denominada *Design Structure Matrix* (DSM) onde se discretizam as etapas do projeto e se definem relações de dependência entre etapas, com o objetivo de identificar qual a sequência mais apropriada para o projeto do balancé.

### 5.2 – Metodologia – *Design Structure Matrix* (DSM)

A metodologia *Design Structure Matrix*, vulgarmente denominada por DSM, permite representar os elementos que compõem um sistema e as suas interações, evidenciando a arquitetura do sistema como refere Eppinger & Browning (2012). A DSM apresenta resultados bastante satisfatórios no desenvolvimento de sistemas complexos de engenharia, tendo sido utilizada pela primeira vez para a área de engenharia industrial. Embora tenha a sua génese em problemas de engenharia, atualmente é utilizada em diversas áreas como política, ciências naturais, sistemas sociais, sistemas financeiros, saúde, etc.

No que concerne aos modelos possíveis de analisar pela DSM, estes podem ser divididos em quatro tipos, que correspondem a três categorias principais, como refere

Eppinger *et al.*, (2012). A Figura 5.1 ilustra os tipos de modelos possíveis de analisar com a metodologia DSM. Os modelos de arquitetura estática, representam sistemas em que os elementos existem simultaneamente. Habitualmente, utilizam-se em sistemas como produtos (interação física entre componentes) e organizações (comunicação entre membros). A segunda categoria, modelos de fluxo temporal representam sistemas em que os elementos podem ser realizados ao longo do tempo. Os modelos que dependem do tempo utilizam-se para representar modelos de processos baseados em atividades, modelos baseados em parâmetros de baixo nível e processos de software (embora o *software* seja um produto, executa-se processualmente). Por último o modelo multi-domínio, representa mais do que um tipo de DSM (produto, processo e/ou organização) numa única matriz.

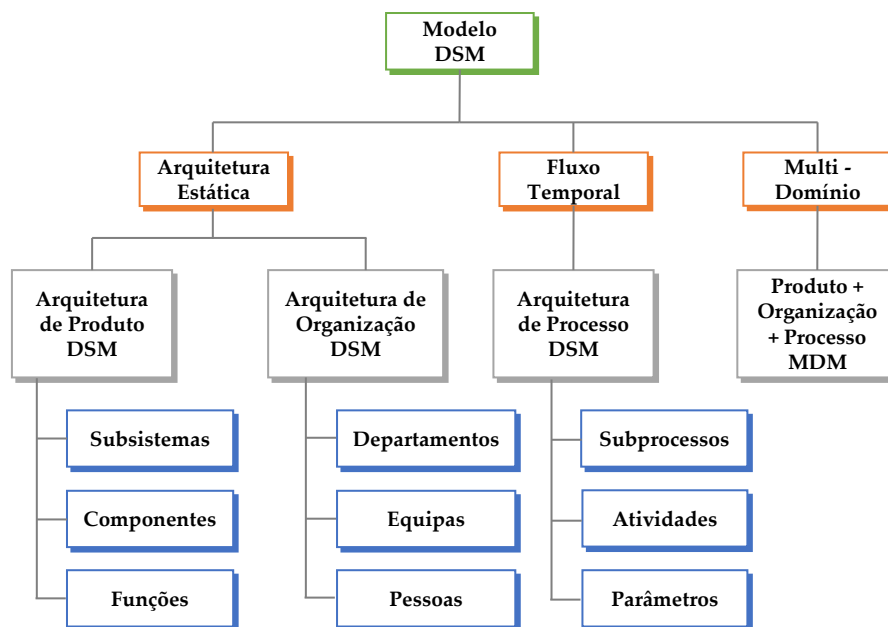


Figura 5.1 - Tipos de modelos DSM  
(adaptado de Eppinger *et al.*, 2012)

A utilização desta metodologia pressupõe a realização de cinco etapas para que se possa definir corretamente a arquitetura de um determinado sistema (Figura 5.2).



Figura 5.2 - Abordagem DSM para modelar um sistema  
(adaptado de Eppinger *et al.*, 2012)

A primeira etapa – decomposição – consiste em dividir o sistema nos elementos que o constituem e, se possível, definir níveis hierárquicos. Assim que os elementos se encontram identificados, elabora-se uma matriz quadrada onde se listam os elementos pela mesma ordem nas linhas e nas colunas da matriz. A representação matricial permite uma interpretação compacta e intuitiva sobre a arquitetura do Sistema (Eppinger *et al.*, 2012).

A segunda etapa – identificação – consiste em relacionar os elementos. A identificação das relações é efetuada pela marcação de uma cruz na entrada da matriz, que se pretende identificar com tendo uma relação. Para preencher a matriz no que concerne às relações, há que ter em conta a convenção a utilizar. Existem duas convenções de acordo com Eppinger *et al.*, (2012), *inputs in rows* (IR) e *inputs in columns* (IC). Na convenção IR os *inputs* são representados nas linhas e os *outputs* nas colunas, relativamente à convenção IC, a representação é a contrária. A convenção IR será a utilizada ao longo do estudo. Observe-se o exemplo da Figura 5.3, que espelha a passagem de um esquema gráfico para a forma matricial. A marcação das relações do elemento A pode ser entendida da seguinte forma, o elemento A apresenta como *input* o elemento E como *output* o elemento D. Analisando o diagrama do sistema verifica-se que o elemento A tem uma seta a sair para o elemento D (*output*) e uma seta a entrar no elemento A (*input*), espelhando a coerência entre as duas variantes.

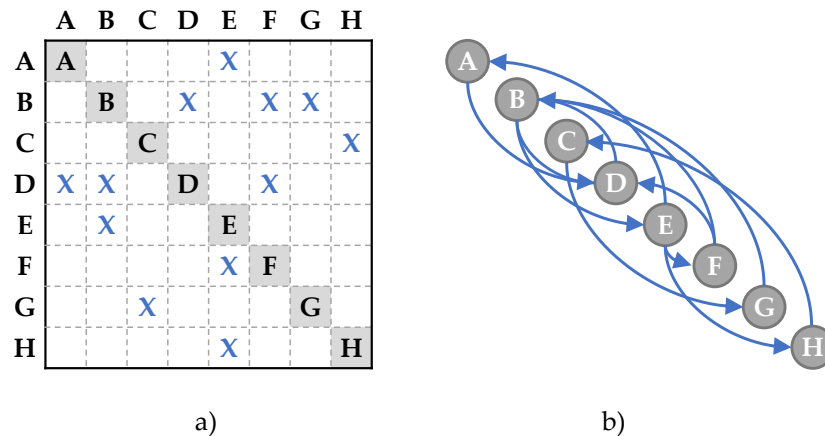


Figura 5.3 - Representação binária DSM - a) *Inputs* nas linhas; b) Diagrama equivalente (adaptado de Eppinger *et al.*, 2012)

A terceira etapa – análise – é a etapa mais importante da DSM. Nesta etapa os elementos são reorganizados de forma a que as relações se situem abaixo da diagonal, matriz triangular inferior, ou o mais próximo da diagonal, quando não é possível obter uma matriz triangular inferior, como indica Mujumdar, Bhattacharya, & Maheswari, (2015).

À luz da metodologia DSM a reorganização da matriz denomina-se *partitioning*, podendo ser realizada de várias formas distintas. As abordagens mais utilizadas são o *clustering* e o *sequencing* (Eppinger *et al.*, 2012).

No que concerne ao *clustering*, esta abordagem utiliza-se quando a matriz apresenta várias relações simétricas em relação à diagonal. O *clustering* é independente do tempo e consiste em identificar grupos (*clusters*) de elementos ao longo da diagonal. A principal vantagem deste método é identificar e projetar estruturas hierárquicas, por exemplo departamentos e equipas (Danilovic & Browning, 2007). A Figura 5.4, ilustra a aplicação da abordagem *clustering* para reorganizar uma determinada matriz. Os retângulos representados a vermelho denominam-se *clusters* e contêm a maioria das relações. Neste caso existem três *clusters*, dois deles estão interligados pelo elemento D. Este exemplo pode representar a elaboração de várias equipas para satisfazer um projeto. A equipa 1 contém os elementos/pessoas A e C, a equipa 2 contém as pessoas B, E, G e D e a equipa 3 as pessoas D, F e H. Salienta-se que a pessoa D pertence a duas equipas, o que significa que será o elemento de ligação entre estas.

|   | A | C | B | E | G | D | F | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | A | X |   |   |   |   |   |   |
| C | X | C |   |   |   |   |   |   |
| B |   |   | B |   | X | X |   |   |
| E |   |   | X | E | X |   |   |   |
| G |   |   |   | X | G | X |   |   |
| D |   |   | X |   | X | D | X | X |
| F |   |   |   |   |   | X | F | X |
| H |   |   |   |   |   | X |   | H |

Figura 5.4 - Abordagem *clustering* para a reorganização da matriz (adaptado de Eppinger *et al.*, 2012)

A abordagem *sequencing*, permite espelhar as dependências entre os elementos e deste modo identificar a ordem pela qual devem ser realizados, como refere Danilovic *et al.*, (2007). A ordem de realização dos elementos asseguram a independência, como refere Park, (2007). Neste tipo de análise pode identificar-se como devem ser realizados os elementos, em paralelo, sequencialmente ou combinados (quando existem blocos acoplados). Esta análise é dependente do tempo e permite definir uma sequência de ativi-

dades. A Figura 5.5 ilustra a matriz reorganizada após a aplicação da abordagem *sequencing*. A matriz apresenta dois retângulos verdes, que representam os acoplamentos<sup>11</sup>, casos em que existem interdependências entre elementos. A ordem pela qual os elementos estão listados, permite definir uma seqüência que garanta a independência. Para o caso dos acoplamentos, deve-se optar por um elemento e prosseguir o projeto, nestes casos o projeto adquire uma cariz iterativo.

|   | D | B | G | F | H | A | C | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | D |   |   |   |   |   |   |   |
| B | X | B | X | X |   |   |   |   |
| G |   | X | G |   |   |   |   |   |
| F | X | X | X | F |   |   |   |   |
| H |   |   |   | X | H |   |   |   |
| A | X |   | X |   | X | A |   | X |
| C |   |   | X |   | X | X | C | X |
| E |   | X |   |   |   | X | X | E |

Figura 5.5 - Abordagem *sequencing* para a reorganização da matriz (adaptado de Eppinger et al., 2012)

A quarta etapa – representação – consiste em elaborar uma representação visual do modelo DSM, de modo a facilitar a compreensão do sistema. Para realizar esta representação visual, importa perceber como converter a informação da matriz num esquema (Figura 5.6). De notar que esta abordagem apenas se aplica ao *sequencing*.

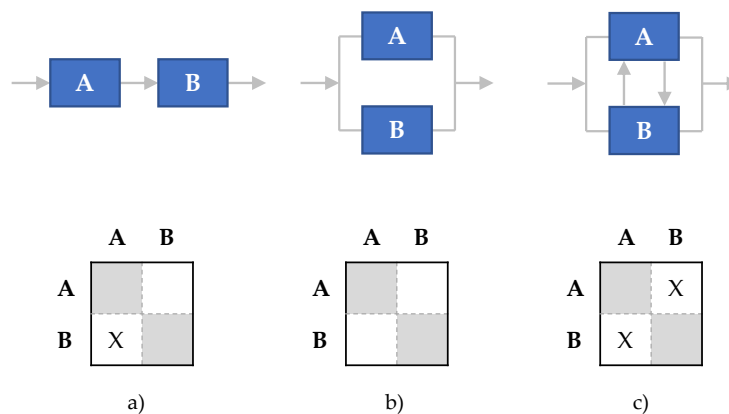


Figura 5.6 - a) Sequencial; b) Paralelo; c) Acoplamento (adaptado de Ma, Hao, Xiao, & Zhu, 2019)

<sup>11</sup> Não confundir com os acoplamentos no projeto do balancé. Aqui tem a designação de ligação não independente de acordo com a teoria Axiomática de Projeto (Park, 2007).

A quinta etapa – melhorar – por vezes o primeiro resultado da DSM não espelha de uma forma evidente o sistema que se pretende analisar, deste modo pode surgir a necessidade de fazer algumas alterações à matriz DSM.

## 5.3 – Aplicação da DSM ao Projeto do Balancé

A aplicação da DSM ao projeto do balancé pressupõe a identificação precisa das etapas constituintes do projeto. O projeto do balancé pode dividir-se em dois conjuntos de etapas – etapas técnico-comerciais e etapas técnico-construtivas (Figura 5.7). As etapas técnico-comerciais, referem-se a procedimentos e/ou imposições definidas quer pelo cliente, quer pelas normas internas da empresa. Por outro lado, as etapas técnico-construtivas referem-se às fases necessárias para caracterizar o balancé.

Por norma, as etapas técnico-comerciais são as primeiras a ser realizadas, seguindo-se as etapas técnico-construtivas. Podem existir situações em que o balancé fique completamente definido pelas etapas técnico-comerciais.

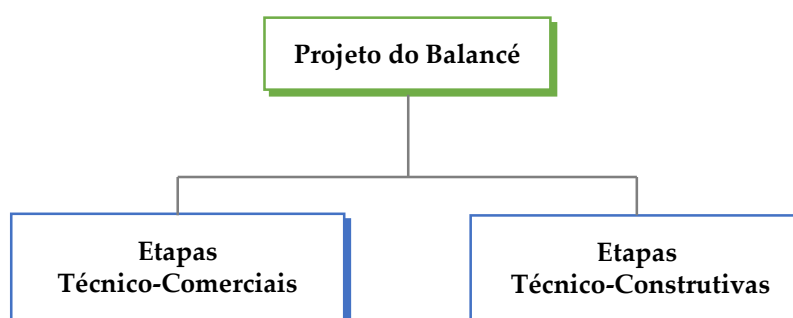


Figura 5.7 - Divisão do projeto do balancé em conjuntos de etapas

### 5.3.1 – Etapas Técnico-Comerciais

A primeira tarefa a realizar para a aplicação da DSM consiste em decompor as etapas técnico-comerciais. A decomposição resultou em quatro etapas, normas internas, aplicações similares, normas do cliente e especificações do cliente. Para facilitar a compreensão de cada uma das etapas, apresenta-se uma breve descrição.

### 1 – Normas Internas

Consiste em verificar as normas de boas práticas para a definição dos tipos construtivos de balancés aplicadas aos moldes elaborados pelas empresas do grupo, sem prejuízo de outras indicações definidas no caderno de encargos do cliente.

### 2 – Aplicações Similares

Consiste em verificar na base de dados de moldes realizados se existem moldes com negativos similares, tipos construtivos idênticos, moldes com balancés do mesmo cliente, etc.

### 3 – Normas do Cliente

Consiste em verificar, nas normas gerais do cliente, se estão definidos os tipos construtivos para aplicação de balancés e se existe a obrigatoriedade de cumprir os mesmos.

### 4 – Especificações do Cliente

Consiste em verificar se a ficha de especificações do molde, elaborada pelo cliente, define as zonas a serem desmoldadas por balancés e os respetivos tipos construtivos.

Definidas as etapas técnico-comerciais, preencheu-se a matriz e identificaram-se as relações entre as etapas. A Figura 5.8, ilustra a matriz devidamente preenchida, o símbolo (X) indica a presença de relação. A convenção utilizada refere-se aos *inputs in rows* (IR).

|                           |   | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|---|---|---|---|---|
| Normas Internas           | 1 | 1 |   | X | X |
| Aplicações Similares      | 2 | X | 2 | X | X |
| Normas do Cliente         | 3 |   |   | 3 | X |
| Especificações do Cliente | 4 |   |   |   | 4 |

Figura 5.8 - Matriz DSM das etapas técnico-comerciais

Preenchida a matriz, recorreu-se a um algoritmo para reorganizar a matriz de acordo com a abordagem *sequencing*. A abordagem adotada revelou-se a mais adequada uma vez que se pretendia definir uma sequência de etapas, garantindo a independência.

A Figura 5.9 ilustra a matriz reorganizada. Verificou-se que a matriz apresenta uma estrutura triangular inferior, o que indica que é possível definir uma sequência independente para as quatro etapas, desde que se respeite a nova ordem das etapas.

|                           |   | 4 | 3 | 1 | 2 |
|---------------------------|---|---|---|---|---|
| Especificações do Cliente | 4 | 4 |   |   |   |
| Normas do Cliente         | 3 | X | 3 |   |   |
| Normas Internas           | 1 | X | X | 1 |   |
| Aplicações Similares      | 2 | X | X | X | 2 |

Figura 5.9 - Matriz DSM das etapas técnico-comerciais reorganizada

Com base na matriz reorganizada, realizou-se a representação gráfica da sequência das etapas técnico-comerciais (Figura 5.10). Neste caso todas as etapas são sequenciais, pois a matriz encontra-se completamente preenchida da diagonal para baixo.

A representação dos níveis auxilia na leitura do esquema, uma vez que indica o número mínimo de etapas a realizar, para que se possa efetuar uma determinada tarefa. Para obter esse número mínimo basta subtrair 1 ao número do nível. Refere-se a número mínimo pois pode haver casos, quando existem etapas em paralelo, em que esse número seja superior.

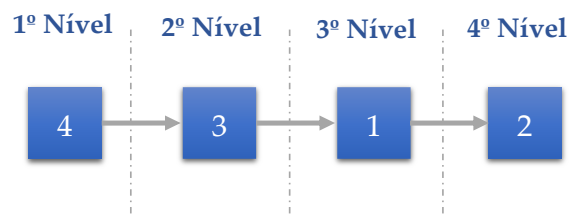


Figura 5.10 – Sequência das etapas técnico-comerciais

### 5.3.1 – Etapas Técnico-Construtivas

A decomposição das etapas técnico-construtivas resultou em doze etapas que se elencam e caracterizam de seguida:

- Altura de Extração;
- Necessidade de Refrigeração;
- Material Plástico a Desmoldar;
- Esforço de Desmoldação;
- Materiais;
- Curso de Desmoldação;
- Forma/Tipo de Negativo;
- Ângulo da Haste;
- Necessidade de Guiamento Auxiliar;
- Dimensão/Peso da Zona Moldante;
- Comprimento da Haste;
- Ângulo de Desmoldação.

#### 1 – Altura de Extração

Consiste em calcular o vão de extração, permitindo definir o curso máximo de desmoldação.

#### 2 – Necessidade de Refrigeração

Permite averiguar a necessidade de adicionar furos de refrigeração na zona moldante do balancé, devido à área ou forma da zona moldante. A necessidade de refrigeração está inteiramente relacionada com a temperatura de processamento do material plástico.

#### 3 – Material Plástico a Desmoldar

Consiste em analisar o material, ou materiais que vão ser injetados para produzir a moldação, pois existem implicações associadas a determinados materiais.

#### **4 – Esforço de Desmoldação**

Permite estimar o esforço necessário para movimentar a zona moldante do balancé, devido ao peso próprio, atrito gerado entre os diversos componentes e esforço gerado pela moldação na zona moldante do balancé.

#### **5 – Materiais**

Possibilita selecionar a gama de materiais compatíveis entre si a aplicar nos diversos componentes do balancé, e compatíveis com o material da peça plástica.

#### **6 – Curso de Desmoldação**

Consiste em analisar o valor máximo da zona negativa para que se possa definir a distância que o balancé deve percorrer de forma, a ser possível desmoldar a peça plástica.

#### **7 – Forma/Tipo de Negativo**

Permite analisar o formato da zona negativa e a tipologia da moldação que forma a zona negativa. Esta etapa deve ter em consideração, a dimensão, robustez do plástico e o espaço envolvente.

#### **8 – Ângulo da Haste**

Consiste em determinar o ângulo definido, pela direção de funcionamento da haste e a direção de acionamento das placas extratoras.

#### **9 – Necessidade de Guiamento Auxiliar**

Permite averiguar a necessidade de aplicar uma guia auxiliar para auxiliar na movimentação do carro, fundamentalmente, devido ao esforço de desmoldação e ao ângulo da haste.

#### **10 – Dimensão/Peso da Zona Moldante**

Consiste em determinar as dimensões da zona moldante e a respetiva massa a movimentar.

#### **11 – Comprimento da Haste**

Consiste em definir o comprimento da haste, sendo definida entre a zona moldante e o guiamento da cabeça.

## 12 – Ângulo de Desmoldação

Consiste em verificar se o ângulo de desmoldação da zona negativa pode ser considerado perpendicular à direção de acionamento das chapas extratoras. Esta etapa permite definir a utilização do guiamento da cabeça inclinado ou simples.

Definidas as etapas técnico-constructivas, preencheu-se a matriz e identificaram-se as relações entre as etapas. A Figura 5.11, ilustra a matriz devidamente preenchida.

|                        |    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Altura Extração        | 1  | 1 |   |   |   |   | X |   | X |   |    |    | X  |
| Refrigeração           | 2  |   | 2 | X |   |   |   | X |   |   | X  |    |    |
| Mat. Plást. Desmoldar  | 3  |   |   | 3 |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Esforço Desmoldação    | 4  | X |   | X | 4 |   |   | X | X |   |    |    | X  |
| Materiais              | 5  | X | X | X | X | 5 | X | X | X | X | X  | X  | X  |
| Curso de Desmoldação   | 6  | X |   |   |   |   | 6 | X | X |   |    |    | X  |
| Forma/Tipo de Negativo | 7  |   |   |   |   |   |   | 7 |   |   |    |    |    |
| Ângulo da Haste        | 8  | X |   |   |   |   | X |   | 8 |   |    |    |    |
| Guiamento Auxiliar     | 9  |   |   |   | X |   |   |   | X | 9 |    | X  |    |
| Dimensão/Peso Z.M.     | 10 |   |   |   |   |   |   | X |   |   | 10 |    |    |
| Comprimento da Haste   | 11 | X |   |   |   |   |   | X | X |   |    | 11 | X  |
| Ângulo de Desmoldação  | 12 |   |   |   |   |   |   | X |   |   |    |    | 12 |

Figura 5.11 - Matriz DSM das etapas técnico-constructivas

Identificadas as relações entre as etapas, reorganizou-se a matriz de acordo com a abordagem *sequencing*. A Figura 5.12 ilustra a matriz reorganizada. Analisando a matriz pode identificar-se relações acima da diagonal, o que indica a presença de um acoplamento. O acoplamento encontra-se representado por um quadrado a verde, no contexto do projeto do balancé este acoplamento seria expectável, uma vez que as três etapas acopladas estão interligadas pela expressão que determina o curso de desmoldação. Nesta situação o projetista terá de optar por uma das três etapas e prosseguir o projeto, podendo este tomar um cariz iterativo. Em situações como esta recomenda-se a partilha de

ideias com o responsável do projeto, procurando fixar a primeira etapa do acoplamento, podendo ser qualquer uma das três, a decisão depende sempre do projeto em questão. As restantes etapas por se situarem abaixo da diagonal principal, garantem a independência da sequência, desde que se respeite a nova ordem das etapas.

|                        |    | 3 | 7 | 10 | 12 | 1 | 6 | 8 | 2 | 4 | 11 | 9 | 5 |
|------------------------|----|---|---|----|----|---|---|---|---|---|----|---|---|
| Mat. Plást. Desmoldar  | 3  | 3 |   |    |    |   |   |   |   |   |    |   |   |
| Forma/Tipo de Negativo | 7  |   | 7 |    |    |   |   |   |   |   |    |   |   |
| Dimensão/Peso Z.M.     | 10 |   | X | 10 |    |   |   |   |   |   |    |   |   |
| Ângulo de Desmoldação  | 12 |   | X |    | 12 |   |   |   |   |   |    |   |   |
| Altura Extração        | 1  |   |   |    | X  | 1 | X | X |   |   |    |   |   |
| Curso de Desmoldação   | 6  |   | X |    | X  | X | 6 | X |   |   |    |   |   |
| Ângulo da Haste        | 8  |   |   |    |    | X | X | 8 |   |   |    |   |   |
| Refrigeração           | 2  | X | X | X  |    |   |   |   | 2 |   |    |   |   |
| Esforço Desmoldação    | 4  | X | X |    | X  | X |   | X |   | 4 |    |   |   |
| Comprimento da Haste   | 11 |   | X |    | X  | X |   | X |   |   | 11 |   |   |
| Guiamento Auxiliar     | 9  |   |   |    |    |   |   | X |   | X | X  | 9 |   |
| Materiais              | 5  | X | X | X  | X  | X | X | X | X | X | X  | X | 5 |

Figura 5.12 - Matriz DSM das etapas técnico-constructivas reorganizada

Partindo da matriz reorganizada, elaborou-se a representação gráfica da sequência das etapas técnico-constructivas (Figura 5.13). Neste caso, como a matriz não se encontra totalmente preenchida da diagonal para baixo e como existe um acoplamento, podem identificar-se etapas sequenciais, acopladas e que se realizam em paralelo. Este esquema apresenta seis níveis, contudo como existem etapas que se realizam em paralelo, importa ter em atenção, a utilização da expressão para calcular o número de etapas a realizar para uma tarefa.

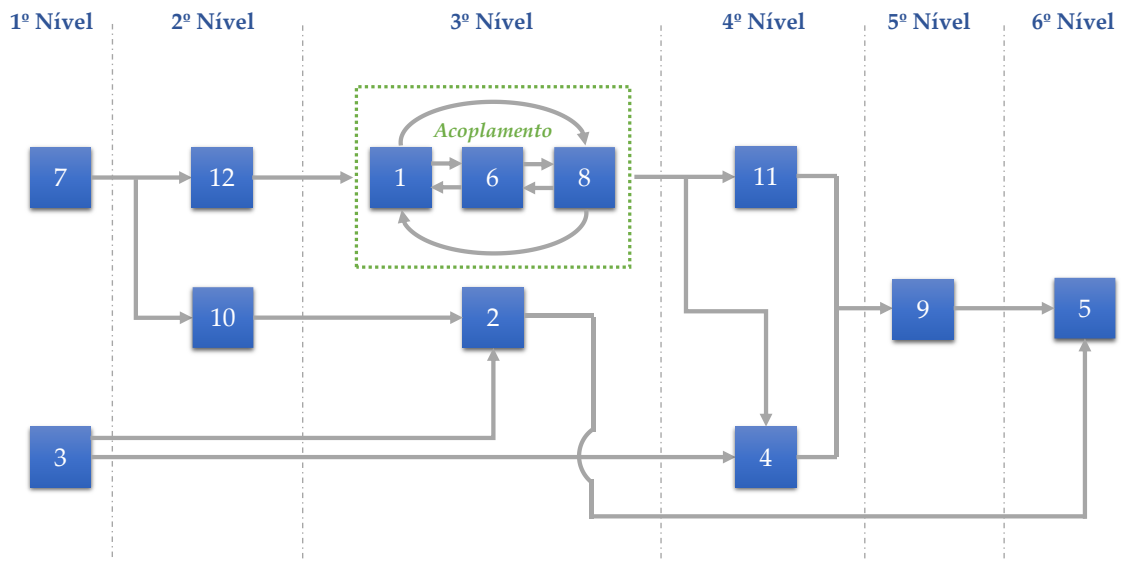


Figura 5.13 - Sequência das etapas técnico-constructivas



## Metodologia para Utilização Lógica dos Componentes do Balancé e Caso de Estudo

---

### 6.1 – Introdução

O trabalho desenvolvido até ao momento apresenta duas tarefas distintas. A primeira tarefa, consistiu em identificar todas as variantes associadas aos componentes/características de cada componente principal do balancé. Com base nessa identificação, realizaram-se matrizes de compatibilidades entre as variantes de cada componente/característica e entre componentes principais que têm interação direta. Seguidamente, definiu-se uma codificação para cada componente principal, assegurando que cada solução construtiva seria identificada por uma referência única.

Relativamente à segunda tarefa, identificaram-se as etapas mais relevantes para o projeto do balancé, através de uma metodologia de projeto denominada DSM (*Design Structure Matrix*), definiu-se a ordem pela qual se devem efetuar as etapas, garantindo a independência do projeto.

Num primeiro momento as duas tarefas realizadas, encontravam-se desarticuladas, não sendo possível definir uma ligação entre elas. Embora existisse uma sequência de projeto a cumprir, no que concerne à interpretação da matriz de compatibilidades, esta fica ao critério do projetista, o que se revela preocupante do ponto de vista da parametrização do projeto, uma vez que não é seguido nenhum padrão.

De modo a relacionar estas duas tarefas (matriz de compatibilidades e sequência de projeto) desenvolveu-se um fluxograma que permite à medida que se avança no projeto, ir atualizando a matriz de compatibilidades, eliminando soluções. Desta forma, os graus de liberdade do projetista ficam reduzidos, assegurando uma maior uniformidade entre as soluções realizadas pela empresa, contribuindo para automatizar o projeto dos balancés.

Por último, apresenta-se um caso de estudo para ilustrar a implementação da metodologia para a seleção lógica dos componentes do balancé.

## 6.2 – Fluxograma

A necessidade de relacionar as matrizes de compatibilidades com a sequência de etapas técnico-construtivas, levou ao desenvolvimento de um fluxograma que estabelecesse a ponte entre as duas tarefas, constituindo-se na ferramenta metodológica a implementar.

O fluxograma apresenta uma relação direta com os níveis da sequência das etapas técnico-construtivas. Esta relação surge da atribuição de variáveis, que se relacionam com os componentes/características presentes nas matrizes de compatibilidades. O valor das variáveis depende das decisões tomadas, num determinado nível da sequência de etapas.

Ao definir as variáveis e os valores que estas podem tomar, estruturar-se um fluxograma que de acordo com o valor da variável, conduz a uma atualização das matrizes de compatibilidades.

O fluxograma elaborado (Figura 6.1) apresenta seis variáveis dispersas por cinco níveis:

- Necessidade de Balancé – NB;
- Secção Transversal da Haste – SH;
- Ângulo de Desamoldação – AD;
- Necessidade de Refrigeração – NR;
- Guiamento Intermédio – GI;
- Guiamento Auxiliar – GA.

Pretendia-se associar variáveis aos seis níveis, contudo o nível seis, não permite fazê-lo, uma vez que não é possível estabelecer nenhuma relação com os componentes/características das matrizes de compatibilidades. Associado a cada variável está uma tomada de decisão que, consoante o valor, permite atualizar as matrizes de compatibilidades. Realizou-se um quadro resumo com as atualizações das matrizes de compatibilidades que, consoante o valor das variáveis, indica as linhas e as colunas a eliminar nas matrizes de compatibilidades (Anexo 7). Assim, quando se percorrer o fluxograma na totalidade as possibilidades para os componentes principais do balancé diminuem.

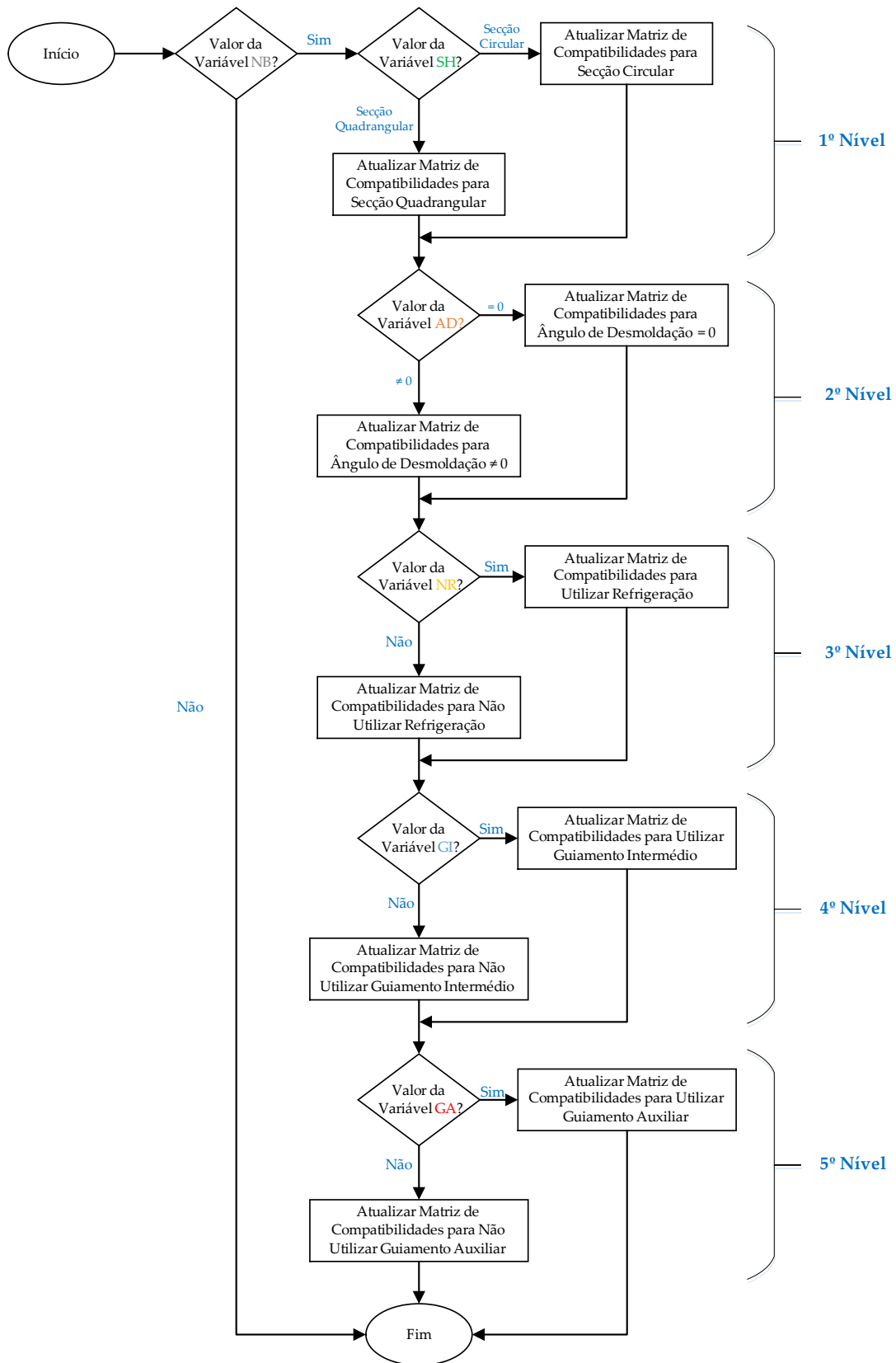


Figura 6.1 - Fluxograma para a atualização das matrizes de compatibilidades

## 6.3 – Caso de Estudo

Para apresentar a implementação da ferramenta metodologia, realizou-se um caso de estudo. Este consiste numa aplicação de balancé presente no molde 9937<sup>12</sup>, realizado pela empresa (Figura 6.2). Os critérios para a seleção deste tipo de balancé tiveram presente duas ordens de razões: a) a complexidade do mecanismo, uma vez que possui refrigeração, guiamento auxiliar, guiamento intermédio, entre outros; b) projeto realizado com sucesso, o que permite validar a ferramenta metodológica desenvolvida.

O caso de estudo apresenta a seguinte estrutura: a) seguir a sequência de etapas técnico-constructivas nível a nível; b) consoante as decisões tomadas, define-se o valor para cada variável; c) com base no valor das variáveis percorre-se o fluxograma, que permite definir as alterações a efetuar às matrizes de compatibilidades; d) com as matrizes completamente atualizadas, pretende-se demonstrar que, dentro das possibilidades disponíveis, é possível projetar um balancé com as mesmas características do apresentado na Figura 6.2.

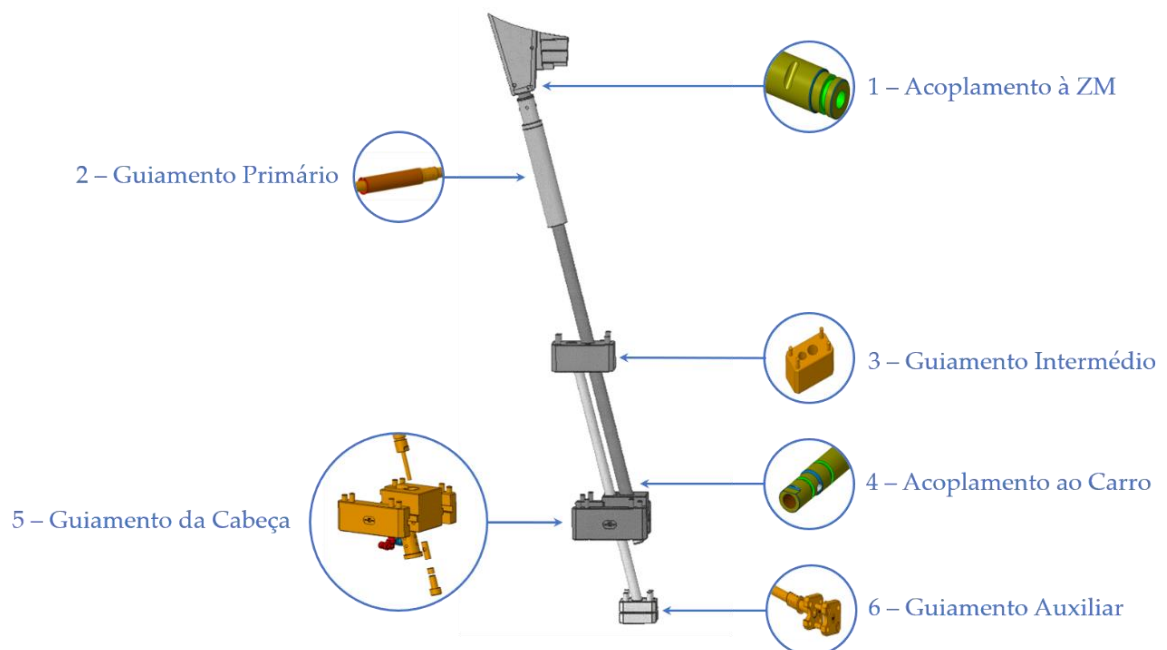


Figura 6.2 - Caso de estudo

<sup>12</sup> Referência da empresa Aníbal H. Abrantes.

### 6.3.1 – 1º Nível

O 1º nível da sequência de etapas técnico-construtivas abrange as etapas 3 e 7, material plástico a desmoldar e forma/tipo de negativo, respetivamente.

**Etapa 3** – Material a desmoldar PP MD20 (material rígido, não se pode recorrer a extração forçada).

**Etapa 7** – Forma do negativo necessita de balancé com zona moldante postíça.

Com base nas etapas 3 e 7 pode definir-se os seguintes valores para as variáveis,

- **NB**: Sim;
- **SH**: Secção Circular.

Partindo dos valores das variáveis NB e SH, pode iniciar-se o percurso no fluxograma (Figura 6.3).

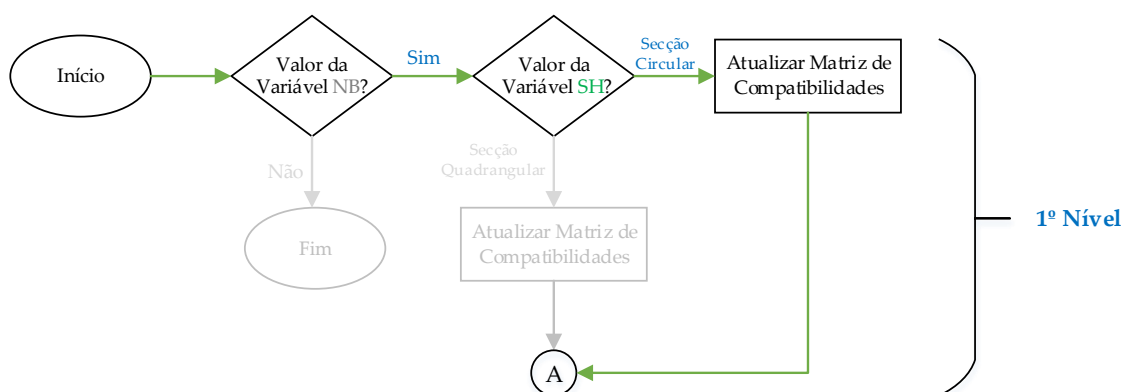


Figura 6.3 - Fluxograma respetivo ao 1º nível

Por último, atualizam-se as matrizes de compatibilidades, neste caso a única variável com influência nas matrizes é a SH. O Anexo 8 apresenta, identificado a verde, as linhas e colunas que se eliminam devido ao valor da variável SH.

### 6.3.2 – 2º Nível

O 2º nível da sequência de etapas técnico-construtivas engloba as etapas 10 e 12, dimensão/peso da zona moldante e ângulo de desmoldação, respetivamente.

**Etapa 10** – A zona moldante apresenta uma dimensão média, aproximadamente 1Kg, com zona para encastramento da haste bastante reduzida, o que implica a utilização da variante 3 para o acoplamento à haste (dupla cavilha).

**Etapa 12** – As nervuras existentes na zona moldante da peça a moldar (Figura 6.4) podem ser desmoldadas recorrendo a um carro com ângulo igual a  $0^\circ$ . O ligeiro ângulo que se observa nas nervuras denomina-se ângulo desmoldante, e tem a função de facilitar a extração da peça.

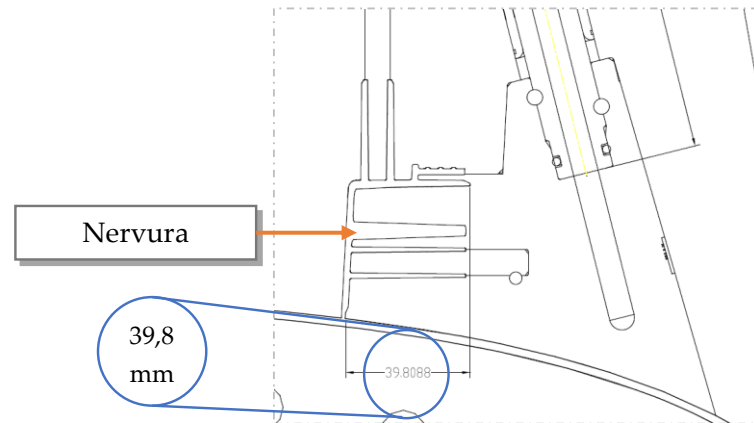


Figura 6.4 - Desenho 2D da zona moldante

Com base na etapa 12, definiu-se o seguinte valor para a variável,

- **AD:** =  $0^\circ$ .

Partindo do valor da variável AD, pode atualizar-se o percurso no fluxograma (Figura 6.5).

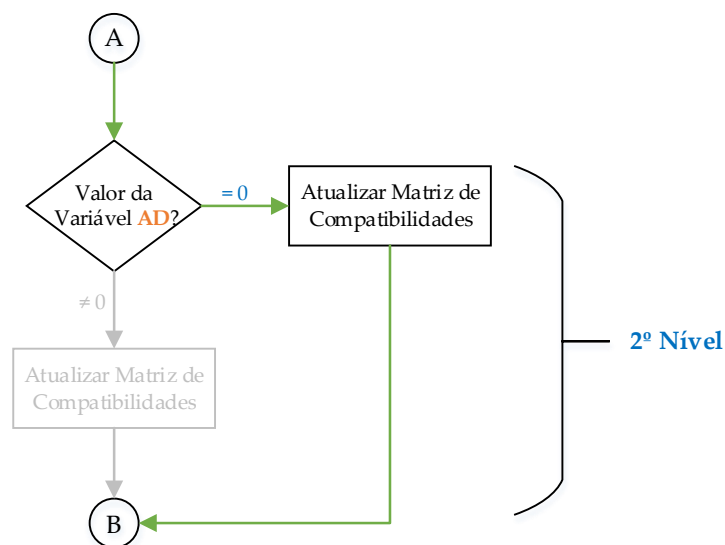


Figura 6.5 - Fluxograma respetivo ao 2º nível

Por último, atualizam-se as matrizes de compatibilidades. O Anexo 8 apresenta, identificado a cor de laranja, as linhas e colunas que se eliminam devido ao valor da variável AD.

### 6.3.3 – 3º Nível

O 3º nível da sequência de etapas técnico-construtivas engloba as etapas 2, 6, 1 e 8 - necessidade de refrigeração, curso de desmoldação, altura de extração e ângulo da haste. De notar que as etapas 6, 1 e 8 pertencem ao acoplamento, nesta situação específica, começou-se por definir o curso de desmoldação (6), de seguida definiu-se a altura de extração (1) e por último determinou-se o ângulo da haste (8).

**Etapa 2** – Devido às decisões tomadas, nas etapas 3 e 10 e uma vez que o balancé molda uma torre, que é uma superfície de aspeto, (elevado grau de aparência com acabamento por textura química) é necessário adicionar refrigeração na zona moldante do balancé.

**Etapa 6** – Observando a Figura 6.4, verifica-se que a zona negativa máxima apresenta 39,8 mm. Deste modo, define-se para o curso de desmoldação 43,6 mm (Figura 6.6), nestas situações é imperativo deixar uma folga para garantir que não ocorre nenhum dano na peça plástica aquando da desmoldação.

**Etapa 1** – Com base no curso do balancé definiu-se a altura de extração de 172 mm (Figura 6.6).

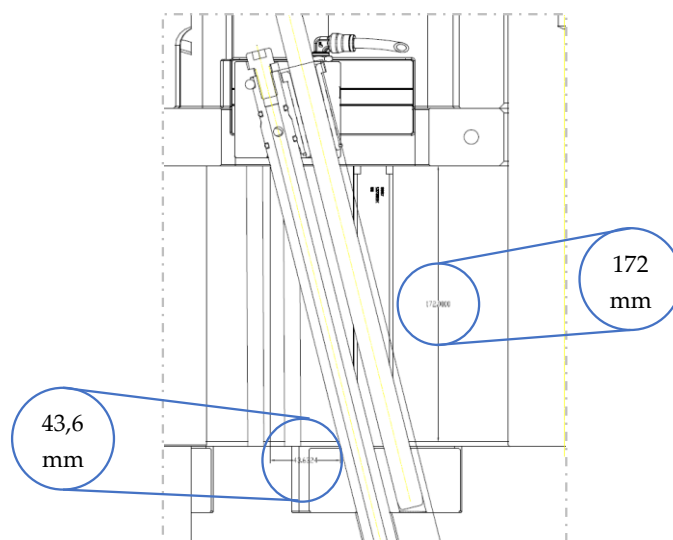


Figura 6.6 - Desenho 2D do guiamento da cabeça e guiamento intermédio

**Etapa 8** – Partindo dos valores definidos para o curso de desmoldação e para a altura de extração, calculou-se o valor do ângulo da haste recorrendo à expressão,

$$\tan(\theta) = \frac{43,6}{172} \Leftrightarrow \theta \approx 14^\circ$$

Resolvendo a expressão obtém-se um ângulo de  $14^\circ$  para o haste (Figura 6.7).

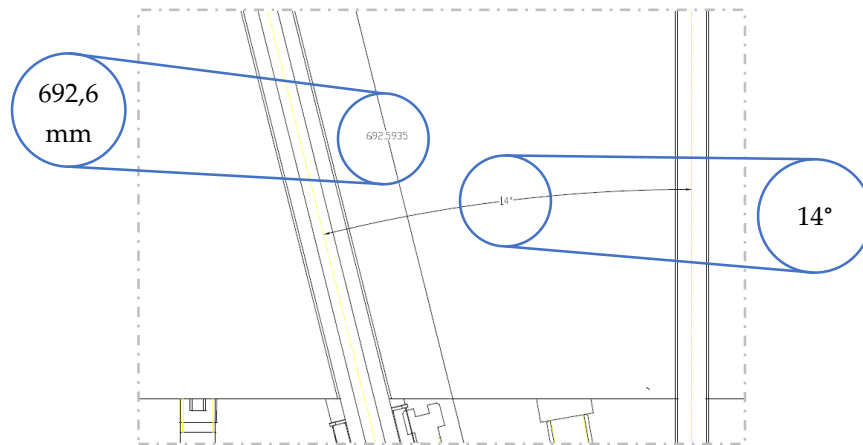


Figura 6.7 - Desenho 2D com o ângulo e comprimento da haste

Com base na etapa 2, definiu-se o seguinte valor para a variável,

- NR: Sim.

Partindo do valor da variável NR, pode atualizar-se o percurso no fluxograma (Figura 6.8).

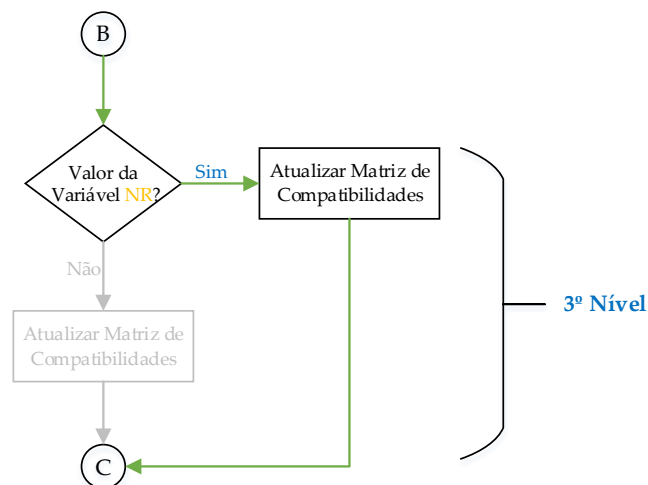


Figura 6.8 - Fluxograma respetivo ao 3º nível

Por último, atualizam-se as matrizes de compatibilidades. O Anexo 8 apresenta, identificado a amarelo, as linhas e colunas que se eliminam devido ao valor da variável NR.

### 6.3.4 - 4º Nível

O 4º nível da sequência de etapas técnico-constructivas engloba as etapas 4 e 11, esforço de desmoldação e comprimento da haste, respetivamente.

**Etapa 4** – A estimativa do esforço de desmoldação permite dimensionar os componentes do balancé, principalmente a haste e o guiamento da cabeça. Calcula-se em função da contração da peça a moldar, da pressão de injeção e do atrito entre peça plástica e a zona moldante. Esta etapa não será aprofundada, uma vez que o dimensionamento, atribuição de dimensões, não é o objetivo do estudo.

**Etapa 11** – O comprimento da haste é determinado pela dimensão do molde. A dimensão do molde é determinada de forma a garantir a robustez estrutural, sendo assim, implica a aplicação de uma haste com comprimento de 692,6 mm (Figura 6.7).

Com base na etapa 11, definiu-se o seguinte valor para a variável,

- **GI:** Sim.

Partindo do valor da variável GI, pode atualizar-se o percurso no fluxograma (Figura 6.9).

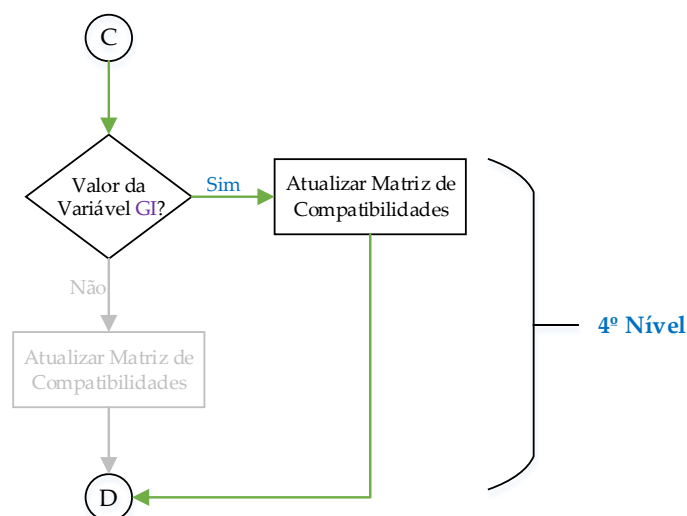


Figura 6.9 - Fluxograma respetivo ao 4º nível

Por último, atualizam-se as matrizes de compatibilidades. Neste caso, como a variável toma o valor “sim”, não ocorrem modificações nas matrizes (Anexo 7).

### 6.3.5 – 5º Nível

O 5º nível da sequência de etapas técnico-construtivas engloba a etapa 9, guiamento auxiliar.

**Etapa 9** – O ângulo da haste superior a 12° (etapa 8), o curso de desmoldação elevado (etapa 6) e o elevado esforço de desmoldação (etapa 4), motivado pelo grande número de nervuras, induzem elevados esforços na haste. Assim sendo, existe a necessidade de utilizar guiamento auxiliar.

Com base na etapa 9, definiu-se o seguinte valor para a variável,

- GA: Sim.

Partindo do valor da variável GA, pode atualizar-se o percurso no fluxograma (Figura 6.10).

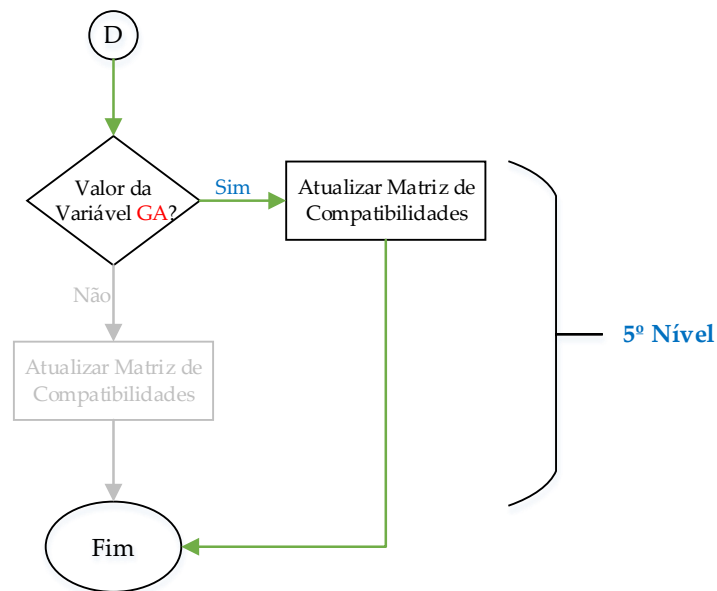


Figura 6.10 - Fluxograma respectivo ao 5º nível

Por último, atualizam-se as matrizes de compatibilidades. Neste caso, como a variável toma o valor “sim”, não ocorrem modificações nas matrizes (Anexo 7).

### 6.3.6 – 6º Nível

O 6º nível da sequência de etapas técnico-construtivas engloba a etapa 5, materiais.

**Etapa 5** – Os materiais selecionaram-se de acordo com as normas do cliente.

Como referido anteriormente, não se atribuiu nenhuma variável ao 6º nível, pelo que não ocorre nenhuma atualização nas matrizes de compatibilidades.

### 6.3.7 – Solução Obtida

Com as matrizes atualizadas, pretende-se verificar se os componentes identificados no balancé selecionado, para o caso de estudo, se encontram na zona admissível das matrizes.

Para realizar esta verificação, apresenta-se um desenho 2D de cada componente principal com a identificação dos componentes/características de acordo com a nomenclatura atribuída ao longo do capítulo 4. De seguida identificam-se os componentes/características, com um retângulo vermelho, nas matrizes (Anexo 8) e avaliam-se as compatibilidades entre eles. Por último apresenta-se uma tabela com os componentes/características e a respetiva codificação, para que no final seja possível atribuir um código ao balancé.

#### Haste

Ao analisar o desenho 2D da haste, na zona do acoplamento ao carro (Figura 6.11), identifica-se uma haste de secção circular, duas zonas de posicionamento e uma haste otimizada para refrigeração com duas ranhuras para *o-ring's* e dois furos diametralmente opostos para a entrada e saída do fluído de refrigeração. A furação não coincide com as variantes identificadas, contudo o princípio de funcionamento é idêntico.

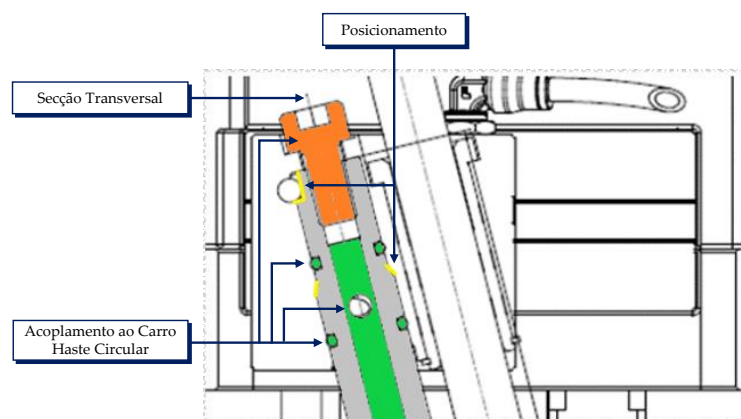


Figura 6.11 - Desenho 2D do acoplamento ao carro

Relativamente ao acoplamento à zona moldante (Figura 6.12), identifica-se uma ranhura para *o-ring* e um furo central por onde passa o fluido de refrigeração. O acoplamento, propriamente dito, é conseguido utilizando duas cavilhas, o que implica a maquinação de duas meias canas na haste.

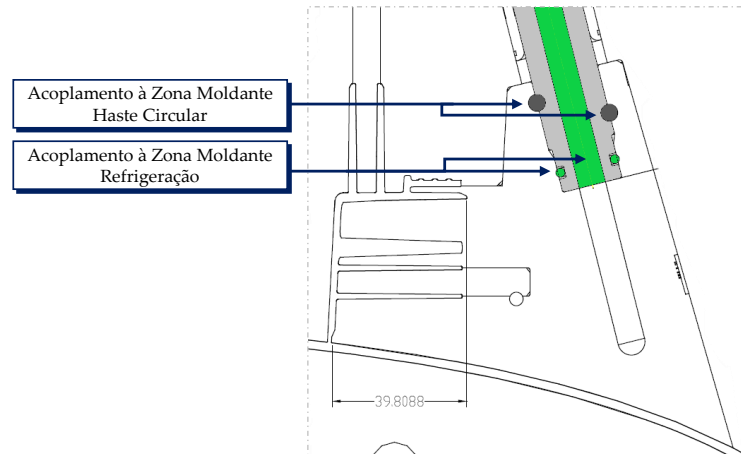
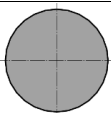


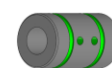
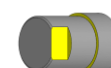


Figura 6.12 - Desenho 2D do acoplamento à zona moldante

Identificando os componentes/características nas matrizes de compatibilidades, obtém-se a Tabela 6.1 e a respetiva codificação para a haste. Todos os componentes/características encontram-se na zona admissível e são compatíveis entre si (Anexo 8).

Tabela 6.1 - Solução construtiva para a haste

| Haste   |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
| Secção  | Acoplamento à ZM  |   | Acoplamento ao Carro   |   |
|   | Haste Circular  | Refrigeração  | Haste Circular   | Posicionamento  |
|  |  |  |  |  |
| <b>H - 1-1-3-3-3-0-0-0</b>  |   |   |  |   |

### Guiamento da Haste

O guiamento primário (Figura 6.13) desta solução é conseguido pela utilização de um casquilho, de um anel espaçador e de um freio para fazer a fixação do conjunto.

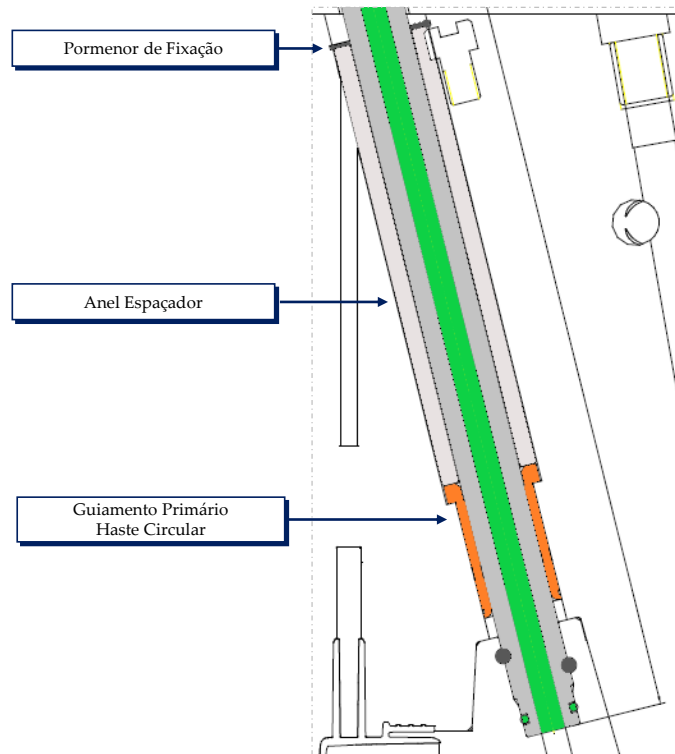


Figura 6.13 - Desenho 2D do guiamento primário

No que concerne ao guiamento intermédio (Figura 6.14), observa-se um bloco posição com duas furações, uma para o guiamento intermédio da haste circular e outra para a fixação da haste auxiliar.

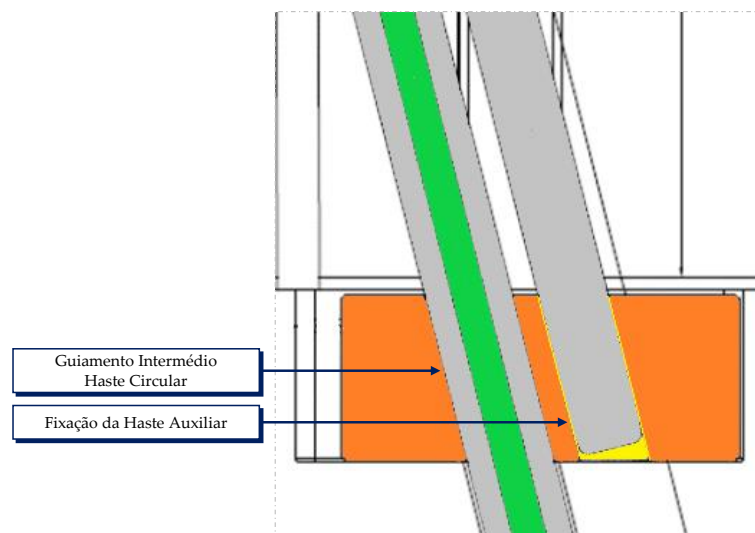
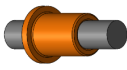
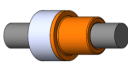


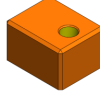


Figura 6.14 - Desenho 2D do guiamento intermédio

Identificando os componentes/características nas matrizes de compatibilidades, obtém-se a Tabela 6.2 e a respetiva codificação para o guiamento da haste. Todos os componentes/características encontram-se na zona admissível e são compatíveis entre si (Anexo 8).

Tabela 6.2 - Solução construtiva para o guiamento da haste

| Guiamento da Haste  |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
| Guiamento Primário  |   |   | Guiamento Intermédio   |   |
| Haste Circular  | Anel Espaçador  | Pormenor de Fixação   | Haste Circular   | Fixação da Haste Aux.   |
|  |  |  |  |  |
| GH - 2-1-2-0-1-1-0-0  |   |   |  |   |

### Guiamento da Cabeça

Analisando o guiamento da cabeça, identifica-se o conceito 1. Relativamente ao componente A, este apresenta um ângulo de inclinação igual a zero graus. O componente C, apresenta uma furação para haste circular, posicionamento da haste por cavilha, refrigeração (variante 1), orelha com ângulo de inclinação igual a zero graus, e guiamento auxiliar recorrendo a um casquilho. O casquilho utilizado no guiamento auxiliar não coincide com nenhuma das variantes identificadas, uma vez que apenas se considerou o guiamento direto no bloco, contudo o princípio de funcionamento é o mesmo.

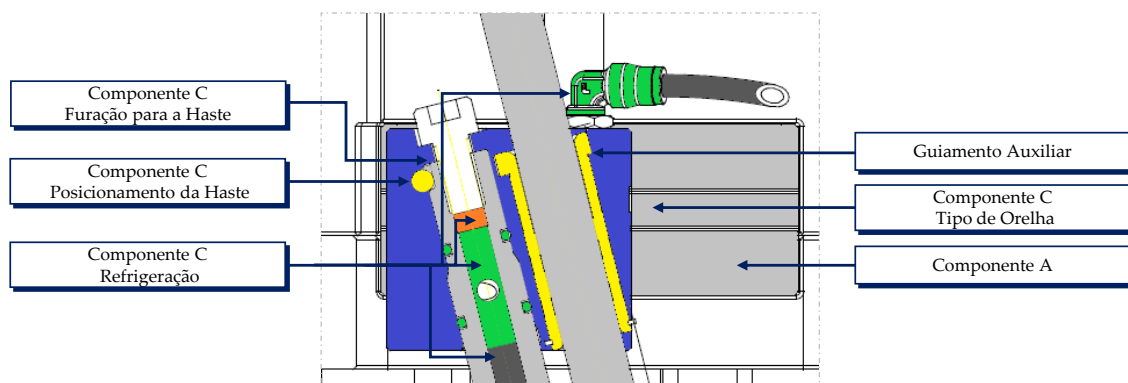
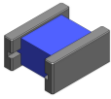

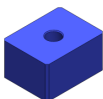
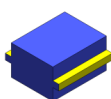
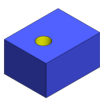
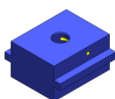
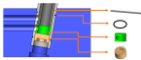


Figura 6.15 - Desenho 2D do guiamento da cabeça

Identificando os componentes/características nas matrizes de compatibilidades, obtém-se a Tabela 6.3 e a respetiva codificação para o guiamento da cabeça. Todos os componentes/características encontram-se na zona admissível e são compatíveis entre si (Anexo 8).

Tabela 6.3 - Solução construtiva para o guiamento da cabeça

| Guiamento da Cabeça   |   |   |   |  |   |   |
|---|---|---|---|--|---|---|
| Conceito  | Comp. A   | Componente C  |   |  |   |   |
|   |   | Furação para a Haste  | Tipo de Orelha  | Guiamento Auxiliar   | Posicionamento  | Refrigeração  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| GC - 2-0-3-4-0-1-1-1-1-1-0  |   |   |   |  |   |   |

### Guiamento Auxiliar

Observando o guiamento auxiliar (Figura 6.16), identifica-se um porta haste com uma zona para encastramento reduzida. Acresce ainda referir, que a maquinação da caixa para fixar o porta haste se realiza perpendicularmente à placa.

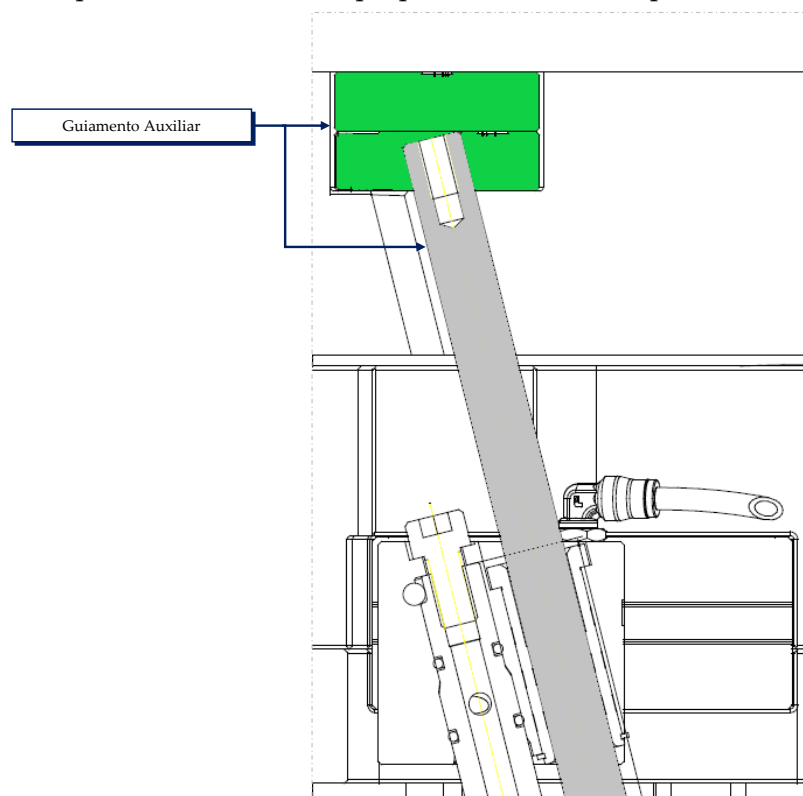
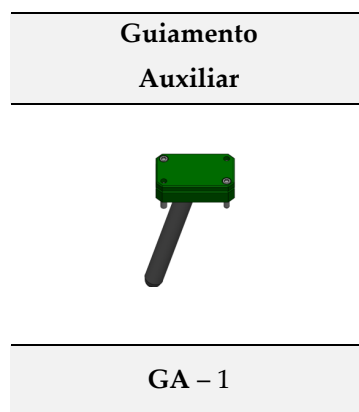


Figura 6.16 - Desenho 2D guiamento auxiliar

Identificando os componentes/características nas matrizes de compatibilidades, obtém-se a Tabela 6.4 e a respetiva codificação para o guiamento auxiliar. Todos os componentes/características encontram-se na zona admissível e são compatíveis entre si (Anexo 8).

Tabela 6.4 - Solução construtiva para o guiamento auxiliar



### Conclusão da Solução Obtida

Verifica-se que a solução de partida se situa no domínio definido pela ferramenta metodológica.

### Codificação do Balancé

Com todos os componentes principais selecionados pode efetuar-se a codificação do balancé.

GC-2-0-3-4-0-1-1-1-1-0-H-1-1-3-3-3-0-0-0-GH-2-1-2-0-1-1-0-0-GA-1

## Conclusão e Trabalhos Futuros

---

### 7.1 – Conclusão

Neste estudo, desenvolveu-se uma metodologia com vista a parametrizar os componentes do balancé no projeto de moldes para injeção de plástico.

O estudo iniciou-se com uma primeira fase de recolha de dados, onde se desenvolveu uma base de dados com aplicações de balancés implementadas pela empresa Aníbal H. Abrantes. Utilizando a base dados criada, parametrizaram-se as soluções de cada componente principal do balancé. A parametrização das soluções consistiu em decompor os componentes principais em subcomponentes e/ou características, definir compatibilidades, assegurando o adequado funcionamento do mecanismo, e da atribuição de um código a cada um dos componentes principais, para que cada balancé tivesse uma única designação.

A segunda fase consistiu em determinar a sequência de etapas técnicas que torna o projeto do balancé o mais independente possível, recorrendo à metodologia *Design Structure Matrix*.

Na terceira e última fase do estudo, desenvolveu-se uma ferramenta metodológica para a seleção dos componentes principais do balancé. Esta metodologia tem por base um fluxograma que permite estabelecer a ligação entre as soluções parametrizadas e a sequência de projeto. Ao relacionar estas duas tarefas, consegue-se à medida que se avança na sequência de projeto ir restringindo as matrizes de compatibilidades, isto é, reduzir as possibilidades para os componentes principais.

De modo a avaliar a ferramenta metodológica apresentada na terceira fase, realizou-se um caso de estudo. Deste concluiu-se que a solução de partida se enquadra na área admissível das matrizes de compatibilidades, embora outras soluções possam ser seleti-

onadas. A utilização de cinco variáveis com interação direta nas matrizes, permitiu restringir uma área considerável, contudo, a zona admissível é suficientemente abrangente para que o projetista ainda possa ter oportunidade para tomar decisões, particularmente, no que ao custo diz respeito.

Com a implementação desta ferramenta metodológica na empresa Aníbal H. Abrantes, pretende-se reduzir o tempo de projeto, diminuir a dispersão de soluções entre projetistas, auxiliar projetistas em início de atividade e conduzir à racionalização da gestão de stocks. Por consequência prevê-se que o estudo poderá constituir uma mais-valia para a competitividade da empresa.

A nível pessoal, a elaboração deste trabalho fomentou a capacidade de resolução de problemas complexos de engenharia com ferramentas reconhecidas como inovadoras pelo autor – desenvolveu-se a capacidade de pesquisa, de argumentação e de tomada de decisão neste processo.

Em suma, releva-se que a consecução deste trabalho permitiu a aquisição e desenvolvimento de competências fundamentais à integração do desafiante e complexo mercado de trabalho, alicerçadas nos pilares fundamentais da orientação pedagógica contínua, a par do incentivo no contexto da empresa.

## 7.2 – Trabalhos Futuros

O trabalho desenvolvido estimulou o autor para o aprofundamento de temáticas e de metodologias que possam vir a ser ponto de partida para futuros trabalhos na área da engenharia mecânica. Algumas sugestões:

- Aplicação da ferramenta metodológica utilizando um maior número de variáveis poderá conduzir à redução do número de soluções admissíveis para o balancé;
- Avaliar o impacto da ferramenta metodológica de uma forma quantitativa na indústria de moldes para injeção de plástico;
- Aplicar a metodologia desenvolvida a outros componentes e em diferentes indústrias;
- Seria importante continuar este estudo com a informatização da ferramenta metodológica.

# Bibliografia



- Anderson, D. M. (2017). In Lean Production, Build-to-Order, and Mass Customization, economies of scale are realized at the level of part and raw materials. Retrieved from <http://www.halfcostproducts.com/Standardization.htm>
- Arn, E. A. (1975). *Group Technology*. New York: Springer Verlag.
- Bolrão, J., & Santos, D. (2005). *Critérios técnicos e económicos, para a escolha e utilização de balancés*. Marinha Grande.
- Brimson, J. A., & Berliner, C. (1987). The Cost Management System project. *Computer-Aided Engineering Journal*, (October), 198–201.
- Busak+Shamban. (2005). *O-Ring*. Busak+Shamban.
- Cefamol. (2017a). Exportações da indústria de moldes batem novo recorde em 2017. Retrieved from [http://www.cefamol.pt/cefamol/pt/Cefamol\\_ACefamol/Noticias/index.php?id=16&idn=83](http://www.cefamol.pt/cefamol/pt/Cefamol_ACefamol/Noticias/index.php?id=16&idn=83) (Consultado a 25-01-2019)
- Cefamol. (2017b). História dos Moldes. Retrieved from <https://www.cefamol.pt/index.php?id=29> (Consultado a 25-01-2019)
- Centimfe. (2003). *Manual do Projectista para Moldes de Injecção de Plástico*. Marinha Grande: Centimfe.
- Danilovic, M., & Browning, T. R. (2007). Managing complex product development projects with design structure matrices and domain mapping matrices. *International Journal of Project Management*, 300–314.
- Debnárová, L., Krchová, D., & Kuric, I. (2014). Group technology in context of the product classification. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 8(21), 78–81.
- Eppinger, S. D., & Browning, T. R. (2012). *Design Structure Matrix Methods and Applications*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Formação-Training. (2019). Escolha de um Ajustamento - Critérios de Escolha. Retrieved from <http://formacao.training.pt/>
- Inno, M. (2019). Injection Molding Service. Retrieved from <https://www.mouldingchina.com/services/injection-molding-service/> (Consultado a 08-02-2019)
- Jong, W., Wu, C., & Liu, H. (2009). A collaborative navigation system for concurrent mold design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 215–225. <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1328-x>

- Low, M. L. H., & Lee, K. S. (2003). A Parametric-Controlled Cavity Layout Design System for a Plastic Injection Mould. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 807–819.
- Low, M. L. H., & Lee, K. S. (2010). Application of standardization for initial design of plastic injection moulds. *International Journal of Production Research*, 7543. <https://doi.org/10.1080/0020754031000077338>
- Ma, G., Hao, K., Xiao, Y., & Zhu, T. (2019). Critical Chain Design Structure Matrix Method for Construction Project Scheduling under Rework Scenarios. *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*.
- MISUMI. (2011). Merits or Demerits of Standardization for Mold Design and Fabrication. Retrieved from <https://www.misumi-techcentral.com/tt/en/mold/2011/02/071-merits-or-demerits-of-standardization-for-mold-design-and-fabrication.html> (Consultado a 11-02-2019)
- Mujumdar, P., Bhattacharya, S., & Maheswari, J. U. (2015). A Study on DSM Partitioning Through Case Study Approach. In *ICoRD'15 – Research into Design Across Boundaries Volume 2* (pp. 653–662). New Delhi: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2229-3>
- Mukherjee, N. B. R. N. P. (2005). An integrated framework for die and mold cost estimation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1138–1149. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2084-9>
- Park, G.-J. (2007). *Analytic Methods for Design Practice*. London: Springer.
- Patel, S. (1991). *Development of a Classification and Coding System for Computer Aided Process Planning*. New Jersey Institute of Technology.
- Weck, M. (1990). Design management in the face of growing product complexity. *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, 7(1), 51–62.

# **Anexos**



# Anexo 1 – Documento de Apoio ao Levantamento de Soluções Construtivas para Balancés



## DOCUMENTO DE APOIO Levantamento de Soluções Construtivas para Balancés

O presente documento foi elaborado de modo a estabelecer uma metodologia para a tarefa de “Levantamento de Soluções Construtivas para Balancés”. Sendo esta uma tarefa a realizar por vários Projetistas, torna-se necessário definir um conjunto de regras para que a informação seja expressa de forma idêntica, evitando o recurso a atividades adicionais.

O “Levantamento de Soluções Construtivas para Balancés” consiste na identificação dos balancés aplicados num determinado molde. Após a identificação, com recurso a uma ferramenta de captura de ecrã no computador, guarda-se um conjunto de fotografias específicas, que serão apresentadas mais à frente.

### 1. Sequência de Fotografias

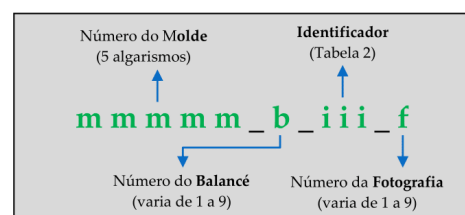
Para cada tipo de balancé pretende-se que sejam capturadas as seguintes fotografias como ilustra a Tabela 1.

Tabela 1 – Sequência de fotografias a capturar e respetivos exemplos.

|   |  |
|---|--|
| Conjunto                                    |  |
| Guiamento da Cabeça (Carro)                 |  |
| Guiamento da Haste                          |  |
| Haste-Fixação ao Carro                      |  |
| Haste-Fixação à Zona Moldante               |  |
| Zona Moldante (Foco para a ligação à Haste) |  |
| Guiamento Auxiliar (se aplicável)           |  |
| Desenho 2D                                  |  |
| Balancé Especial                            |  |

### 2. Nomenclatura das Fotografias

Neste ponto serão explicitados os nomes a atribuir a cada uma das imagens (fotografias) pelos vários Projetistas, por forma a facilitar a organização e a interpretação dos dados. Todas as imagens devem apresentar a seguinte nomenclatura:



#### 2.1. Número do Molde

Este campo deve ser preenchido com o número do molde a ser analisado.

#### 2.2. Número do Balancé

Este campo toma os valores de 1, 2, 3, 4, etc., de acordo com o número de soluções identificadas para cada número de molde.

**Exemplo:**

O molde tem dois balancés que se pretende registar.

**m m m m m \_ 1 \_ i i i \_ f** – Primeiro balancé

**m m m m m \_ 2 \_ i i i \_ f** – Segundo balancé

#### 2.3. Identificador

A Tabela 2 apresenta o nome da fotografia e as respetivas siglas a utilizar no campo “Identificador”.

Tabela 2 – Siglas a utilizar no campo “Identificador”.

| Fotografia                      | Identificador |
|---------------------------------|---------------|
| Conjunto                        | ASM           |
| Guiamento da Cabeça (Carro)     | GC            |
| Haste – Fixação ao Carro        | H1            |
| Haste – Fixação à Zona Moldante | H2            |
| Guiamento da Haste              | GH            |
| Guiamento Auxiliar              | GA            |
| Zona Moldante                   | ZM            |
| Desenho 2D                      | 2D            |
| Balancé Especial                | BE            |

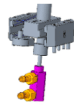
## 2.4. Número da Fotografia

Sempre que se justifique mais do que uma fotografia para o mesmo identificador este campo toma o valor 1, 2, 3, 4, etc. Caso se pretenda apresentar **apenas uma fotografia** o campo não deve ser preenchido.

### Exemplo:

Um determinado guiamento da cabeça do balancé (carro) necessita de **duas** fotografias para uma melhor compreensão do componente. A sua identificação deve ser realizada da seguinte forma:

#### m m m m \_ b \_ i i i \_ 1 – Primeira Fotografia



#### m m m m \_ b \_ i i i \_ 2 – Segunda Fotografia



## DOCUMENTO DE APOIO - Resumo

### Levantamento de Soluções Construtivas para Balancés

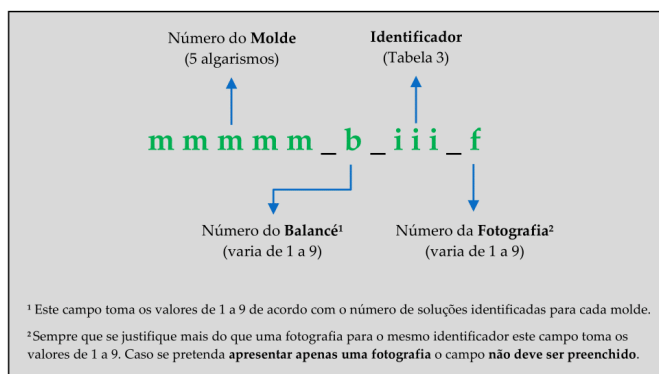











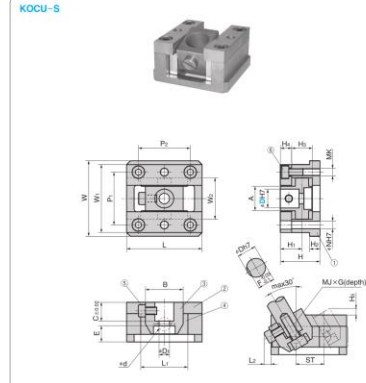
Tabela 3 – Sequência de fotografias a capturar com o respetivo identificador a utilizar no campo iii. | Exemplo de aplicação.

| Identificador | Fotografia                                     | Esquema   | Exemplo       |
|---------------|--|---|---------------|
| <b>ASM</b>    | Conjunto                                       |  | 10236_1_ASM_1 |
| <b>GC</b>     | Guiamento da Cabeça<br>(Carro)                 |  | 10236_1_GC_1  |
| <b>GH</b>     | Guiamento da Haste                             |  | 10236_1_GH_1  |
| <b>H1</b>     | Haste - Fixação ao Carro                       |  | 10236_1_H1_1  |
| <b>H2</b>     | Haste – Fixação à Zona<br>Moldante             |  | 10236_1_H2_1  |
| <b>ZM</b>     | Zona Moldante<br>(Foco para a ligação à Haste) |  | 10236_1_ZM_1  |
| <b>GA</b>     | Guiamento Auxiliar                             |  | 10236_1_GA_1  |
| <b>2D</b>     | Desenho 2D                                     |  | 10236_1_2D_1  |
| <b>BE</b>     | Balancé Especial                               |  | 10236_1_BE_1  |

# Anexo 2 – Soluções Standard para o Guiamento da Cabeça do Balancé

## KOCU-S

**Oilless** Inclined Ejector Core Unit
FOR LOOSE CORE
RoHS



Tolerance not specified - DIN ISO 2768 - m/dtl

| No. | Description       | Qty | Material and Remark              |
|-----|-------------------|-----|----------------------------------|
| 1   | Slide Base        | 1   | S45C Tuffrided (C45) (1045)      |
| 2   | Upper Plate       | 2   | S45C Tuffrided (C45) (1045)      |
| 3   | Pin Holder        | 1   | S45C Tuffrided (C45) (1045)      |
| 4   | Slide Plate       | 2   | Bronze with Graphite (SO450 SP2) |
| 5   | Socket Head Screw | 1   | SCM435(Special) (34C-Mo4) (4137) |
| 6   | Socket Head Screw | 4   | SCM435(Special) (34C-Mo4) (4137) |

| D  | d  | D1  | A  | B  | C  | E    | F    | MJ  | G  | H  | H1   | H2 | H3 | H4 | H5   |
|----|----|-----|----|----|----|------|------|-----|----|----|------|----|----|----|------|
| 8  | 7  | 4.5 | 11 | 20 | 8  | 10   | 7    | M4  | 8  | 22 | 12.5 | 5  | 11 | 7  | 10.5 |
| 10 | 7  | 5.5 | 15 | 25 | 10 | 12.5 | 9    | M5  | 9  | 27 | 15.5 | 6  | 15 | 8  | 11.3 |
| 12 | 10 | 7   | 17 | 25 | 12 | 15   | 11   | M6  | 10 | 32 | 18   | 7  | 16 | 10 | 4    |
| 16 | 12 | 9   | 22 | 30 | 16 | 15   | 14.5 | M8  | 12 | 36 | 20   | 8  | 20 | 10 | 5    |
| 20 | 14 | 11  | 26 | 40 | 20 | 18   | 18   | M10 | 16 | 42 | 23   | 11 | 22 | 12 | 8    |
| 25 | 16 | 14  | 32 | 45 | 25 | 17   | 22.5 | M12 | 20 | 50 | 28   | 15 | 26 | 15 | 8    |
| 30 | 18 | 14  | 38 | 50 | 30 | 17   | 27   | M12 | 25 | 55 | 30   | 15 | 30 | 15 | 9    |
| 35 | 20 | 14  | 45 | 60 | 35 | 18   | 32   | M12 | 30 | 62 | 35   | 15 | 34 | 18 | 10   |
| 40 | 25 | 18  | 55 | 70 | 40 | 19   | 36   | M16 | 35 | 70 | 40   | 15 | 44 | 18 | 12   |
| 45 | 30 | 18  | 60 | 80 | 45 | 24   | 40   | M16 | 40 | 80 | 45   | 15 | 50 | 20 | 14   |

| D  | L   | L1 | L2  | W   | W1  | W2 | P1  | P2  | MK  | N  | ST |
|----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|----|
| 8  | 32  | 20 | 3.6 | 33  | 30  | 19 | 24  | 20  | M3  | 3  | 10 |
| 10 | 45  | 25 | 4.5 | 45  | 40  | 25 | 32  | 30  | M4  | 4  | 18 |
| 12 | 50  | 30 | 5   | 57  | 51  | 31 | 39  | 35  | M6  | 6  | 20 |
| 16 | 65  | 40 | 5   | 65  | 58  | 38 | 46  | 40  | M6  | 6  | 25 |
| 20 | 80  | 50 | 5   | 80  | 72  | 44 | 56  | 55  | M8  | 8  | 30 |
| 25 | 90  | 55 | 6   | 93  | 85  | 52 | 66  | 65  | M10 | 10 | 35 |
| 30 | 100 | 60 | 7   | 101 | 93  | 60 | 74  | 70  | M10 | 10 | 40 |
| 35 | 120 | 75 | 8   | 120 | 110 | 70 | 85  | 80  | M12 | 10 | 45 |
| 40 | 135 | 85 | 8   | 130 | 120 | 80 | 95  | 90  | M12 | 10 | 50 |
| 45 | 150 | 95 | 10  | 140 | 130 | 90 | 105 | 110 | M12 | 10 | 55 |

Order:  -

Options:  -

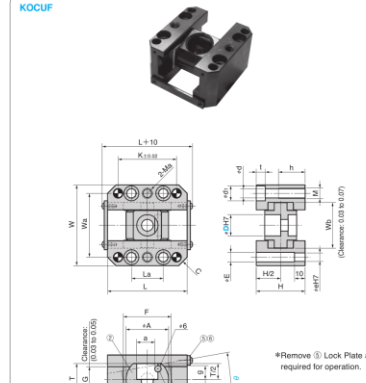
**Features of Unit**

- \* Maintenance-free inclined ejector core unit for easy removing of mouldings with undercut.
- \* Totally self-lubricating even at temperatures up to 300± °C.
- \* Pivoted pin holder for maximum working angle of 30 degrees.
- \* Fixing by screws and dowel pins or clamping between ejector plates.

77
Copyright © Sankyo Oilless Industry, Inc. All Rights Reserved.
Copyright © Sankyo Oilless Industry, Inc. All Rights Reserved.
78

## KOCU-F

**Oilless** Slide Unit Inclined Pin Fixing Type
FOR LOOSE CORE
RoHS



\*Remove ③ Lock Plate as required for operation.

| No. | Description         | Qty | Material and Remark     |
|-----|---------------------|-----|-------------------------|
| 1   | Guide Rail          | 2   | S45C (C45) (1045)       |
| 2   | Inclined Pin Holder | 1   | S45C (C45) (1045)       |
| 3   | Slide Plate         | 2   | Bronze with Graphite    |
| 4   | Loosening Lock      | 1   | SK5M                    |
| 5   | Lock Plate          | 2   | SK400 (A36-895, 283-89) |
| 6   | Round Head Screw    | 4   | SCM435 (34C-Mo4) (4137) |

| D  | W   | Wa | L   | La | K  | Ma  | C | H  | e  | E   | d   | d1 | t   | h  | M   | Wb |
|----|-----|----|-----|----|----|-----|---|----|----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 8  | 41  | 33 | 44  | 12 | 25 | M4  | 3 | 24 | 4  | 5   | 3.4 | 6  | 3.4 | 10 | M4  | 24 |
| 10 | 47  | 38 | 50  | 16 | 30 | M5  | 3 | 28 | 5  | 5.5 | 4.5 | 8  | 5   | 15 | M5  | 28 |
| 12 | 53  | 42 | 60  | 20 | 40 | M6  | 4 | 36 | 6  | 7   | 6.6 | 11 | 4.8 | 20 | M6  | 31 |
| 16 | 64  | 50 | 70  | 25 | 50 | M8  | 6 | 40 | 6  | 6.6 | 6.6 | 11 | 6.5 | 20 | M8  | 36 |
| 20 | 76  | 60 | 75  | 30 | 55 | M10 | 8 | 46 | 8  | 9   | 8.6 | 14 | 8.5 | 25 | M10 | 43 |
| 25 | 81  | 65 | 85  | 40 | 65 | M10 | 8 | 48 | 8  | 9   | 8.6 | 14 | 8.5 | 25 | M10 | 48 |
| 30 | 88  | 72 | 100 | 50 | 80 | M10 | 8 | 54 | 8  | 9   | 8.6 | 14 | 8.5 | 25 | M10 | 55 |
| 35 | 100 | 80 | 115 | 50 | 85 | M12 | 8 | 60 | 10 | 11  | 11  | 18 | 6.5 | 30 | M12 | 64 |
| 40 | 108 | 88 | 125 | 50 | 85 | M12 | 8 | 65 | 10 | 11  | 11  | 18 | 7   | 30 | M12 | 72 |

| D  | A  | a   | B  | b  | g   | f  | G    | T  |    |
|----|----|-----|----|----|-----|----|------|----|----|
| 8  | 20 | 7.5 | 10 | 5  | 6.5 | 25 | 5    | 13 | 16 |
| 10 | 20 | 8.5 | 12 | 6  | 6.5 | 32 | 4    | 17 | 16 |
| 12 | 25 | 10  | 13 | 7  | 6.5 | 40 | 5    | 20 | 20 |
| 16 | 30 | 13  | 16 | 9  | 10  | 45 | 6    | 24 | 24 |
| 20 | 40 | 17  | 20 | 11 | 13  | 45 | 8    | 24 | 30 |
| 25 | 45 | 22  | 25 | 14 | 14  | 50 | 9.5  | 26 | 35 |
| 30 | 50 | 27  | 25 | 14 | 15  | 60 | 9    | 30 | 38 |
| 35 | 55 | 31  | 25 | 14 | 15  | 70 | 10   | 34 | 40 |
| 40 | 60 | 36  | 32 | 18 | 16  | 80 | 11.5 | 38 | 43 |

Order:  -  -

Options:  -  -

**Option**

| Option Code | Specification   |
|-------------|---|
| G           | Play of 0.1 to 0.2 is provided in the width direction (Wb).   |
| H           | Play of 0.1 to 0.2 is provided when the tolerance between dowel holes is ± 0. For details, refer to page. 74. |

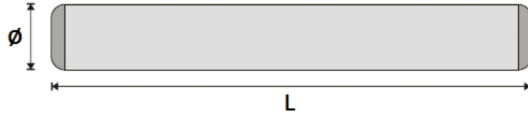
Order:

85
Copyright © Sankyo Oilless Industry, Inc. All Rights Reserved.
Copyright © Sankyo Oilless Industry, Inc. All Rights Reserved.
86

## Anexo 3 – Veios de Precisão – SUTA FER

|  |  |  |
|--|--|--|
|   | <b>Veios de Precisão<br/>(INA-“TIPO W”)</b>  | Ref. I60   |
| <p><b>Veios de Precisão</b><br/>Os veios de precisão “Tipo W”, são produzidos a partir de aços de elevada qualidade, sendo rectificadados e temperados superficialmente.<br/>A dureza e a qualidade da superfície são a garantia para um bom funcionamento.<br/>O veio aceita solicitações á flexão e possui um núcleo macio, para além disso apresentam um longo tempo de vida em serviço e uma elevada estabilidade dimensional.</p> |  |  |
| <p><b>Aplicações:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Guias para Moldes;</li><li>- Veios para Rolamentos Lineares;</li><li>- Eixos para Casquilhos;</li><li>- Veios para Rolos de Apoio;</li><li>- Entre outras...</li></ul>   |   |  |
| <p><b>Principais Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Elevada Qualidade da Matéria Prima;</li><li>- Temperamento Superficial;</li><li>- Precisão Dimensional;</li><li>- Bom Acabamento Superficial.</li></ul>  |  |  |
| <p><b>Veio Tipo W:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Veios Métricos</li><li>- Classe h6 (Standard)</li><li>- Classe h7 (Especial)</li></ul> <p><b>Dureza Superficial:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 60-64 HRC</li></ul> <p><b>Acabamento Superficial:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Aço Temperado por Indução;</li><li>- Rugosidade Ra &lt;=0,2 µm (ISO 468)</li></ul>               |  |  |
| www.sutafer.com  |  <b>Página 2 de 4</b><br>Edição A.01/12 | <small>Reserva-nos o Direito de efectuar qualquer modificação sem aviso prévio.<br/>As Informações mencionadas no presente catálogo estão sempre sujeitas a confirmação.</small> |

Ref. I60

Veios de Precisão  
(INA "TIPO W")

| Ref.          | Ø    | Tolerâncias em µm |                | Material | Rectidão |
|---------------|------|-------------------|----------------|----------|----------|
|               |      | Standard<br>h6    | Especial<br>h7 |          |          |
| I60.INA.W.005 | W 5  | 0-8               | 0-12           | CF53     | 1/1000   |
| I60.INA.W.006 | W 6  | 0-8               | 0-12           | CF53     | 1/1000   |
| I60.INA.W.008 | W 8  | 0-9               | 0-15           | CF53     | 1/1000   |
| I60.INA.W.010 | W 10 | 0-9               | 0-15           | CF53     | 1/1000   |
| I60.INA.W.012 | W 12 | 0-11              | 0-18           | CF53     | 1/1000   |
| I60.INA.W.014 | W 14 | 0-11              | 0-18           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.015 | W 15 | 0-11              | 0-18           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.016 | W 16 | 0-11              | 0-18           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.018 | W 18 | 0-11              | 0-18           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.020 | W 20 | 0-13              | 0-21           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.022 | W 22 | 0-13              | 0-21           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.024 | W 24 | 0-13              | 0-21           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.025 | W 25 | 0-13              | 0-21           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.030 | W 30 | 0-13              | 0-21           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.032 | W 32 | 0-16              | 0-25           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.035 | W 35 | 0-16              | 0-25           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.040 | W 40 | 0-16              | 0-25           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.050 | W 50 | 0-16              | 0-25           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.060 | W 60 | 0-19              | 0-30           | CF53     | 0,5/1000 |
| I60.INA.W.080 | W 80 | 0-19              | 0-30           | CF53     | 0,5/1000 |

**NOTA:**

- Os comprimentos dos veios, são fornecidos conforme a necessidade do cliente.  
(Comprimentos Máx. 3000mm)

**Formato do pedido:** Ref. x L**Exemplo:** I60.INA.W.005 x 1000

Reservamos o Direito de efectuar qualquer modificação sem aviso prévio.  
As Informações mencionadas no presente catálogo estão sempre sujeitas a confirmação.



Página 3 de 4  
Edição A.01/12

www.sutafert.com

# Anexo 4 - Casquilhos - DME



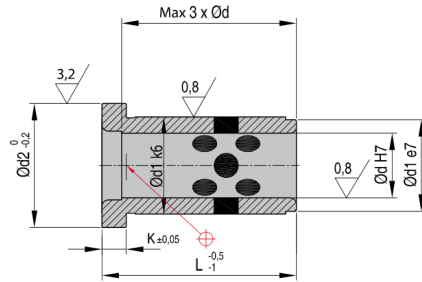
Euro standard



Selflubricating leader pin bushings

Mat.: 2.0975 - Graphit 200 HB -  
Max T° = 300°C

R 03 W



| REF d x l    | d  | L  | d1 | d2 | K | REF d x l    | d  | REF d x l     | d  | L   | d1 | d2 | K | REF d x l     | d  |
|--------------|----|----|----|----|---|--------------|----|---------------|----|-----|----|----|---|---------------|----|
| R 03 W 10x17 | 10 | 17 | 14 | 16 | 3 | R 03 W 9x17  | 9  | R 03 W 20x66  | 20 | 66  | 26 | 31 | 6 | R 03 W 18x66  | 18 |
| R 03 W 10x22 | 10 | 22 | 14 | 16 | 3 | R 03 W 9x22  | 9  | R 03 W 24x22  | 24 | 22  | 30 | 35 | 6 | R 03 W 22x22  | 22 |
| R 03 W 10x27 | 10 | 27 | 14 | 16 | 3 | R 03 W 9x27  | 9  | R 03 W 24x27  | 24 | 27  | 30 | 35 | 6 | R 03 W 22x27  | 22 |
| R 03 W 10x36 | 10 | 36 | 14 | 16 | 3 | R 03 W 9x36  | 9  | R 03 W 24x36  | 24 | 36  | 30 | 35 | 6 | R 03 W 22x36  | 22 |
|              |    | 17 | 18 | 23 | 6 | R 03 W 12x17 | 12 | R 03 W 24x46  | 24 | 46  | 30 | 35 | 6 | R 03 W 22x46  | 22 |
|              |    | 22 | 18 | 23 | 6 | R 03 W 12x22 | 12 | R 03 W 24x56  | 24 | 56  | 30 | 35 | 6 | R 03 W 22x56  | 22 |
|              |    | 27 | 18 | 23 | 6 | R 03 W 12x27 | 12 | R 03 W 24x66  | 24 | 66  | 30 | 35 | 6 | R 03 W 22x66  | 22 |
|              |    | 36 | 18 | 23 | 6 | R 03 W 12x36 | 12 | R 03 W 24x76  | 24 | 76  | 30 | 35 | 6 | R 03 W 22x76  | 22 |
| R 03 W 15x17 | 15 | 17 | 20 | 25 | 6 | R 03 W 14x17 | 14 | R 03 W 32x27  | 32 | 27  | 42 | 47 | 6 | R 03 W 30x27  | 30 |
| R 03 W 15x22 | 15 | 22 | 20 | 25 | 6 | R 03 W 14x22 | 14 | R 03 W 32x36  | 32 | 36  | 42 | 47 | 6 | R 03 W 30x36  | 30 |
| R 03 W 15x27 | 15 | 27 | 20 | 25 | 6 | R 03 W 14x27 | 14 | R 03 W 32x46  | 32 | 46  | 42 | 47 | 6 | R 03 W 30x46  | 30 |
| R 03 W 15x36 | 15 | 36 | 20 | 25 | 6 | R 03 W 14x36 | 14 | R 03 W 32x56  | 32 | 56  | 42 | 47 | 6 | R 03 W 30x56  | 30 |
| R 03 W 15x46 | 15 | 46 | 20 | 25 | 6 | R 03 W 14x46 | 14 | R 03 W 32x66  | 32 | 66  | 42 | 47 | 6 | R 03 W 30x66  | 30 |
| R 03 W 15x56 | 15 | 56 | 20 | 25 | 6 | R 03 W 14x56 | 14 | R 03 W 32x76  | 32 | 76  | 42 | 47 | 6 | R 03 W 30x76  | 30 |
|              |    | 22 | 22 | 27 | 6 | R 03 W 16x22 | 16 | R 03 W 32x86  | 32 | 86  | 42 | 47 | 6 | R 03 W 30x86  | 30 |
|              |    | 27 | 22 | 27 | 6 | R 03 W 16x27 | 16 | R 03 W 32x96  | 32 | 96  | 42 | 47 | 6 | R 03 W 30x96  | 30 |
|              |    | 36 | 22 | 27 | 6 | R 03 W 16x36 | 16 | R 03 W 42x56  | 42 | 56  | 54 | 60 | 4 | R 03 W 40x56  | 40 |
|              |    | 46 | 22 | 27 | 6 | R 03 W 16x46 | 16 | R 03 W 42x66  | 42 | 66  | 54 | 60 | 4 | R 03 W 40x66  | 40 |
| R 03 W 20x22 | 20 | 22 | 26 | 31 | 6 | R 03 W 18x22 | 18 | R 03 W 42x76  | 42 | 76  | 54 | 60 | 4 | R 03 W 40x76  | 40 |
| R 03 W 20x27 | 20 | 27 | 26 | 31 | 6 | R 03 W 18x27 | 18 | R 03 W 42x86  | 42 | 86  | 54 | 60 | 4 | R 03 W 40x86  | 40 |
| R 03 W 20x36 | 20 | 36 | 26 | 31 | 6 | R 03 W 18x36 | 18 | R 03 W 42x96  | 42 | 96  | 54 | 60 | 4 | R 03 W 40x96  | 40 |
| R 03 W 20x46 | 20 | 46 | 26 | 31 | 6 | R 03 W 18x46 | 18 | R 03 W 42x116 | 42 | 116 | 54 | 60 | 4 | R 03 W 40x116 | 40 |
| R 03 W 20x56 | 20 | 56 | 26 | 31 | 6 | R 03 W 18x56 | 18 | R 03 W 42x136 | 42 | 136 | 54 | 60 | 4 | R 03 W 40x136 | 40 |

CAD reference point



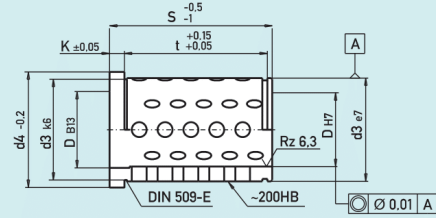
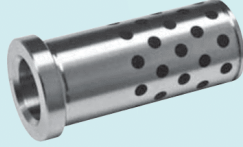
01/07/2019

EVERY STEP OF THE WAY

www.dmeu.com - 13

# Anexo 5 – Casquilhos – Rainer – Knarr

**510110W**



Führungsbuchse ohne Zentrierbund - selbstschmierend  
 Guide bush without centering collar - self-lubricating  
 Bague de guidage sans plot de centrage - autolubrifiante

Mat.: 2.0598 / Graphit

✉ 510110W/9x12

| t    | K | d3 | d4 | D     | S  | €/1   |
|------|---|----|----|-------|----|-------|
| 6,6  | 3 | 14 | 16 | 10/9  | 12 | 17,70 |
| 11,6 |   |    |    |       | 17 | 19,10 |
| 16,6 |   |    |    |       | 22 | 20,10 |
| 21,6 |   |    |    |       | 27 | 20,70 |
| 30,6 |   |    |    |       | 36 | 24,60 |
| 40,6 |   |    |    |       | 46 | 28,90 |
| 50,6 |   |    |    |       | 56 | 33,90 |
| 8,3  | 6 | 18 | 23 | 12    | 17 | 23,30 |
| 13,3 |   |    |    |       | 22 | 25,00 |
| 18,3 |   |    |    |       | 27 | 27,50 |
| 27,3 |   |    |    |       | 36 | 28,70 |
| 37,3 |   |    |    |       | 46 | 30,60 |
| 47,3 |   |    |    |       | 56 | 35,50 |
| 8,3  | 6 | 20 | 25 | 15/14 | 17 | 23,30 |
| 13,3 |   |    |    |       | 22 | 25,00 |
| 18,3 |   |    |    |       | 27 | 27,50 |
| 27,3 |   |    |    |       | 36 | 28,70 |
| 37,3 |   |    |    |       | 46 | 30,60 |
| 47,3 |   |    |    |       | 56 | 35,50 |
| 13,3 | 6 | 22 | 27 | 16    | 22 | 24,80 |
| 18,3 |   |    |    |       | 27 | 26,30 |
| 27,3 |   |    |    |       | 36 | 28,30 |
| 37,3 |   |    |    |       | 46 | 31,40 |
| 47,3 |   |    |    |       | 56 | 36,40 |
| 8,3  | 6 | 26 | 31 | 20/18 | 17 | 23,80 |
| 13,3 |   |    |    |       | 22 | 25,40 |
| 18,3 |   |    |    |       | 27 | 27,10 |
| 27,3 |   |    |    |       | 36 | 31,00 |
| 37,3 |   |    |    |       | 46 | 35,70 |

| t     | K  | d3 | d4 | D     | S   | €/1    |
|-------|----|----|----|-------|-----|--------|
| 47,3  | 6  | 26 | 31 | 20/18 | 56  | 40,50  |
| 57,3  |    |    |    |       | 66  | 46,20  |
| 67,3  |    |    |    |       | 76  | 52,80  |
| 12,6  | 6  | 30 | 35 | 24/22 | 22  | 27,10  |
| 17,6  |    |    |    |       | 27  | 29,80  |
| 26,6  |    |    |    |       | 36  | 33,70  |
| 36,6  |    |    |    |       | 46  | 37,20  |
| 46,6  |    |    |    |       | 56  | 43,80  |
| 56,6  |    |    |    |       | 66  | 50,30  |
| 66,6  |    |    |    |       | 76  | 54,30  |
| 76,6  |    |    |    |       | 86  | 61,20  |
| 86,6  |    |    |    |       | 96  | 68,70  |
| 15,9  | 6  | 42 | 47 | 32/30 | 27  | 36,20  |
| 24,9  |    |    |    |       | 36  | 40,10  |
| 34,9  |    |    |    |       | 46  | 43,70  |
| 44,9  |    |    |    |       | 56  | 50,30  |
| 54,9  |    |    |    |       | 66  | 55,00  |
| 64,9  |    |    |    |       | 76  | 58,80  |
| 74,9  |    |    |    |       | 86  | 67,40  |
| 84,9  |    |    |    |       | 96  | 73,60  |
| 104,9 |    |    |    |       | 116 | 85,80  |
| 30,2  | 10 | 54 | 60 | 42/40 | 46  | 49,60  |
| 40,2  |    |    |    |       | 56  | 56,20  |
| 50,2  |    |    |    |       | 66  | 62,00  |
| 60,2  |    |    |    |       | 76  | 71,80  |
| 70,2  |    |    |    |       | 86  | 75,30  |
| 80,2  |    |    |    |       | 96  | 85,00  |
| 100,2 |    |    |    |       | 116 | 100,30 |
| 120,2 |    |    |    |       | 136 | 110,80 |

# Anexo 6 – Tubo Redondo Estrutural – Chagas



## Tubo Estrutural Laminado a Frio Redondo

EN 10219  
S 275 JR/OH  
S 355 J2H

| Dimensão<br>D<br>mm | Espessura<br>T<br>mm | Peso<br>M<br>kg/m | Área<br>A<br>cm <sup>2</sup> | Momento<br>de Inércia<br>I<br>cm <sup>4</sup> | Momento<br>de torção<br>i<br>cm | Módulo<br>elástico<br>W <sub>el</sub><br>cm <sup>3</sup> | Módulo<br>elástico<br>W <sub>pl</sub><br>cm <sup>3</sup> | Constante de torção               |                                   | Superfície<br>A <sub>s</sub><br>m <sup>2</sup> /m | Aproxim.<br>Comprim.<br>Tonelada |
|---------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|---|---------------------------------|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|
|                     |                      |                   |                              |   |                                 |  |  | L <sub>t</sub><br>cm <sup>4</sup> | C <sub>t</sub><br>cm <sup>3</sup> |   |                                  |
| 33.7                | 3.0                  | 2.27              | 2.89                         | 3.44  | 1.09                            | 2.04   | 2.84   | 6.88                              | 4.08                              | 0.106   | 440                              |
|                     | 3.0                  | 2.91              | 3.71                         | 7.25  | 1.40                            | 3.42   | 4.67   | 14.5                              | 6.84                              | 0.133   | 343                              |
| 42.4                | 3.0                  | 3.35              | 4.27                         | 11.0  | 1.61                            | 4.55   | 6.17   | 22.0                              | 9.11                              | 0.152   | 298                              |
|                     | 4.0                  | 4.37              | 5.57                         | 13.8  | 1.57                            | 5.70   | 7.87   | 27.5                              | 11.4                              | 0.152   | 229                              |
| 60.3                | 3.0                  | 4.24              | 5.40                         | 22.2  | 2.03                            | 7.37   | 9.86   | 44.4                              | 14.7                              | 0.189   | 236                              |
|                     | 4.0                  | 5.55              | 7.07                         | 28.2  | 2.00                            | 9.34   | 12.7   | 56.3                              | 18.7                              | 0.189   | 180                              |
| 76.1                | 3.0                  | 5.41              | 6.89                         | 46.1  | 2.59                            | 12.1   | 16.0   | 92.2                              | 24.2                              | 0.239   | 185                              |
|                     | 4.0                  | 7.11              | 9.06                         | 59.1  | 2.55                            | 15.5   | 20.8   | 118                               | 31.0                              | 0.239   | 141                              |
| 88.9                | 3.0                  | 6.36              | 8.10                         | 74.8  | 3.04                            | 16.8   | 22.1   | 150                               | 33.6                              | 0.279   | 157                              |
|                     | 3.5                  | 7.37              | 9.39                         | 85.7  | 3.02                            | 19.3   | 25.5   | 171                               | 38.6                              | 0.279   | 136                              |
|                     | 4.0                  | 8.38              | 10.7                         | 96.3  | 3.00                            | 21.7   | 28.9   | 193                               | 43.3                              | 0.279   | 119                              |
|                     | 5.0                  | 10.3              | 13.2                         | 116   | 2.97                            | 26.2   | 35.2   | 233                               | 52.4                              | 0.279   | 96.7                             |
| 114.3               | 3.0                  | 8.23              | 10.5                         | 163   | 3.94                            | 28.4   | 37.2   | 325                               | 56.9                              | 0.359   | 121                              |
|                     | 3.5                  | 9.56              | 12.2                         | 187   | 3.92                            | 32.7   | 43.0   | 374                               | 65.5                              | 0.359   | 105                              |
|                     | 4.0                  | 10.9              | 13.9                         | 211   | 3.90                            | 36.9   | 48.7   | 422                               | 73.9                              | 0.359   | 91.9                             |
|                     | 5.0                  | 13.5              | 17.2                         | 257   | 3.87                            | 45.0   | 59.8   | 514                               | 89.9                              | 0.359   | 74.2                             |
|                     | 6.0                  | 16.0              | 20.4                         | 300   | 3.83                            | 52.5   | 70.4   | 600                               | 105                               | 0.359   | 62.4                             |
|                     | 8.0                  | 13.4              | 17.1                         | 393   | 4.80                            | 56.2   | 73.7   | 786                               | 112                               | 0.439   | 74.7                             |
| 139.7               | 5.0                  | 16.6              | 21.2                         | 481   | 4.77                            | 68.8   | 90.8   | 961                               | 138                               | 0.439   | 60.2                             |
|                     | 6.0                  | 19.8              | 25.2                         | 564   | 4.73                            | 80.8   | 107  | 1129                              | 162                               | 0.439   | 50.5                             |
|                     | 8.0                  | 26.0              | 33.1                         | 720   | 4.66                            | 103  | 139  | 1441                              | 206                               | 0.439   | 38.5                             |
|                     | 10.0                 | 32.0              | 40.7                         | 862   | 4.60                            | 123  | 169  | 1724                              | 247                               | 0.439   | 31.3                             |
| 168.3               | 4.0                  | 16.2              | 20.6                         | 697   | 5.81                            | 82.8   | 108  | 1394                              | 166                               | 0.529   | 61.7                             |
|                     | 5.0                  | 20.1              | 25.7                         | 856   | 5.78                            | 102  | 133  | 1712                              | 203                               | 0.529   | 49.7                             |
|                     | 6.0                  | 24.0              | 30.6                         | 1009  | 5.74                            | 120  | 158  | 2017                              | 240                               | 0.529   | 41.6                             |
|                     | 8.0                  | 31.6              | 40.3                         | 1297  | 5.67                            | 154  | 206  | 2595                              | 308                               | 0.529   | 31.6                             |
|                     | 10.0                 | 39.0              | 49.7                         | 1564  | 5.61                            | 186  | 251  | 3128                              | 372                               | 0.529   | 25.6                             |
|                     | 12.5                 | 48.0              | 61.2                         | 1868  | 5.53                            | 222  | 304  | 3737                              | 444                               | 0.529   | 20.8                             |
| 193.7               | 4.0                  | 18.7              | 23.8                         | 1073  | 6.71                            | 111  | 144  | 2146                              | 222                               | 0.609   | 53.4                             |
|                     | 4.5                  | 21.0              | 26.7                         | 1198  | 6.69                            | 124  | 161  | 2395                              | 247                               | 0.609   | 47.6                             |
|                     | 5.0                  | 23.3              | 29.6                         | 1320  | 6.67                            | 136  | 178  | 2640                              | 273                               | 0.609   | 43.0                             |
|                     | 6.0                  | 27.8              | 35.4                         | 1560  | 6.64                            | 161  | 211  | 3119                              | 322                               | 0.609   | 36.0                             |
|                     | 8.0                  | 36.6              | 46.7                         | 2016  | 6.57                            | 208  | 276  | 4031                              | 416                               | 0.609   | 27.3                             |
|                     | 10.0                 | 45.3              | 57.7                         | 2442  | 6.50                            | 252  | 338  | 4883                              | 504                               | 0.609   | 22.1                             |
|                     | 12.5                 | 55.9              | 71.2                         | 2934  | 6.42                            | 303  | 411  | 5869                              | 606                               | 0.609   | 17.9                             |
|                     | 219.1                | 4.5               | 23.8                         | 30.3  | 1747                            | 7.59   | 159  | 207                               | 3494                              | 319   | 0.688                            |
|                     | 5.0                  | 26.4              | 33.6                         | 1928  | 7.57                            | 176  | 229  | 3856                              | 352                               | 0.688   | 37.9                             |
|                     | 6.0                  | 31.5              | 40.2                         | 2282  | 7.54                            | 208  | 273  | 4564                              | 417                               | 0.688   | 31.7                             |
|                     | 8.0                  | 41.6              | 53.1                         | 2960  | 7.47                            | 270  | 357  | 5919                              | 540                               | 0.688   | 24.0                             |
|                     | 10.0                 | 51.6              | 65.7                         | 3598  | 7.40                            | 328  | 438  | 7197                              | 657                               | 0.688   | 19.4                             |
|                     | 12.0                 | 61.3              | 78.1                         | 4200  | 7.33                            | 383  | 515  | 8400                              | 767                               | 0.688   | 16.3                             |
|                     | 12.5                 | 63.7              | 81.1                         | 4345  | 7.32                            | 397  | 534  | 8689                              | 793                               | 0.688   | 15.7                             |
|                     | 16.0                 | 80.1              | 102                          | 5297  | 7.20                            | 483  | 661  | 10590                             | 967                               | 0.688   | 12.5                             |
|                     | 244.5                | 5.0               | 29.5                         | 37.6  | 2699                            | 8.47   | 221  | 287                               | 5397                              | 441   | 0.768                            |
|                     | 6.0                  | 35.3              | 45                           | 3199  | 8.43                            | 262  | 341  | 6397                              | 523                               | 0.768   | 28.3                             |

**Tubo Estrutural Laminado a Frio  
Redondo**

**CHAGAS**

EN 10219  
S 275 JR/OH  
S 355 J2H

| Dimensão<br>D<br>mm | Espessura<br>T<br>mm | Peso<br>M<br>kg/m | Área<br>A<br>cm <sup>2</sup> | Momento<br>de Inércia<br>I<br>cm <sup>4</sup> | Momento<br>de giração<br>i<br>cm | Módulo<br>elástico<br>W <sub>eI</sub><br>cm <sup>3</sup> | Módulo<br>elástico<br>W <sub>pI</sub><br>cm <sup>3</sup> | Constante de torção               |                                   | Superfície<br>A <sub>s</sub><br>m <sup>2</sup> /m | Aproxim.<br>Comprim.<br>Tonelada |
|---------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|---|----------------------------------|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|
|                     |                      |                   |                              |   |                                  |  |  | L <sub>t</sub><br>cm <sup>4</sup> | C <sub>t</sub><br>cm <sup>3</sup> |   |                                  |
|                     | 8.0                  | 46.7              | 59.4                         | 4160  | 8.37                             | 340  | 448  | 8321                              | 681                               | 0.768   | 21.4                             |
|                     | 10.0                 | 57.8              | 73.7                         | 5073  | 8.30                             | 415  | 550  | 10150                             | 830                               | 0.768   | 17.3                             |
|                     | 12.0                 | 68.8              | 87.7                         | 5938  | 8.23                             | 486  | 649  | 11880                             | 972                               | 0.768   | 14.5                             |
|                     | 12.5                 | 71.5              | 91.1                         | 6147  | 8.21                             | 503  | 673  | 12290                             | 1006                              | 0.768   | 14.0                             |
|                     | 16.0                 | 90.2              | 115                          | 7533  | 8.10                             | 616  | 837  | 15070                             | 1232                              | 0.768   | 11.1                             |
| 273.0               | 5.0                  | 33.0              | 42.1                         | 3781  | 9.48                             | 277  | 359  | 7562                              | 554                               | 0.858   | 30.3                             |
|                     | 6.0                  | 39.5              | 50.3                         | 4487  | 9.44                             | 329  | 428  | 8974                              | 657                               | 0.858   | 25.3                             |
|                     | 8.0                  | 52.3              | 66.6                         | 5852  | 9.37                             | 429  | 562  | 11703                             | 857                               | 0.858   | 19.1                             |
|                     | 10.0                 | 64.9              | 82.6                         | 7154  | 9.31                             | 524  | 692  | 14308                             | 1048                              | 0.858   | 15.4                             |
|                     | 12.0                 | 77.2              | 98.4                         | 8396  | 9.24                             | 615  | 818  | 16792                             | 1230                              | 0.858   | 12.9                             |
|                     | 12.5                 | 80.3              | 102                          | 8697  | 9.22                             | 637  | 849  | 17395                             | 1274                              | 0.858   | 12.5                             |
|                     | 16.0                 | 101               | 129                          | 10707   | 9.10                             | 784  | 1058   | 21414                             | 1569                              | 0.858   | 9.86                             |
| 323.9               | 5.0                  | 39.3              | 50.1                         | 6369  | 11.3                             | 393  | 509  | 12739                             | 787                               | 1.02  | 25.4                             |
|                     | 6.0                  | 47.0              | 59.9                         | 7572  | 11.2                             | 468  | 606  | 15145                             | 935                               | 1.02  | 21.3                             |
|                     | 8.0                  | 62.3              | 79.4                         | 9910  | 11.2                             | 612  | 799  | 19820                             | 1224                              | 1.02  | 16.0                             |
|                     | 10.0                 | 77.4              | 98.6                         | 12158   | 11.1                             | 751  | 986  | 24317                             | 1501                              | 1.02  | 12.9                             |
|                     | 12.0                 | 92.3              | 118                          | 14320   | 11.0                             | 884  | 1168   | 28639                             | 1768                              | 1.02  | 10.8                             |
|                     | 12.5                 | 96                | 122                          | 14847   | 11.0                             | 917  | 1213   | 29693                             | 1833                              | 1.02  | 10.4                             |
|                     | 16.0                 | 121               | 155                          | 18390   | 10.9                             | 1136   | 1518   | 36780                             | 2271                              | 1.02  | 8.23                             |
| 355.6               | 5.0                  | 43.2              | 55.1                         | 8464  | 12.4                             | 476  | 615  | 16927                             | 952                               | 1.12  | 23.1                             |
|                     | 6.0                  | 51.7              | 65.9                         | 10071   | 12.4                             | 566  | 733  | 20141                             | 1133                              | 1.12  | 19.3                             |
|                     | 8.0                  | 68.6              | 87.4                         | 13201   | 12.3                             | 742  | 967  | 26403                             | 1485                              | 1.12  | 14.6                             |
|                     | 10.0                 | 85.2              | 109                          | 16223   | 12.2                             | 912  | 1195   | 32447                             | 1825                              | 1.12  | 11.7                             |
|                     | 12.0                 | 102               | 130                          | 19139   | 12.2                             | 1076   | 1417   | 38279                             | 2153                              | 1.12  | 9.83                             |
|                     | 12.5                 | 106               | 135                          | 19852   | 12.1                             | 1117   | 1472   | 39704                             | 2233                              | 1.12  | 9.45                             |
|                     | 16.0                 | 134               | 171                          | 24663   | 12.0                             | 1387   | 1847   | 49326                             | 2774                              | 1.12  | 7.46                             |
| 406.4               | 6.0                  | 59.2              | 75.5                         | 15128   | 14.2                             | 745  | 962  | 30257                             | 1489                              | 1.28  | 16.9                             |
|                     | 8.0                  | 78.6              | 100                          | 19874   | 14.1                             | 978  | 1270   | 39748                             | 1956                              | 1.28  | 12.7                             |
|                     | 10.0                 | 97.8              | 125                          | 24476   | 14.0                             | 1205   | 1572   | 48952                             | 2409                              | 1.28  | 10.2                             |
|                     | 12.0                 | 117               | 149                          | 28937   | 14.0                             | 1424   | 1867   | 57874                             | 2848                              | 1.28  | 8.57                             |
|                     | 12.5                 | 121               | 155                          | 30031   | 13.9                             | 1478   | 1940   | 60061                             | 2956                              | 1.28  | 8.2                              |
|                     | 16.0                 | 154               | 196                          | 37449   | 13.8                             | 1843   | 2440   | 74898                             | 3686                              | 1.28  | 6.5                              |
| 457.0               | 6.0                  | 66.7              | 85                           | 21618   | 15.9                             | 946  | 1220   | 43236                             | 1892                              | 1.44  | 15.0                             |
|                     | 8.0                  | 88.6              | 113                          | 28446   | 15.9                             | 1245   | 1613   | 56893                             | 2490                              | 1.44  | 11.3                             |
|                     | 10.0                 | 110               | 140                          | 35091   | 15.8                             | 1536   | 1998   | 70183                             | 3071                              | 1.44  | 9.07                             |
|                     | 12.0                 | 132               | 168                          | 41556   | 15.7                             | 1819   | 2377   | 83113                             | 3637                              | 1.44  | 7.59                             |
|                     | 12.5                 | 137               | 175                          | 43145   | 15.7                             | 1888   | 2470   | 86290                             | 3776                              | 1.44  | 7.30                             |
|                     | 16.0                 | 174               | 222                          | 53959   | 15.6                             | 2361   | 3113   | 107919                            | 4723                              | 1.44  | 5.75                             |
| 508.0               | 6.0                  | 74.3              | 95                           | 29812   | 17.7                             | 1174   | 1512   | 59623                             | 2347                              | 1.44  | 5.75                             |
|                     | 8.0                  | 98.6              | 126                          | 39280   | 17.7                             | 1546   | 2000   | 78560                             | 3093                              | 1.60  | 10.1                             |
|                     | 10.0                 | 123               | 156                          | 48520   | 17.6                             | 1910   | 2480   | 97040                             | 3820                              | 1.60  | 8.14                             |
|                     | 12.0                 | 147               | 187                          | 57536   | 17.5                             | 2265   | 2953   | 115072                            | 4530                              | 1.60  | 6.81                             |
|                     | 12.5                 | 153               | 195                          | 59755   | 17.5                             | 2353   | 3070   | 119511                            | 4705                              | 1.60  | 6.55                             |
|                     | 16.0                 | 194               | 247                          | 74909   | 17.4                             | 2949   | 3874   | 149818                            | 5898                              | 1.60  | 5.15                             |

## Anexo 7 – Quadro Resumo com as Atualizações das Matrizes de Compatibilidades

| Variável | Valor da Variável   | Matriz a Atualizar       | Atualizações   |
|----------|---------------------|--------------------------|--|
| SH       | Secção Circular     | Haste                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secção Transversal – eliminar 2</li> <li>• Secção Quadrangular - eliminar <b>Tudo</b></li> </ul>  |
|          |                     | Guiamento Haste          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Primário – Haste Quadrangular – eliminar 1</li> <li>• G. Intermédio – Haste Quadrangular - eliminar 1</li> </ul>   |
|          |                     | Guiamento Cabeça         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componente C – Furação – eliminar 3, 4, 5, 6</li> <li>• Componente C – Refrigeração – eliminar 4</li> </ul>   |
|          |                     | Guiamento Haste - Haste  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secção Transversal – eliminar 2</li> <li>• G. Primário – Haste Quadrangular – eliminar 1</li> <li>• G. Intermédio – Haste Quadrangular - eliminar 1</li> </ul>  |
|          |                     | Guiamento Cabeça - Haste | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento da Cabeça – Componente C – Furação – eliminar 3, 4, 5, 6</li> <li>• Guiamento da Cabeça – Componente C – Refrigeração – eliminar 4</li> <li>• Haste – Secção Transversal – eliminar 2</li> <li>• Haste – Secção Quadrangular – eliminar <b>Tudo</b></li> </ul>  |
|          | Secção Quadrangular | Haste                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secção Transversal – eliminar 1</li> <li>• Secção Circular - eliminar <b>Tudo</b></li> </ul>  |
|          |                     | Guiamento Haste          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Primário – Haste Circular – eliminar <b>Tudo</b></li> <li>• G. Intermédio – Haste Circular - eliminar <b>Tudo</b></li> </ul>   |
|          |                     | Guiamento Cabeça         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componente C – Furação – eliminar 1, 2</li> <li>• Componente C – G. Aux – eliminar 1</li> <li>• Componente C – Posicionamento – eliminar <b>Tudo</b></li> <li>• Componente C – Refrigeração – eliminar 1, 2, 3</li> </ul>   |
|          |                     | Guiamento Haste - Haste  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secção Transversal – eliminar 1</li> <li>• G. Primário – Haste Circular – eliminar <b>Tudo</b></li> <li>• G. Intermédio – Haste Circular - eliminar <b>Tudo</b></li> </ul>  |
|          |                     | Guiamento Cabeça - Haste | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento da Cabeça – <i>Standard</i> – eliminar 3, 5</li> <li>• Guiamento da Cabeça – Componente C – Furação – eliminar 1, 2</li> <li>• Guiamento da Cabeça – Componente C – Refrigeração – eliminar 1, 2, 3</li> <li>• Haste – Secção Transversal – eliminar 1</li> <li>• Haste – Secção Circular – eliminar <b>Tudo</b></li> </ul> |
| AD       | = 0                 | Guiamento Cabeça         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componente A – eliminar 2, 5</li> <li>• Componente B – eliminar 2</li> <li>• Componente C – Tipo de Orelha – eliminar 2</li> <li>• Componente D – eliminar 2</li> </ul>   |
|          |                     | Guiamento Cabeça - Haste | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento da Cabeça – <i>Standard</i> – eliminar 4, 5</li> <li>• Componente D – eliminar 2</li> </ul>   |
|          | ≠ 0                 | Guiamento Cabeça         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceito – eliminar 2</li> <li>• Componente A – eliminar 1, 3, 4</li> <li>• Componente B – eliminar 1</li> <li>• Componente C – Tipo de Orelha – eliminar 1</li> <li>• Componente D – eliminar 1</li> </ul>   |
|          |                     | Guiamento Cabeça - Haste | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento da Cabeça – <i>Standard</i> – eliminar 1, 2, 3</li> <li>• Componente D – eliminar 1</li> </ul>  |

|    |     |                                    |   |
|----|-----|------------------------------------|---|
| NR | Sim | Haste                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secção Circular – Acoplamento à Zona Moldante – eliminar 2, 4, 5, 6</li> <li>• Secção Circular – Acoplamento ao Carro – eliminar 1, 2</li> <li>• Secção Quadrangular – Acoplamento à Zona Moldante – eliminar 1</li> <li>• Secção Quadrangular – Acoplamento ao Carro – eliminar 1, 2, 3, 4</li> </ul> |
|    |     | Guiamento Cabeça                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componente C – Furação – eliminar 6</li> </ul>   |
|    |     | Guiamento Cabeça - Haste           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento da Cabeça – Componente C – Furação – eliminar 6</li> <li>• Haste – Secção Circular – Acoplamento ao Carro – eliminar 1, 2</li> <li>• Haste – Secção Quadrangular – Acoplamento ao Carro – eliminar 1, 2, 3, 4</li> </ul>   |
|    | Não | Haste                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secção Circular – Refrigeração – eliminar <b>Tudo</b></li> <li>• Secção Circular – Acoplamento ao Carro – eliminar 3, 4, 5, 6, 7</li> <li>• Secção Quadrangular – Acoplamento à Zona Moldante – eliminar 2</li> <li>• Secção Quadrangular – Acoplamento ao Carro – eliminar 5, 6</li> </ul>            |
|    |     | Guiamento Cabeça                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componente C – Refrigeração – eliminar <b>Tudo</b></li> </ul>  |
|    |     | Guiamento Cabeça - Haste           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento da Cabeça – Componente C – Refrigeração – eliminar <b>Tudo</b></li> <li>• Haste – Secção Circular – Acoplamento ao Carro – eliminar 3, 4, 5, 6, 7</li> <li>• Haste – Secção Quadrangular – Acoplamento ao Carro – eliminar 5, 6</li> </ul>   |
| GI | Sim | Guiamento da Haste                 | -----   |
|    |     | Guiamento Haste - Haste            | -----   |
|    | Não | Guiamento da Haste                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento Intermédio – eliminar <b>Tudo</b></li> </ul>   |
|    |     | Guiamento Haste - Haste            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento da Haste – Guiamento Intermédio – eliminar <b>Tudo</b></li> </ul>  |
| GA | Sim | Guiamento Haste                    | ----  |
|    |     | Guiamento Cabeça                   | ----  |
|    |     | Guiamento Haste - Haste            | ----  |
|    |     | G. Auxiliar – G. Cabeça – G. Haste | ----  |
|    | Não | Guiamento Haste                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento Intermédio – Haste Circular – G. Auxiliar – eliminar 1</li> </ul>  |
|    |     | Guiamento Cabeça                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componente C – G. Auxiliar – eliminar 1</li> </ul>   |
|    |     | Guiamento Haste - Haste            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiamento da Haste – Guiamento Intermédio – Haste Circular – G. Auxiliar – eliminar 1</li> </ul>   |
|    |     | G. Auxiliar – G. Cabeça – G. Haste | <ul style="list-style-type: none"> <li>• eliminar <b>Tudo</b></li> </ul>  |

## Anexo 8 – Matrizes de Apoio ao Caso de Estudo

|   |   | Conceito |   |   |   | Componente A |   |   |   |   | Componente B |   | Componente C         |   |   |   |   |   |                |   |   |         |                |   |              |   | Componente D |   |   |   |
|---|---|----------|---|---|---|--------------|---|---|---|---|--------------|---|----------------------|---|---|---|---|---|----------------|---|---|---------|----------------|---|--------------|---|--------------|---|---|---|
|   |   |          |   |   |   |              |   |   |   |   |              |   | Furação para a Haste |   |   |   |   |   | Tipo de Orelha |   |   | G. Aux. | Posicionamento |   | Refrigeração |   |              |   |   |   |
|   |   |          |   |   |   |              |   |   |   |   |              |   |                      |   |   |   |   |   |                |   |   |         |                |   |              |   |              |   |   |   |
| 1 | 2 | 3        | 4 | 1 | 2 | 3            | 4 | 5 | 1 | 2 | 1            | 2 | 3                    | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3              | 1 | 1 | 2       | 1              | 2 | 3            | 4 | 1            | 2 |   |   |
|   | 1 |          |   |   |   | .            | . |   |   | . | .            | . | .                    | . | . | . |   | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 2 |          |   |   |   |              |   | . |   | . | .            | . | .                    | . | . | . |   | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 3 |          |   |   |   |              |   |   | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 4 |          |   |   |   |              |   |   |   | . | .            | . | .                    | . | . | . |   | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 1 | .        |   |   |   |              |   |   |   | . | .            | . | .                    | . | . | . |   | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 2 | .        |   |   |   |              |   |   |   |   | .            | . | .                    | . | . | . |   | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 3 |          | . |   |   |              |   |   |   | . | .            | . | .                    | . | . | . |   | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 4 |          |   | . |   |              |   |   |   |   | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 5 |          |   | . |   |              |   |   |   |   | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 1 | .        | . |   |   | .            |   |   |   | . | .            | . | .                    | . | . | . |   | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 2 | .        | . | . |   | .            |   |   |   | . | .            | . | .                    | . | . | . |   | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 1 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 2 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 3 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 4 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 5 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 6 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 1 |          |   | . |   |              |   | . |   |   | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 2 |          |   | . |   |              |   |   | . |   | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 3 | .        | . |   | . | .            | . |   |   | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 1 |          |   | . |   |              |   | . |   |   | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 1 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 2 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 1 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 2 |          |   | . |   |              |   |   |   | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 3 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 4 | .        | . | . | . | .            | . | . | . | . | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 1 |          |   |   | . |              |   |   |   |   | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |
|   | 2 |          |   |   | . |              |   |   |   |   | .            | . | .                    | . | . | . | . | . | .              | . | . | .       | .              | . | .            | . | .            | . | . | . |





















|                           |   | Guiamento Primário        |   |   |                  |   |                       |   |                    | Guiamento Intermédio |                           |   |   |   |                |                       |   |   |                    |   |   |   |   |
|---------------------------|---|---------------------------|---|---|------------------|---|-----------------------|---|--------------------|----------------------|---------------------------|---|---|---|----------------|-----------------------|---|---|--------------------|---|---|---|---|
|                           |   | Haste Circular            |   |   | Haste Circular   |   |                       |   | Haste Quadrangular | Haste Circular       |                           |   |   |   | Haste Circular |                       |   |   | Haste Quadrangular |   |   |   |   |
|                           |   |                           |   |   | Anel – Espaçador |   | Pormenores de Fixação |   |                    |                      |                           |   |   |   | G. Aux.        | Pormenores de Fixação |   |   |                    |   |   |   |   |
|                           |   | Guiamento Direto na Placa |   |   |                  |   |                       |   |                    |                      | Guiamento Direto na Placa |   |   |   |                |                       |   |   |                    |   |   |   |   |
|                           |   | 1                         | 2 | 3 | 1                | 2 | 1                     | 2 | 3                  | 4                    | 1                         | 1 | 2 | 3 | 4              | 5                     | 1 | 1 | 2                  | 3 | 4 | 1 |   |
| Guiamento Direto na Placa | 1 |                           |   |   |                  |   |                       |   |                    |                      |                           |   |   |   |                |                       |   |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 2 |                           |   |   | .                |   | .                     | . | .                  |                      |                           | . | . | . | .              | .                     | . | . | .                  | . | . | . |   |
|                           | 3 |                           |   |   | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           | . | . | . | .              | .                     | . | . | .                  | . | . | . |   |
|                           | 1 |                           | . | . |                  |   | .                     | . | .                  |                      |                           | . | . | . | .              | .                     | . | . | .                  | . | . | . |   |
|                           | 2 |                           |   | . |                  |   | .                     | . | .                  |                      |                           | . | . | . | .              | .                     | . | . | .                  | . | . | . |   |
|                           | 1 |                           | . | . | .                | . |                       |   |                    |                      |                           | . | . | . | .              | .                     | . | . | .                  | . | . | . |   |
|                           | 2 |                           | . | . | .                | . |                       |   |                    |                      |                           | . | . | . | .              | .                     | . | . | .                  | . | . | . |   |
|                           | 3 |                           | . | . | .                | . |                       |   |                    |                      |                           | . | . | . | .              | .                     | . | . | .                  | . | . | . |   |
|                           | 4 |                           | . | . | .                | . |                       |   |                    |                      |                           | . | . | . | .              | .                     | . | . | .                  | . | . | . |   |
| Guiamento Direto na Placa | 1 |                           |   |   |                  |   |                       |   |                    |                      |                           |   |   |   |                |                       |   |   |                    |   |   |   | . |
|                           | 1 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           |   |   |   |                |                       | . |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 2 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           |   |   |   |                |                       | . |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 3 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           |   |   |   |                |                       | . |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 4 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           |   |   |   |                |                       | . |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 5 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           |   |   |   |                |                       | . | . | .                  | . | . | . |   |
|                           | 1 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           | . | . | . | .              |                       |   |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 1 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           |   |   |   | .              |                       |   |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 2 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           |   |   |   | .              |                       |   |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 3 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           |   |   |   | .              |                       |   |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 4 | .                         | . | . | .                | . | .                     | . | .                  |                      |                           |   |   |   | .              |                       |   |   |                    |   |   |   |   |
|                           | 1 |                           |   |   |                  |   |                       |   |                    |                      | .                         |   |   |   |                |                       |   |   |                    |   |   |   |   |



|                           |   | Haste              |   |          | Guiamento da Haste |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|---------------------------|---|--------------------|---|----------|--------------------|---|---|-----------------------|---|---|---|--------------------|----------------|----------------------|---|---|---|-----------------------|---|---|---|--------------------|---|---|---|
|                           |   | Secção Transversal |   | S. Circ  | Guiamento Primário |   |   |                       |   |   |   |                    |                | Guiamento Intermédio |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           |   |                    |   | Anti-Rot | Haste Circular     |   |   | Haste Circular        |   |   |   | Haste Quadrangular | Haste Circular |                      |   |   |   | Haste Circular        |   |   |   | Haste Quadrangular |   |   |   |
|                           |   |                    |   |          | Anel – Espaçador   |   |   | Pormenores de Fixação |   |   |   |                    | G. Aux.        |                      |   |   |   | Pormenores de Fixação |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           |   |                    |   |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           |   | 1                  | 2 | 1        | 1                  | 2 | 3 | 1                     | 2 | 1 | 2 | 3                  | 4              | 1                    | 1 | 2 | 3 | 4                     | 5 | 1 | 1 | 2                  | 3 | 4 | 1 |
|                           | 1 |                    |   |          | .                  | . | . | .                     | . | . | . | .                  | .              | .                    | . | . | . | .                     | . | . | . | .                  | . | . | . |
|                           | 2 |                    |   |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                | .                    |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   | . |
|                           | 1 |                    |   |          |                    |   |   |                       |   | . | . | .                  | .              |                      |   |   | . | .                     |   |   |   |                    |   | . |   |
| Guiamento Direto na Placa | 1 | .                  |   |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 2 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 3 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 1 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 2 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 1 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 2 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 3 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 4 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
| Guiamento Direto na Placa | 1 |                    | . |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 1 | .                  |   |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 2 | .                  |   |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 3 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 4 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 5 | .                  |   |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 1 | .                  |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 1 |                    |   |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 2 |                    |   |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 3 |                    |   |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 4 |                    |   |          | .                  |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |
|                           | 1 |                    | . |          |                    |   |   |                       |   |   |   |                    |                |                      |   |   |   |                       |   |   |   |                    |   |   |   |



|   |   | G. Cabeça   | G. Haste  | G. Auxiliar   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
|   |   | Componente C  | Guiamento Intermédio  |   |   |   |
|   |   | G. Aux.   | Haste Circular - G.Aux.   |   |   |   |
|   |   |  |  |  |  |  |
|   |   | 1   | 1   | 1   | 2   | 3   |
|   | 1 |   | .   | .   | .   | .   |
|  | 1 | .   |   | .   | .   | .   |
|  | 1 | .   | .   |   |   |   |
|  | 2 | .   | .   |   |   |   |
|  | 3 | .   | .   |   |   |   |