



OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE INJEÇÃO DE ZAMAK

EDUARDO MIGUEL GUIMARÃES FERREIRA BRAGA

Outubro de 2015



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE INJEÇÃO DE ZAMAK

Eduardo Miguel Guimarães Ferreira Braga



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE INJEÇÃO DE ZAMAK

Eduardo Miguel Guimarães Ferreira Braga

1071175

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

Júri

Presidente

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Prof. Doutor António Paulo Monteiro Baptista
Professor Associado com Agregação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível com a contribuição de diversas pessoas, as quais quero expressar meus sinceros agradecimentos.

À empresa FicoCables, representada pelo Eng. Costa Pereira, que permitiu a realização deste trabalho dando sempre o suporte máximo.

Ao meu supervisor Eng. Mário Cardoso e amigos de empresa, que trouxeram informações fundamentais para as conclusões aqui apresentadas.

Ao Mário Soares e Ricardo Ferreira, colegas e amigos de curso, que me foram sempre apoiando durante a realização deste trabalho.

Aos meus Pais, irmã e respectiva namorada Catarina Araújo, pelo apoio incondicional, confiança e conselhos que deram durante todo o meu percurso acadêmico, principalmente na fase final de realização da tese de mestrado.

Finalmente, agradeço ao meu orientador Eng. Francisco Silva, grande exemplo, a quem tenho profunda admiração e respeito, por ter permitido que as minhas primeiras ideias se transformassem neste trabalho, através da sua paciência, competência e dedicação.

Todos vocês são parte integrante deste trabalho, sem vocês este trabalho não seria possível.

A todos vós, um grande muito obrigado.

Palavras-chave

Optimização de processos, Processos de fabrico, ZAMAK, Injeção de metais, Moldes para injeção de metais, Parâmetros de fabrico, Materiais.

Resumo

A indústria automóvel necessita aumentar a produtividade de forma sistemática, com vista à redução de custos e incremento da competitividade. A otimização dos produtos e processos é uma constante.

O presente trabalho foi solicitado pela empresa FicoCables, do Grupo FICOSA, tendo em vista a otimização do processo de injeção de pequenas peças injetadas em ZAMAK, que constituem o bloqueio na extremidade de cada cabo metálico inserido nos automóveis para abertura da mala, portas, travão de mão, reservatório de combustível, capô, etc.

A empresa possui cerca de 52 equipamentos de injeção de ZAMAK, cuja temperatura dos bicos era mantida com base numa chama de gás. Os sucessivos problemas de controlo do sistema ditaram uma mudança estratégica no aquecimento desses bicos, passando a ser usadas resistências elétricas anelares. No entanto, esta mudança veio a apresentar problemas inesperados, os quais se vieram inclusivamente a tornar em problemas de segurança, devido ao desgaste interior prematuro dos bicos, os quais apresentaram mesmo problemas de rotura. Paralelamente, todos os parâmetros relacionados com este processo de fabrico estavam também estudados de forma algo incipiente, pelo que se tornou necessário compreender e dissecar todas as variáveis relacionadas com o processo e implementar sistemas que impedissem o ajuste não controlado dos parâmetros por parte dos operadores. Também os moldes foram alvo de ações de melhoria, com vista a evitar problemas na zona de contacto do bico com o molde.

O processo foi analisado em pormenor, permitindo um controlo muito mais apurado do mesmo. Os resultados fizeram sentir-se de forma imediata, graças ao trabalho desenvolvido neste estudo e à abertura demonstrada pela empresa para implementar todas as soluções propostas.

O resultado final traduz-se num incremento significativo da segurança para os operadores, num controlo muito mais apurado de todos os parâmetros envolvidos no processo, numa maior garantia da qualidade nos produtos injetados em ZAMAK e em ganhos financeiros significativos para a empresa.

Keywords

Manufacturing processes optimization, Manufacturing processes, ZAMAK, Metals injection, Moulds for metal injection, Manufacturing processes parameters, Materials.

Abstract

The automotive industry needs to increase its productivity in a systematic manner, with a view to reduce costs and enhance competitiveness. Optimisation of processes and products is a constant.

The present work was prompted by the FicoCables company, member of the FICOSA group, in order to optimize the injection process of small parts in ZAMAK, which constitute the lock at the end of each wire rope inserted in automobiles to open the trunk, doors, hand brake, fuel tank, hood, etc.

The company has about 52 ZAMAK injection equipments, whose nozzles temperature was kept high under the action of a burner. The successive problems on the control system dictate a strategic change in the heating process of these nozzles, using electrical resistors ring. However, this change came unexpected problems, which became even into security issues, due to nozzles premature inner wear, which showed even breakage problems. At the same time, all the ill-defined parameters related to this manufacturing process were also studied, became necessary to understand and dissect all variables related to the process and implement systems that prevent the uncontrolled adjustment of parameters by operators. Also the moulds have been target of improvement actions in order to avoid problems in the nozzle-mould contact.

The process has been analysed in detail, allowing a much more accurate monitoring of the parameters and global process. The results were felt immediately, thanks to the work done in this study and openness demonstrated by the company to implement all the proposed solutions.

The end result is reflected in a significant increase in security for operators, a much more accurate control of all parameters involved in the process, greater quality assurance of the products injected in ZAMAK and significant financial gains for the company.

Lista de Símbolos e Abreviaturas

Al	Alumínio
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
Cd	Cádmio
Cr	Crómio
Cu	Cobre
DLC	<i>Diamond Like Carbon</i>
EDX	Microanálise de raio X por dispersão de energia
Fe	Ferro
h	Horas
HRC	Dureza Rockwell C
HV	Dureza Vickers (<i>Hardness Vickers</i>)
ID	Índice de Desenvolvimento
IP	Índice de Performance
J	Joule
JIT	<i>Just-in-Time</i>
Kg	Quilograma
Kgf	Quilograma força
m	Metro
min	Minuto
mm	Milímetro
MC	Melhoria Continua
Mg	Magnésio
MPa	Mega Pascal
Ni	Níquel
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>

PDP	Processo de Desenvolvimento Produto
Pb	Chumbo
Rm	Resistência Máxima (<i>Tensile Strength</i>)
Rp _{0,2}	Tensão Limite Convencional de Proporcionalidade (<i>Yield Strength</i>)
s	Segundo
SMED	<i>Single Minute Exchange Die</i>
Sn	Estanho
TPS	Sistema de Produção Toyota (<i>Toyota Production System</i>)
TQM	<i>Total Quality Management</i>
V	Volt
Zn	Zinco
ZQ	Zona Quente
W	Watt
YS	Tensão de Cedência (<i>Yield Strength</i>)
°C	Temperatura em graus
°F	<i>Fahrenheit</i>
∅	Diâmetro
€	Euros

Índice de Figuras

Figura 1 - Relação entre Qualidade, Custo, Prazo (Reis, 2001).	31
Figura 2 - Visão integral para análise dos processos. (Unicomm, 2009).....	32
Figura 3 - Análise dos processos essenciais (Unicomm, 2009).	32
Figura 4 - Sequência de etapas para análise do processo (Unicomm, 2009).....	33
Figura 5 - A criação dos hábitos (adaptado de (Covey, 1984)).....	35
Figura 6 - Ciclo PDCA	37
Figura 7 - Benefícios <i>Lean</i> (adaptado de T.Melton, 2005).	38
Figura 8 - a) Alguns tipos de <i>layouts</i> possíveis; b) Acionamento por intermédio de um cabo (HI-LEX, 2006).....	39
Figura 9 - Esquema de Transmissão de Movimento.	39
Figura 10 - Esquema de vários sistemas com acionamento por cabo metálico (HI-LEX, 2006).....	40
Figura 11 - Exemplos de aplicação de cabos: a) Elevadores de janela, b) portas automáticas, c) reguladores de bancos, d) tejadilho (HI-LEX, 2006).....	40
Figura 12 - Ligação do cabo ao mecanismo para transmissão de movimento	41
Figura 13 - Cabo metálico (adaptado de CMACABLE, 2015).....	42
Figura 14 – Enrolamento tipo corda (a) vs cabo (b) (adaptado de CMACABLE, 2015).	42
Figura 15 - Cabo <i>Push/Pull</i> . a) Núcleo reforçado, b) Núcleo reforçado com corda, c) Núcleo reforçado com cabo (HI-LEX, 2006).	44
Figura 16 - a) Ligação com sistema hidráulico, b) Ligação com cabos <i>Push/Pull</i> (HI-LEX, 2006).....	44
Figura 17 - Cabo de ligação entre a zona exterior e interior e componente de interface.	45
Figura 18 – Cabo de assento - sistema simples e duplo de acionamento (adaptado de Hi-Lex, 2006).	45
Figura 19 - Muro da qualidade (Casa do Cliente)	47
Figura 20 - Análise microscópica a uma amostra.	48
Figura 21 - Análise microscópica – Amostra com excesso de porosidade.	48
Figura 22 - Análise de porosidade (vista em corte).	49
Figura 23 - Posicionamento de cabo para ensaio de tração	49
Figura 24 - Posto para ensaio de tração	50
Figura 25 - "Estendal" para colocar cabos com defeito de carga.....	50
Figura 26 - Ensaio para medição do comprimento de cabo	51
Figura 27 - "Estendal" para colocar cabos com defeito de cota	51
Figura 28 - Dispositivo para medição de comprimento de cabo e primeiro OK.	52
Figura 29 - Exemplo de terminal de espiral e terminal de cabo.	52
Figura 30 - Exemplo de gabarito com cavidade para colocar terminal de cabo.	53
Figura 31 - Exemplo de gabari com cavidade para colocar terminal de espiral e terminal de cabo.....	53
Figura 32 - Alinhamento de terminais de espiral.....	54
Figura 33 - Alinhamento após puncionamento de terminais	54
Figura 34 - Terminais puncionados e cabo metálico com terminal de zamak.	54

Figura 35 - Alinhamento dos terminais de espiral e do primeiro terminal de zamak.....	55
Figura 36 - Cabo com formato final.	55
Figura 37 - Imagem de um cabo pronto - terminais de cabo zamak	55
Figura 38 - Terminal de cabo torneado (a); estampado (b); forjado (c); sinterizado (d).....	56
Figura 39 - Exemplos de terminais de cabo (zamak)	56
Figura 40 - Exemplos de ligação de terminais de zamak e de espiral nos componentes.	58
Figura 41 - Injetora com fecho de molde na horizontal (Votorantim, 2013).	59
Figura 42 - Injetora com fecho de molde na vertical.	59
Figura 43 - Sequência de operação de um ciclo do processo de fundição sob pressão em câmara quente. (Votorantim, 2013)	60
Figura 44 - Esquema de uma máquina de fundição sob pressão em câmara fria (UFPR, 2007).	61
Figura 45 - Esquema elucidativo do funcionamento de uma máquina de câmara fria. (UFPR, 2007)	62
Figura 46 - Miniatura automóvel em zamak (StoreKit, 2015).....	64
Figura 47 - Diagrama de equilíbrio Zn-Al. (Zhu, 2004).....	65
Figura 48 - Diagrama de equilíbrio Zn-Al (até 3% Al). (Zhu, 2004).....	65
Figura 49 - Etapas do processo de fundição sob pressão.	70
Figura 50 - Possíveis defeitos que podem ocorrer no processo de injeção sob pressão.	73
Figura 51 - Porosidade em terminais de zamak.....	74
Figura 52 - Defeito por preenchimento incompleto.	74
Figura 53 - Inclusões de outro tipo de material.....	75
Figura 54 - Depressões ocorridas na peça - Rechupes.....	76
Figura 55 - Rebarba.....	77
Figura 56 - Danos provocados durante a extração.	77
Figura 57 – Ciclo de projeto de um molde (Erik, 2011).	78
Figura 58 - Esquema exemplo para fecho de molde vertical (Santana, 2004).....	79
Figura 59 - Exemplo de uma peça de aço AISI-H13 com fissuras térmicas (Torres, 2005).....	80
Figura 60 - Estudo dos canais de alimentação.....	81
Figura 61 - Pontos a evitar no fabrico de moldes.	81
Figura 62 – Variação da camada congelada em função da velocidade de enchimento. (Santana, 2004) ..	82
Figura 63 - Comportamento da água no interior da tubagem.....	83
Figura 64 - Refrigeração no molde de injeção.	83
Figura 65 - Posicionamento do cabo no molde.	84
Figura 66 - Sentido de rotação.....	84
Figura 67 - a) Molde recuado; b) Contacto do molde com bico de injeção.....	85
Figura 68 - Esquema de injeção; (a) Acoplamento bico/molde; (b) Molde após injeção.	85
Figura 69 - Diferentes tipos de bicos para injeção de plásticos (Ruian Yumin Machine Screw Co.,Ltd., 2014).....	86
Figura 70 - Equipamento utilizado na FicoCables para injeção de plástico.	87
Figura 71 - Resistências elétricas tipo coleira para bico. a) Blindada em aço b) Blindada em latão c) Simples d) Cerâmica e) Com capa Térmica f) Mica (Itáqua, 2007).	87

Figura 72 - Interface entre bomba de injeção e molde. (Fábio, et al., 2012).....	88
Figura 73 – a) Bico de injeção roscado na bomba; b)Bico de injeção roscado no postigo.....	89
Figura 74 - a) Roscado b) Contacto (interferência).....	89
Figura 75 - Diferentes tipos de bicos de injeção.....	90
Figura 76 - Aquecimento a gás. a) Máquinas de alta pressão, b) Máquinas de baixa pressão.....	90
Figura 77 - Máquina de injeção de zamak manual. (FisherTech, 2015).....	97
Figura 78 - Máquina de injeção de zamak semiautomática.	98
Figura 79 - Zona de trabalho.....	98
Figura 80 - Máquina de injeção de zamak automática.....	99
Figura 81 - Etapas para alimentação de cabo automático.....	100
Figura 82 - Exemplo de cabo com primeira e segunda injeção.	101
Figura 83 - Máquina de zamak - Área de trabalho.	102
Figura 84 - Posto de aparar cabo.	103
Figura 85 - Cabo metálico sem flor.	103
Figura 86 - Mecanismo de Flor - Sensores de componentes; Vista Lateral (esq.), Vista Frontal (dir.).	104
Figura 87 - a) Flor incorretamente conformada, b) Flor corretamente conformada.....	105
Figura 88 - Principais dimensões da flor.	105
Figura 89 - Movimentos executados pelo <i>transfer</i>	106
Figura 90 - Posicionamento da "Flor" no interior do molde.....	107
Figura 91 - Sistema de injeção.....	108
Figura 92 – Alinhamento do pistão vs canal de abastecimento de zamak, a) alinhamento correto, b) alinhamento incorreto.....	109
Figura 93 - Mecanismo fecho do molde.	110
Figura 94 - Vista de topo - cilindro de fecho de molde, a) cilindro recuado, b) cilindro avançado.....	111
Figura 95 - Fases do fecho do molde.	112
Figura 96 - Fecho mecânico e sensores para fecho do molde.....	112
Figura 97 - Vista frontal do mecanismo de rotação e estrutura.....	113
Figura 98 - Vista lateral do mecanismo de rotação.	114
Figura 99 - Aproximação da estrutura ao bico de injeção.....	114
Figura 100 - Estrutura Superior e Inferior.....	115
Figura 101 - Estrutura superior.....	116
Figura 102 – Componentes da estrutura inferior.....	117
Figura 103 - Particularidades da estrutura inferior.....	117
Figura 104 - Estrutura superior com molde acoplado.	118
Figura 105 - Moldes de zamak.....	118
Figura 106 - Exemplo de área funcional, a) Terminal tipo L, b) Terminal tipo S ou Manivela.....	119
Figura 107 - Caixa de rebaixo para pontos de injeção.	119
Figura 108 – Vista 3D em corte - Sistema de extração.	120
Figura 109 – Vista 3D - Cortante do gito.....	121
Figura 110 - Aquecimento a gás vs resistência.	122

Figura 111 - Desenho técnico do bico de injeção.	124
Figura 112 - Diagrama de <i>Ishikawa</i>	125
Figura 113 - Aspeto exterior dos bicos de injeção.	128
Figura 114 - Bico de injeção partido na bomba.....	129
Figura 115 - Resguardos das máquinas de zamak.	129
Figura 116 – Resistência com zamak.	130
Figura 117 - Controlo dos bicos de injeção, a) Controlo de substituição de componentes, b) formulário a preencher pelos operadores.	131
Figura 118 - a) Bico partido, b) Bico seccionado transversalmente.	132
Figura 119 - a) Bico aquecimento a gás, b) Bico de aquecimento com resistência elétrica, c) Desgaste interno e d) Desgaste total.	133
Figura 120 - Análise EDX do bico de injeção, a) Zona 1, b) Zona 2, c) Zona 3, d) Zona 4.	134
Figura 121 - Estudo do fluxo de metal fundido.....	135
Figura 122 - Diversas fases do desgaste interno.....	136
Figura 123 - Análise de dureza no bico de injeção após 180 horas de trabalho.	137
Figura 124 - Resistência elétrica e resistência.	138
Figura 125 - a) resistência nova, b) resistência usada.....	138
Figura 126 - Resistência avariada.....	139
Figura 127 – Controlador de temperatura utilizado para análise de avarias.....	140
Figura 128 - Diagrama de Pareto relativo a avarias nas resistências.	140
Figura 129 - Tipos de termopares - Constituição e tensão média gerada (FFONSECA, 2010).	141
Figura 130 - Desgaste da ponta do bico injeção.	142
Figura 131 - Evolução do canal interno do bico injeção.	146
Figura 132 – Gráfico Tempo vs Dureza vs Temperatura adaptado (Uddeholm Orvar Supreme, 2015). ...	151
Figura 133 - Gráfico de dureza em função da temperatura para o aço X210Cr12 (Metal Ravne, 2015). .	152
Figura 134 – Gráfico de propriedades mecânicas do aço BOHLER W350 (adaptado (Bohler Edelstahl, 2011)).	153
Figura 135 - Gráfico do revenido do aço Bohler W350 (adaptado (Bohler Edelstahl, 2011)).....	153
Figura 136 - Gráfico do revenido aço Bohler 750 (adaptado de (Bohler Edelstahl, 2011)).	154
Figura 137 - Zona com maior variação de seção.	156
Figura 138 - Distâncias do furo interno à resistência.....	157
Figura 139 - Versão do bico de injeção a direito.....	158
Figura 140 - Resistência enrolada diretamente no bico de injeção.	159
Figura 141 - Esquema de uma resistência elétrica.	160
Figura 142 - Histerese magnética. (CiênciaHoje, 2015)	161
Figura 143 - Vista microscópica de uma sonda tipo J (a), e sonda tipo K (b), com respetiva zona soldada.	162
Figura 144 - Mecanismo para enrolar resistências. (Turk+Hillinger, 2013).....	164
Figura 145 - Montagem da resistência elétrica na cápsula a), montagem da resistência no bico de injeção b).	164
Figura 146 - Resistência em funcionamento.	165

Figura 147 - Cápsula de proteção. Perdas por contacto no modelo maciço e estriado.	166
Figura 148 - Foto vista de topo da montagem da resistência na cápsula estriada.	166
Figura 149 - Capsulas de proteção com diferentes espessuras de contacto.	167
Figura 150 - Capsulas de proteção com diferentes diâmetros para encaixe da resistência elétrica.....	168
Figura 151 - Estrutura antiga a), estrutura nova b).....	169
Figura 152 - Sensor de proximidade que garante o encosto da estrutura ao bico de injeção.....	170
Figura 153 - Potenciômetro a), transformador b).....	172
Figura 154 - Ligação dos fios da resistência no quadro elétrico.	174
Figura 155 - Tomadas elétricas de encaixe rápido para as resistências.	174
Figura 156 - Diferença de aspeto superficial de um molde com revestimento e outro sem revestimento.	176
Figura 157 - Extratores com revestimento e sem revestimento.....	176
Figura 158 - Afinação do cortante.	177
Figura 159 - Limitações do mecanismo.	178
Figura 160 - Mecanismo proposto.....	179
Figura 161 - Vista lateral - Afinação do cortante.	179
Figura 162 - Extração do gito.	180

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Seleção do tipo de corda ou cabo a utilizar (adaptado de CMACABLE, 2015).	43
Tabela 2 - Lista de alguns normalizados e respetiva função.	46
Tabela 3 - Composição química das ligas de zinco para fundição - ASTM B240-07.	66
Tabela 4 - Propriedades mecânicas do zamak 3 e 5 em baixas e altas temperaturas. (adaptado: Votorantim 2007)	68
Tabela 5 - Propriedades mecânicas do zamak 3 e 5. (adaptado: FUNDEP E UFMG 2006).....	68
Tabela 6 - Principais propriedades físicas do zamak. (adaptado: Votorantim 2007)	69
Tabela 7 – Propriedades das ligas de zinco para fundição sob pressão. (adaptado: Votorantim 2007)	69
Tabela 8 - Informações sobre o aço AISI-H13. (Matweb, 2015).....	80
Tabela 9 - Propriedades físicas para o sistema de injeção (molde e liga zamak).	80
Tabela 10 - Propriedades físicas da água (Líquido de Arrefecimento).....	82
Tabela 11 - Definição dos módulos existentes nas unidades de negócio da Ficocables.	95
Tabela 12 - Diferenças entre máquinas de primeira e de segunda injeção.	101
Tabela 13 - Vantagens e desvantagens para o aquecimento a gás e resistência elétrica.	122
Tabela 14 – Itens selecionados para verificação.....	126
Tabela 15 - Corte longitudinal dos bicos de injeção, antes da alteração.	147
Tabela 16 - Corte longitudinal dos bicos de injeção, após a alteração.	148
Tabela 17 - Teste realizado com formato de canal interno antigo e novo.	149
Tabela 18 - Aços e durezas recomendadas para as respetivas ligas a injetar (adaptado: (Uddeholm, 2015))150	
Tabela 19 - Especificações relativamente aos termopares tipo J e K (adaptado (OMEGA, 2003-2015))..	162
Tabela 20 - Temperaturas máximas vs diâmetros dos fios que compõe o termopar (adaptado (OMEGA, 2003-2015)).	163
Tabela 21 - Ganho de tempo de produção (bicos de injeção).	181
Tabela 22 - Ganho de tempo de produção (resistências)	182
Tabela 23 - Consumos mensais de bicos de injeção.	183
Tabela 24 - Consumos mensais de resistências.	184

Índice de Gráficos

288Gráfico 1 - Evolução do Volume de Negócios da FicoCables Lda. para 2012.....	94
Gráfico 2 - Ganhos monetários.....	187
Gráfico 3 - Ganho de disponibilidade de máquinas.....	188
Gráfico 4 - Custo resistência formato antigo vs novo	189

Índice

Lista de Símbolos e Abreviaturas.....	xii
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xxi
Índice de Gráficos.....	xxi
Índice.....	xxiii
1. Introdução.....	25
1.1. Enquadramento.....	25
1.2. Objetivos.....	26
1.3. Metodologia.....	28
1.4. Estrutura.....	28
2. Revisão Bibliográfica.....	29
2.1. A produção de componentes para a indústria automóvel.....	29
2.1.1. A indústria automóvel: Conceitos gerais.....	29
2.1.2. Otimização de processos e produtos.....	31
2.1.3. Conceitos de Melhoria Contínua.....	34
2.2. Cabo controlo para automóveis.....	38
2.2.1. Cabos metálicos e suas configurações utilizados na indústria automóvel.....	41
2.2.2. Processos de fabrico relacionados com a produção de cabos de controlo.....	44
2.2.3. Os terminais de bloqueio.....	55
2.3. Fundição sob Pressão.....	58
2.3.1. Ligas Zamak: O que são?.....	63
2.3.2. A injeção de ZAMAK.....	70
2.3.3. Moldes para a injeção de ZAMAK.....	78
2.3.4. Bicos de injeção e sistemas de aquecimento dos mesmos.....	86
2.3.5. Parâmetros de injeção definidos para as ligas ZAMAK.....	91
3. Desenvolvimento.....	93
3.1. Objetivos específicos deste trabalho prático.....	93
3.2. Caracterização da empresa que acolheu o projeto.....	94
3.3. Caracterização dos equipamentos e moldes usados no processo.....	96
3.3.1. Máquina de Zamak.....	96
3.3.2. Áreas de trabalho nas máquinas de zamak.....	100
3.3.2.1. Dispositivo de aparar cabo.....	102
3.3.2.2. Mecanismo da Flor.....	103
3.3.2.3. Transfer.....	106
3.3.2.4. Injeção.....	107
3.3.2.5. Cortante do gito.....	120

3.3.2.6. Aquecimento – Gás vs Resistência	121
3.4. O Problema	123
3.4.1. Identificação do problema.....	125
3.4.2. Caracterização dos problemas referentes ao bico de injeção	130
3.4.3. Caracterização dos problemas referentes às resistências	137
3.4.4. Caracterização dos problemas de acoplamento do bico de injeção ao molde.	142
3.4.5. Caracterização dos problemas relativamente à parametrização da máquina de injeção	143
3.5. Resolução dos problemas	144
3.5.1. Resolução dos problemas que afetam o bico de injeção.....	145
3.5.1.1. Geometria interna	145
3.5.1.2. Material e tratamentos.....	150
3.5.1.3. Geometria externa	155
3.5.2. Resolução dos problemas que afetam a resistência	159
3.5.3. Resolução dos problemas de acoplamento do bico de injeção ao molde.....	169
3.5.4. Resolução dos problemas de parametrização da máquina	170
3.6. Outras melhorias implementadas	173
3.6.1. Colocação de fichas de encaixe rápido para as resistências	173
3.6.2. Revestimento nos moldes e extratores	175
3.6.3. Mecanismo de cortante do gito	177
3.7. Resumo de todas as melhorias projetadas e implementadas	181
3.8. Estudo de benefícios económicos da melhoria do processo.....	183
4. Conclusões.....	187
5. Bibliografia e Outras Fontes de Informação	191

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A evolução de algumas ligas tendo por base o Alumínio retirou algum mercado a outras ligas concorrentes, nomeadamente ao ZAMAK, que tem por base o Zinco, com adições de Alumínio, Magnésio e Cobre, entre outros. No entanto, apesar de alguns problemas registados inicialmente com as ligas de ZAMAK, este material é ainda utilizado em inúmeras aplicações, nomeadamente nos terminais de bloqueio dos cabos metálicos utilizados para os mais diversos acionamentos manuais instalados nas viaturas automóveis, tais como, a abertura de portas, abertura da mala ou do capô, abertura do tampão de combustível, travão de mão, etc..

A Ficocables, empresa do Grupo FICOSA instalada na Maia, assenta grande parte da sua produção no fabrico de cabos dos tipos acima mencionados. Estes necessitam invariavelmente de possuir os respetivos terminais de bloqueio, com vista a executar da melhor forma a função a que se destinam, ou seja, promover o acionamento de algo. Estes terminais de bloqueio são injetados em ZAMAK em cima do cabo, após a realização de uma dispersão dos fios que constituem o cabo metálico (designada normalmente por “flor”).

A manutenção da temperatura relativamente elevada nos bicos de injeção de ZAMAK na Ficocables assentou, durante vários anos, em maçaricos/queimadores a gás que estavam direcionados para o bico e o aqueciam até à temperatura recomendada pelo processo. No entanto, este processo de aquecimento não permite um controlo tão preciso quanto o necessário, para além de exigir uma instalação de gás própria em cada máquina e promover a formação de fuligem no bico e peças adjacentes.

Assim, após consulta dos fabricantes dos equipamentos de injeção, a empresa decidiu avançar para outra tecnologia de aquecimento dos bicos, utilizando resistências elétricas anelares, que abraçam o bico e lhe transmitem o calor necessário. O controlo passa a ser muito mais simples, permite uma precisão muito superior e utiliza corrente elétrica como qualquer outro dispositivo da máquina de injeção, pelo que a instalação da linha de gás passa a ser dispensável. Tal como em qualquer outro processo de mudança, é requerida uma atenção especial a todos os parâmetros e fatores envolvente, para minimizar problemas.

Apesar dos cuidados tidos na mudança, a mesma veio a revelar-se não totalmente eficaz, já que começaram a ser registados diversos problemas com os bicos de injeção e com as resistências elétricas. A rápida deterioração interior dos bicos de injeção e a degradação aleatória do anel interior das resistências passou a ser um problema grave, cuja resolução urgia, já que se começaram a levantar alguns problemas de segurança devido ao rompimento dos bicos de injeção e consequente projeção do metal quente, não para dentro do molde como devia, mas sim para as redondezas da máquina, colocando em risco a saúde, e até vida, dos operadores que estivessem próximo.

Paralelamente, surgia toda uma série de parâmetros e procedimentos a otimizar, tanto diretamente relacionados com o problema atrás mencionado, como com a operação e parametrização ('*setup*') dos diferentes equipamentos.

Deverá aqui ser referido que este trabalho envolveu a resolução de problemas numa secção equipada com 52 máquinas de injeção de ZAMAK, assim como toda a sua envolvente.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo proceder à otimização do processo de injeção de ZAMAK na empresa Ficocables, na Maia, através da resolução de alguns problemas prementes que se colocavam no momento do arranque deste trabalho, e que são enumerados em seguida:

- Os bicos de injeção de ZAMAK apresentavam um desgaste interno verdadeiramente excessivo, com períodos de vida útil, que não atingiam na maior parte dos casos uma semana;
- O rompimento dos bicos acarretava fortes problemas de segurança;
- Os custos de paragem, substituição dos bicos injeção e novo arranque da máquina acarretava custos indesejáveis para a empresa, que não eram desprezáveis;
- A regulação de alguns parâmetros de injeção, nomeadamente a temperatura, apresentava fortes lacunas de sustentação, já que a temperatura utilizada no bico excedia fortemente a temperatura necessária;
- As resistências elétricas apresentavam lacunas de funcionamento, dispersão de resultados no aquecimento e degradação rápida no anel interior, com perda de eficácia na transmissão do calor para o bico;

- A regulação dos parâmetros em cada equipamento podia ser realizada por qualquer operador, sendo ainda ajustada segundo a vontade do mesmo operador durante o ciclo de produção, em função das condições de qualidade observadas no produto injetado.

Com base nos problemas atrás referidos, foram estabelecidos alguns objetivos iniciais para o trabalho, tendo ficado sempre em aberto a possibilidade de se ir mais longe na otimização, em função do tempo efetivamente necessário para a resolução de cada problema. Assim, foram estabelecidos os seguintes objetivos iniciais:

- Analisar as causas do desgaste prematuro do bico de injeção;
- Proceder a ajustes no desenho e material do bico, por forma a ultrapassar os problemas registados;
- Otimizar o projeto do bico e a seleção de materiais com vista ao prolongamento da vida útil do bico;
- Testar os novos bicos de injeção projetados e analisar o seu comportamento;
- Analisar as razões que estão na base da degradação prematura do anel interior das resistências;
- Otimizar os parâmetros de injeção com base nos novos elementos introduzidos;
- Criar procedimentos que visem disciplinar a regulação dos equipamentos de injeção por parte dos operários;
- Proceder a alterações no “*hardware*” por forma a minimizar a possibilidade de intervenção dos operadores nos parâmetros de injeção;
- Proceder à revisão/novo projeto do sistema de conexão do bico ao molde de injeção;
- Efetuar uma revisão geral do processo com vista à identificação de melhorias possíveis de introduzir no processo;
- Dependendo do tempo disponível, proceder à implementação dessas melhorias;
- Realizar um estudo económico das poupanças conseguidas em termos económicos.

Atendendo à urgência da empresa na resolução dos problemas atrás referidos, os estudos foram sempre acompanhados da implementação prática dos sistemas projetados, permitindo a validação dos projetos elaborados.

1.3. Metodologia

A elaboração do presente trabalho seguiu a metodologia que seguidamente se descreve:

- Identificação dos problemas e hierarquização dos mesmos por níveis de prioridade/urgência na sua resolução;
- Acompanhamento diário do estado do processo no terreno;
- Corte e análise dos bicos de injeção afetados;
- Estudo teórico do problema que estava na base do desgaste prematuro dos bicos de injeção;
- Elaboração de lista de sugestões para ações a tomar;
- Implementação das medidas consideradas e teste no terreno;
- Validação efetiva do novo projeto e estudo das possíveis ações de melhoria na performance dos bicos de injeção;
- Análise do estado de funcionamento e de desgaste do canal interior dos bicos de injeção, com vista à sua monitorização;
- Mudança de foco do trabalho para a degradação prematura da resistência;
- Estudo de soluções para a resistência;
- Implementação das soluções e monitorização dos resultados;
- Otimização dos parâmetros de injeção, nomeadamente a temperatura, entre outros;
- Elaboração de procedimentos e instruções de trabalho para o processo de injeção de ZAMAK;
- Otimização do sistema de acoplamento do bico de injeção ao molde;
- Realização de outras otimizações, nomeadamente em termos de 'hardware';
- Redação da presente dissertação.

1.4. Estrutura

A estrutura deste trabalho está assente essencialmente em duas partes: uma Revisão Bibliográfica inicial, onde se pretende enquadrar o leitor com os temas relacionados com esta dissertação, passando em revista os desenvolvimentos técnicos e científicos que foram publicados em livros e periódicos científicos dedicados à matéria, e o Desenvolvimento do Trabalho Prático propriamente dito, com referência à cronologia do desenvolvimento efetuado, condições e condicionalismos a que esteve sujeito, assim como vantagens e desvantagens da sua implementação.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. A produção de componentes para a indústria automóvel

2.1.1. A indústria automóvel: Conceitos gerais

A indústria automóvel é um sector com um papel importante na economia mundial. O automóvel, é o “motor” da mobilidade de pessoas e bens. É a “indústria das indústrias”, o que a leva a ser uma das mais importantes atividades industriais do mundo e ponto de confluência dos mais variados setores industriais. No global, foi a principal impulsionadora do crescimento industrial do século XX. Os seus efeitos estão visíveis em todo o lado, quer na vida urbana e ambiental. A evolução e a complexidade da indústria automóvel está em constante inovação no que toca a processos de fabrico, alianças e subcontratos. Num mercado altamente competitivo, a indústria automóvel tem um papel de extrema importância relativamente à empregabilidade de pessoal qualificado, sendo também impulsionadora da inovação, contribuindo para o desenvolvimento económico da União Europeia (Lima, 2012).

O crescimento da indústria automóvel permitiu que as fábricas de montagem de componentes, fossem a principal fonte de riqueza e emprego nos países industrializados. As técnicas de produção utilizadas, como as linhas de montagem, tiveram forte impacto a nível organizacional e tecnológico em outras indústrias e serviços. A mudança de produção manual para produção em massa, levou a um aumento do nível de capacidade produtiva, o que teve influência em todos os aspetos do quotidiano humano. Atualmente, a título de exemplo, os automóveis contêm mais de 12000 componentes obtidos por intermédio de um mercado altamente competitivo e com um leque alargado de empresas, que é o mercado dos fornecedores de componentes automóveis. A indústria automóvel mantém-se um sector importante e dinâmico, apesar de ter sido ultrapassada pela indústria eletrónica, sendo esta atualmente a maior e com maior crescimento no sector industrial. A Europa é um dos maiores produtores de automóveis a nível mundial. O sector automóvel tem sido, nas últimas décadas, um dos sectores que mais se transformou em termos das necessidades de qualificação da sua força de trabalho. Se nos anos 60 a característica central seria um sistema de trabalho repetitivo, de montagem realizada em grandes séries, com sistemas automatizados dedicados,

a partir dos anos 70, assistimos a uma progressiva introdução da automatização flexível para responder a uma maior diversificação da procura e de segmentação de mercados (Moniz, 2010).

A produção automóvel em Portugal tentou acompanhar este crescimento, representando quase 5% do PIB nacional e 10% das exportações, com o potencial de crescimento e inovação que lhe é reconhecido. Fatura, no presente, mais de sete mil milhões de euros, com uma quota de exportação de 80%, sendo de referir o mercado alemão como o de maior expressão, seguido do espanhol e do francês. Não está, portanto, intrinsecamente dependente das linhas de montagem automóvel implantadas em Portugal, embora elas se constituam sempre como clientes estratégicos. É possível afirmar que se produz em Portugal componentes para quase a totalidade dos modelos de automóveis fabricados na Europa, a que a cresce uma penetração razoável nos mercados norte e sul-americanos. Seria exaustivo e impraticável listar a panóplia dos componentes fabricados em território nacional, mas meramente a título de exemplo, identifica-se a produção de pneus, volantes de direção, autorrádios, caixas de velocidades, baterias, módulos de carroceria, cablagens, assentos, capotas rebatíveis, compressores do ar condicionado, vidros, molas, tecidos e capas nos mais variados materiais, moldes, peças produzidas pelos processos de fundição, estampagem, injeção de polímeros e tantos, tantos outros. A indústria de componentes em Portugal, desenvolve-se e ganha corpo desde 1960, há mais 50 anos, portanto, continuando nos dias de hoje a investir, a crescer, representando seguramente a indústria transformadora que agrega melhores tecnologias através de processos de vanguarda do mercado mundial, tendo ainda forte e importante capacidade de desenvolvimento de produto (Fabricantes de componentes para a Indústria Automóvel, 2014).

No seio da indústria automóvel viram-se refletidas grandes etapas do desenvolvimento industrial, desde o fabrico, à produção em massa, e mais recentemente à “produção magra” (*lean production*), na qual se aplicaram e desenvolveram conceitos e abordagens como a Gestão da Qualidade Total. O automóvel é hoje o produto de uma indústria global, com uma cadeia de valor estruturada, embora não rigidamente hierarquizada, e faz parte do dia-a-dia das comunidades. Essa mudança implicou ainda o recurso a técnicas que os japoneses já tinham adotado com enorme sucesso desde os finais dos anos 50, designadas por sistemas de gestão da qualidade (Pinto, 2009).

Atualmente, devido à concorrência, é fortemente ponderada a relação entre o conceito de qualidade e o valor atribuído ao produto. É fundamental compreender este último: o valor do produto é função de um conjunto de atributos chave. Em geral, as empresas concorrem segundo três atributos - custo, qualidade e prazo. O valor do produto é, portanto, o resultado da atividade da empresa - resulta da ponderação destes atributos, de acordo com o peso

relativo atribuído a cada um por parte do cliente. A importância da qualidade é hoje determinante, tendo vindo a crescer ao longo da evolução do enquadramento industrial. Na Figura 1 A, pode observar-se a situação típica das empresas vigente durante anos, em que a pressão do mercado incide principalmente no custo e no cumprimento de prazos. O cliente procura a melhor relação qualidade/preço, o que leva a empresa a efetuar esforços na qualidade em função do ajuste desta relação à solicitação por parte do mercado. Numa segunda fase B, mais recente, o mercado evoluiu para a colocação de maior pressão sobre a qualidade. A qualidade tornou-se uma exigência, um pré-requisito para a permanência no mercado, a que a empresa respondia usando o custo e os prazos como variáveis de ajustamento, numa altura em que a relação entre os três fatores era ainda algo difusa. Atualmente, em C, as empresas trabalham no sentido de dominar em conjunto os três vértices do triângulo. Conscientes da interação e interdependência entre qualidade, custo e prazo, levam a qualidade a todas as atividades e processos da empresa, segundo uma abordagem global (Reis, 2001).

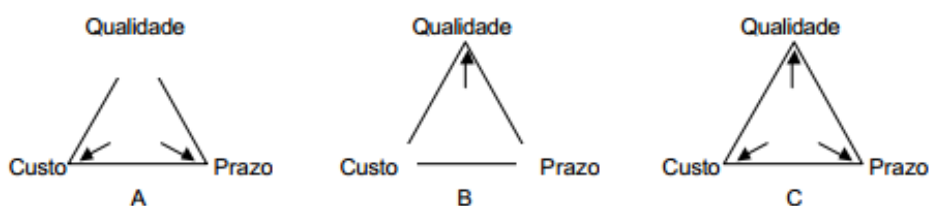


Figura 1 - Relação entre Qualidade, Custo, Prazo (Reis, 2001).

2.1.2. Otimização de processos e produtos

Como um processo natural, causado pela globalização e internacionalização do conhecimento, e fruto das exigências de um mercado cada vez mais competitivo, a indústria de bens de consumo, como um todo, está a passar por uma profunda reestruturação em todos os seus setores produtivos (ver Figura 2). De uma forma geral, pode-se dizer que a necessidade de atender a um mercado em crescente competitividade, consumidores cada vez mais exigentes e com um poder de compra cada vez mais elevado, provoca enormes disputas por nichos de mercados em todos os setores industriais. Em plena era de customização, a necessidade de uma variedade de produtos é crescente, além da pressão do mercado para a redução no tempo e custo de desenvolvimento dos produtos. O mercado automóvel não é uma exceção. Com a crescente competitividade deste mercado global e a fragmentação dos segmentos, as

grandes empresas de montagem de automóveis, têm procurado formas de redução de tempo no desenvolvimento de um veículo, assim como dos custos de introdução destes no mercado (Martins, 2012).



Figura 2 - Visão integral para análise dos processos. (Unicomm, 2009)

Uma boa gestão permite identificar os principais processos operados pela organização (ver Figura 3) e, para cada um deles, realizar um estudo de possibilidades de otimização. Cada um dos processos relevantes que fazem parte dos interesses da organização, deve ser avaliado a partir da visão de macroprocessos, identificando-se os factores que lhe são essenciais, necessidades e as funções ou subprocessos. Cada processo tem características distintas, exigindo diferentes abordagens para a sua otimização. E, de todos os processos existentes, por sua vez, devem ser destacados para análise aqueles que são entendidos como essenciais para as operações da empresa, e neles concentrar a atenção (Unicomm, 2009).



Figura 3 - Análise dos processos essenciais (Unicomm, 2009).

Os processos essenciais, isto é, aqueles que representam uma parte muito importante de todo o ciclo de valor nos macroprocessos, são aqueles que deverão receber maior atenção na busca de soluções de otimização. Os processos essenciais devem, portanto, ser submetidos a diversas análises, visando a sua racionalização, o que inclui a avaliação das possibilidades da sua eliminação, de mudanças radicais, integração e união de processos, simplificação, melhorias diversas e medidas de performance. A racionalização dos processos parte da busca pela minimização ou até a não-necessidade do processo. A Figura 4 apresenta uma abordagem que identifica a sequência de etapas que devem ser percorridas: (Unicomm, 2009)

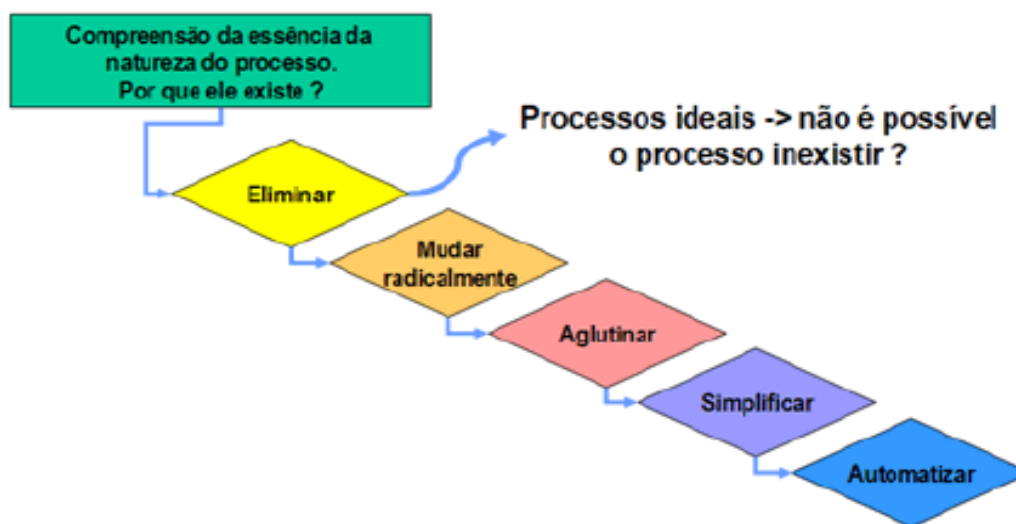


Figura 4 - Sequência de etapas para análise do processo (Unicomm, 2009).

É fundamental analisar bem o processo, primeiro em visão macro, e depois de forma mais detalhada, e submeter à sequência descrita na Figura 4, que se inicia com o grau mais profundo de otimização, que é verificar se existe a possibilidade do mesmo ser eliminado. Se não for possível eliminar (processo ideal não existe), é essencial submeter o processo a uma análise de possibilidade de mudanças radicais, aplicando-se técnicas de reengenharia de alto impacto e de pensamento divergente. Feita a análise anterior, os processos serão submetidos à avaliação de possibilidades de agrupar a outros processos e simplificação. Através da otimização, ou seja, implementar técnicas para selecionar alternativas com vista a atingir determinados objetivos, permitindo obter melhorias económicas e operacionais. Otimizar custos, produtividade, processos, tempo, etc., significa estabelecer prioridades, para uma maior eficiência e eficácia, em busca de obter o melhor rendimento (Kalid, 2015).

A otimização de recursos económicos pode ter como benefício:

- Minimizar o investimento para uma determinada capacidade operacional a ser instalada;

- Maximizar o lucro total;
- Maximizar o lucro por unidade de produção;
- Minimizar os custos de operações;
- Minimizar os custos de manutenção;

Já a otimização de recursos operacionais de ajudar a:

- Maximizar a produção para uma determinada capacidade operacional instalada;
- Minimizar o consumo de matéria-prima e/ou energia;
- Minimizar a diferença entre o valor desejado e o valor alcançado.

Será conveniente lembrar que a otimização tem um custo, portanto, devemos otimizar a otimização. Uma outra ferramenta que ajuda no processo e na otimização, tem a ver com o *design* do produto em si. Este é o primeiro passo para a criação do mesmo: uma necessidade do mercado. É nesta fase que se define a estrutura complexa que suporta o produto, define-se a forma, o tamanho, a quantidade e a versatilidade. Também aqui é feita a avaliação da exequibilidade do produto. Todo o processo é envolvido pela pesquisa de uma solução para uma determinada necessidade, atendendo às suas restrições, pois durante a fase de pesquisa é necessário ter em conta normas e requisitos. É ainda essencial que durante a fase de design do produto, que todos os departamentos se reúnam de forma a criar uma equipa única para o desenvolvimento do mesmo. A metodologia do *design* fornece duas importantes características. Primeiro, atua como uma *checklist* para garantir que todos os passos no desenvolvimento de um produto tenham sido cumpridos. Segundo, estabelece que todas as atenções devam estar concentradas no objetivo principal do *design*, isto é, nas necessidades do consumidor (Krishnan, 2001).

2.1.3. Conceitos de Melhoria Contínua

O conceito de melhoria contínua (em japonês, *kaizen*¹ que literalmente significa “boa mudança”), há muito que é tido como uma das formas mais eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade nas organizações. Independentemente de se tratar de uma empresa industrial, uma empresa consultora ou mesmo uma entidade sem fins lucrativos, a melhoria contínua assegurará a qualidade superior de produtos e serviços e a implementação de uma cultura de permanente melhoria (caracterizada pela insatisfação e pela constante

¹ **Kaizen** – refere-se a filosofia ou práticas que incidem sobre a melhoria contínua dos processos de manufatura, engenharia, gestão de negócios ou qualquer processo como até mesmo na área da saúde

procura de melhores resultados). Apesar das suas qualidades, gestores e líderes ficam muitas vezes perplexos com o que é verdadeiramente a melhoria contínua. Na sua essência, encoraja a pro-atividade das pessoas, de forma a resolver problemas e desafios. Um gestor de uma empresa industrial disse uma vez que, “seguir a melhoria contínua é como caminhar numa estrada rumo à perfeição, reduzindo custos, aumentando a qualidade de produtos e serviços e satisfazendo os clientes e demais *stakeholders*²”. A melhoria contínua não se coaduna com a complacência, muito menos com o cruzar de braços perante os problemas. Melhoria contínua requer sólidos hábitos de pro-atividade (Figura 5). De acordo com Covey (1984), um hábito é a interseção entre o conhecimento, o desejo e o saber fazer (Pinto, 2009).



Figura 5 - A criação dos hábitos (adaptado de (Covey, 1984)).

Existe uma enorme necessidade de promover o conceito de melhoria contínua, de forma a promover o desempenho e a qualidade das organizações. O conceito de melhoria contínua pode ser dividido em três componentes:

- Incentiva as pessoas a observarem os seus erros e a perceberem o porquê de os cometerem, para que dessa forma, encontrem as causas, evitando a sua repetição e alterando os seus hábitos de trabalho;
- Recompensa as pessoas que identifiquem os seus próprios erros e os solucionem. Esta componente parte do princípio de que, quem faz o trabalho é quem melhor conhece;
- Incentiva as pessoas a melhorarem continuamente, mesmo os processos que são robustos.

² **Stakeholders** – significa **público estratégico** e descreve uma pessoa ou grupo que fez um investimento ou tem ações ou interesse em uma empresa, negócio ou indústria. Em inglês stake significa interesse, participação, risco. Holder significa aquele que possui. Assim, stakeholder também significa **parte interessada** ou **interveniente**.

A melhoria contínua não é algo que tenha uma “receita”, e se aplique nas empresas com garantias de sucesso. É fundamental analisar os pontos onde se pretende melhorar e perceber quais as causas que provocam as improdutividades, tentando eliminá-las o mais rapidamente possível. A melhoria contínua é um compromisso perante a tentativa constante de melhorar cada vez mais, através de iniciativas consistentes que devem ser divulgadas, realizadas, avaliadas e partilhadas em equipa. Atualmente, a realidade demonstrada é de que a sobrevivência de qualquer empresa, independentemente da sua dimensão, está acoplada a uma melhoria contínua dos seus processos e, para que se mantenham competitivas precisam de se associar a práticas que garantam esta melhoria dos seus processos, especialmente nos processos de fabrico (Agostinetti, 2006).

Uma das ferramentas utilizada pela melhoria contínua é o ciclo PDCA (*Plan Do Check Act*), e este, representa um processo sem fim, questionando repetidamente os trabalhos detalhados de um determinado processo. As fases deste ciclo repetem-se, sempre que a fase é alcançada (após a fase do agir). Desta forma, o ciclo PDCA é definido pelos autores como a sequência de atividades que são percorridas de maneira cíclica, para melhorar as práticas das organizações, sejam pertencentes aos processos de fabricação ou aos demais processos de negócios da empresa. Como demonstrado na Figura 6, o ciclo PDCA envolve (Pinto, 2009):

- *Plan* – Traçar o Plano: É estabelecido de acordo com as diretrizes da empresa; identifica o problema, estabelece os objetivos e as metas, define o método a ser utilizado e analisa o risco, custo, prazo e recursos disponíveis;
- *Do* – Executar o Plano: Estabelece o treino no método a ser utilizado, estabelece objetivos sobre itens de controlo, coleta dados para verificação do processo e finalmente, educa, treina, motiva e obtém o compromisso das pessoas;
- *Check* – Verificar os Resultados: verifica se o trabalho está a ser executado de acordo com o padrão definido, se os valores medidos variaram e comparam estes com o padrão e, finalmente, se os itens de controlo correspondem aos valores dos objetivos;
- *Act* – Realizar Ações Corretivas: Implementação de ações para corrigir trabalhos que possam ter-se desviado do padrão, investiga as causas e toma ações para não os repetir e melhora o sistema de trabalho e método.

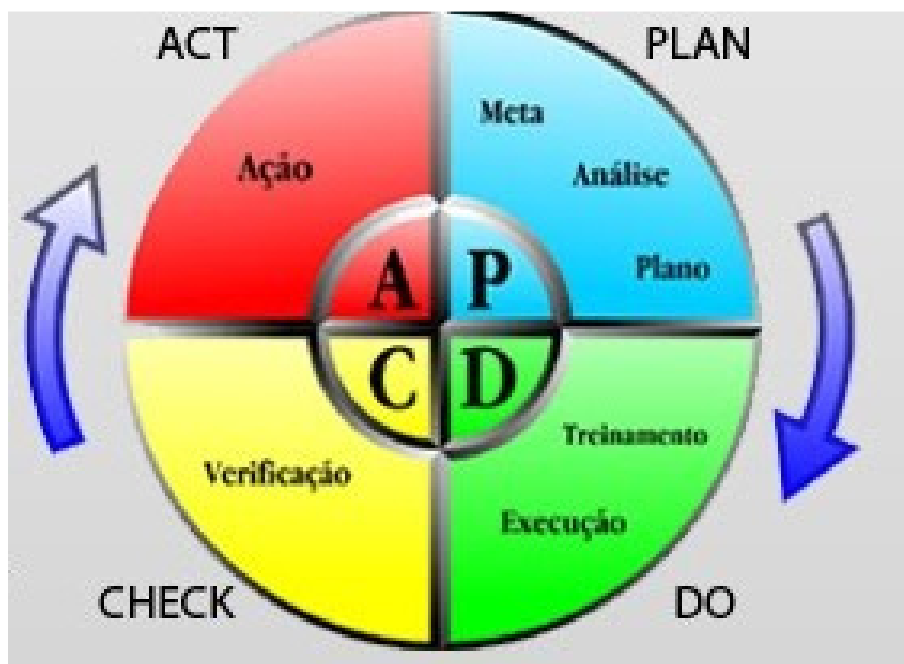


Figura 6 - Ciclo PDCA

Estas metodologias iniciais, mas com grande impacto nas empresas, começaram a tornar-se escassas em alguns pontos, e surgiu a necessidade de desenvolver outras metodologias, de forma a contemplar o trabalho destas. A conjuntura económica atual e o aumento da competitividade dos mercados, criam nas empresas a necessidade de reduzir o desperdício e utilizar os recursos nas atividades de valor acrescentado. Diminuir os custos, é a única forma de sobreviver nos mercados, e manter uma empresa rentável. Neste sentido, a utilização da filosofia *Lean* é essencial, uma vez que tem esses objetivos (Pinto, 2009).

Os produtores de automóveis, com a crise que ocorreu no setor em 2008, tiveram que reestruturar os seus sistemas de gestão, de modo a diminuir os gastos para compensar as perdas. Grandes empresas como a GM (*General Motors*) e Ford começaram a prestar mais atenção às filosofias *Lean* e a diminuir a produção excessiva do passado. Assim, a indústria automóvel criou padrões de qualidade muito elevados, que exigem dos seus “*players*”, desde o fabricante de produto final até ao do componente mais básico, sistemas produtivos altamente eficazes e eficientes (Maia, 2015).

Com o objetivo de auxiliar na melhoria contínua, começou-se a utilizar metodologias como o “pensamento magro”. A produção *Lean*, também conhecida como *Toyota Production System* (TPS - Sistema de produção Toyota), significa fazer mais com menos – menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria, menos materiais – enquanto se disponibiliza aos consumidores o que eles desejam. Não esquecendo também a utilização de menos recursos financeiros para atingir esse fim. A designação *Lean Thinking* surgiu pela

primeira vez através de James Womack e Daniel Jones que defendiam que este conceito se caracterizava por ser um novo paradigma de gestão, baseado em princípios simples e imutáveis, tendo como principal objetivo a satisfação do cliente. Criatividade, inovação, mais liderança (e menos burocracia), são os ingredientes mais importantes a envolver na conceção das soluções *Lean* orientadas para a criação do valor. Pode então concluir-se que a filosofia do *Pensamento Lean*, determina um modelo de gestão, orientado por processos de negócios, que visa eliminar o desperdício em toda a organização, bem como a criação de valor para todas as partes interessadas. Na Figura 7 apresentam-se os benefícios desta metodologia (menos desperdício no processo, *lead time* reduzido, menos retrabalho, poupanças financeiras, melhor compreensão do processo e redução do inventário) (Pinto, 2009).

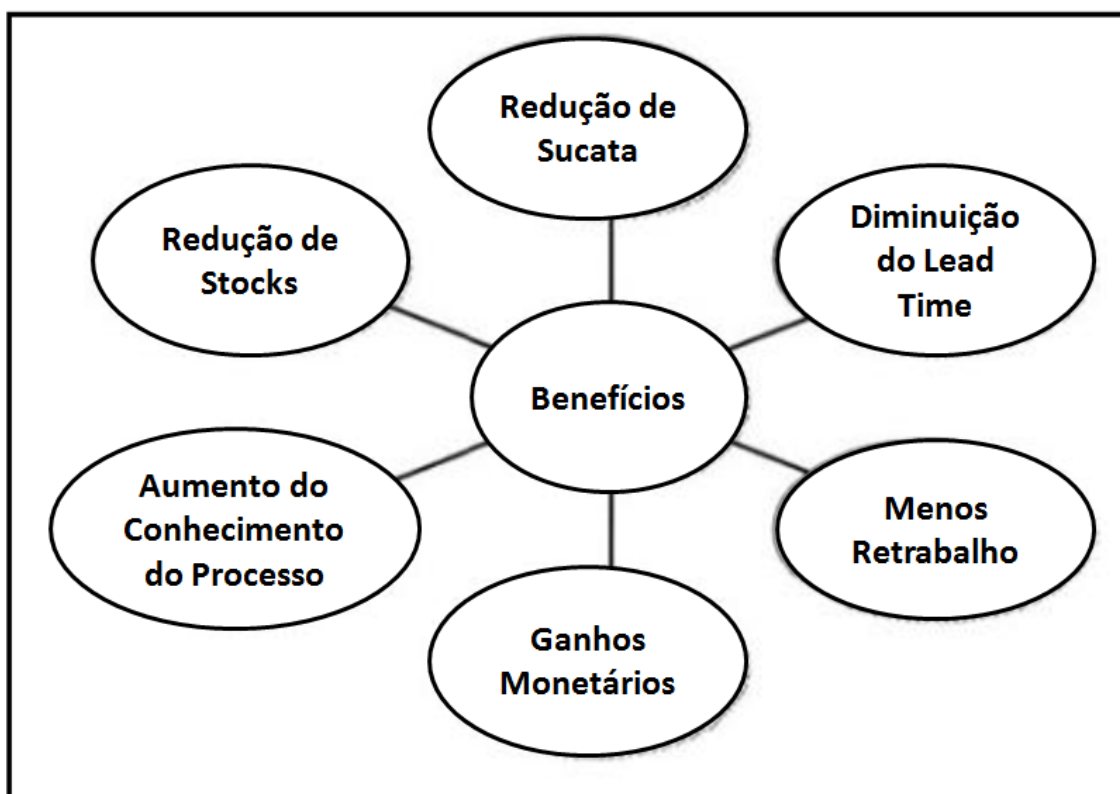


Figura 7 - Benefícios *Lean* (adaptado de T.Melton, 2005).

2.2. Cabo controlo para automóveis

Um cabo controlo é um meio mecânico de transmissão de movimento entre dois ou mais sistemas (Figura 8). Quando é referido cabo controlo, é referido no sentido de que é um cabo já com todos os componentes necessários a um correto funcionamento (cabo na forma final).

Estes sistemas podem ser divididos em sistemas atuadores e sistemas recetores. As forças de acionamento são aplicadas nos sistemas atuadores que, por intermédio de um ou mais cabos, vão ser transmitidas aos sistemas recetores. Uma das principais vantagens deste meio de transmissão de movimento é a possibilidade de realizar diversos *layout's*, isto é, o caminho que a força tem que percorrer entre o atuador e o recetor não tem obrigatoriamente que ser retilíneo, podendo desta forma adquirir diversas geometrias.

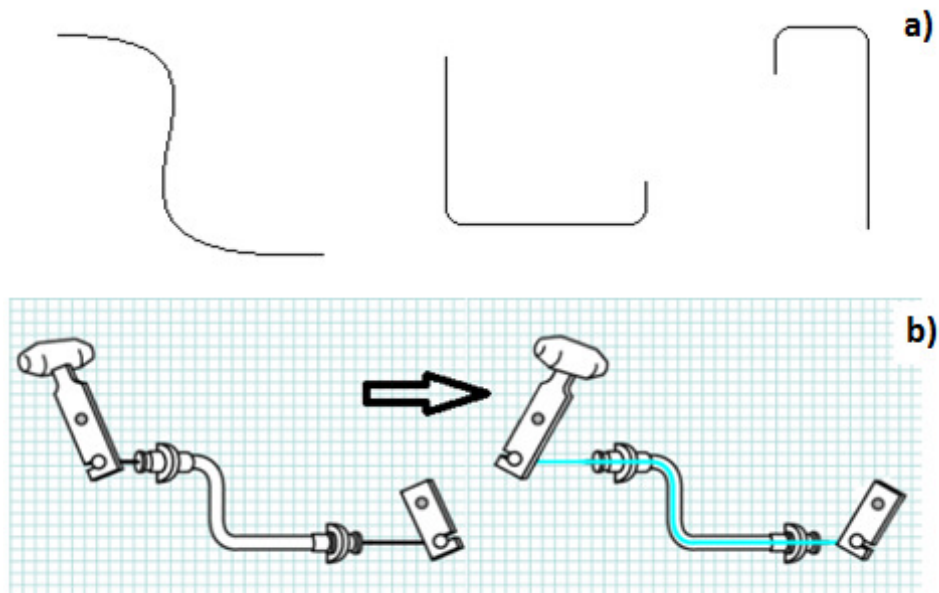


Figura 8 - a) Alguns tipos de *layouts* possíveis; b) Acionamento por intermédio de um cabo (HI-LEX, 2006).

O conceito de movimento, num âmbito geral, está intimamente relacionado com o conceito de energia. Entende-se por energia mecânica, energia que pode ser transferida por intermédio de forças e se manifesta pela transmissão de movimento a um corpo (Figura 9).



Figura 9 - Esquema de Transmissão de Movimento.

Na Figura 10, é possível ver os vários tipos de *layouts* de cabo controlo num automóvel, e a que componentes são aplicados no automóvel.

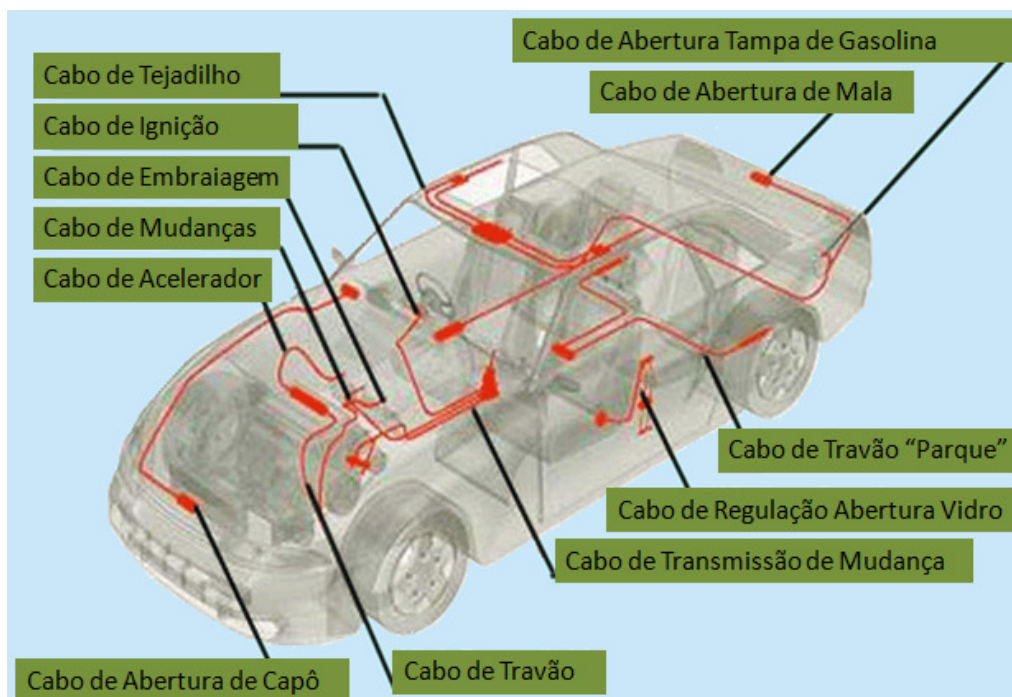


Figura 10 - Esquema de vários sistemas com acionamento por cabo metálico (HI-LEX, 2006).

Na Ficocables, utilizam-se sistemas de transmissão de movimento nos seguintes produtos (Figura 11): sistemas de elevadores de janela, abertura de porta, abertura de mala, abertura de capô, ar condicionado, sistemas de movimentação de bancos, abertura de tejadilho, etc.

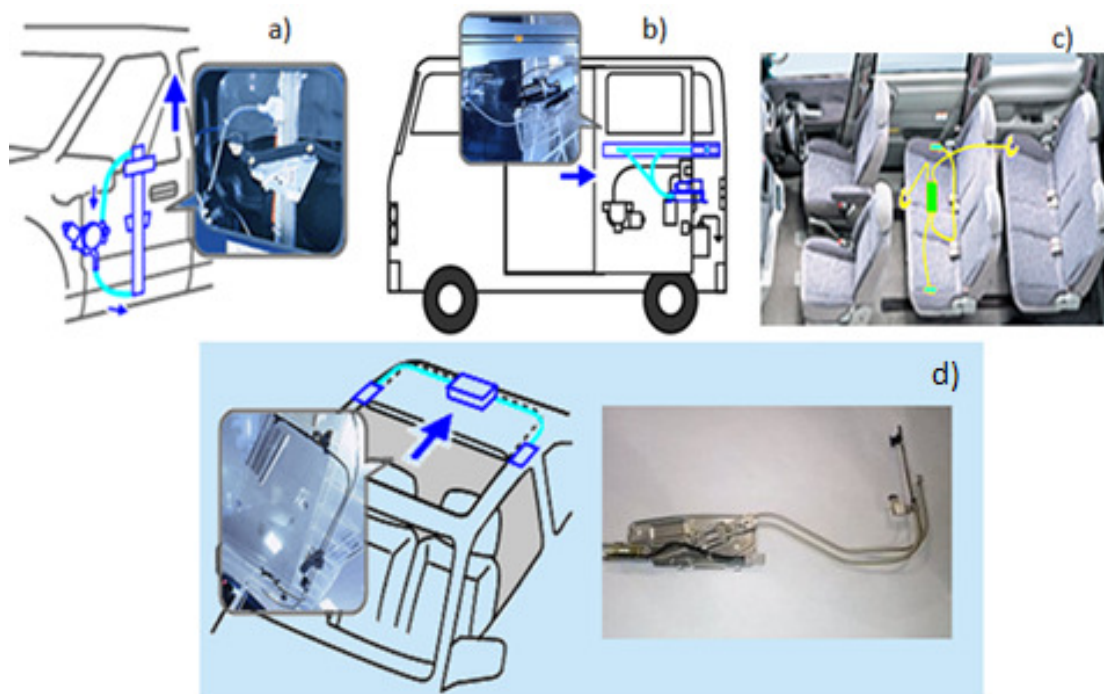


Figura 11 - Exemplos de aplicação de cabos: a) Elevadores de janela, b) portas automáticas, c) reguladores de bancos, d) tejadilho (HI-LEX, 2006).

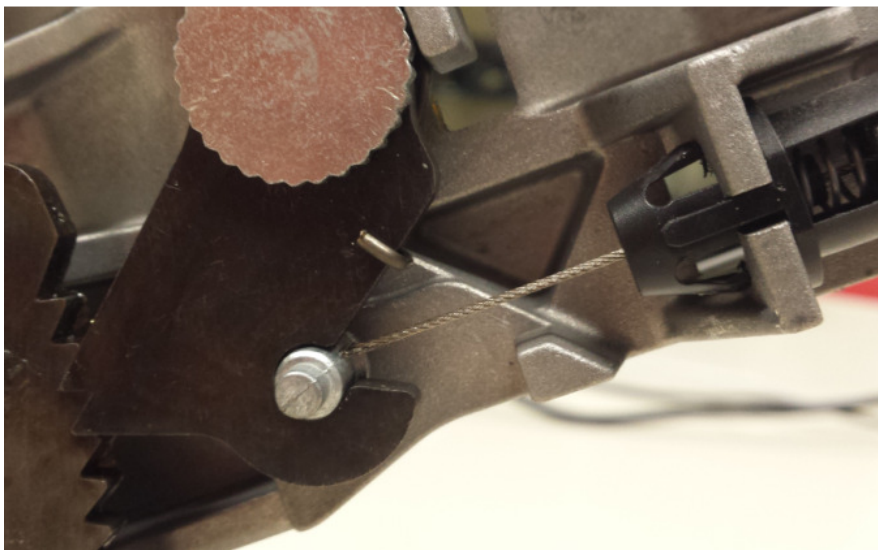


Figura 12 - Ligação do cabo ao mecanismo para transmissão de movimento

Na Figura 12, é possível ver a ligação de um cabo metálico no conjunto a atuar. De acordo com o funcionamento do cabo, este poderá ter componentes associados que o auxiliará a cumprir a sua função.

2.2.1. Cabos metálicos e suas configurações utilizados na indústria automóvel

Os cabos metálicos (ver Figura 13) são uma peça-chave no cabo controlo. Por si só, o cabo metálico não teria grande utilidade se não tivesse o resto dos componentes associados ao mesmo. Uma corda, fio ou cabo é uma construção uniforme helicoidal, de filamentos juntos. É utilizada numa grande variedade de condições operacionais. Esta construção tem diferentes propriedades, que se destinam a operações específicas (ver Tabela 1). As construções em corda têm filamentos maiores, maior resistência à abrasão e menos flexibilidade. As construções em cabo têm mais filamentos e, conseqüentemente, são mais flexíveis e com menor resistência à abrasão. Este tipo de construção é aplicado na indústria náutica, instrumentação, aviação, agricultura, medicina, etc. A corda (Figura 14, a) é constituída por dois ou mais filamentos juntos, e tem uma construção normalmente referida como 1x o número de filamentos que envolvem o núcleo (por exemplo: 1x7, 1x19). Já o cabo (Figura 14, b), tem três ou mais filamentos juntos e a construção é normalmente referida como o número de cordas centrais, vezes o número de filamentos que envolvem o núcleo (por exemplo: 7x7) (Szmigielska, 2007).

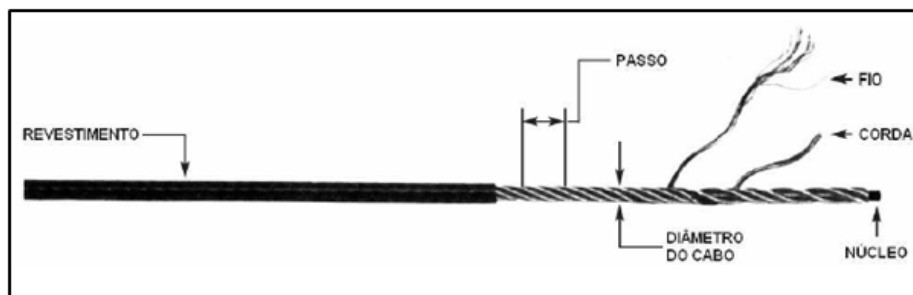


Figura 13 - Cabo metálico (adaptado de CMACABLE, 2015).

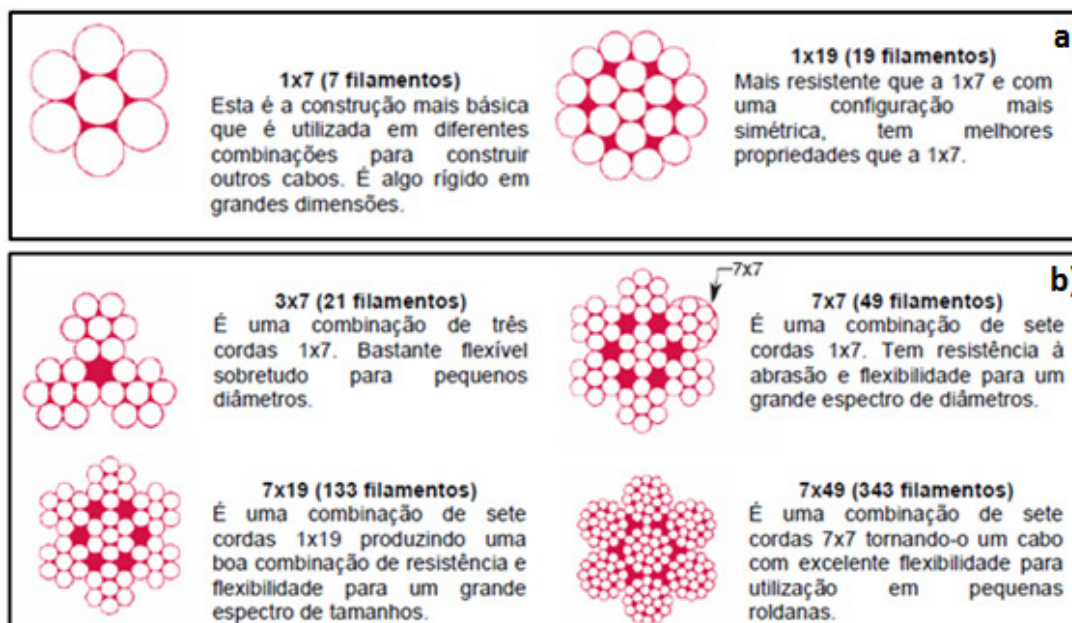


Figura 14 – Enrolamento tipo corda (a) vs cabo (b) (adaptado de CMACABLE, 2015).

Durante o esforço aplicado ao cabo, podem ocorrer dois tipos de alongamento – alongamento estrutural e alongamento elástico. Ambos têm causas diferentes:

- Alongamento Estrutural – Quando uma corda ou cabo são construídos, a carga na extremidade é baixa. Desta forma, existem algumas folgas entre os filamentos e o núcleo do cabo. A aplicação de uma carga inicial provoca uma acomodação dos filamentos ao núcleo, assim como um ligeiro alongamento do cabo. A quantidade e alongamento estrutural não é constante para todos os cabos – depende de diversas variáveis como a construção, comprimento e outros fatores como a carga aplicada.
- Alongamento Elástico – Alongamento elástico é, na realidade, o alongamento dos filamentos da corda ou do cabo. É causado pela aplicação de uma carga, de valor inferior à tensão limite elástico do metal, sendo o alongamento proporcional à carga aplicada. Quando a carga deixa de ser aplicada, o cabo ou a corda retoma

aproximadamente o seu comprimento inicial, dado que o alongamento não atingiu o limite elástico do material.

- Remoção do Alongamento – Quando a remoção do alongamento, tanto quanto possível, é importante, os cabos ou componentes montados podem ser carregados para remover a maioria do alongamento estrutural. Para montagens, este processo também testa a capacidade dos terminais. O carregamento é feito, normalmente aplicando 60% de carga num cabo ou nas montagens. Esta carga é baseada no menor valor entre as tensões de rotura do cabo ou dos terminais. (adaptado de CMACABLE, 2015)

Tabela 1 – Seleção do tipo de corda ou cabo a utilizar (adaptado de CMACABLE, 2015).

Propriedades	Maior		Menor	
Flexibilidade	7x19	7x7	1x19	1x7
Resistência à tração	1x19	1x7	7x19	7x7
Alongamento	1x7	1x19	7x7	7x19
Custos	7x19	7x7	1x19	1x7
Resistência à corrosão	Aço inoxidável Revestido	Aço inoxidável	Aço galvanizado Revestido	Aço galvanizado

É fundamental associar o tipo de cabo, de acordo com as necessidades do projeto, de forma a obter os melhores resultados. Para isso, são distinguidos dois tipos de cabos, e para cada tipo a construção adequada:

- Sistema *Pull* – Os cabos utilizados no sistema *Pull*, transmitem o esforço em forma de tração até um mecanismo. São utilizados em aceleradores, travão de mão, tampas de combustível, embraiagem, *cruise control*, etc.)
- Sistema *Push/Pull* – Os cabos utilizados no sistema *push/pull*, transmitem o esforço em forma de tração e compressão até um mecanismo. São utilizados em sistemas onde é necessário esforços nos dois sentidos, como nos sistemas de abertura e fecho do sistema de ar condicionado. Este tipo de cabo tem um núcleo (cabo metálico) com um diâmetro maior e depois é entrelaçado com corda de três ou mais filamentos. Se forem necessários maiores esforços, o núcleo é reforçado com cabo (ver Figura 15).

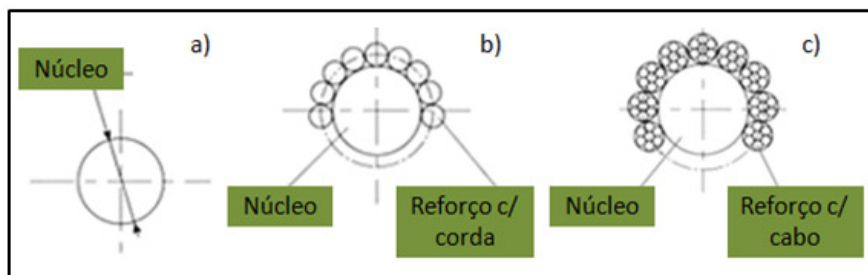


Figura 15 - Cabo *Push/Pull*. a) Núcleo reforçado, b) Núcleo reforçado com corda, c) Núcleo reforçado com cabo (HI-LEX, 2006).

Antes de existirem os cabos com o sistema *push/pull*, era necessário recorrer a sistemas hidráulicos para fazer o avanço e recuo do componente em causa. Com o aparecimento de cabos com sistema *push/pull*, evita o uso de sistemas hidráulico, permitindo assim reduzir peso e custo (ver Figura 16).

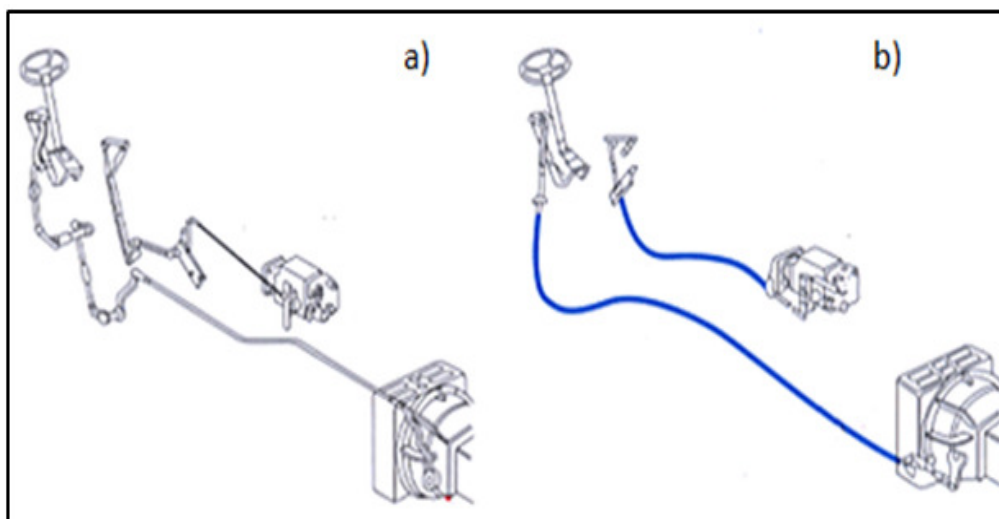


Figura 16 - a) Ligação com sistema hidráulico, b) Ligação com cabos *Push/Pull* (HI-LEX, 2006).

2.2.2. Processos de fabrico relacionados com a produção de cabos de controlo.

A indústria automóvel utiliza uma grande diversidade de cabos de controlo, como já foi referido nos tópicos anteriores. De acordo com a utilidade de cada um, o esforço a que está sujeito, as condições de utilização, a função que têm de desempenhar e o número de solicitações, será necessário adaptar cada componente às necessidades. Durante o desenvolvimento de um carro existe uma separação entre o interior (habitáculo) e o exterior. Essa separação obriga à necessidade de ter cabos controlo interiores e exteriores, os interiores operam na zona “seca”, os exteriores na zona “húmida”. Existem ainda casos, em que o

mesmo cabo tem de passar da zona exterior para a interior ou vice-versa. Nestes casos, é essencial garantir que na passagem de uma zona para a outra não passe humidades, frio, ruídos, etc. Na Figura 17 é possível ver o componente, que é fixo na chapa do carro e que isola um meio do outro.



Figura 17 - Cabo de ligação entre a zona exterior e interior e componente de interface.

Na Figura 18, está esquematizado um exemplo de um cabo conjunto.

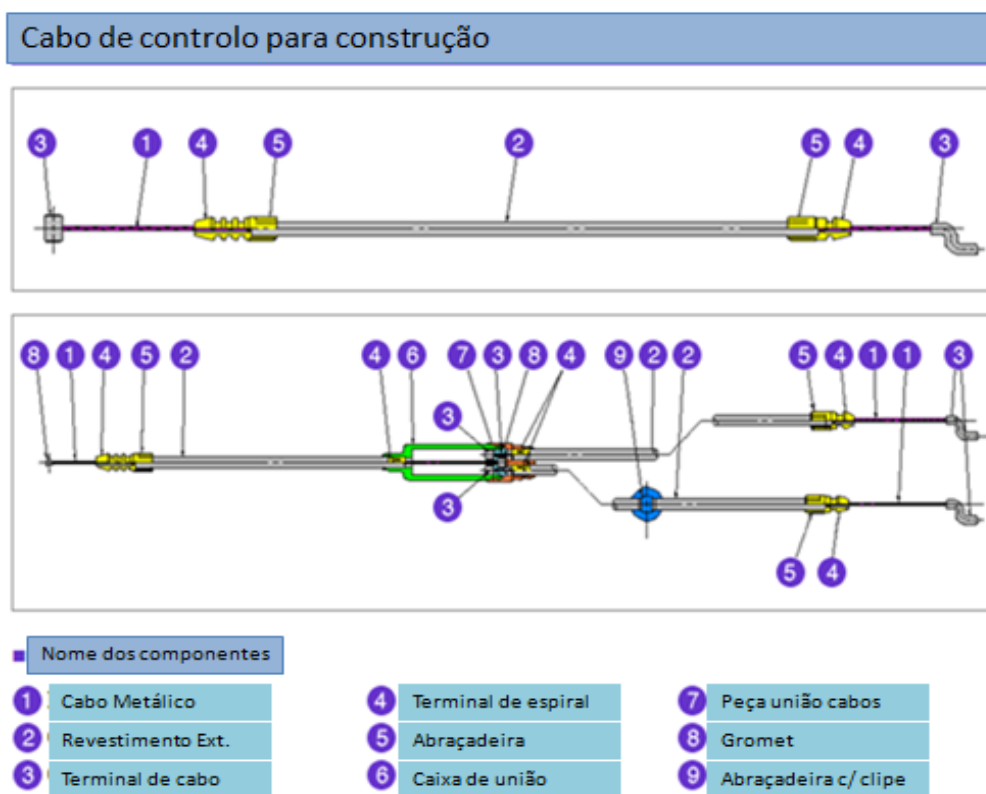


Figura 18 – Cabo de assento - sistema simples e duplo de acionamento (adaptado de Hi-Lex, 2006).

Durante o processo de montagem, para obtenção de cabos controlo, existem componentes produzidos a nível interno (na FicoCables) e outros componentes que são adquiridos a fornecedores. Na Tabela 2, é possível visualizar alguns dos vários componentes que constituem um cabo de tração/compressão para a sua forma final, os respetivos componentes produzidos a nível interno e os que são comprados a fornecedores. Todos estes componentes vão sendo incorporados ao longo da linha de montagem.

Tabela 2 - Lista de alguns normalizados e respetiva função.

Componente	Nome	Operação	Função
	Terminal de Espiral	Injetado Adquirido ao Exterior	Posicionar a espiral no mecanismo
			
		Sobre Injetado na espiral Ficocables	
	Grommet	Adquirido ao exterior.	Barreira entre a zona húmida e zona seca
	Tubo Exterior	Extrusão Ficocables	Evitar ruídos provocados pela oscilação do cabo.
	Tubo Estrela	Extrusão Ficocables	Evitar ruídos provocados pela oscilação do cabo.
	Tubo Interior	Extrusão Ficocables	Eliminar barulhos por contacto do cabo metálico com a espiral
	Espiral	Laminagem Ficocables	Atribuir resistência ao cabo metálico
			

Ao longo de todo o processo, é essencial garantir os parâmetros de qualidade, de forma a evitar reclamações por parte dos clientes. Para isso, existem ao longo do processo, verificações e ferramentas que auxiliam na detecção de possíveis defeitos.

Posto para inspeção visual:

No posto de inspeção visual é realizada uma análise visual aos cabos. Neste posto, são dadas algumas indicações ao operador sobre;

- Possíveis defeitos que podem ocorrer nos cabos;
- Quais os componentes que constituem o cabo.

Este posto é a “casa do cliente” (ver Figura 19), estando localizado no final da linha de montagem. Aí estão descritos todos os pontos essenciais a verificar, permitindo muitas vezes identificar erros do processo. Este posto só existe na fase de arranque do projeto e está definido que ao fim de três meses o processo tem de estar garantido, sendo retirado.



Figura 19 - Muro da qualidade (Casa do Cliente)

Análise de porosidades;

A porosidade nos terminais é uma preocupação enorme por parte da empresa, uma vez que pode comprometer o esforço de tração mínimo exigido pelo cliente. Durante a produção são

retiradas amostras, que posteriormente são alvo de análise, tanto internamente como externamente, através de entidades credenciadas. A porosidade é a soma de todos os poros existentes, numa percentagem relativa, em relação ao tamanho da peça em estudo. Para realizar uma análise da porosidade é essencial que, após a quebra da amostra seja realizado um banho ultrassónico, de forma a manter a amostra intacta, sendo posteriormente realizada a respetiva análise microscópica. O limite de porosidades é definido pelo cliente. Alguns clientes definem um limite máximo para a percentagem de porosidades, outros definem um limite máximo para o poro maior que existir na amostra. De seguida, são apresentadas algumas figuras (Figura 20, Figura 21 e Figura 22), em que é possível visualizar porosidades nos terminais.



Figura 20 - Análise microscópica a uma amostra.

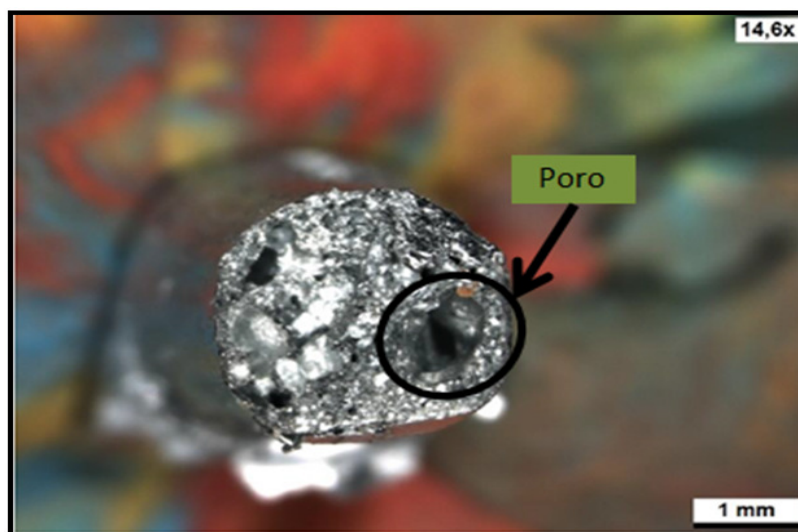


Figura 21 - Análise microscópica – Amostra com excesso de porosidade.

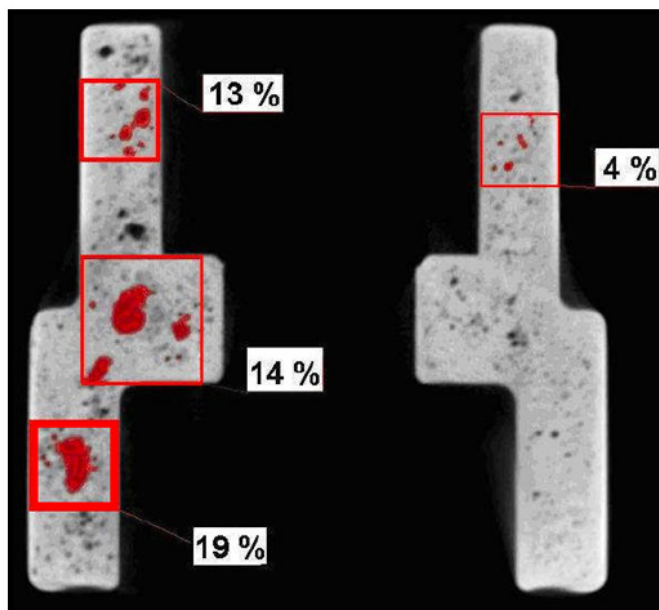


Figura 22 - Análise de porosidade (vista em corte).

Posto de ensaio de tração após segunda injeção;

É essencial garantir que os cabos entregues ao cliente aguentam o esforço exigido. Se não for realizada a flor no cabo metálico, a resistência ao esforço de tração diminui drasticamente. De forma a garantir que a flor foi realizada, desenvolveu-se um banco de ensaio na própria linha de montagem. Foi discutido com o cliente o esforço de tração necessário, que garantisse que a flor foi realizada e que não danificasse o cabo durante o ensaio. O esforço acordado entre o cliente e a FicoCables foi de 30 a 40 N. Para a realização deste ensaio, a operadora pega no cabo e posiciona o mesmo nos respetivos gabarits, de forma a realizar a segunda injeção (ver Figura 23).

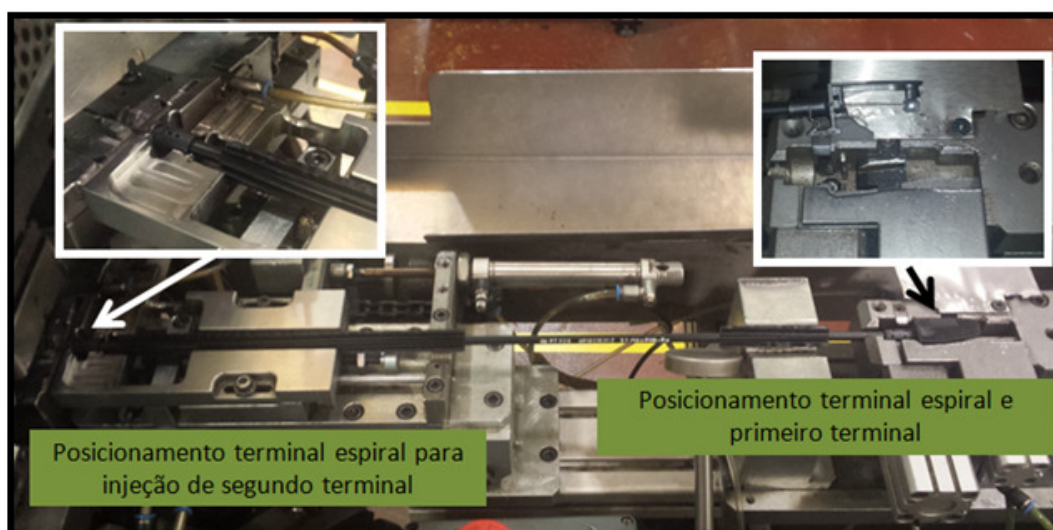


Figura 23 - Posicionamento de cabo para ensaio de tração

Após a injeção do segundo terminal, e ainda com o molde fechado (segundo terminal zamak está bloqueado), é feito o esforço, tracionando o primeiro terminal (ver Figura 24).

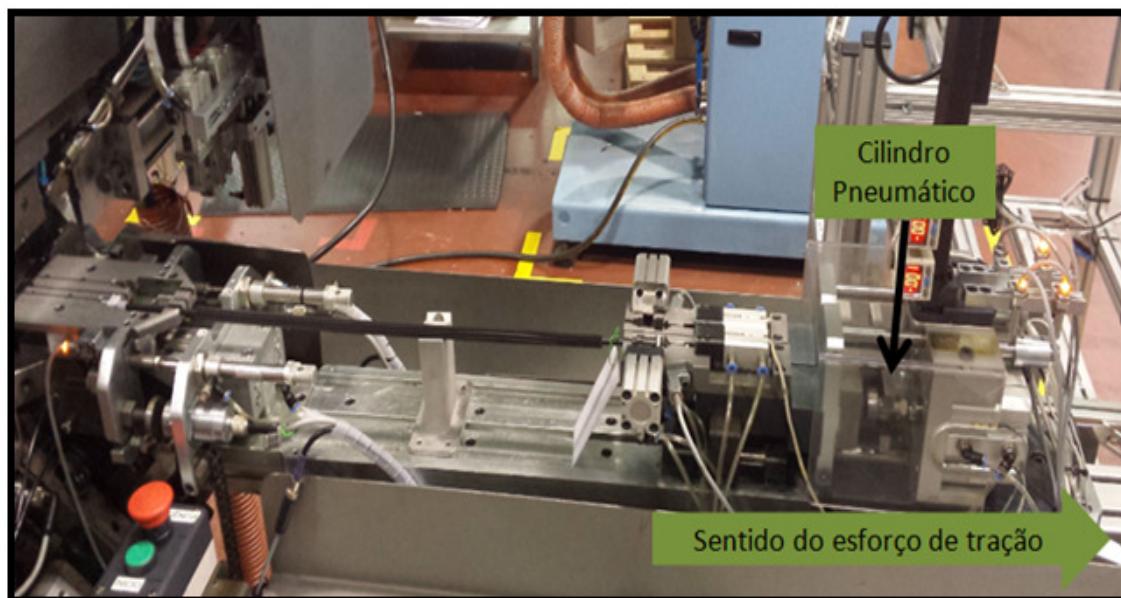


Figura 24 - Posto para ensaio de tração

Se durante o ensaio de tração um dos terminais se desprender do cabo, é dada a informação de erro de carga, e esse cabo terá que dar entrada numa calha específica para cabos com defeito de carga. Enquanto esse cabo não for colocado na calha, o equipamento não funciona.

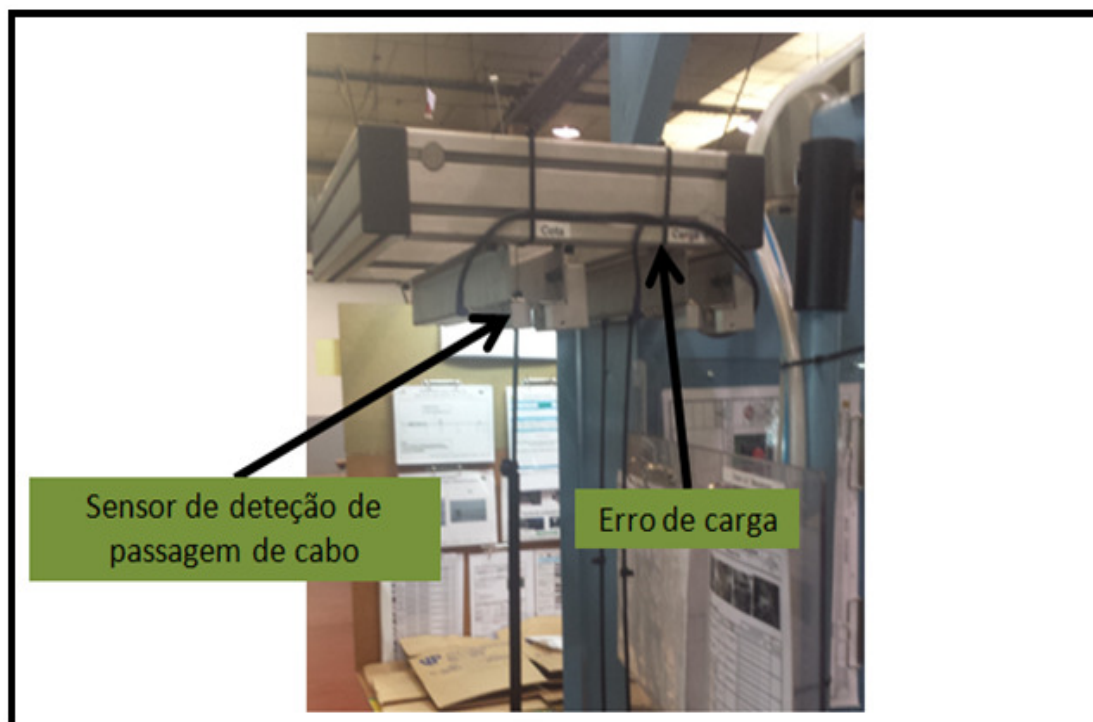


Figura 25 - "Estendal" para colocar cabos com defeito de carga

Controlo do comprimento do cabo;

O comprimento total do cabo é uma variável crucial, e é necessário a sua validação sempre que a linha começar a produzir. Se não for realizado um controlo apertado do comprimento, pode ocorrer que, quando o cliente for a montar o cabo no seu produto, este possa não o conseguir, porque está demasiado curto ou comprimido. Se assim for, o cabo não terá qualquer utilidade. De forma a garantir que nenhum cabo é entregue ao cliente com o comprimento fora de medida, todos os cabos serão medidos na linha, imediatamente após ser realizado o ensaio de tração ao cabo (ver Figura 26).

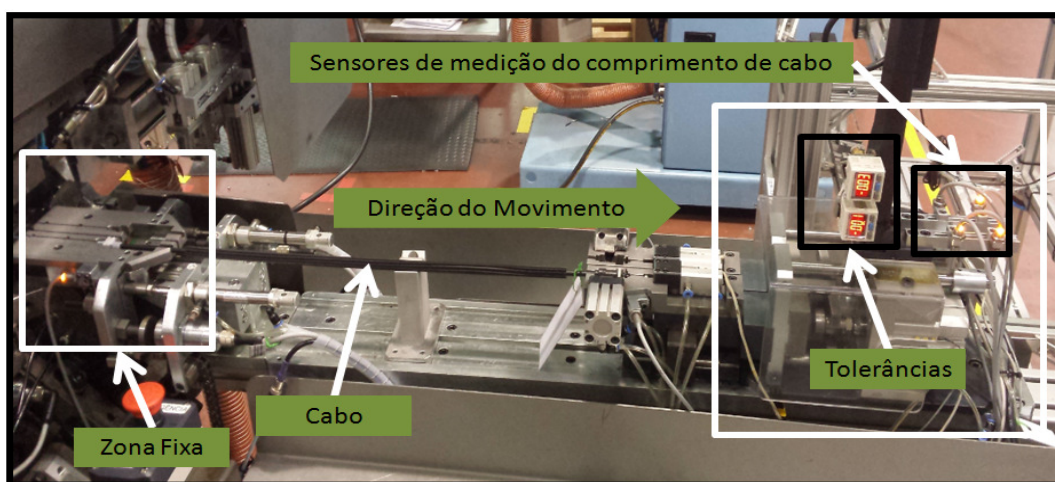


Figura 26 - Ensaio para medição do comprimento de cabo

Este ensaio segue o mesmo princípio que o de tração, só que após o esforço (cabo fica tencionado), têm dois sensores a medir o comprimento mínimo e máximo do cabo. Se saírem da tolerância definida pelo cliente, no display é dado erro de medida, e da mesma maneira que o ensaio de tração, obriga à colocação do cabo no “estendal” (ver Figura 27). Este terá de ser colocado na zona de erro de cota.

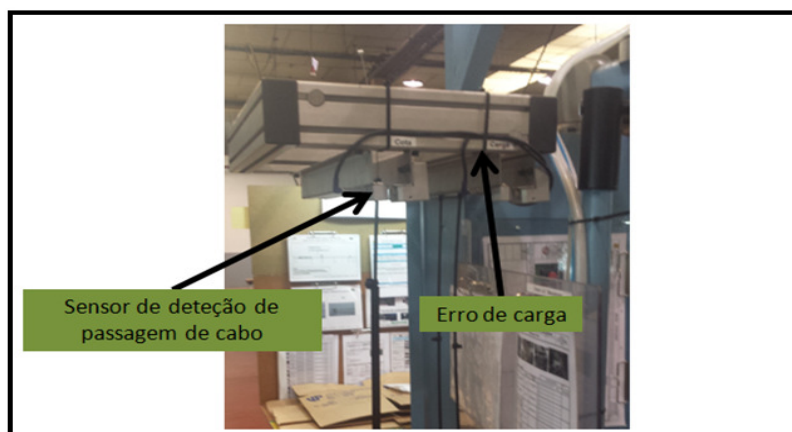


Figura 27 - "Estendal" para colocar cabos com defeito de cota

Quando é iniciada uma nova referência, os primeiros três cabos têm que ter a cota de saída validada pelo dispositivo que está na Figura 28. Se a medida não estiver correta, é necessário afinar os sensores da cota de saída que estão no posto da linha, e fazer novamente a validação no dispositivo da Figura 28.

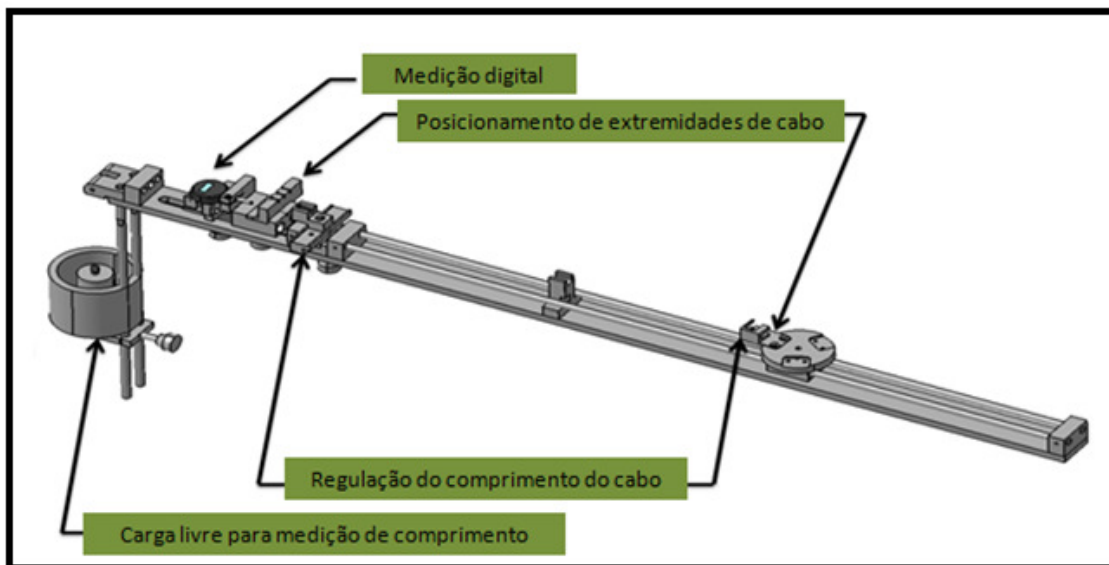


Figura 28 - Dispositivo para medição de comprimento de cabo e primeiro OK.

Alinhamento dos terminais de espiral e de cabo;

Durante a produção de um cabo, é essencial garantir um correcto alinhamento entre os terminais de cabo e os terminais de espiral (Figura 29). Se forem corretamente alinhados não será necessário estar a torcer o cabo para que os terminais encaixem no devido lugar. Se existirem descentramentos entre os componentes do cabo pode originar perdas de eficiência e desgaste prematuro do mesmo.

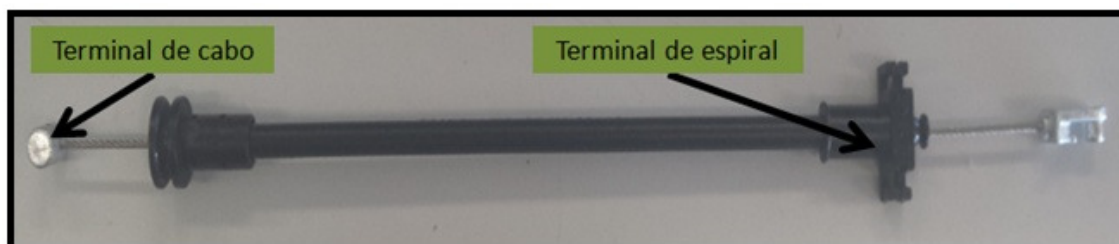


Figura 29 - Exemplo de terminal de espiral e terminal de cabo.

De forma a evitar que ocorram estes descentramentos, as ferramentas têm a cavidade da peça, de forma que, quando a operadora posicionar o componente na ferramenta, este apenas terá uma posição de encaixe (ver Figura 30 e Figura 31).

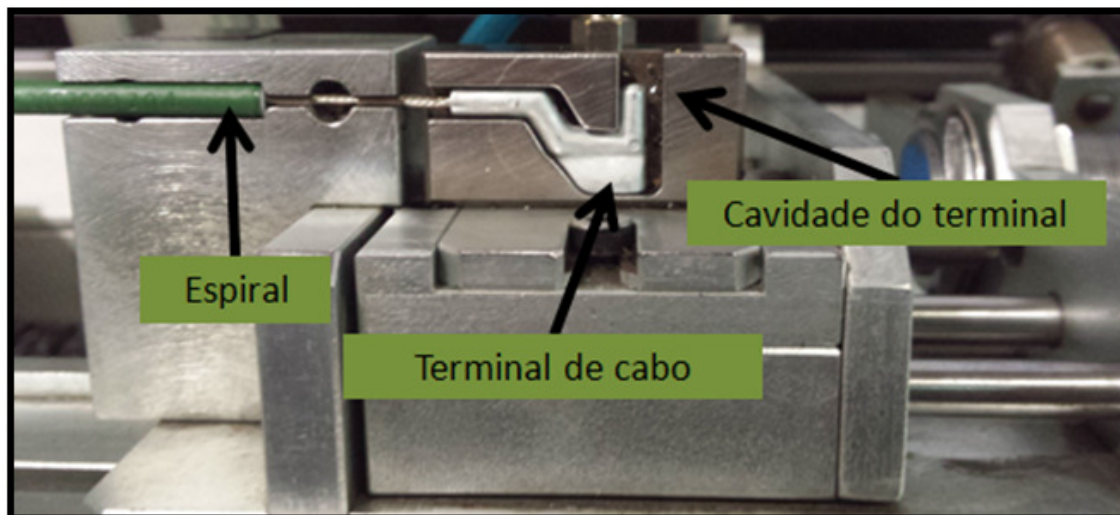


Figura 30 - Exemplo de gabarito com cavidade para colocar terminal de cabo.

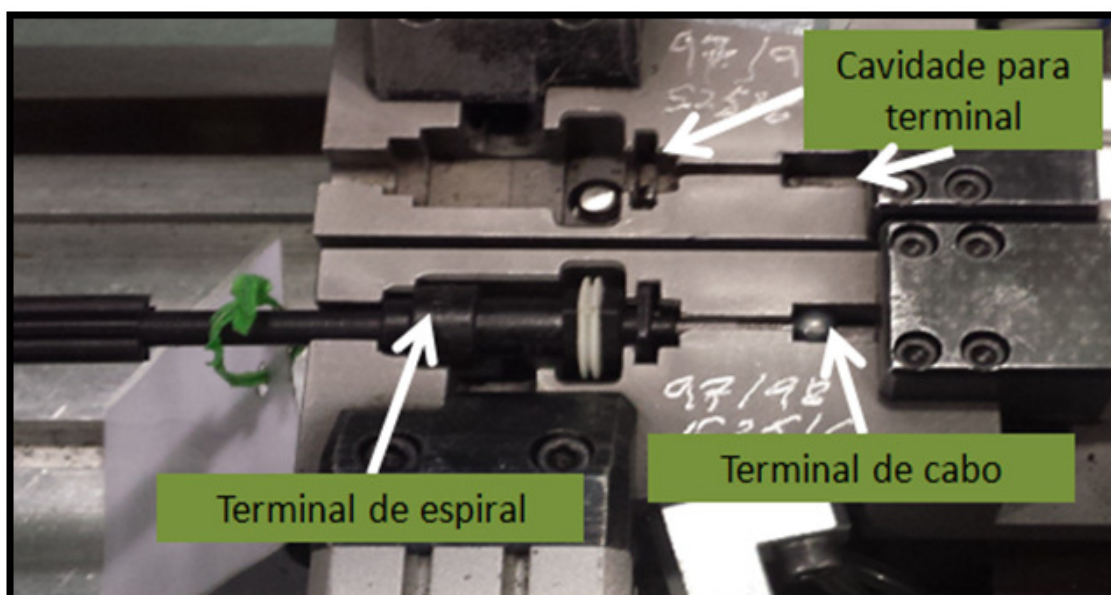


Figura 31 - Exemplo de gabari com cavidade para colocar terminal de espiral e terminal de cabo.

O primeiro alinhamento inicia-se com os terminais de espiral na espiral (quando assim o exige). Posteriormente, posiciona-se na ferramenta para serem puncionados. Nesta fase fica logo garantido o correto alinhamento entre terminais de espiral (Figura 32). Após garantido o alinhamento dos terminais de espiral, estes são puncionados na espiral (ver Figura 33).

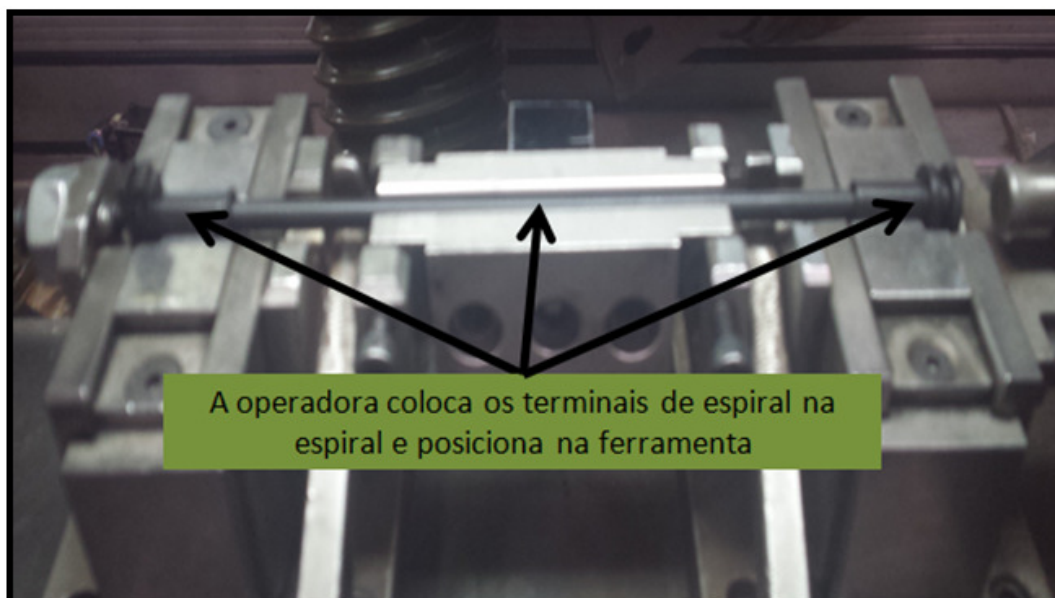


Figura 32 - Alinhamento de terminais de espiral.

A complexidade dos terminais apenas influenciará no tempo de posicionamento, uma vez que o posicionamento correto é sempre garantido pela forma do terminal na ferramenta.



Figura 33 - Alinhamento após puncionamento de terminais

Após o puncionamento dos terminais de espiral na espiral, é introduzido o cabo metálico já com o primeiro terminal de zamak injetado (ver Figura 34).



Figura 34 - Terminais puncionados e cabo metálico com terminal de zamak.

De seguida é posicionado o cabo no *gabarito* da linha, para injetar o segundo terminal. Durante esta operação são garantidos todos os alinhamentos, desde os terminais de espiral até ao primeiro terminal de cabo em zamak (ver Figura 35). Na Figura 36 é possível visualizar um cabo na forma final com o respetivo alinhamento dos terminais de espiral e de zamak.

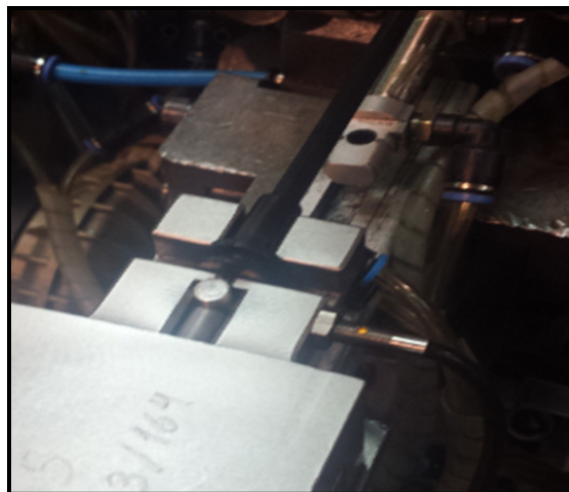


Figura 35 - Alinhamento dos terminais de espiral e do primeiro terminal de zamak.



Figura 36 - Cabo com formato final.

2.2.3. Os terminais de bloqueio

Os terminais de bloqueio são responsáveis por receber e transmitir a força que é feita de uma das extremidades do cabo para a outra. A ligação ou a interface dos sistemas com o cabo são sempre realizadas através de terminais de cabo (Figura 37 - Imagem de um cabo pronto - terminais de cabo zamak (Figura 37)).

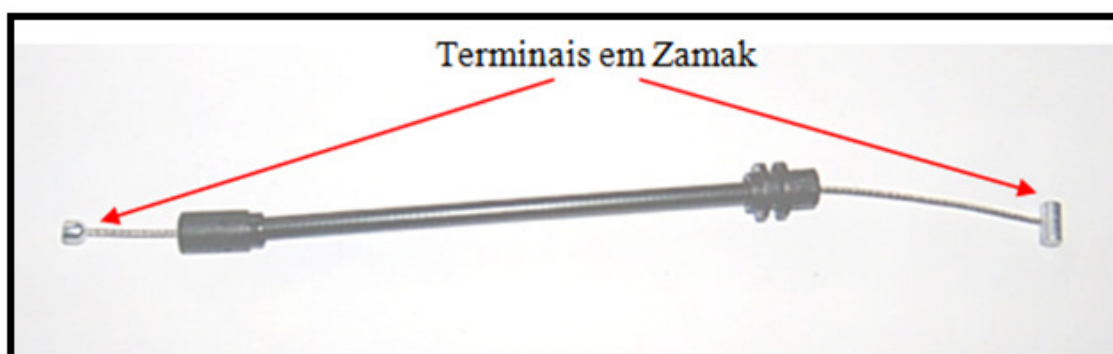


Figura 37 - Imagem de um cabo pronto - terminais de cabo zamak

Estes componentes podem adquirir diversas formas e podem ser obtidos recorrendo aos seguintes processos produtivos (ver Figura 38):

- Torneamento;
- Estampagem;
- Forjamento;
- Injeção (zamak).

O processo produtivo de injeção é somente aplicado a terminais de zamak, enquanto os outros processos produtivos são aplicados a terminais de aço ou latão, existindo ainda uma aplicação em aço sinterizado. Regra geral, os terminais de aço são submetidos a uma operação de zincagem ou fosfatação, para aumentar a sua resistência à corrosão. Os terminais torneados, estampados e forjados são normalmente fixos aos cabos através de uma operação de prensagem. Aos terminais torneados e estampados é aplicado normalmente um tratamento térmico, recozido, de forma a promover um alívio de tensões, que vai evitar que estes se partam na fase do processo, ou seja, ao serem prensados no cabo (Mário, 2004).

Nas figuras seguintes, podem-se ver exemplos de terminais obtidos por processos produtivos diferentes (ver Figura 38), e exemplos de uma diversidade de terminais em zamak (ver Figura 39).

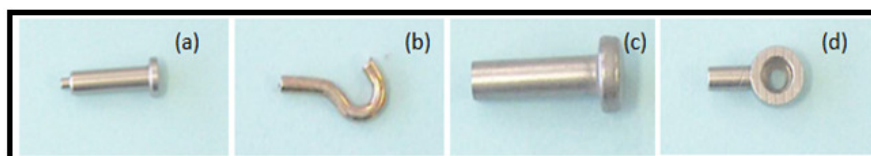


Figura 38 - Terminal de cabo torneado (a); estampado (b); forjado (c); sinterizado (d)



Figura 39 - Exemplos de terminais de cabo (zamak)

Com a necessidade crescente de dar resposta a novos desafios, tanto a nível de produtividade como a nível da relação preço qualidade, em 1994, começaram a ser utilizados os terminais em zamak (ver Figura 40). Estes terminais apresentam a particularidade de ser injetados diretamente sobre o cabo, eliminando assim as operações de prensagem e de zincagem, uma vez que o zamak é uma liga de zinco e alumínio (Zn-Al) que apresenta uma boa resistência à corrosão. Para além da proteção conferida pelo zinco, o alumínio tem a propriedade de formar uma camada de óxidos à sua superfície, que impede a progressão da corrosão do restante material. A aplicação deste material e do processo de injeção foi, sem dúvida, um passo importante para o incremento de produtividade e para o aparecimento de novas geometrias de terminais de cabo. Como em todos os processos, existem vantagens e desvantagens, sendo de seguida apresentadas as principais diferenças entre os terminais em zamak, face aos de aço:

Vantagens:

- Permitem um processo mais rápido e simples;
- Maior flexibilidade geométrica;
- Maior resistência à corrosão;
- Não necessitam da operação de prensagem, logo não sofrem variações de geometria;
- Baixa dispersão de valores de resistência à tração de uns terminais relativamente aos outros;
- Dimensionalmente estáveis;
- Baixo custo da matéria-prima;
- Maior produtividade.

Desvantagens:

- Maior custo das máquinas de injetar, face às máquinas de prensar;
- Apresenta deficiências em movimentos de tração angular, isto é, perante forças aplicadas que não são coincidentes com a direção do eixo do cabo (terminal parte) (anisotropia causada pelo processo);
- Maior custo de energia a suportar com as máquinas de injetar;
- Necessita flor.

Relativamente aos esforços de tração entre os dois tipos de terminais, a experiência tem vindo a mostrar que é aproximadamente equivalente, estando fortemente dependente de outros fatores, tais como a geometria do terminal e o tipo de cabo a ser utilizado (Mário, 2004).

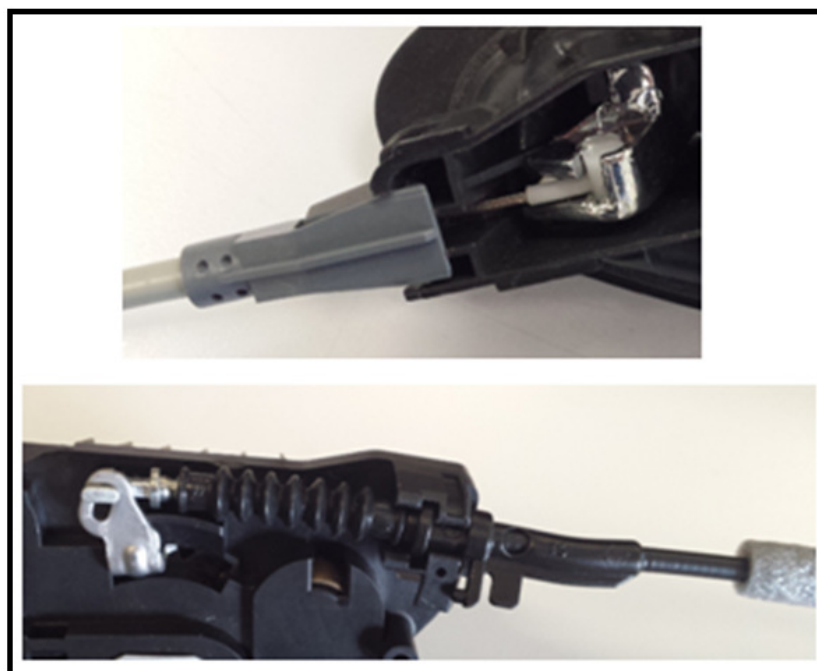


Figura 40 - Exemplos de ligação de terminais de zamak e de espiral nos componentes.

2.3. Fundição sob Pressão

No processo de fundição sob pressão, o metal fundido é injetado a velocidade e pressão controlada numa cavidade de um molde em aço. A cavidade é maquinada com precisão e tolerâncias rígidas, num bloco de aço resistente ao calor. O tempo que demora a preencher a cavidade do molde depende do componente em questão, e pode ir de alguns milissegundos até alguns segundos. Quando se fala em alta pressão, normalmente fala-se em pressões superiores a 16 MPa, pressão que é mantida durante a solidificação, promovendo o preenchimento completo da cavidade e reproduzindo os detalhes mais complexos com superfícies de excelente qualidade, e alta precisão dimensional. Nem sempre após o processo de injeção as peças estão prontas para serem entregues ao cliente: por vezes são necessárias operações de maquinação. O ciclo curto de tempo, associado à fundição e à capacidade de obtenção de várias peças em cada ciclo, faz com que o processo seja vantajoso para altos volumes de produção. Atualmente, podem ser projetados componentes com maior ênfase nos critérios estruturais, e menos limitações em termos de processo, devido à utilização de sistemas de controlo de injeção que medem, controlam e monitorizam o fluxo de metal na fundição. É ainda possível acoplar ao molde sistemas de vácuo, que praticamente eliminam a porosidade e promovem o preenchimento de partes complexas da peça. A monitorização eletrónica do processo de fundição emite alertas sobre defeitos iminentes, antes que eles ocorram (Erik, 2011).

Existem dois ciclos básicos de fundição sob pressão:

- Câmara quente – Utilizado para as ligas do tipo zamak 3, 4, 5, 7 e ZA-8, cobre, latão, etc.;
- Câmara fria – Utilizado para as ligas do tipo ZA-12 e 27, alumínio, magnésio, etc.;

Na Figura 41, é possível ver um processo de fundição em camara quente, em que o fecho do molde é realizado na horizontal, mas também é possível ter o fecho do molde na vertical, como é o caso das máquinas existentes na FicoCables, porque o processo assim obriga (ver Figura 42).

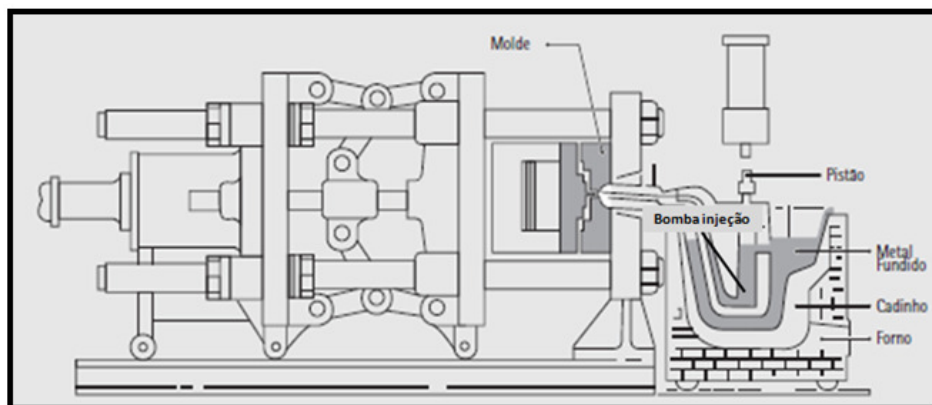


Figura 41 - Injetora com fecho de molde na horizontal (Votorantim, 2013).

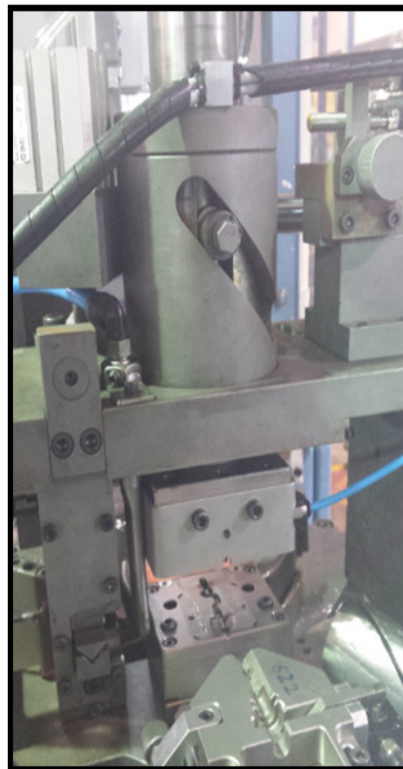


Figura 42 - Injetora com fecho de molde na vertical.

O processo é designado de câmara quente, porque a bomba de injeção e o pistão, estão submersos no metal fundido (ver Figura 43). A energia para injetar o metal na cavidade é fornecida por uma bomba hidráulica ou pneumática, que irá acionar o movimento do pistão. A sequência de operação do ciclo de câmara quente é ilustrada na Figura 43. O molde é fechado no início do ciclo (Figura 43 (a)). A seguir, o pistão é acionado, forçando o metal fundido a escoar pela bomba de injeção, bico de injeção, canais de alimentação e entradas para a cavidade do molde, preenchendo-a e mantendo a pressão no metal, à medida que ele solidifica (Figura 43 (b)). Após a solidificação, o molde é aberto, enquanto o pistão retorna para a posição inicial (Figura 43 (c)). A peça é então extraída e o ciclo é repetido (Figura 43 (d)). Pode ser aplicado um lubrificante no molde, para facilitar a extração da peça. Normalmente, a última cavidade do molde a ser preenchida, é a que contém o metal mais frio, podendo daí resultar defeitos na peça fundida. Aliando a tecnologia atual de fundição ao sistema de alimentação de metal, e um bom projeto do sistema de refrigeração/aquecimento dos moldes, geralmente esse tipo de defeito pode ser evitado. Se necessário, podem colocar-se alimentadores junto das cavidade do molde de forma a minimizar defeitos em algumas áreas críticas. O alimentador recebe o metal mais frio e permite que o metal com temperatura mais alta, que vem a seguir, preencha a cavidade do molde. Os alimentadores devem ser utilizados apenas quando necessário, e o seu tamanho deve ser cuidadosamente calculado, pois estes constituem metal extra, para a reciclagem (The Library of Manufacturing, 2015).

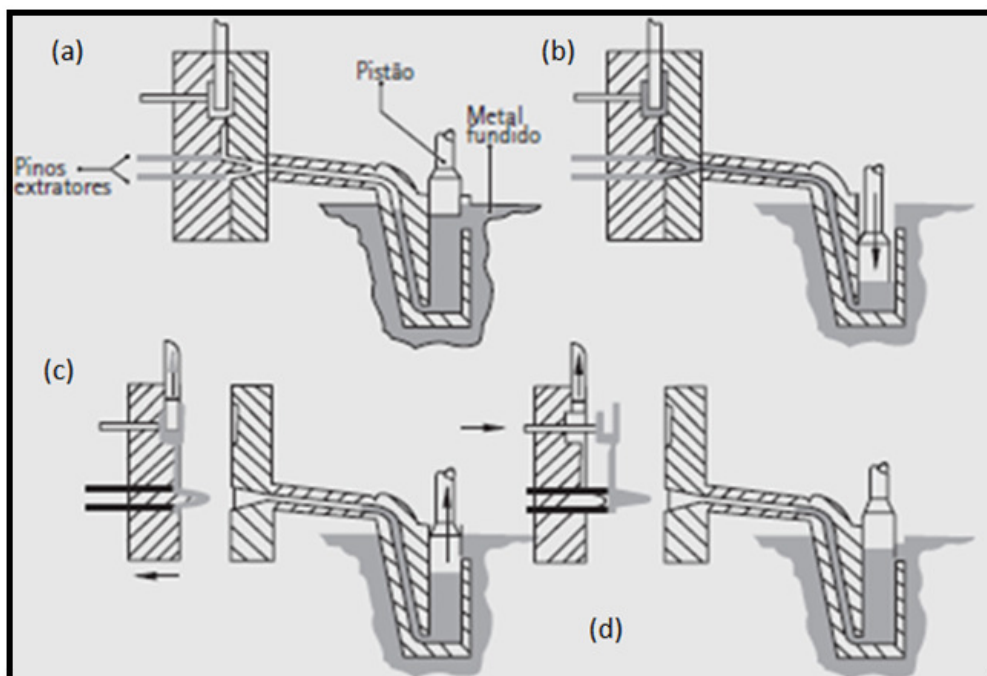


Figura 43 - Sequência de operação de um ciclo do processo de fundição sob pressão em câmara quente. (Votorantim, 2013)

O processo de injeção em câmara fria (ver Figura 44), é utilizado nas ligas referidas anteriormente, devido ao facto de a temperatura de fusão dessas ligas estar numa gama de temperaturas na qual pode retirar propriedades ao aço da bomba de injeção e do pistão. Basicamente, o metal é fundido num posto intermédio e vazado manualmente ou automaticamente para a câmara de injeção à temperatura pretendida. Posteriormente, com o auxílio de um fuso, realiza-se a injeção. Este sistema não precisa de um bico de injeção, pois o pistão termina o curso antes de atingir o final do cilindro numa distância de aproximadamente um terço do diâmetro do cilindro, formando a característica “bolacha”. As etapas seguintes são idênticas ao ciclo de câmara quente, apenas o movimento do pistão é diferente e têm três fases distintas (The Library of Manufacturing, 2015).

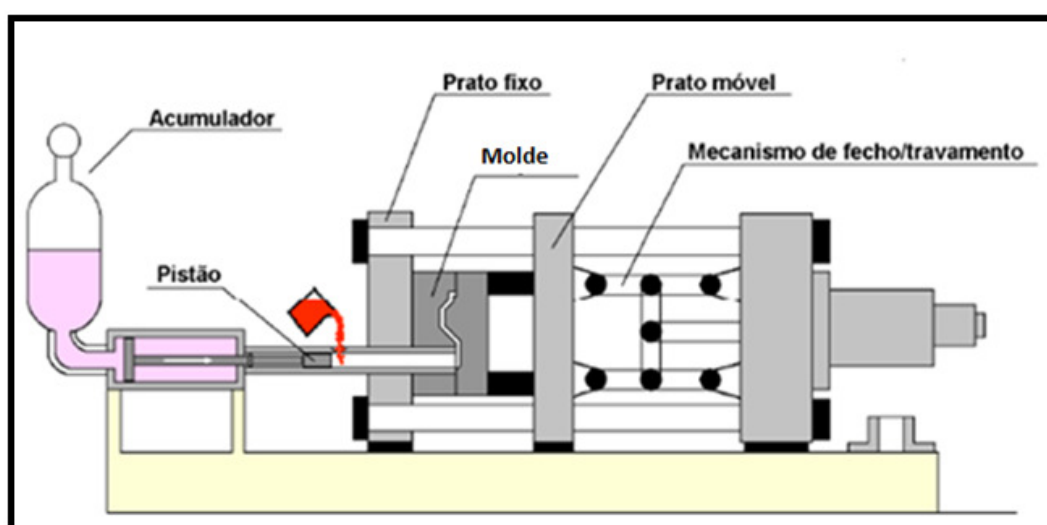


Figura 44 - Esquema de uma máquina de fundição sob pressão em câmara fria (UFPR, 2007).

Ao contrário do sistema de câmara quente, em que, o avanço do pistão é feito num único movimento, em câmara fria este é feito em três etapas, como é possível ver na Figura 45. A primeira fase inicia com baixa velocidade de injeção, tem como objetivo deixar parte da bucha de injeção cheia de metal, sem ar. Se algum ar ficar retido no metal, este irá fazer parte da peça depois. A segunda fase caracteriza-se pelo enchimento do molde. Durante esta fase, é importante que não exista o aprisionamento de bolhas de ar ou gases, pois a alta pressão de injeção não vai expulsar os gases, apenas vai comprimi-los dentro da peça. A terceira fase determina a força de injeção da máquina e a pressão específica de injeção, sendo responsável pela compactação final do metal injetado, imediatamente após a segunda fase de injeção, compensando a contração de metal e diminuindo a ocorrência de porosidades (UFPR, 2007).

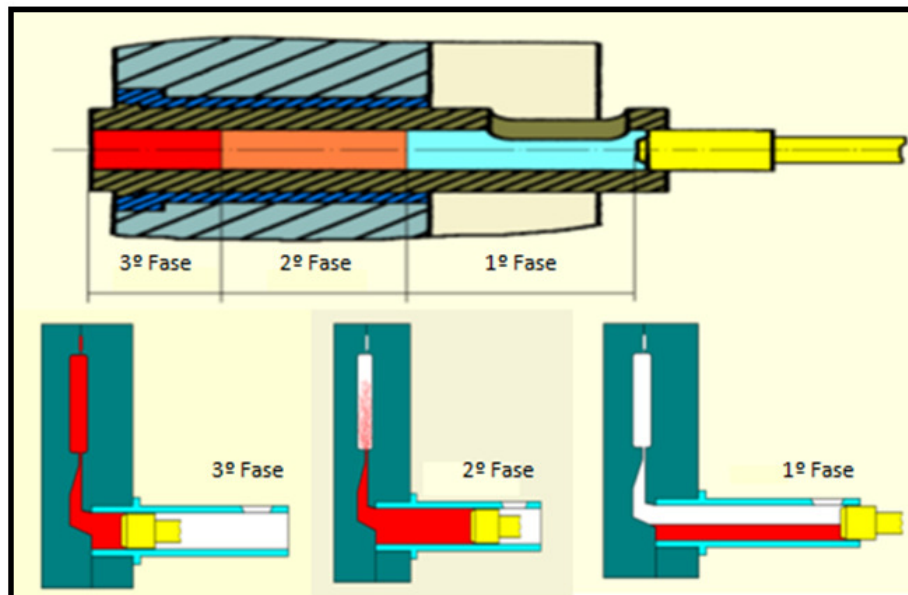


Figura 45 - Esquema elucidativo do funcionamento de uma máquina de câmara fria. (UFPR, 2007)

O processo de fundição sob pressão, como todos os processos mecânicos, possui as suas vantagens e desvantagens:

Vantagens:

- Produção de formas mais complexas;
- Produção de peças de paredes mais finas e tolerâncias dimensionais mais rigorosas;
- Alta capacidade de produção;
- Produção de peças praticamente acabadas;
- Maior vida útil do molde.

Desvantagens:

- Peças com dimensões limitadas;
- Pode haver dificuldade em retirar o ar retido no interior da matriz, podendo causar porosidades nas peças fundidas sob pressão;
- Processo só é adequado para ligas cujas temperaturas de fusão são relativamente baixas (aproximadamente 370°C).

No caso da FicoCables, utiliza-se fundição a baixa pressão, com pressões entre os 2 a 4 bar. Quando utilizados cilindros de baixo atrito para acionamento do pistão de injeção, é possível atingir 1,5 bar de pressão.

2.3.1. Ligas Zamak: O que são?

As ligas zamak são ligas metálicas, em que a base da sua constituição é essencialmente zinco, com adição de outros elementos. O zinco, no seu estado puro, não possui grande aplicação comercial, mas se forem adicionados elementos de liga, obtemos as ligas de zinco. Na forma mais pura, está disponível como placas, lingotes e pó. Quando combinado com o oxigénio, está disponível como óxido de zinco, o qual apresenta três classes de pureza. O limite de impurezas é muito importante, quando o zinco é usado sob a forma de liga. Se for excedido o limite de impurezas, resulta em propriedades mecânicas e de resistência à corrosão menos interessantes. São comercialmente utilizadas, devido à vasta capacidade de adaptação, em função das exigências mecânicas e propriedades envolvidas, e em função das características técnicas exigidas (ASM Handbook, 2004).

A liga de zamak foi descoberta no início da década de 30, e a forte aplicação que teve na confeção de miniaturas de automóveis (ver Figura 46), possibilitou o fabrico de vários modelos devido à sua facilidade de processamento. Zamak é uma liga metálica, que apresenta em maior percentagem na sua composição química: Zinco, Alumínio, Magnésio e Kopper (designação para cobre em alemão). O zamak apresenta boa resistência à corrosão, tração, choque e desgaste. É um material de baixo ponto de fusão, apresenta alta resistência mecânica e boas propriedades de fundição, entre outras, o que possibilita a obtenção de peças de formato complexo, com ótimo acabamento superficial, sem defeitos e com bom desempenho. A aplicação de zamak, nos processos de injeção a quente confere grande facilidade de produção de peças, além de oferecer pouco desgaste do molde de injeção. Existem várias composições normalizadas de ligas de zamak, sendo que a principal diferença se prende com a percentagem de alumínio utilizada (Eastern Alloys Inc., 2012).



Figura 46 - Miniatura automóvel em zamak (StoreKit, 2015).

As transformações físico-químicas estão descritas no diagrama de equilíbrio Zn-Al (ver Figura 47), já que os restantes elementos de liga não possuem teor suficiente para provocar alterações significativas. À medida que uma liga de zamak arrefece (hipo-eutética), observa-se a formação de cristais primários de uma fase rica em zinco (fase β), com 98,86% Zn a 382°C. Abaixo desta temperatura, a fase β fica envolta por um eutético constituído por esta mesma fase, e de uma segunda fase, denominada fase α' . A fase α' possui 22% de alumínio e prevalece até à temperatura de 275°C, quando sofre a reação eutectóide, transformando-se em $\beta+\alpha$. A fase α é uma solução sólida de zinco alumínio. A solubilidade do alumínio à temperatura de 382°C é de 1,14%. Para temperaturas diferentes desta, a solubilidade deste elemento diminui no zinco, conforme mostra a Figura 48 (Zhu, 2004).

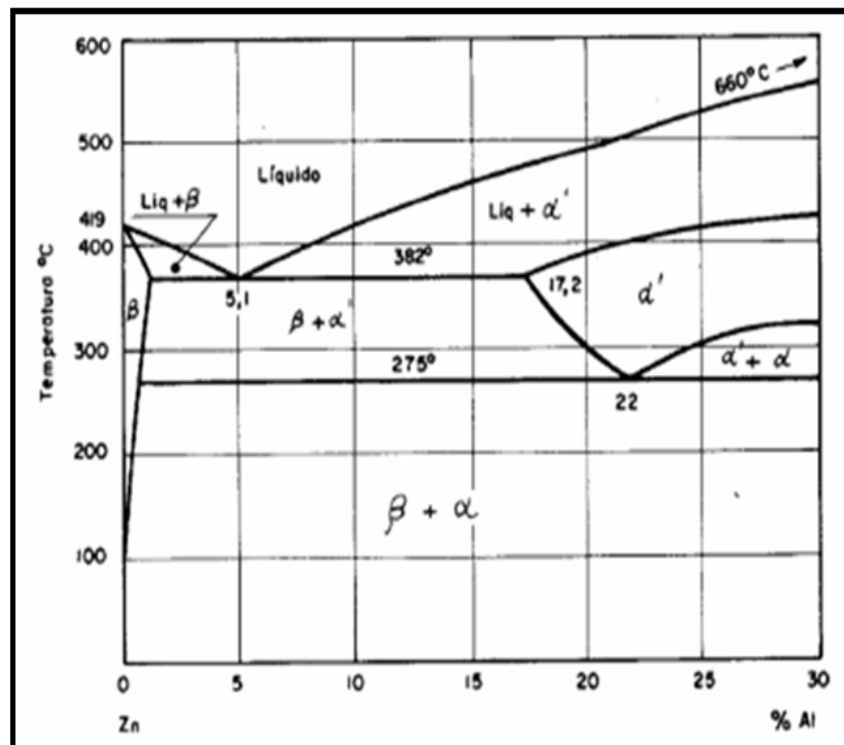


Figura 47 - Diagrama de equilíbrio Zn-Al. (Zhu, 2004)

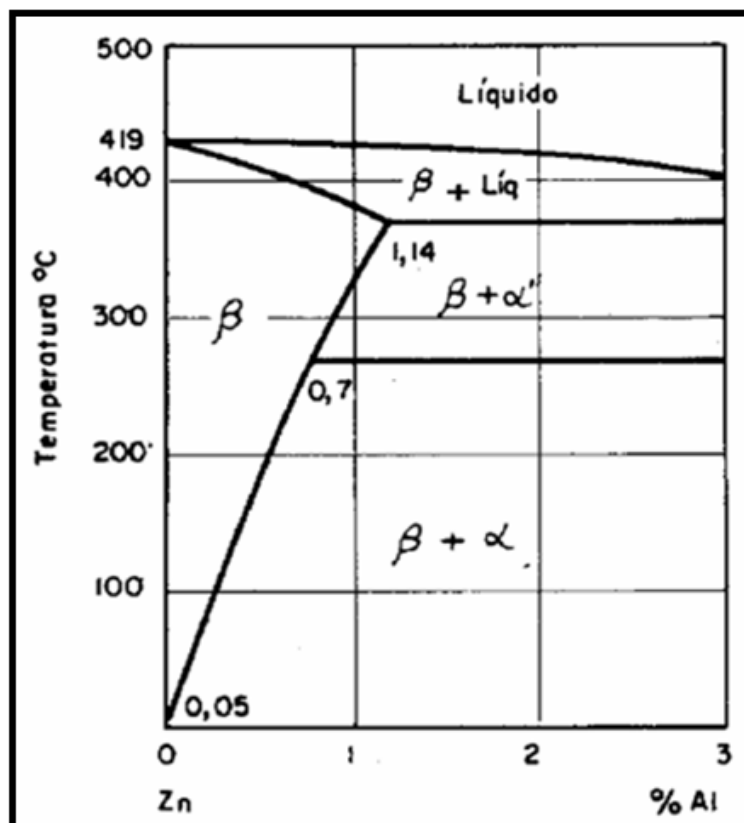


Figura 48 - Diagrama de equilíbrio Zn-Al (até 3% Al). (Zhu, 2004)

Os teores de elementos de liga afetam diretamente as propriedades mecânicas das peças obtidas. As ligas de zinco podem ser divididas em dois grupos, de acordo com o conteúdo nominal de alumínio:

- As ligas de zamak 2, 3, 5 e 7, contêm aproximadamente 4% de alumínio;
- As ligas ZA variam entre 8% e 27% de alumínio;

As ligas frequentemente utilizadas para fundição sob pressão são, Zamac 3 e Zamac 5. Algumas normas internacionais especificam a composição química de ligas de zinco para fundição. A Tabela 3 ilustra a composição, conforme a norma internacional ASTM B240-07.

Tabela 3 - Composição química das ligas de zinco para fundição - ASTM B240-07.

Elementos	Zamac 2		Zamac 3		Zamac 5		Zamac 7		ZA-8		ZA-12		ZA-27	
	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Al	3,9	4,3	3,9	4,3	3,9	4,3	3,9	4,3	8,2	8,8	10,8	11,5	25,5	28,0
Mg	0,025	0,05	0,03	0,06	0,03	0,06	0,010	0,020	0,02	0,03	0,02	0,03	0,012	0,020
Cu	2,7	3,3	-	0,10	0,7	1,1	-	0,10	0,9	1,3	0,5	1,2	2,0	2,5
Fe	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,75	-	0,035	-	0,05	-	0,07
Pb	-	0,0040	-	0,0040	-	0,0040	-	0,0030	-	0,005	-	0,005	-	0,005
Cd	-	0,0030	-	0,0030	-	0,0030	-	0,0020	-	0,005	-	0,005	-	0,005
Sn	-	0,0015	-	0,0015	-	0,0015	-	0,0010	-	0,002	-	0,002	-	0,002
Ni	0,0010		-		-		0,005	0,020	-		-		-	
Zn	Restante		Restante		Restante		Restante		Restante		Restante		Restante	

O alumínio é o elemento que maior influência tem quando adicionado ao zinco, sendo também o segundo elemento com maior proporção nas ligas Zamak. A adição de alumínio permite aumentar a fluidez, refinar o tamanho de grão e evitar a formação de composto intermetálico de ferro-zinco, de forma a minimizar o desgaste da injetora e dos moldes. No caso das ligas do tipo Zamak, o teor nominal de alumínio de 4% foi escolhido por incorporar as melhores características de fundição para ligas de zinco. Um conteúdo maior de alumínio geralmente resulta em maior resistência à tração, fadiga, elasticidade e menor resistência ao impacto, ductilidade e peso específico. Entretanto, se o teor do alumínio for superior a 4,5%, a liga aproxima-se do ponto eutético (a 5% de alumínio), reduzindo a sua resistência ao choque mecânico. Nessas condições, a liga é frágil, podendo fissurar facilmente. Se o teor de alumínio for inferior a 3,5%, a liga perde resistência e dureza, decrescendo também a sua fusibilidade (necessidade de aumento da temperatura para manter a mesma fluidez, e conseqüentemente, aumenta a tendência de ataque ao molde), o que torna difícil a obtenção de peças de formato complexo e de paredes finas, além de provocar fragilidade a quente e menor estabilidade dimensional (Erik, 2011).

A adição de cobre é restrita a 0,10% em algumas ligas, e é utilizado em concentrações nominais variando entre 0,7% e 3,3%, de forma a obter maior resistência mecânica, maior resistência à fluência, maior resistência à corrosão, sendo que o aumento da porcentagem de cobre diminui a ductilidade da liga. O teor de cobre não deve exceder 1.25%, pois, acima deste valor, a liga torna-se instável por ficar sujeita ao “envelhecimento”, reduzindo a sua resistência ao choque. Como as ligas de Zamak 3 e 5 não excedem esta porcentagem, são consideradas mais estáveis que as restantes. O magnésio é utilizado em concentrações que variam de 0,01% a 0,06%. O seu principal objetivo é compensar os efeitos das impurezas metálicas, principalmente o cádmio, chumbo e latão, assim como reduzir a corrosão intergranular. A presença de magnésio também resulta em maior dureza, pequena redução na ductilidade, diminuição da fluidez, diminuição do alongamento e a possibilidade de provocar “fragilidade a quente” na peça fundida. As impurezas como chumbo, cádmio e estanho, estão invariavelmente associadas ao minério de zinco e, dessa forma, permanecem em pequenas quantidades no zinco. As concentrações de níquel, crômio, silício e manganês, em quantidades de até 0.02%, 0.02%, 0.035% e 0.05%, respectivamente, podem ser toleradas sem nenhum efeito prejudicial. Desde que mantidas dentro dos limites especificados, é possível obter um metal de alta qualidade, adequado à fabricação de ligas para fundição sob pressão. Essas impurezas são metais de alta densidade e baixo ponto de fusão (Oswaldo, 2008).

Como é de prever, os elementos que constituem o Zamak provocam alguma alteração nas suas propriedades. Nas tabelas seguintes é possível visualizar as principais propriedades do Zamak 3 e 5.

Tabela 4 - Propriedades mecânicas do zamak 3 e 5 em baixas e altas temperaturas. (adaptado:

Votorantim 2007)

Propriedades	Temperatura	Zamak 3	Zamak 5
Limite de resistência (MPa)	95°	20	25
	40°	25	30
	20°	28	34
	0°	30	38
	-40°	32	38
Alongamento (%)	95°	15	12
	40°	8	6
	20°	5	4
	0°	4,5	4
	-40°	2,5	1,5
Resistência ao choque - Charpy	95°	13,5	14,3
	40°	14	15
	20°	14	14,5
	10°	10	13,5
	0°	2,5	13
	-10°	1,1	6
	-20°	0,8	1,2
	-40°	0,7	0,8

Tabela 5 - Propriedades mecânicas do zamak 3 e 5. (adaptado: FUNDEP E UFMG 2006)

Propriedades Mecânicas das Ligas de Zinco		
	Zamak 3	Zamak 5
Limite de resistência (à tração) (MPa)	26-30	30-34
Limite de escoamento (MPa)	25-29	29-33
Módulo de elasticidade (MPa)	8.500	9.600
Alongamento (%)	3-8	3-6
Resistência ao choque – Charpy (MPa)	10-12	10.5-12.5
Resistência à compressão (MPa)	45	60
Resistência ao cisalhamento (MPa)	22	27
Resistência à fadiga, (108 ciclos) (MPa)	4.8	5.7
Dureza de Brinell (esfera de 10 mm, carga de 500 kg) (MPa)	(80-90)	(85-95)

Tabela 6 - Principais propriedades físicas do zamak. (adaptado: Votorantim 2007)

Propriedades Físicas	Zamak 2	Zamak3	Zamak 5	Zamak 7
Massa específica	6,6	6,6	6,7	6,6
Intervalo de solidificação (°C)	390-379	387-381	386-380	387-381
Contração (%)	1,25	1,17	1,17	1,17
Condutividade elétrica (%IACS)	25	27	26	27
Condutividade térmica (W/m/hr/m ² /°C – 70 a 140°C)	104,7	113	108,9	11
Calor específico (J/Kg/°C – 200 a 100 °C)	418,7	418,7	418,7	418,7
Coefficiente de expansão térmica (µm/mm/°C – 20 a 100°C)	27,8	27,4	27,4	27,4

Tabela 7 – Propriedades das ligas de zinco para fundição sob pressão. (adaptado: Votorantim 2007)

Ligas de Zinco para Fundição sob Pressão	
Faixa de fusão	416 – 418°C
Temperatura de fundição	460 – 470°C
Limite de resistência (à tração)	26 – 24 MPa
Alongamento em 50 mm	5-6%
Limite de escoamento, a 0.2%	14-15 MPa
Dureza de Vickers	79-86 MPa

A indústria automóvel tem sido uma das maiores consumidoras da fundição sob pressão, a maior parte das peças são à base de zinco. Já a indústria aeronáutica recorre a grande quantidade de fundições com ligas de alumínio e magnésio. Existem ainda vários setores que utilizam esse processo, tais como:

- Equipamentos eletrónicos;
- Material bélico;
- Brinquedos;
- Eletrodomésticos;
- Transporte;
- Máquinas industriais;
- Equipamentos de escritório e comerciais;
- Joalheria;
- Máquinas fotográficas e de vídeo;
- Equipamento para construção.

2.3.2. A injeção de ZAMAK

A fundição de ligas de zinco é uma escolha única para inúmeras aplicações funcionais e decorativas. O zinco pode ser fundido a baixas temperaturas, proporcionando assim economia de energia e processamento, em relação aos outros metais e ligas de engenharia. De todas as ligas de metais, o zamak é das que possui maior utilização, devido às suas propriedades físicas, mecânicas e ao seu baixo ponto de fusão, permitindo uma maior durabilidade do molde e uma maior produção de peças em série fundidas. Por causa das temperaturas e pressões mais baixas na fundição das ligas de Zamak, a vida útil do molde é prolongada significativamente e a manutenção do mesmo é reduzida. E, por causa da faixa estreita de solidificação das ligas de Zamak, as moldagens podem ser produzidas com tempos de ciclo muito rápidos (Erik, 2011).

Em seguida, serão abordadas as principais etapas no processo de injeção sob pressão (ver Figura 49), relativamente às ligas de zamak e, posteriormente, serão revistos alguns dos defeitos que possam advir do processo de injeção.

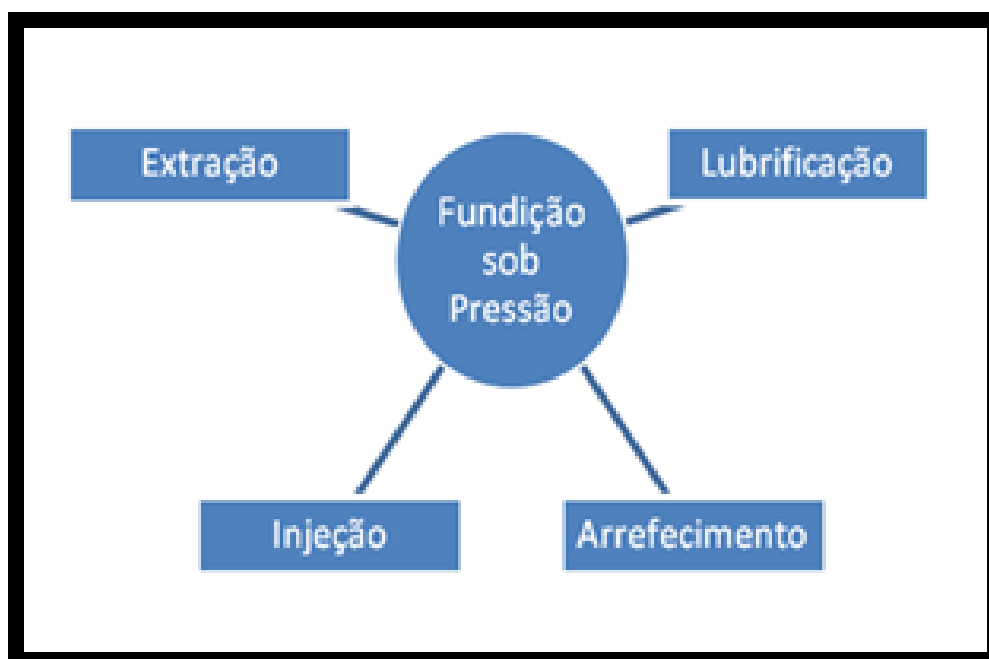


Figura 49 - Etapas do processo de fundição sob pressão.

Numa fase inicial de qualquer processo de injeção, o objetivo básico é que a injetora produza peças, mesmo que não sejam garantidos os requisitos de qualidade e que durante esse processo não ocorram interrupções. Após estarem garantidos os objetivos básicos, é possível ajustar o processo, de forma a garantir qualidade e aumentar a produção. Na prática, o molde e a liga têm um efeito direto sobre o desempenho da injetora e estes devem ser considerados

na definição das configurações. Nessa etapa, deve-se assumir que o *design* do molde está correto e que a liga é adequada.

O ciclo de injeção tem início após a lubrificação e o fecho do molde. De seguida, o pistão realiza o ciclo de injeção e termina quando o metal chega à câmara, um pouco antes do início do enchimento da cavidade. Nesta fase, é aconselhável o dimensionamento de velocidades baixas do pistão, de forma a minimizar as perdas de pressão (por atrito e por turbulência). É essencial ainda evitar que o metal se agarre às paredes do molde e que, conseqüentemente, favoreça a retenção de ar. A perda de pressão no metal é resultante de toda a energia que se opõe ao sentido do fluxo do metal. Esse fator é inevitável, uma vez que resulta do atrito do metal com as paredes do molde e à turbulência causada pelas mudanças no formato e na secção transversal dos canais. Se for possível ter velocidades baixas, menor será a perda de pressão e maior a tendência do metal permanecer em contacto com as paredes e, com isto, evitar o risco de inclusão de ar. Convém, ao mesmo tempo, que a velocidade não seja muito lenta, e permita que o metal solidifique durante o percurso. Durante a segunda fase da descida, a velocidade do pistão aumenta para preencher a cavidade o mais rápido possível, para que seja obtido um bom enchimento. Quando termina o processo de enchimento, é mantida a pressão do Zamak na câmara, de forma a neutralizar a contração do metal durante a solidificação. O tempo de compressão final é dado pela soma do tempo de descida do pistão (na primeira e segunda fase) e o tempo em que o pistão está a fazer a compressão do metal.

O ciclo de arrefecimento é também um ponto-chave, quando se pretendem peças com algum rigor geométrico. Se possível, um controlo da temperatura do molde é o meio mais direto para se regular a temperatura.

Existem também outros fatores indiretos, que afetam a temperatura do molde e da peça, tais como:

- Velocidade de fecho e abertura do molde;
- Tempo de arrefecimento;
- Atraso que é dado para atuação dos extratores;
- Tempo de abertura do molde;
- Unidades produzidas (quanto maior a taxa de produção, menor é o tempo que o molde tem para arrefecer, logo maior é a temperatura do molde e das peças que são produzidas);
- Lubrificação do molde (resulta num efeito indireto no arrefecimento do molde e, assim, pode também ser utilizado para alterar a temperatura).

A temperatura é um parâmetro que afeta a qualidade da peça, principalmente na extração. Uma temperatura do molde muito alta ou muito baixa pode provocar defeitos na superfície. É possível controlar a temperatura do molde com recurso à circulação de um fluido através de uma série de canais no molde. A forma, como são realizados esses canais é determinada no projeto, de maneira a alcançar um equilíbrio térmico dentro do molde. A temperatura do fluido em fluxo constante, não é exatamente a mesma que a temperatura do molde, que geralmente varia entre 120°C e 250°C. Tendo como base uma temperatura real, é possível ajustar não só o controlo da temperatura, mas também o nível de lubrificação do molde e a taxa de produção. Quando há um aumento na taxa de produção, a temperatura do molde também aumenta. Se houver um aumento na lubrificação do molde, a temperatura é reduzida. O tempo de arrefecimento, propriamente dito, começa quando o pistão está na posição retraída e termina com abertura do molde, logo após o período de solidificação da peça. O tempo que é escolhido para o período de arrefecimento, determinará o instante em que o molde será aberto. É fundamental dimensionar bem o tempo de arrefecimento, uma vez que, se for muito curto, a peça ainda está muito frágil e a abertura ou extração do molde, poderá danificá-la. Por outro lado, um período de arrefecimento muito longo poderá reduzir a taxa de produção e aumentar a tendência para a peça aderir a algumas partes do molde, em especial canais, em virtude do aumento da contração.

A lubrificação do molde pode ser feita através de processo manual ou automático. O processo automático é mais eficaz, uma vez que permite um controlo melhor sobre a quantidade de lubrificante a aplicar. A quantidade de lubrificante aplicada à cavidade determina a facilidade com a qual a peça poderá ser extraída. Essa quantidade também afetará a temperatura do molde e, se mal dimensionada, poderá ocasionar defeitos na peça injetada.

A extração é o processo que liberta a peça solidificada do molde. Para a realização da operação de extração, é necessário configurar pelo menos o percurso dos extratores e a velocidade de avanço. No processo de extração existem alguns pontos que convém ter em consideração, tais como: percurso dos extratores e velocidade dos extratores. Se estes pontos não forem bem dimensionados, pode originar defeitos na peça e cadências de produção mais baixas (Votorantim, 2013).

Como em qualquer outro processo, existem problemas e convém estar ciente de que tipo de defeitos pode ocorrer e quais as razões que os podem levar a ocorrer. Os defeitos que podem ocorrer num processo de fundição são inúmeros, e convém estar ciente do que cada um representa. É essencial fazer uma descrição detalhada dos defeitos, baseada na aparência visual da peça e registar o número de peças defeituosas por molde, por cavidade, por injetora,

por turno, por operador e por lote de metal utilizado. De seguida, serão abordados alguns tipos de defeitos que podem ocorrer durante o processo de fundição (ver Figura 50).



Figura 50 - Possíveis defeitos que podem ocorrer no processo de injeção sob pressão.

A porosidade gasosa (ver Figura 51) é um dos maiores problemas que pode ocorrer no processo de fundição, fortemente relacionada, com os métodos de injeção a elevada velocidade. O ideal seria que o processo de injeção fosse realizado, de forma a minimizar a turbulência do fluxo de metal durante o preenchimento do molde, e portanto, reduzir a quantidade de gases aprisionados. Mas, nem sempre é possível, pois peças muito complexas, por exemplo, requerem altas velocidades para um bom preenchimento. A porosidade ocorre quase sempre sob a forma de bolhas aprisionadas e assemelham-se a uma série de ocos no interior da peça. As principais fontes da porosidade gasosa são ar e vapor aprisionados. De forma a reduzir a quantidade de ar aprisionado, deverá garantir-se, desde que seja possível, saídas de gases no molde. O posicionamento ideal, dessas saídas de gases seria nas últimas áreas do molde a serem preenchidas. Durante o processo de injeção, é gerado vapor quando o metal fundido encontra água durante o preenchimento do molde. A água existente expande e muda do estado líquido para o gasoso. A maior fonte de água no molde é o lubrificante, que geralmente é composto por 98% de água. Outras possíveis fontes de água são fugas no sistema de refrigeração e outros fluidos hidráulicos que possam atingir o molde. Logo, é

necessário verificar se não está a ser aplicado excesso de lubrificante ou se existem fugas (Fábio, et al., 2012).

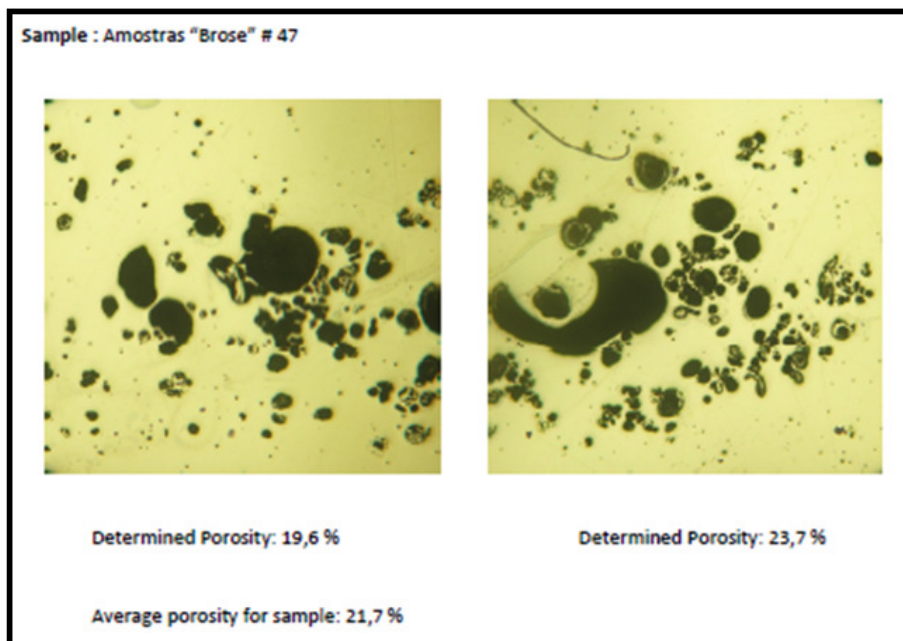


Figura 51 - Porosidade em terminais de zamak.

O defeito de preenchimento incompleto (ver Figura 52) está geralmente relacionado com o aquecimento inadequado tanto do molde quanto do metal, ou à velocidade de enchimento do molde. Isto faz com que o metal se solidifique prematuramente, não completando o preenchimento das cavidades. Se durante o processo de injeção se recorrer à reutilização de desperdícios de zamak, pode levar a uma recristalização do material, levando a um aumento da dureza do mesmo, que pode levar ao estrangulamento parcial (em alguns casos total) dos canais de alimentação do molde. Outras possíveis causas estão relacionadas com o *design* dos canais e das saídas de ar do molde. Se houver problemas na saída de ar, o metal que está a entrar no molde pode ser retido pela pressão do gás.

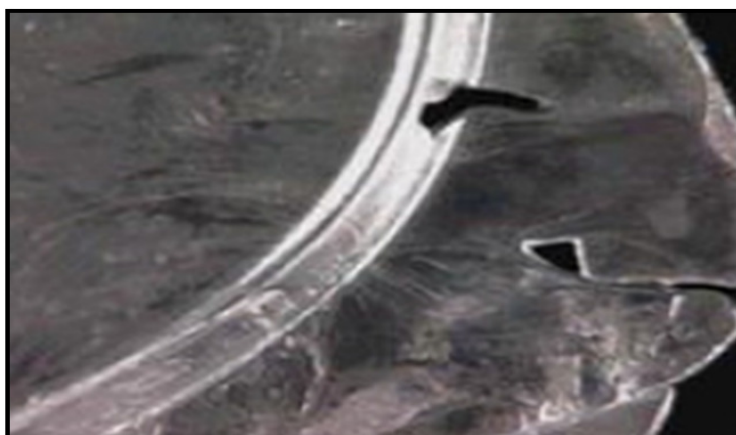


Figura 52 - Defeito por preenchimento incompleto.

Inclusões são partículas “estranhas” à peça (ver Figura 53). Dependendo da natureza e da quantidade encontrada no metal, estas podem causar problemas de acabamento na peça, danos aos equipamentos de maquinação e também afetar a resistência mecânica. Podem estar relacionadas com contaminantes que entram no banho do metal fundido devido à reutilização de sucatas, ferramentas contaminadas. Pode ser evitado utilizando ligas de zinco para fundição que atendam às especificações internacionais, evitando refusão de sucatas contaminadas. Além disso, é importante manter o banho limpo e livre de contaminações, removendo a escória superficial. Temperaturas de injeção muito altas aceleram o processo de desgaste das ferramentas, portanto, evitá-las também contribuirá na redução do aparecimento de inclusões.

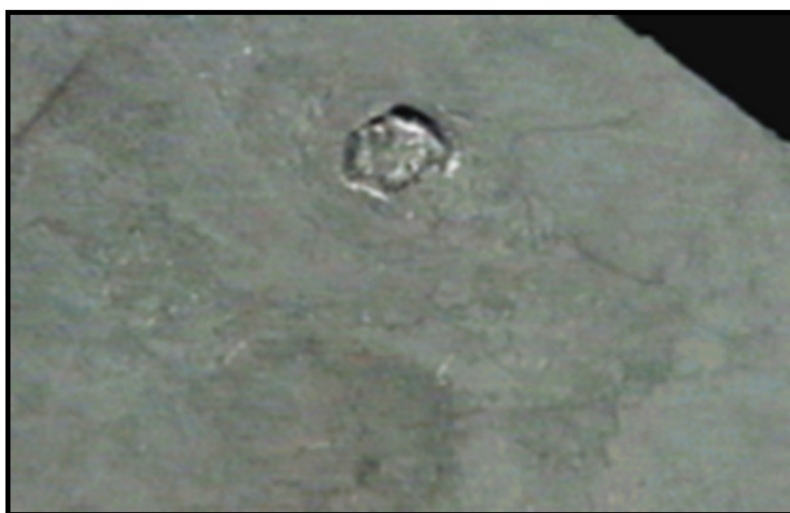


Figura 53 - Inclusões de outro tipo de material.

Os rechupes são depressões na superfície da peça (ver Figura 54), resultantes de uma contração nos pontos quentes das superfícies do molde. Os prováveis pontos quentes podem ser previamente identificados, quando a superfície da peça injetada começa a ficar com aparência áspera. Essa aparência áspera indica que o último ponto a solidificar está na superfície da peça. A correção do problema consiste, principalmente, em promover o arrefecimento das áreas do molde onde o fenômeno é observado. Outro parâmetro a ser verificado é o tempo de compressão no final do ciclo de injeção.

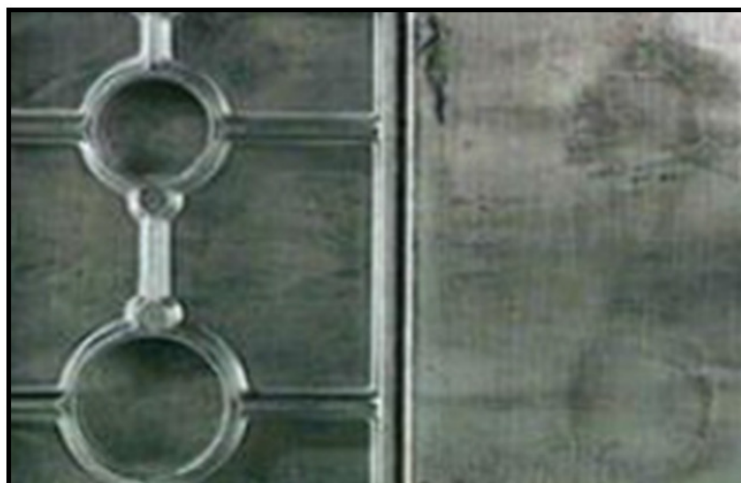


Figura 54 - Depressões ocorridas na peça - Rechupes.

A rebarba (ver Figura 55) só é considerada um defeito se for indesejada, afetando esteticamente o acabamento, e se não puder ser facilmente removida. Pode ocorrer quando houver vazamento de metal na linha de fecho do molde e nos pinos extratores. Em geral, a rebarba é derivada das altas temperaturas do metal, considerações mecânicas da injetora ou do molde como, por exemplo, um ajuste inadequado do molde à injetora ou pressões de fecho desiguais, devido ao desgaste da injetora e do molde. O primeiro passo para a correção do problema é a verificação da temperatura, a qual deve estar dentro da faixa usual: $426^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. É importante verificar, frequentemente, com um termopar, se os controles de temperatura da injetora estão devidamente aferidos. Se forem requeridas temperaturas superiores, deve-se verificar outros fatores de projeto, tais como os canais, o tempo de preenchimento, a velocidade de injeção, a pressão de injeção, etc. Por fim, deve-se verificar o alinhamento do molde relativamente ao sistema de travamento, de forma a evitar possíveis desalinhamentos entre a injetora e o molde, que possam provocar falha na vedação. Testes de alinhamento podem ser realizados utilizando um bloco padrão ou um molde novo.

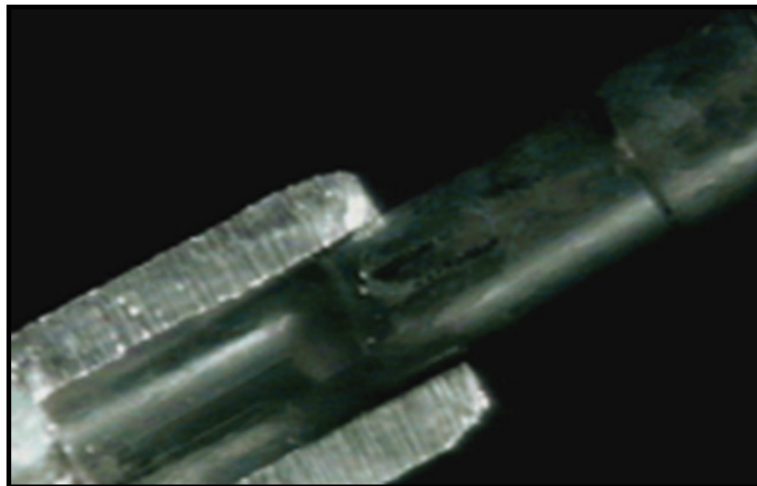


Figura 55 - Rebarba.

Ocorrem danos de extração quando a força necessária para remover a peça, faz com que ela sofra deformações nas proximidades do contacto com os pinos extratores. Geralmente, é necessário aplicar uma força considerável para extrair a peça do molde, porque a mesma ao solidificar sofre contração. Os pinos extratores forçam a peça quando esta ainda está a altas temperaturas, tipicamente em torno de 315°C, portanto ainda maleável. Em alguns casos, os pinos extratores podem deformar a peça (Figura 56). É recomendável verificar se o tempo de permanência da peça no molde está correto. Se o tempo for muito longo, a peça pode fissurar ou ficar muito presa ao molde, dificultando a extração. Se o tempo for demasiadamente curto, a peça pode estar ainda muito maleável e mais suscetível a deformações provocadas pela extração. Outros fatores a serem verificados são a presença de pontos de retenção na superfície do molde, que possam eventualmente dificultar a remoção da peça, e problemas de *design* como, por exemplo, pinos extratores muito pequenos, em número insuficiente ou mal posicionados (Key to Metals, 2015).

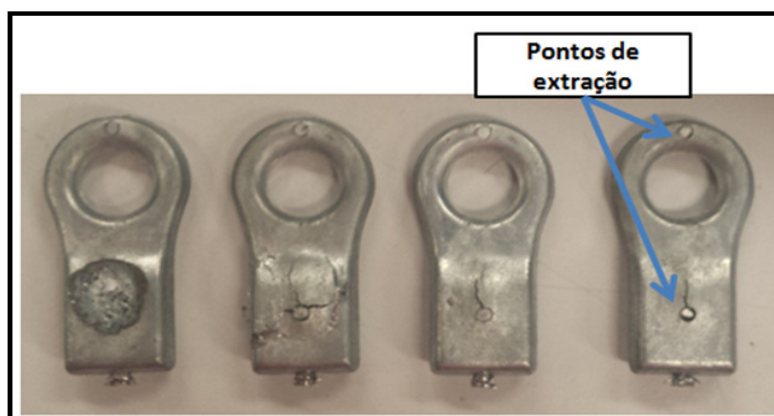


Figura 56 - Danos provocados durante a extração.

2.3.3. Moldes para a injeção de ZAMAK

A fundição sob pressão utiliza moldes metálicos permanentes, onde se localizam as cavidades de moldação. O molde ou matriz é o elemento mais delicado do processo de injeção sob pressão. O molde deve ser capaz de receber e alojar metal líquido a uma pressão elevada. É uma ferramenta construída com o objetivo de moldar peças. O seu correto projeto e exata construção, depende, principalmente do êxito do procedimento utilizado no projeto e fabrico (ver Figura 57). Um molde para fundição sob pressão é muito complexo. Normalmente é dotado de placas porta-molde, matrizes moldantes, sistemas de arrefecimento, canais de evacuação de ar e sistemas de controlo (ver Figura 58Figura 57). O molde possui pelo menos duas partes distintas separadas, para poder ser aberto e retirar a peça. Uma parte do molde fica geralmente fixa à máquina e a outra parte move-se hidráulica, mecânica ou pneumáticamente. A construção de um molde implica um grande número de variáveis. Prever, todos os pontos necessários para um correto funcionamento, é difícil, necessitando posteriormente de afinar alguns parâmetros. De maneira a obter peças com medidas exatas e superfícies lisas, é necessário que o molde seja trabalhado com a maior exatidão e limpeza, sendo preciso recorrer a ferramentas e máquinas de precisão (Santana, 2004).

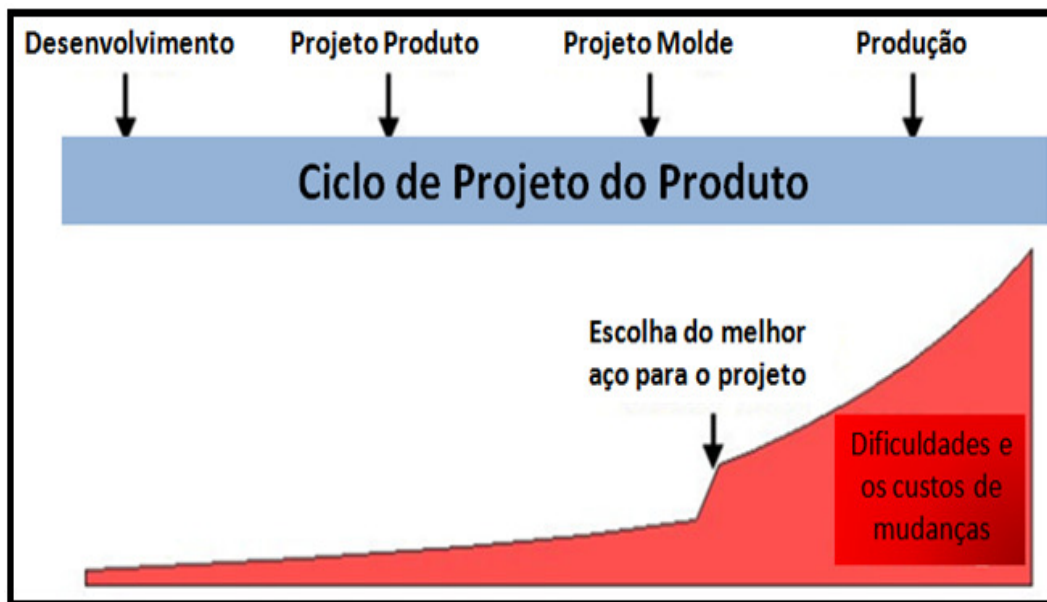


Figura 57 – Ciclo de projeto de um molde (Erik, 2011).

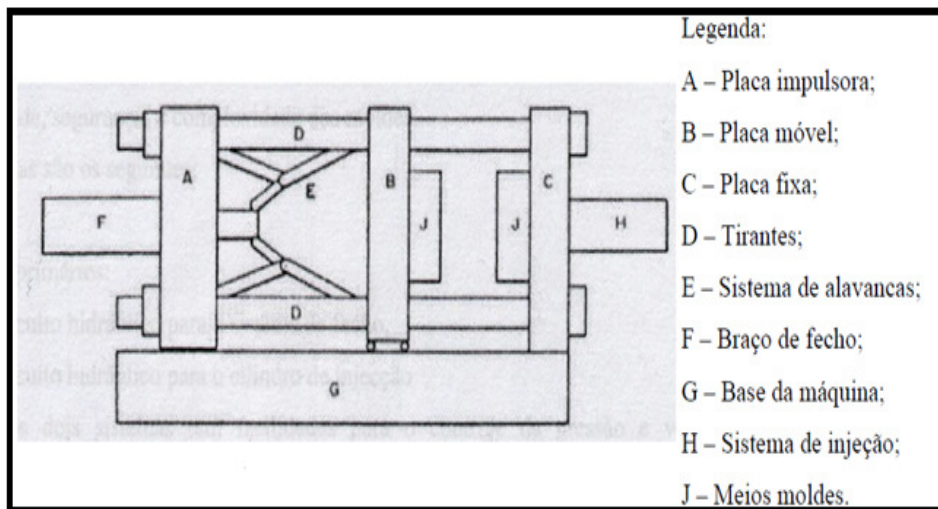


Figura 58 - Esquema exemplo para fecho de molde vertical (Santana, 2004).

A durabilidade dos moldes depende de vários fatores como: material utilizado na fundição, qualidade requerida para a superfície, precisão requerida para as peças, tamanho, forma e complexidade das peças. Quando são utilizadas ligas de elevado ponto de fusão, as paredes dos moldes ficam submetidas a altos esforços térmicos e também químicos. Daí, resulta que ao fim de um certo tempo de produção, devido ao fenómeno de fadiga térmica, surjam à superfície pequenas fendas quase invisíveis, que tendem a aumentar com o decorrer da produção, limitando a duração do molde (ver Figura 59). Nos locais onde ocorre a entrada de metal líquido, o aço está sujeito a esforços elevados. Por consequência, devem ser construídas em partes substituíveis, para não ter que se substituir o molde totalmente. É fundamental adaptar o tipo de aço ao processo, de forma a que este com as temperaturas de trabalho não se degrade prematuramente. Se houver uma degradação, pode com isso levar a inclusões para a peça e a que não sejam respeitadas as tolerâncias exigidas (molde fora de tolerância). O aço mais utilizado para o fabrico de moldes de injeção de zamak é o aço AISI-H13 (ver Tabela 8 e Tabela 9). É um aço ferramenta para trabalho a quente com uma excelente combinação entre dureza e resistência à fratura, com a manutenção das propriedades em temperaturas até 600°C, resistência a choques térmicos e às fissuras por fadiga térmica (Suzuki, 2007).

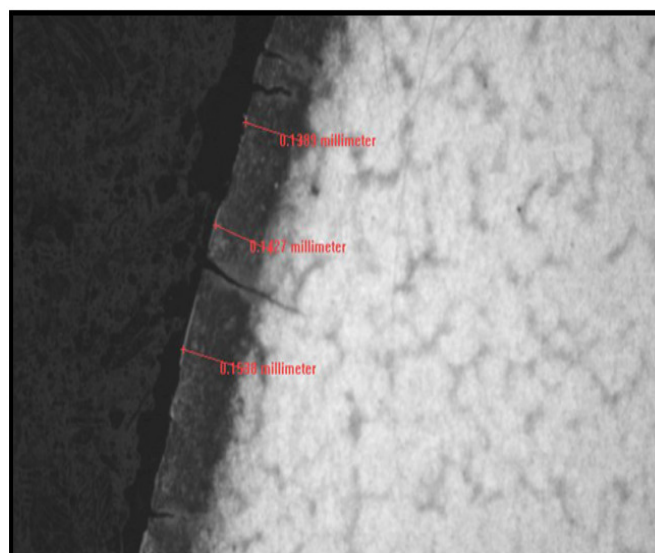


Figura 59 - Exemplo de uma peça de aço AISI-H13 com fissuras térmicas (Torres, 2005).

Tabela 8 - Informações sobre o aço AISI-H13. (Matweb, 2015)

Características importantes
Boa temperabilidade
Boa resistência ao amolecimento pelo calor
Estrutura uniforme
Ausência de defeitos internos
Boa maquinabilidade
Boa tenacidade e resistência à fissuração
Resistência ao desgaste
Fácil polimento

Tabela 9 - Propriedades físicas para o sistema de injeção (molde e liga zamak).

	Material	
	AISI-H13	Liga de Zinco Zamak 3
Condutividade Térmica (estado sólido) ($W m^{-1} °C$)	26.2	108.9
Condutividade Térmica (estado líquido) ($W m^{-1} °C$)	----	50.1
Calor Específico (estado sólido) ($J Kg^{-1} °C$)	460	419
Calor Específico (estado líquido) ($J Kg^{-1} °C$)	----	505
Densidade (estado sólido) ($Kg m^{-3}$)	7700	6400
Densidade (estado líquido) ($Kg m^{-3}$)	----	6400
Calor Latente de Fusão ($J Kg^{-1}$)	----	126×10^3
Temperatura para estado sólido ($°C$)	----	380.4
Temperatura para estado líquido ($°C$)	----	386.1

Os canais de alimentação (ver Figura 60) devem ser dimensionados de forma criteriosa, para evitar que possam ser um problema no processo de injeção, e com isso introduzir defeitos nas

peças injetadas. De forma a obter um terminal compacto (sem porosidades), é essencial que o fluxo seja feito de forma contínua e laminar. Para isso, é essencial evitar mudanças bruscas de seção que geram turbulência e, por consequência, arrastem ar, assim como ângulos baixos (ver Figura 61).

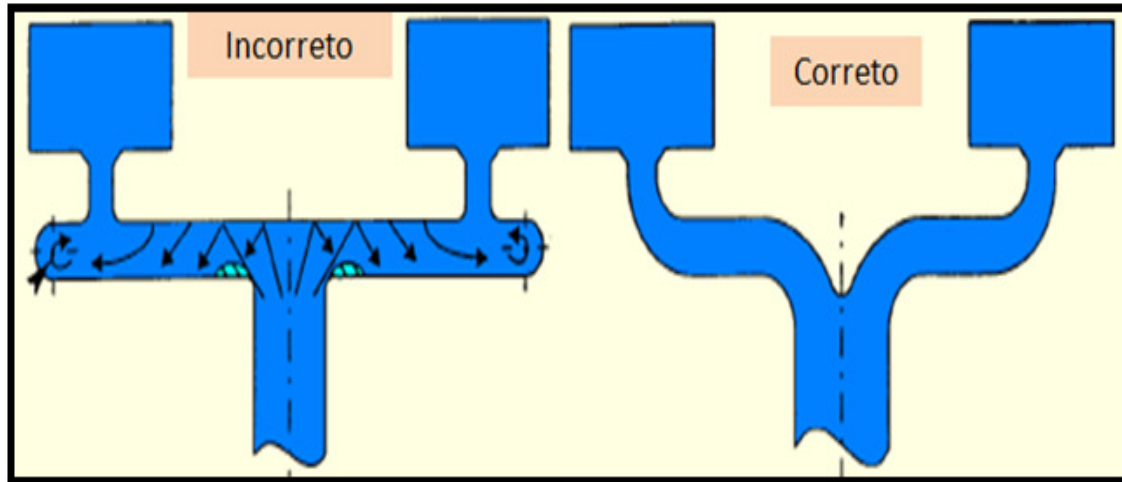


Figura 60 - Estudo dos canais de alimentação.

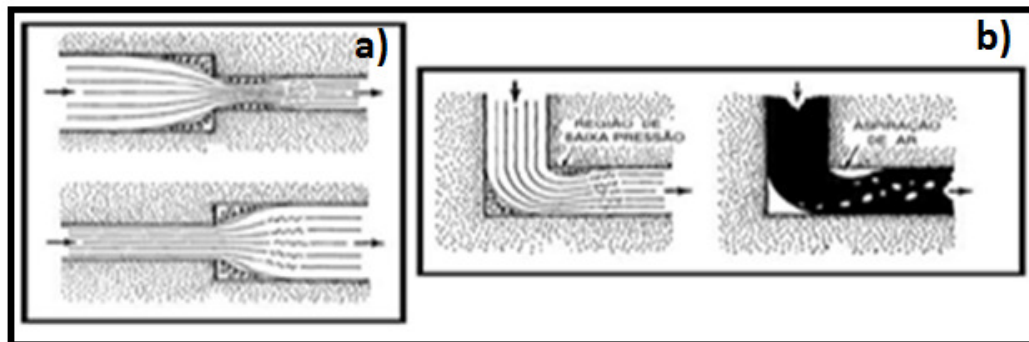


Figura 61 - Pontos a evitar no fabrico de moldes.

Como foi referido, estes canais são responsáveis por levar o material fundido desde a entrada do molde até à entrada das cavidades. É essencial promover o rápido preenchimento da cavidade, de forma a evitar uma solidificação prematura do metal fundido. A “camada congelada” (ver Figura 62) é formada no primeiro contacto entre a frente de enchimento e a parede do molde. Esta camada difere em função da velocidade de enchimento, da frente de enchimento e da temperatura do molde. Nas ligas de zamak, a solidificação prematura é um ponto crítico, uma vez que, é uma liga com baixo ponto de fusão. É essencial otimizar o melhor possível os canais de alimentação, de maneira a evitar perdas de calor (Santana, 2004).

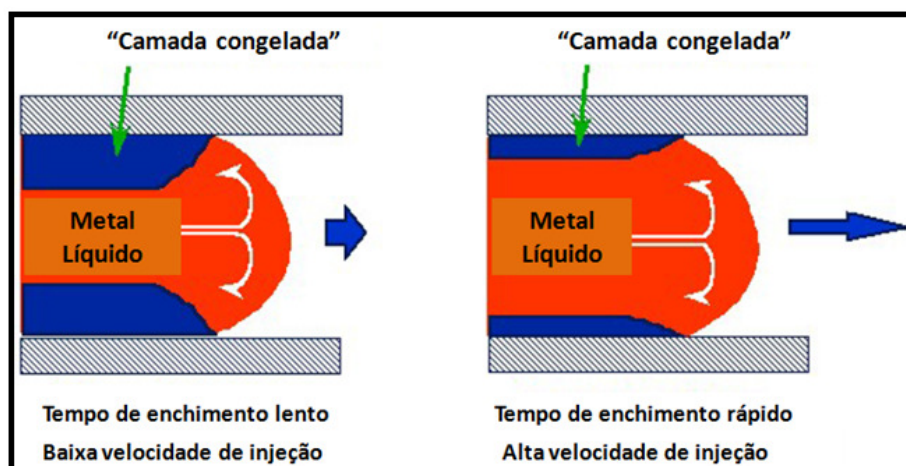


Figura 62 – Variação da camada congelada em função da velocidade de enchimento. (Santana, 2004)

Os canais de refrigeração são uma parte fundamental no projeto dos moldes, sendo responsáveis por manter o molde a uma temperatura ideal para injeção. Quanto maior o diâmetro dos canais, melhor será a refrigeração. É fundamental ter sempre os canais de refrigeração totalmente cheios de água (propriedades da água, Tabela 10). No caso dos canais de refrigeração, o ideal será ter um fluxo turbulento (ver Figura 63), uma vez que assegura uma maior mistura do líquido de arrefecimento, ideal para uma boa taxa de transferência de calor. É preferível uma transferência de calor por condução a uma transferência por convecção (condução têm mais eficiência que convecção). De forma a evitar defeitos durante o arrefecimento da peça, é essencial fazer um balanceamento dos canais de refrigeração (ver Figura 64). Com isto, permite também diminuir o tempo de arrefecimento necessário para a peça, promovendo um tempo de ciclo menor. Se todos os parâmetros forem bem dimensionados, é possível reduzir a temperatura e assim aumentar a durabilidade do molde (Santana, 2004).

Tabela 10 - Propriedades físicas da água (Líquido de Arrefecimento).

	Líquido de arrefecimento - Água
Condutividade Térmica ($W m^{-1} °C$)	0.6
Calor específico capacitante ($J Kg^{-1} °C$)	4187
Densidade ($Kg m^{-3}$)	999
Viscosidade ($Ns m^{-2}$)	1.005×10^{-3}
Viscosidade à temperatura da parede ($50°C$) ($Ns m^{-2}$)	0.549×10^{-3}

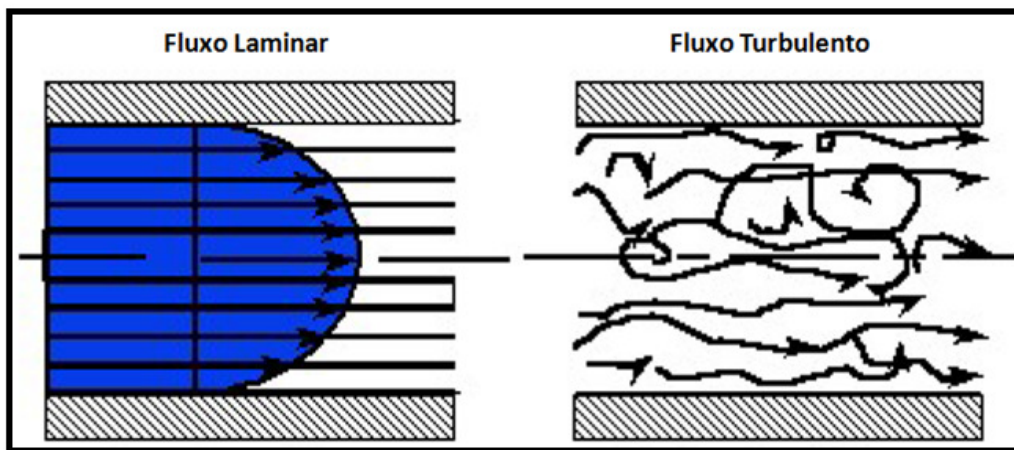


Figura 63 - Comportamento da água no interior da tubagem.

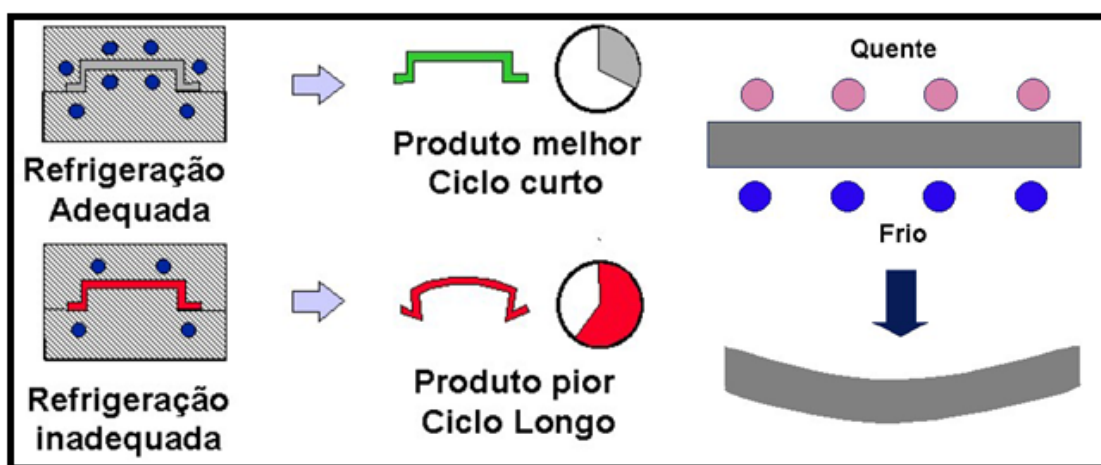


Figura 64 - Refrigeração no molde de injeção.

No caso da FicoCables, o processo de injeção obriga a que a abertura e fecho do molde seja na vertical, de forma a facilitar o posicionamento do cabo, como é possível ver na Figura 65.

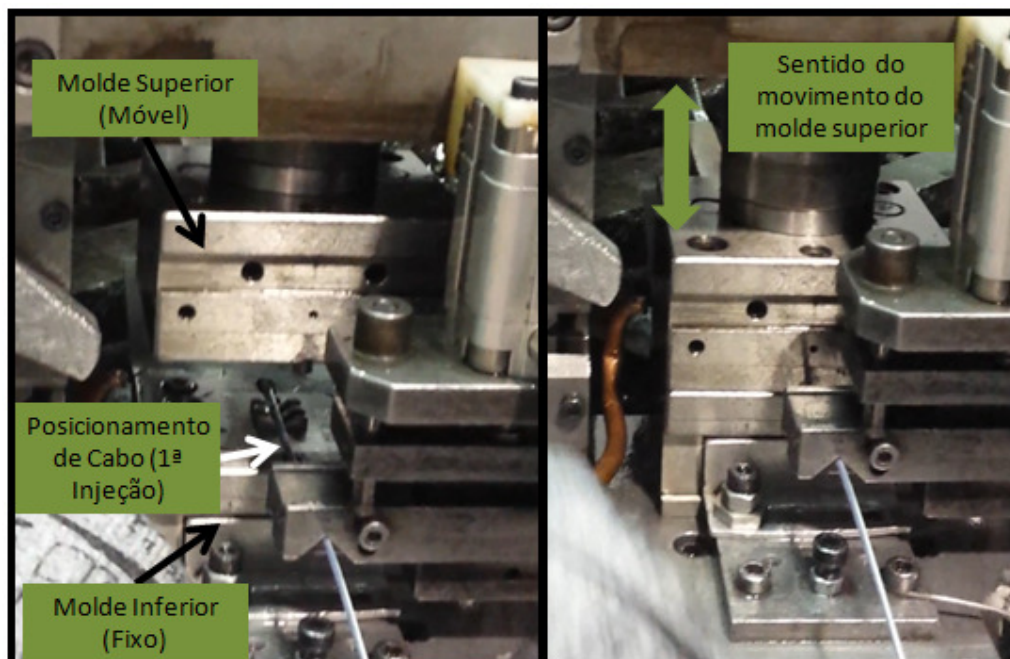


Figura 65 - Posicionamento do cabo no molde.

O simples facto de a abertura do molde ser na vertical, obriga a que a alimentação de zamak seja realizada através do molde inferior. Daí surge a necessidade de a estrutura onde o molde está fixo, ser provida de um movimento de rotação.

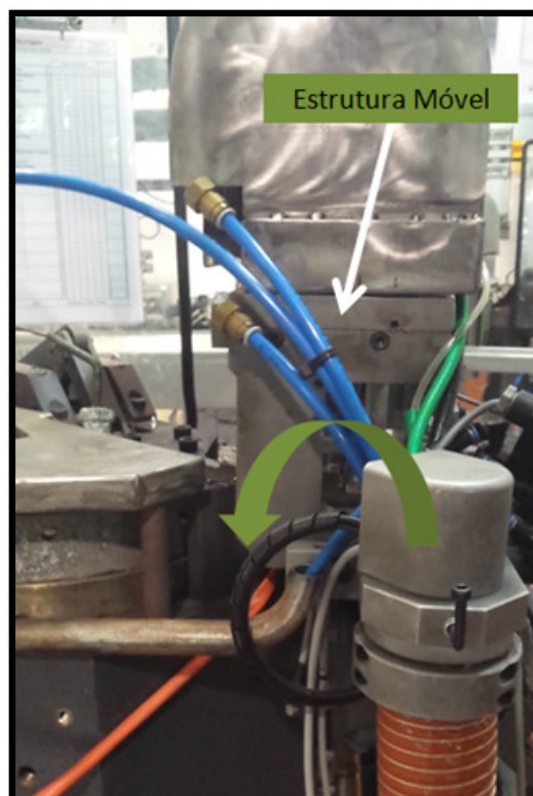


Figura 66 - Sentido de rotação.

Numa fase inicial (antes da injeção), o molde está afastado do bico de injeção (Figura 67 (a)). Posteriormente, quando se vai proceder à injeção, o molde faz uma aproximação ao bico de injeção (Figura 67 (b)). Após injeção, a estrutura do molde recua, voltando à posição inicial.



Figura 67 - a) Molde recuado; b) Contacto do molde com bico de injeção.

Se assim não fosse, o metal líquido arrefecia próximo do bico de injeção, e ficava um prolongamento de metal solidificado até à entrada do molde, o que impediria uma boa extração do terminal (“contra saída”) (ver Figura 68).

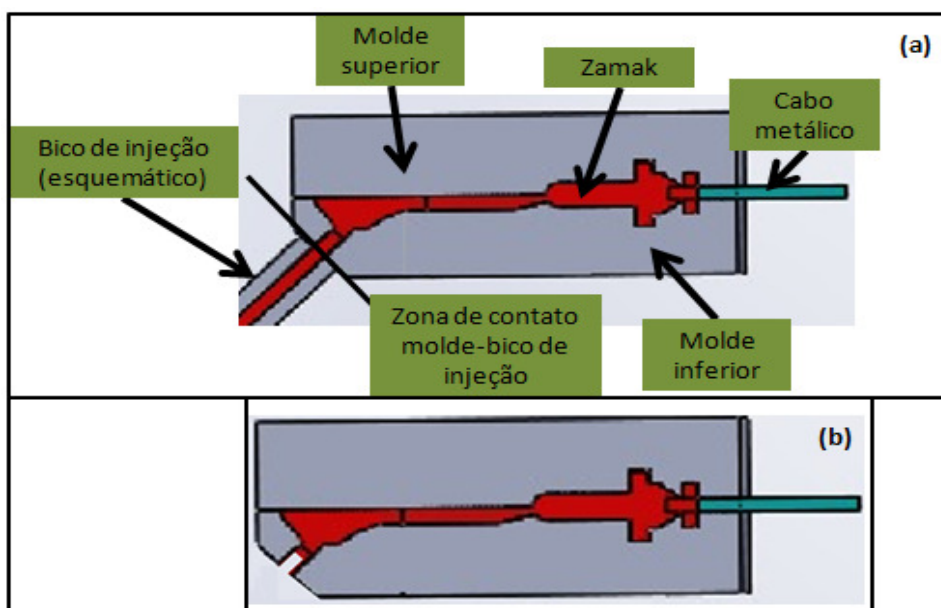


Figura 68 - Esquema de injeção; (a) Acoplamento bico/molde; (b) Molde após injeção.

Verifica-se ainda que, durante o processo de injeção, no contacto da estrutura com o bico há um arrefecimento do bico. O ideal será compensar esta perda de temperatura, de forma a minimizar problemas de injeção.

2.3.4. Bicos de injeção e sistemas de aquecimento dos mesmos

Os bicos de injeção fazem partes de alguns processos de injeção sob pressão. São a ligação entre o sistema de injeção e o molde. A necessidade de utilizar de bicos de injeção, justifica-se nas ligas com baixo ponto de fusão e na injeção de plásticos com canais quentes. Nos restantes materiais, a alimentação dos mesmos é realizada com o auxílio de um fuso. No caso dos plásticos e das ligas com baixo ponto de fusão, é utilizado um bico de injeção que muitas vezes também é denominado por bucha ou bocal. Existe uma grande variedade de formatos de bicos de injeção para a área dos plásticos. No que diz respeito às ligas de baixo ponto de fusão a oferta é bastante menor (processo menos utilizado). A ideia de conhecer/pesquisar a oferta para a área da injeção de plásticos, têm como objetivo transportar as ideia e tentar aplicar as mesmas nas ligas com baixo ponto de fusão.

Na Figura 69 é possível ver diferentes tipos de bicos utilizados na injeção de plásticos. Em alguns casos (Figura 69 a)), estes estão providos com filtros, que tem como função reter qualquer tipo de resíduos metálicos, evitando o entupimento dos canais. Ajuda ainda a homogeneizar o material que não foi totalmente plastificado no cilindro de plastificação e também homogeneizar qualquer tipo de pigmento. Na Figura 69 b) e na Figura 70, apenas estão visíveis os bicos de injeção, para serem roscados no postigo.



Figura 69 - Diferentes tipos de bicos para injeção de plásticos (Ruian Yumin Machine Screw Co.,Ltd., 2014).



Figura 70 - Equipamento utilizado na FicoCables para injeção de plástico.

De forma a manter o plástico à temperatura pretendida, é necessário garantir o aquecimento dos mesmos. Na Figura 71 estão apresentadas alguns exemplos de resistências elétricas existentes no mercado.

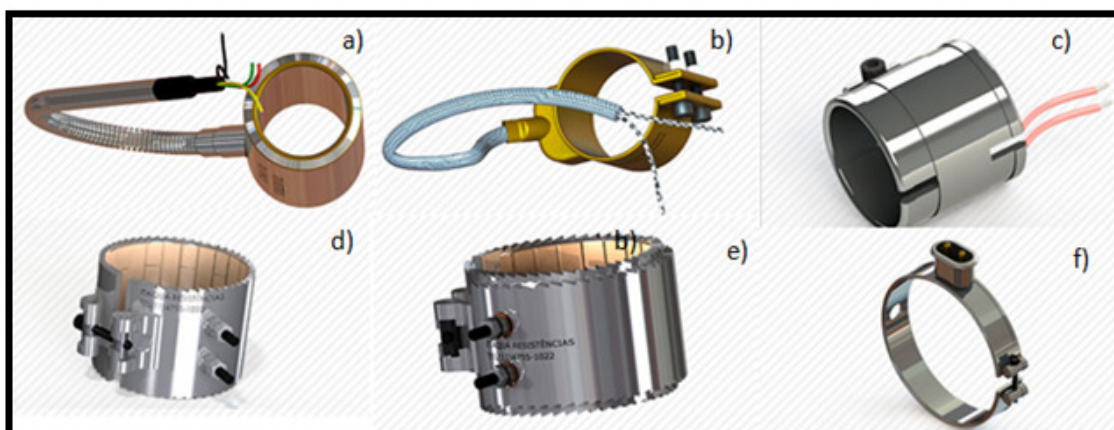


Figura 71 - Resistências elétricas tipo coleira para bico. a) Blindada em aço b) Blindada em latão c) Simples d) Cerâmica e) Com capa Térmica f) Mica (Itáqua, 2007).

No caso dos bicos de injeção utilizados para as ligas com baixo ponto de fusão (zamak, p.e.), a oferta já é bastante menor. Como é possível ver na Figura 72, a ligação feita entre a bomba de injeção e o molde é através de um bico de injeção. Em todos os sistemas de câmara quente, a distância entre o molde e o forno é reduzida, de forma a evitar perdas de calor e perdas de energia para abastecer o molde com o metal fundido.

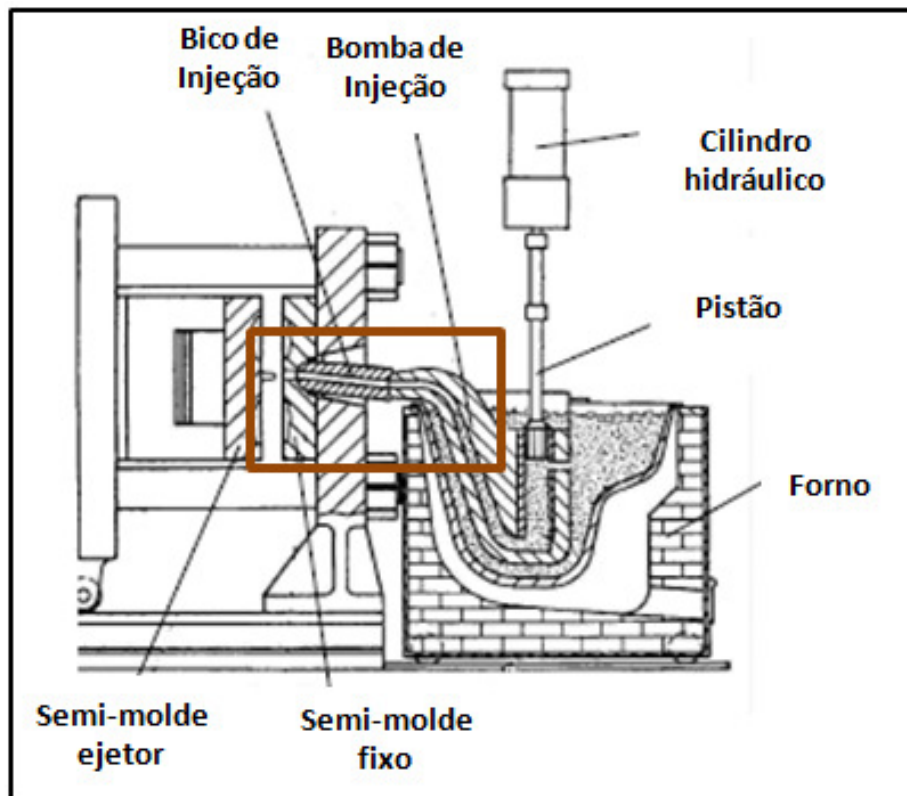


Figura 72 - Interface entre bomba de injeção e molde. (Fábio, et al., 2012)

De acordo com o tamanho/forma da peça a injetar, vai ser necessário mais ou menos pressão. Isso leva a que seja necessário ajustar o tamanho do bico de injeção ao processo. Este pode variar entre os 70 a 300 mm de comprimento (pode haver comprimentos maiores) e de 20 a 100 mm de diâmetro.

Os bicos de injeção estão normalmente fixos diretamente na bomba de injeção (Figura 73, a)), mas tal como na injeção plástica, podem também ter um componente intermédio (postiço ou inserto) que faz a ligação entre um componente e o outro (Figura 73, b)). Daí normalmente se designar por adaptador, inserto ou postiço. A necessidade de utilizar um postiço depende de cada processo. As ligações mais utilizadas para se fixar o bico de injeção ao postiço ou diretamente na bomba de injeção são: roscado ou por interferência/contacto (ver Figura 74).

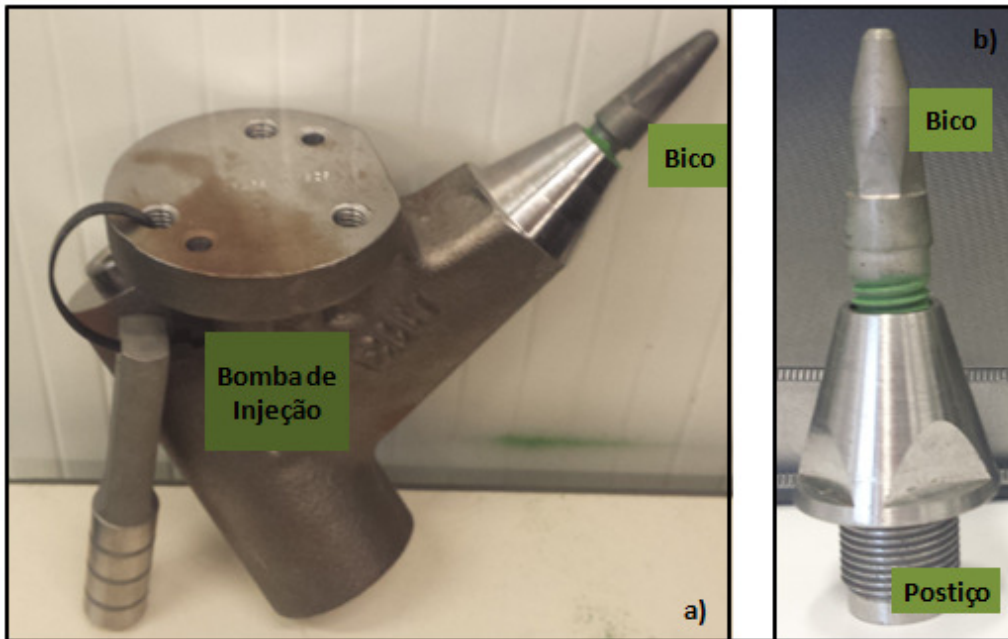


Figura 73 – a) Bico de injeção roscado na bomba; b) Bico de injeção roscado no postiço.

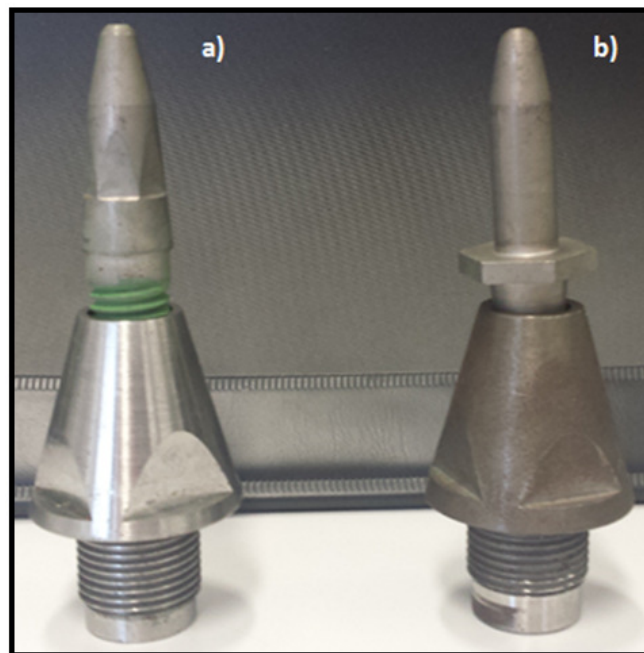


Figura 74 - a) Roscado b) Contacto (interferência).

O formato do bico de injeção é influenciado pelo tipo de aquecimento que for utilizado. A utilização de aquecimento a gás (chama) permite uma maior liberdade, no formato do bico de injeção (ver Figura 75), uma vez que a chama abrange qualquer formato (ver Figura 76).



Figura 75 - Diferentes tipos de bicos de injeção.

Inicialmente todos estes sistemas de injeção (baixa e alta pressão) eram aquecidos a gás. Atualmente, tem-se optado por aquecimento com recurso a resistência elétrica. Uma vez que, se têm optado por utilizar resistências elétricas, é necessário adaptar o formato dos bicos de injeção às dimensões das mesmas.

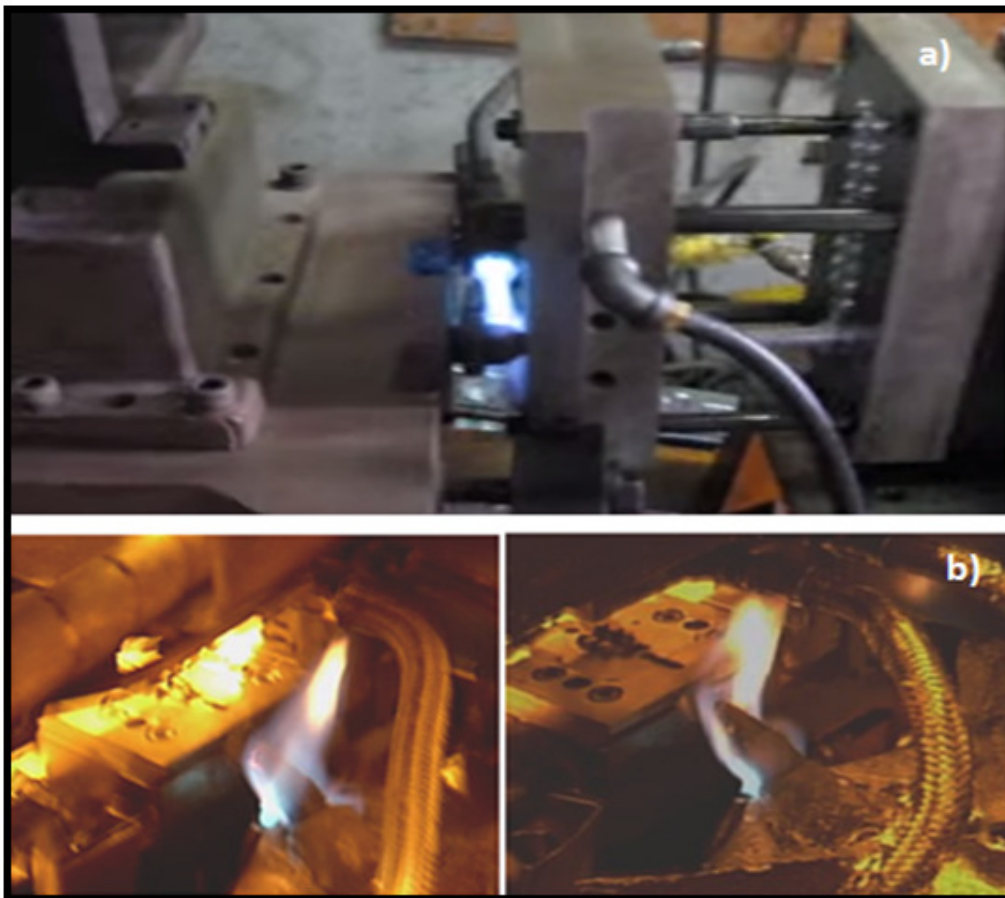


Figura 76 - Aquecimento a gás. a) Máquinas de alta pressão, b) Máquinas de baixa pressão.

2.3.5. Parâmetros de injeção definidos para as ligas ZAMAK

É amplamente reconhecido que o sistema de injeção é geralmente muito sensível aos parâmetros, e que o intervalo dos parâmetros sobre os quais o sistema funciona adequadamente pode ser estreito. Em determinadas circunstâncias, o sistema de injeção pode realmente ser o fator limitante da velocidade de operação da máquina. Temperatura de injeção, pressão e tempo de enchimento, são três parâmetros importantes que podem afetar o desempenho do sistema de injeção. Podem ocorrer problemas em determinadas circunstâncias, se os elementos do sistema de injeção estão com temperaturas muito baixas ou muito altas, ou se o bocal não está à temperatura exigida. Isto poderá levar a que ocorram problemas no sistema na injeção. A interação transitória entre o molde e o bocal é particularmente importante, quando se considera a solidificação do componente. É geralmente reconhecido que é vantajoso que a frente de solidificação progrida da entrada do molde para os respectivos canais de alimentação, e por fim na cavidade. Se for possível fazer com que a solidificação ocorra segundo esta ordem, é possível que a pressão estática seja aplicada eficazmente ao longo do período. Se não for possível ter uma solidificação segundo a ordem descrita anteriormente, o que acontece é que os canais de alimentação (por exemplo), ao solidificarem primeiro, não permitirão que a pressão provocada pelo pistão chegue até à peça durante a solidificação podendo daí ocorrer defeitos como, porosidades, peças pouco compactas ou desvios nas tolerâncias das cotas das peças. Para muitas pequenas fundições que utilizam máquinas de câmara quente, é duvidoso se este padrão de solidificação de facto é cumprido.

O parâmetro de temperatura é importante, como já foi dito anteriormente. É preciso garantir que a temperatura da panela e da resistência de aquecimento estejam devidamente ajustadas, de forma a garantir que o zamak está fundido na temperatura pré-definida. Com isto será possível ter um fluxo contínuo de zamak, durante o processo de injeção. Se este parâmetro não for garantido, poderão ocorrer problemas de falhas de injeção e entupimentos dos canais de alimentação, podendo ocorrer outros problemas no sistema de alimentação (desgaste prematuro das ferramentas). É essencial também que os controladores de temperatura usados no processo estejam bem calibrados, de forma a garantir que a leitura da temperatura seja a mais real possível no processo. As pressões utilizadas no processo são também importantes, uma vez que, garantir a pressão adequada ao longo do processo permite ter um terminal compacto e, ao mesmo tempo, que não provoque um desgaste prematura das ferramentas utilizadas. O tempo de enchimento é outro parâmetro essencial no processo, uma vez que definirá o tempo que é necessário para o fluxo de metal fundido, vencer todo o percurso até

ao molde e realizar o respectivo enchimento da cavidade. Para garantir uma boa margem (curta), é fundamental que os parâmetros de temperatura e pressão estejam bem dimensionados. Se assim for, é possível reduzir tempos de produção, de forma a dimensionar o tempo de enchimento estritamente necessário para a peça a injetar (I. Rosindale, 1997).

3. Desenvolvimento

3.1. Objetivos específicos deste trabalho prático

O objetivo deste trabalho tinha como principal foco as máquinas de injeção de Zamak. Os problemas existentes e com carácter de maior urgência de resolução, estavam relacionados com: bicos de injeção, resistências de aquecimento e moldes de zamak. Foram traçados alguns objetivos iniciais:

- Estudar o manual técnico de zamak existente na FicoCables;
- Saber o que é uma liga de zamak e suas propriedades;
- Estudar o processo de injeção de zamak e conhecer os processos concorrentes;
- Efetuar um primeiro contacto com as máquinas existentes na fábrica;
- Dialogar com os operadores das máquinas de zamak, de forma a familiarizar com o processo na prática;

Após o primeiro contacto, verificou-se que, além dos objetivos iniciais e prioritários, como os bicos de injeção, as resistências e os moldes, poderiam ser acrescentados novos objetivos:

- Ajustar os parâmetros (temperaturas, tempos, etc.) de injeção;
- Otimizar o processo, de forma a reduzir custos;
- Proporcionar um processo mais limpo e seguro;
- Analisar as possíveis perdas de calor no processo de aquecimento com resistência elétrica;
- Aumentar a eficiência/disponibilidade das máquinas de zamak;
- Eliminar os defeitos que ocorrem durante o processo de injeção;
- Eliminar o uso de desmoldante no molde;
- Otimizar o tamanho do gito de zamak, de forma a poupar zamak;

3.2. Caracterização da empresa que acolheu o projeto

A FicoCables Lda. é uma empresa de fabrico de componentes para a indústria automóvel, tendo iniciado a sua atividade em 1971, sendo então o primeiro investimento na Europa do Grupo Ficoso. A atividade foi iniciada em Portugal pela Teledinâmica, numa garagem em Vila Nova de Gaia, com três funcionários e gerida pelo Eng.º Franco Dias.

Em 1972, a Teledinâmica associou-se à firma Pujol e Tarragó, atual líder do grupo Ficoso Internacional, com sede em Barcelona. Em 1980, começou a exportar para a Fiat Italiana e para vários construtores europeus, iniciando assim o seu processo de expansão, vendendo para o mercado externo. Em 1981, a empresa mudou as suas instalações para a Maia, fruto do seu crescimento para o mercado exterior. Em 1993, a empresa alterou a sua designação para FicoCables Lda. contando atualmente com cerca de 800 colaboradores. Atualmente possui uma unidade fabril na Trofa, na qual se produzem os mesmos componentes mas em pequenas séries. No gráfico seguinte apresenta-se a evolução do volume de negócios da FicoCables Lda.



Gráfico 1 - Evolução do Volume de Negócios da FicoCables Lda. para 2012.

A unidade fabril da Maia possui duas unidades de negócio: Sistemas de Conforto e Sistemas de Porta e Assentos, unidade na qual é desenvolvido o projeto. Na unidade de negócio Sistemas de Porta e Assentos são produzidos cabos de acionamento mecânico para aplicação em sistemas de elevadores de janela, travão de mão, acelerador, abertura de porta, capô e mala.

Na unidade de negócio Sistemas de conforto são produzidos sistemas lombares de conforto para as costas e banco de assento (*coshin*).

Esta unidade tem nove módulos de produção, como se encontra representado na Tabela 11 - Definição dos módulos existentes nas unidades de negócio da Ficocables. Tabela 11.

Tabela 11 - Definição dos módulos existentes nas unidades de negócio da Ficocables.

	Módulo	Atividade
Unidade de Negócio Sistemas de Porta e Assentos – Produção de Sistemas de Transmissão de Movimento	1,2,3	Linhas de Montagem
	6	Atividades Subcontratadas
	7	Fabricos: Espiral, Emendas, Extrusão, Corte de Abrasivo, Planetárias
	8	Fabricos: Corte de cabo, Injeção de Plástico, 1ª Injeção de Zamak ¹ /Robocops ²
	9	Unidade fabril da Trofa: Linhas de Montagem
Unidade de Negócio Sistemas de Conforto – Sistemas Lombares de Conforto	4	Sobreinjeção de Plástico
	5	Fabricos: dobragem de arames

Da observação da Tabela 11 constata-se que a Unidade de Negócio Sistemas de Porta e Assentos tem ao seu encargo seis módulos. Todos os processos de conceção de produtos de sistemas de transmissão e movimento estão associados aos módulos. Do fabrico resultam componentes que, em conjunto com outros componentes de compra, são utilizados nos módulos de linhas de montagem para produzir o produto final, de acordo com as especificações do cliente.

Alguns dos produtos desta unidade de Negócio, além de serem produzidos na unidade fabril da Maia, são produzidos também na Trofa, nomeadamente: modelos de cabos de pequenas séries e alavancas para travão de mão.

O projeto decorreu no Departamento de Processos, com a equipa responsável pelas máquinas de injeção de zamak.

3.3. Caracterização dos equipamentos e moldes usados no processo

As máquinas de injeção a baixa pressão, são as mais aconselhadas para o processo de injeção de terminais de cabo em zamak. A utilização de máquinas de baixa pressão deve-se ao facto de serem injetadas peças de tamanho reduzido. Os moldes utilizados para a injeção são igualmente de tamanho reduzido, uma vez que não se justificava dimensões maiores para os terminais em causa. Ao contrário da grande maioria dos processos de injeção, em que o fecho do molde é na horizontal, na FicoCables, por razões de posicionamento do cabo a injetar, têm obrigatoriamente que ser na vertical.

Nos subtópicos seguintes, serão apresentadas as particularidades das máquinas de zamak existentes na empresa.

3.3.1. Máquina de Zamak

As primeiras máquinas de injetar zamak que surgiram na FicoCables eram de acionamento manual, conhecidas por Máquinas de Zamak Manuais. O passo seguinte foi evoluir para uma solução que possibilitasse uma maior produtividade e facilidade de processo. Com isto, evoluiu-se para máquinas mais automáticas, designadas por semiautomáticas. Irá ser feita uma breve abordagem às máquinas de zamak manuais e uma abordagem o mais detalhada possível às máquinas semiautomáticas, visto que as máquinas manuais têm tendência a acabar. Existem ainda máquinas automáticas designadas por “*Robocop’s*”, que são utilizadas apenas para primeira injeção.

- Máquina de injeção de zamak manual

Nas máquinas de Zamak Manual (Figura 77, a), b)), a injeção processa-se do seguinte modo: coloca-se o cabo com a flor previamente executada no molde (Figura 77, c)). Após posicionar o cabo, fecha-se o molde manualmente. Durante o fecho do molde, o cabeçote da máquina avança para a posição de injeção (Figura 77, d)). Depois de injetar o terminal, o cabeçote recua à posição inicial. Manualmente, abre-se o molde e extrai-se o cabo com o terminal já solidificado (Figura 77, e)).

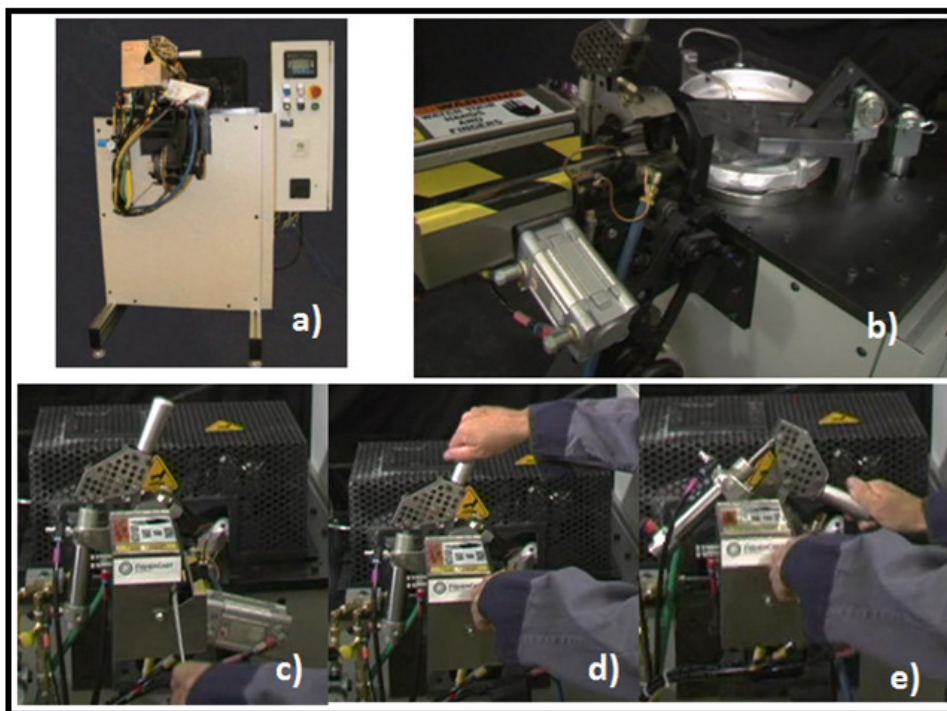


Figura 77 - Máquina de injeção de zamak manual. (FisherTech, 2015)

- Máquina de injeção de zamak semi-automática

Ao contrário da máquina de zamak manual, as máquinas semiautomáticas (Figura 78), tem incorporado um sistema de fazer flor no cabo. De forma a tornar o processo o mais automático possível, está também equipada de um transfer. Este faz a passagem do cabo do sistema de fazer flor para o molde, onde será injetado o zamak. Posteriormente, posiciona o cabo num suporte para partir o gito. Na Figura 78, é possível ver uma descrição geral dos principais elementos de uma máquina semiautomática, enquanto na Figura 79 é visível em pormenor a zona de trabalho.

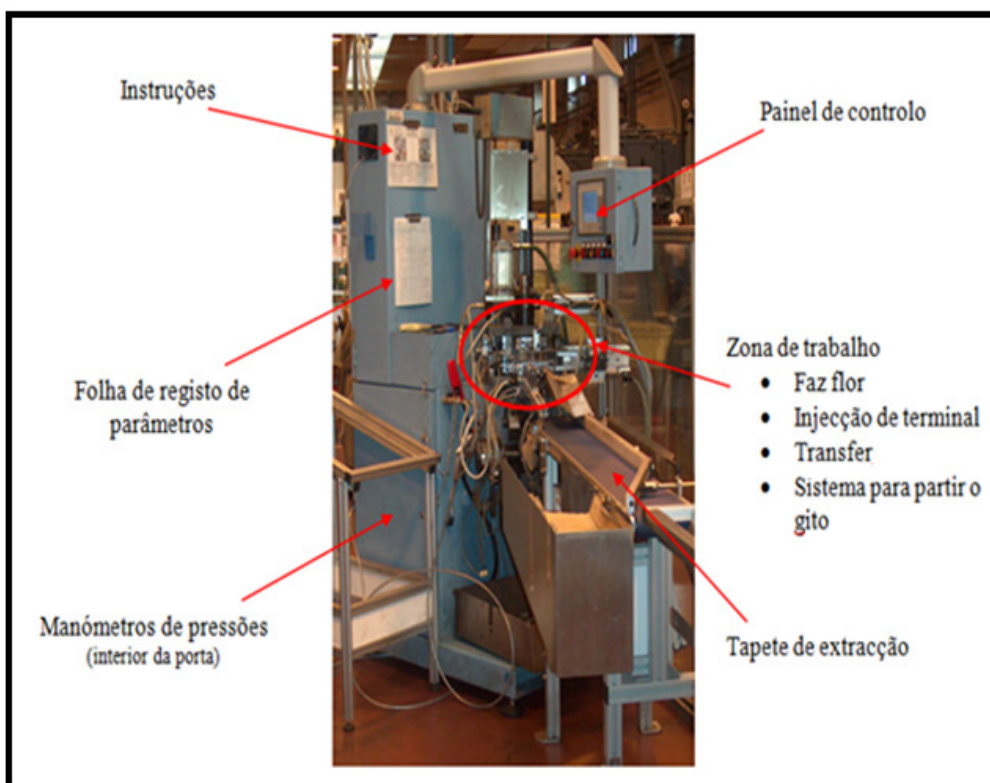


Figura 78 - Máquina de injeção de zamak semiautomática.

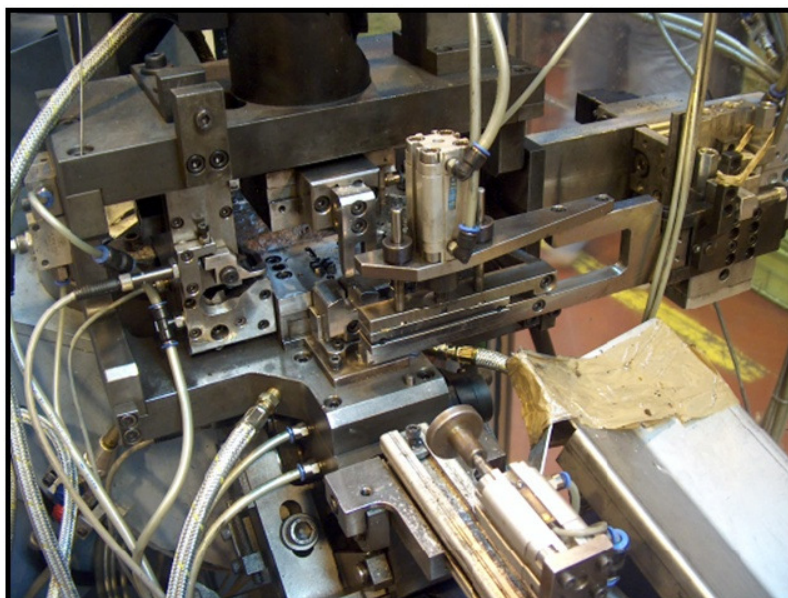


Figura 79 - Zona de trabalho.

- Máquinas de injeção de zamak automáticas (“Robocop’s”)

As máquinas de injeção automáticas (ver Figura 80) seguem a mesma filosofia das máquinas semiautomáticas, só que a alimentação do cabo metálico é realizada de forma automática.

Além dos pontos anteriores, estas estão também munidas de:

- Desenrolador de cabo;
- Sistema tração de cabo;
- Sistema de corte de cabo;
- Pinça de transporte de cabo;



Figura 80 - Máquina de injeção de zamak automática.

O cabo é tracionado através de uns roletes até próximo da máquina de injeção. Quando o sensor deteta a presença do cabo, a pinça fecha e segura a ponta do cabo. De seguida, realiza o corte elétrico (ver Figura 81, a),b)), posteriormente a pinça desliza pela calha, transportando o cabo metálico, até à frente da máquina de zamak. O posicionamento da pinça permite que o cabo dê sinal ao mecanismo da flor, realizando-se essa mesma operação (ver Figura 81, c)). Quando o mecanismo da flor recebe o sinal, executa a flor, o *transfer* volta ao posto da flor e agarra o cabo (ver Figura 81, d). Após a pinça largar o cabo, o *transfer* irá ficar responsável por realizar o transporte do cabo nos postos seguintes

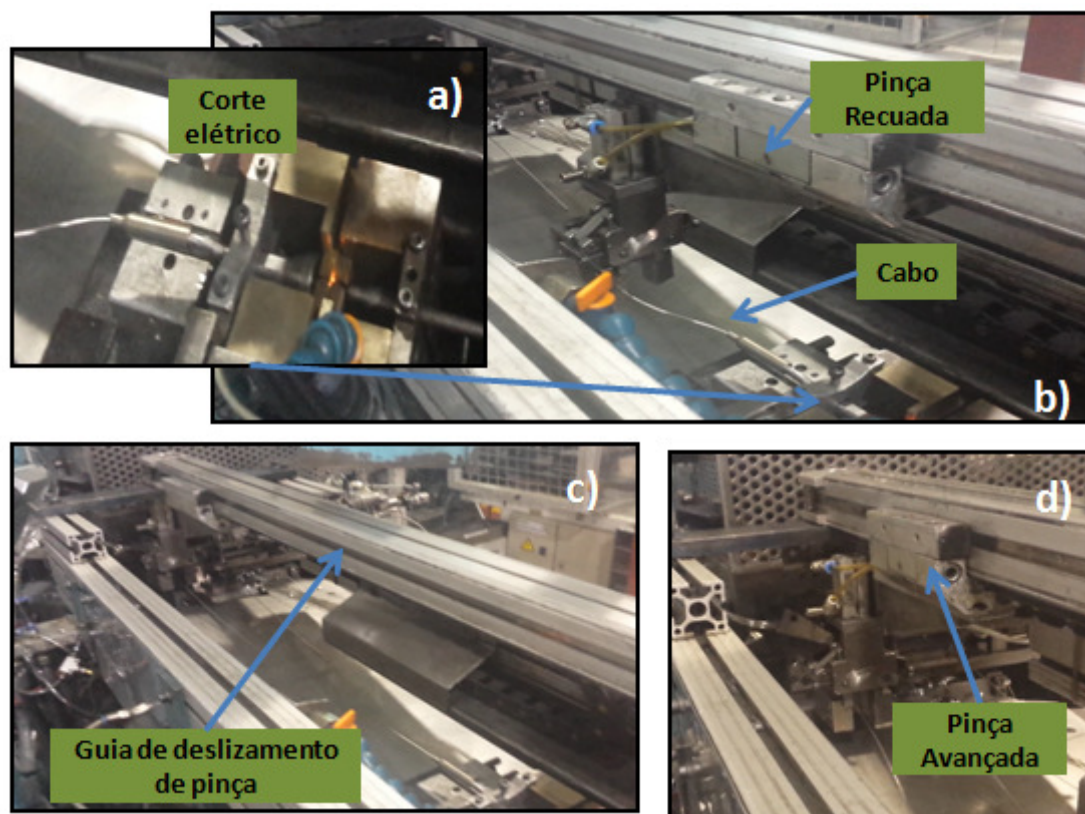


Figura 81 - Etapas para alimentação de cabo automático.

Na fase inicial deste trabalho, existiam no total 52 máquinas de zamak na empresa. Atualmente são cerca de 62 máquinas de zamak, sendo uma manual, seis automáticas e as restantes semiautomáticas. Neste tópico foi possível perceber que existem máquinas manuais, semiautomáticas e os “Robocop’s” (são as mais automatizadas). No tópico seguinte, irão ser descritas todas as operações que se podem realizar numa máquina de zamak semiautomática, sendo que estas são o *standard* da FicoCables.

3.3.2. Áreas de trabalho nas máquinas de zamak

As máquinas de primeira injeção apenas fazem injeção do primeiro terminal no cabo (designado subconjunto de cabo) (ver Figura 82, a)). Posteriormente, esse subconjunto vai para as linhas de montagem, onde são montados todos os componentes. No final da linha, existe uma máquina de injeção de zamak onde se realiza a injeção do segundo terminal, “fechando” o cabo. Antes de se poder injetar zamak no cabo, é necessário “preparar” o cabo (ver Figura 82, b)). Na Tabela 12 é possível ver as operações que são necessárias realizar nas máquinas de primeira injeção e as que são necessárias realizar nas máquinas de segunda injeção.

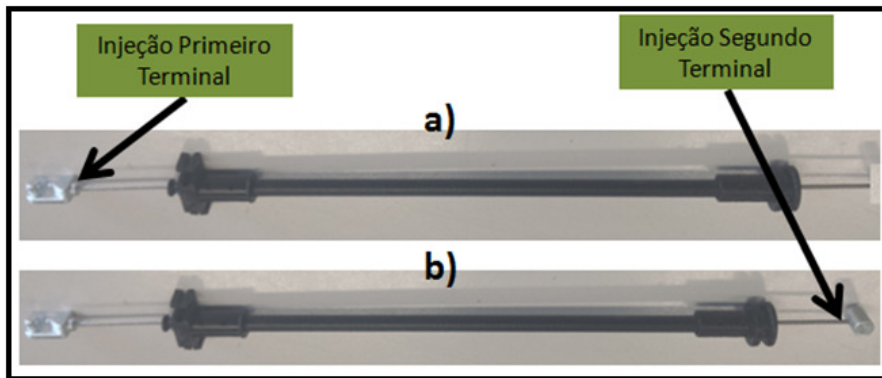


Figura 82 - Exemplo de cabo com primeira e segunda injeção.

Tabela 12 - Diferenças entre máquinas de primeira e de segunda injeção.

Diferenças nas máquinas de injeção	
Primeira Injeção	As máquinas associadas à primeira injeção são só as automáticas (“Robocop’s”) e algumas semiautomáticas, equipadas com todos os postos (aparar cabo, mecanismo de flor, injeção, cortante) (ver Figura 83).
Segunda Injeção	Apenas as máquinas semiautomáticas estão associadas à segunda injeção, que por sua vez estão associadas às linhas de montagem. Em algumas das máquinas associadas às linhas, já começam a não ter o sistema de flor na máquina, o qual é feito em simultâneo com outra operação na linha de montagem.

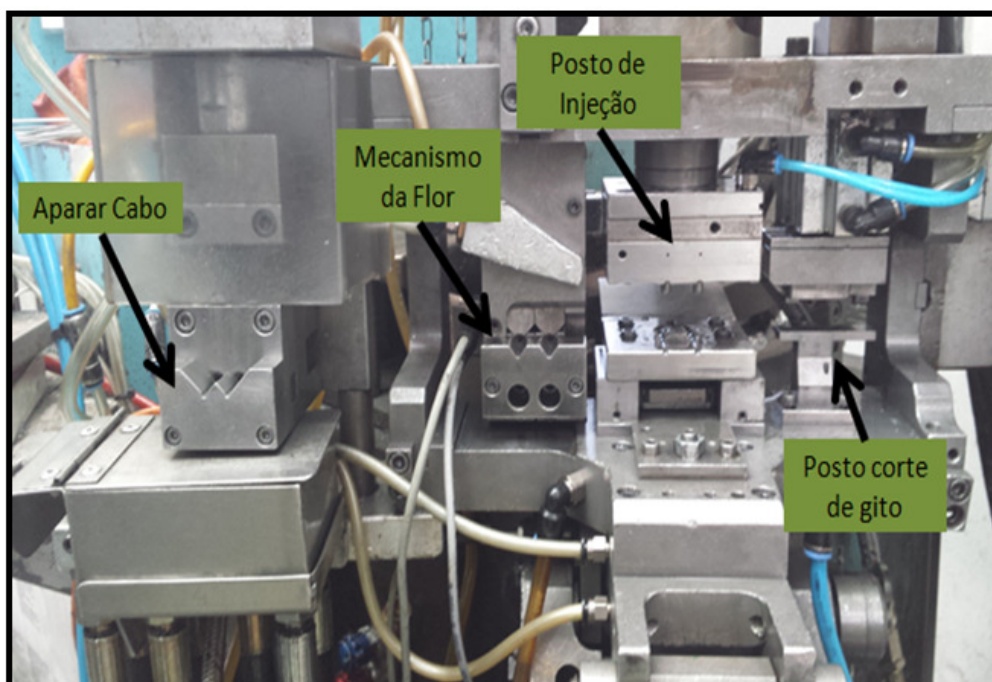


Figura 83 - Máquina de zamak - Área de trabalho.

3.3.2.1. Dispositivo de aparar cabo

Este dispositivo encontra-se nas máquinas de primeira injeção. Uma vez que o cabo é fornecido em bobines, é necessário realizar o corte para o comprimento de referência. Esse corte pode ser mecânico ou elétrico. O corte mecânico foi adotado inicialmente, só que começou a dar alguns problemas, uma vez que o cabo enquanto não era consumido na linha, tinha tendência a desentrançar. Se fosse utilizado o corte elétrico, isto já não acontecia, porque o topo do cabo após o corte elétrico, fica soldado, devido à deformação provocada pelo calor (funde os vários filamentos do cabo). O problema não estava totalmente resolvido porque o topo do cabo durante o corte elétrico, atinge temperaturas tais que provoca aumento da dureza nessa zona, e depois não permite realizar a flor no cabo. Com isto, o cabo é cortado com corte elétrico e, antes de injetar é realizado o corte mecânico (Figura 84).

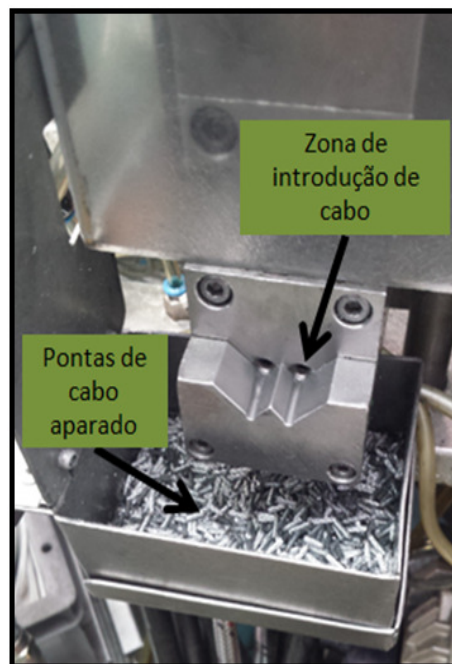


Figura 84 - Posto de aparar cabo.

3.3.2.2. Mecanismo da Flor

Os sistemas de fazer flor foram desenvolvidos para criar uma maior área de contacto entre o cabo e o terminal de cabo em zamak (Figura 85). A ideia é embeber a ponta do cabo no zamak. Desta forma, conseguem-se obter valores de resistência à tração superiores, aos que se obteriam caso não fosse realizada a flor no terminal do cabo.

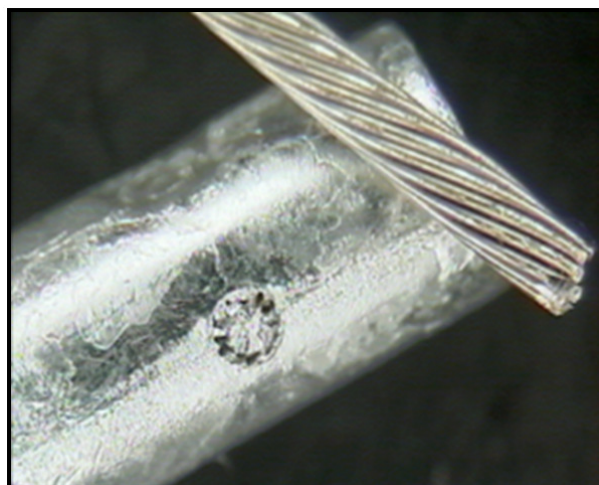


Figura 85 - Cabo metálico sem flor.

O mecanismo da flor tem várias afinações (ver Figura 86), as quais permitem regular os parâmetros essenciais á realização da mesma, tais como: afinação da dimensão da flor,

afinação da força dos mordentes para trancar o cabo e afinação da posição da flor no molde. Nos anexos relativamente a Instruções/*Cheklis*t, está disponível uma instrução, sobre como afinar os pontos anteriormente referidos.

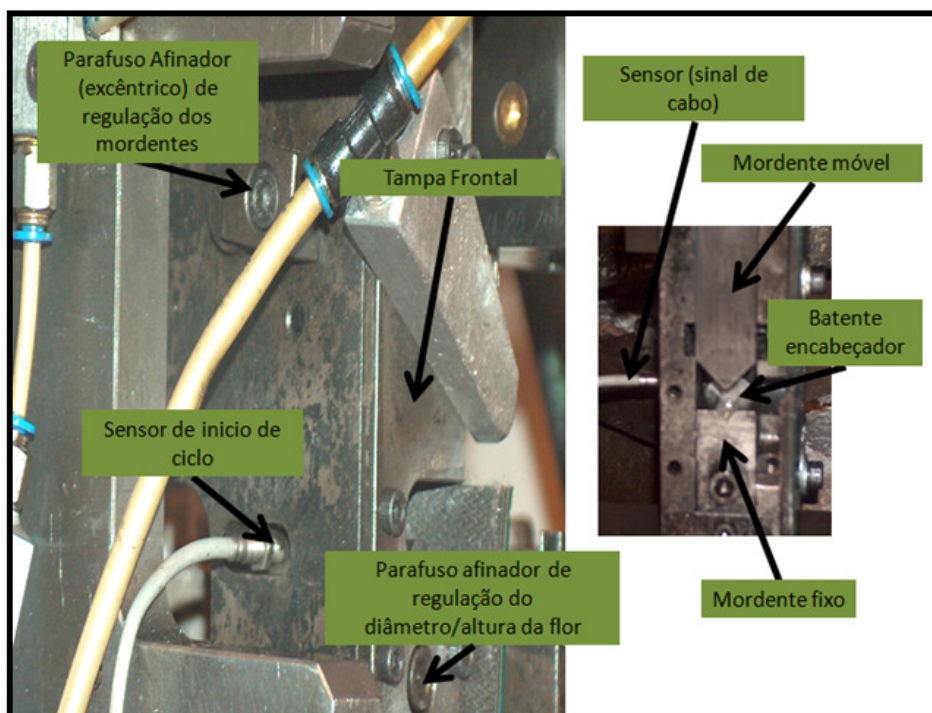


Figura 86 - Mecanismo de Flor - Sensores de componentes; Vista Lateral (esq.), Vista Frontal (dir.).

Os parâmetros mais importantes para a produção correta de uma flor são: a geometria da flor, as dimensões e o seu descentramento.

- Geometria da Flor;

Como já foi referido anteriormente, a realização da flor na extremidade do cabo permite obter valores de resistência à tração bastante superiores. Mas, para obter esses valores, é necessário que a mesma tenha sido realizada de forma correta. Na Figura 87 é possível ver uma flor com defeito e uma flor com o formato pretendido.

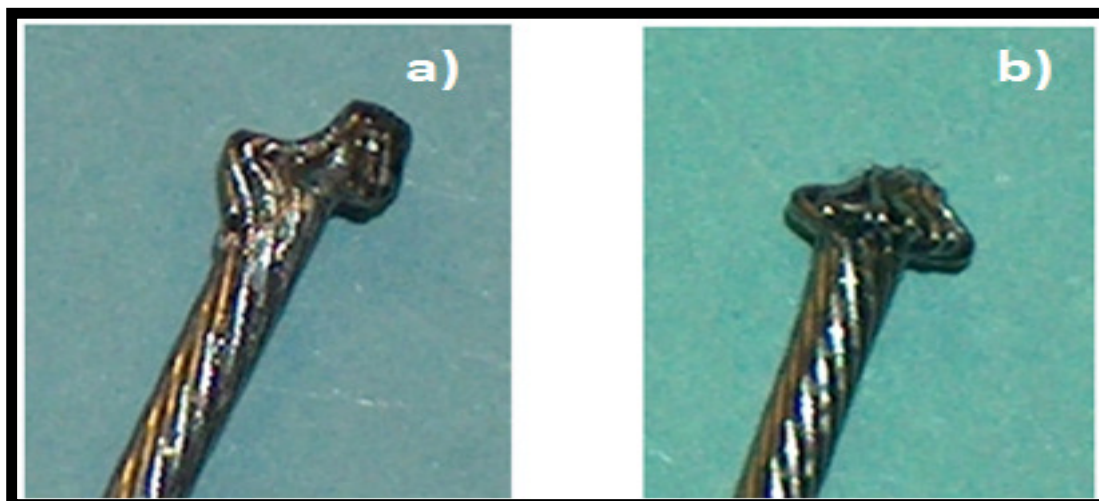


Figura 87 - a) Flor incorretamente conformada, b) Flor corretamente conformada.

- Dimensões da flor;

Na zona "Z" (linha tracejada a amarelo) e em redor de todo o diâmetro, não é permitida qualquer variação do diâmetro do cabo, bem como marcas, arames levantados e/ou traçados, após conformação de flor.

- Descentramento

A linha tracejada azul na Figura 88 pretende representar o possível desvio entre as linhas de eixo do cabo de aço e da flor. Quanto menor for esse desvio (óptimo = 0), melhor será o aspeto final da respetiva flor. No entanto é permitido um desvio máximo de 0,2 mm.

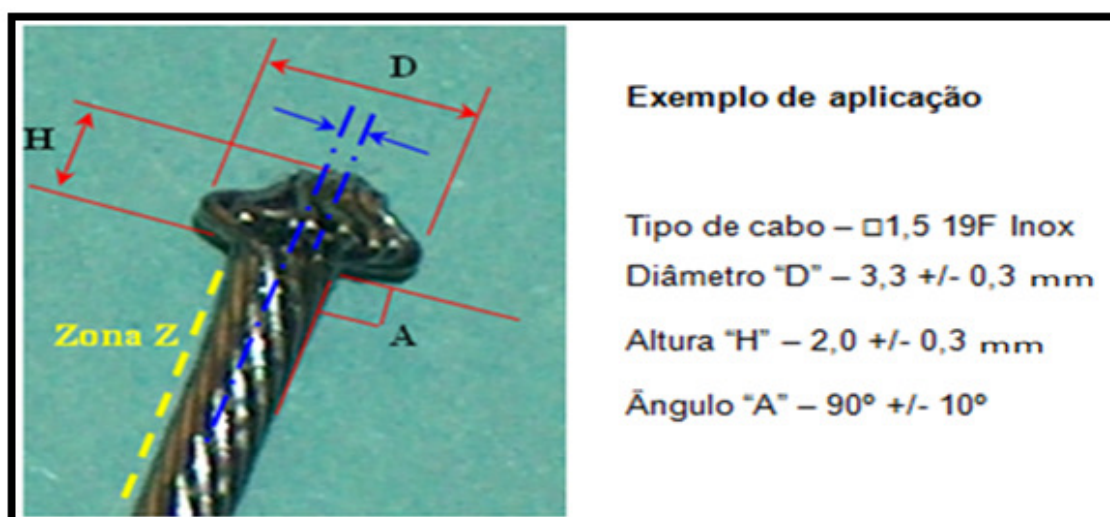


Figura 88 - Principais dimensões da flor.

3.3.2.3. Transfer

O *transfer*, como já foi atrás referido, é um mecanismo que faz o transporte do cabo, desde o mecanismo da flor até à zona de extração. Desta forma, o operador só tem o trabalho de introduzir a ponta do cabo no mecanismo de fazer flor (Figura 89, a)). Após a execução da flor, o *transfer* abre, deixa um cabo no molde e vai recolher o cabo que o operador está a segurar. Nesta fase, o cabo que está no posto da flor fica na posição do lado esquerdo do *transfer*, e o cabo que está no molde fica fixo do lado direito do *transfer* (Figura 89, b)). Posteriormente, e após ter completado o ciclo de injeção, o molde abre, o cabo que o operador estava a segurar passa para o molde, e o que estava no molde passa para o posto de cortante do gito.

Ao introduzir a ponta do cabo no mecanismo da flor, irá ser atuado um sensor que acionará o dispositivo de fazer a flor (realiza a flor no cabo), que ao mesmo tempo dará ordem ao *transfer* para se mover e ao pistão para realizar a injeção. O *transfer* irá prender o cabo e posicioná-lo já com a flor feita no interior do molde. A injeção de zamak só se realiza com o acionamento do sensor do mecanismo de fazer a flor. Sendo assim, para injetar o terminal de um determinado cabo temos forçosamente de introduzir outro no mecanismo de fazer flor (garantia de que a flor foi realizada no cabo).

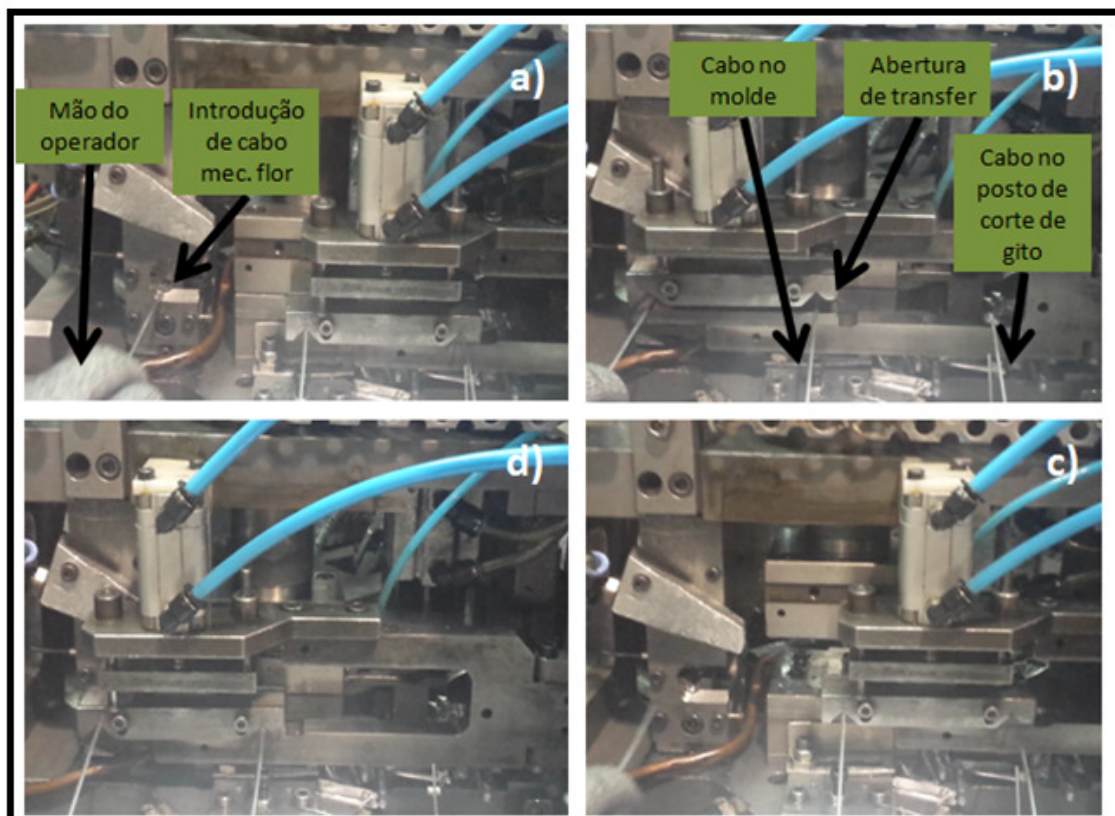


Figura 89 - Movimentos executados pelo *transfer*.

A flor deverá ser colocada no interior da cavidade do molde, zona a ser injetada com zamak (ver Figura 90). Este posicionamento tem sempre uma determinada tolerância e a sua dimensão está diretamente relacionada com a geometria do terminal e da flor. Quanto maior for a dimensão do terminal em relação à flor, maior será a tolerância deste posicionamento. Contudo, a flor deve ser sempre centrada o mais próximo possível do centro da cavidade do molde, em todas as direções. Não é admissível o posicionamento dos limites da flor junto às paredes das cavidades dos moldes. Se tal acontecer, a resistência do terminal à tração será substancialmente reduzida.

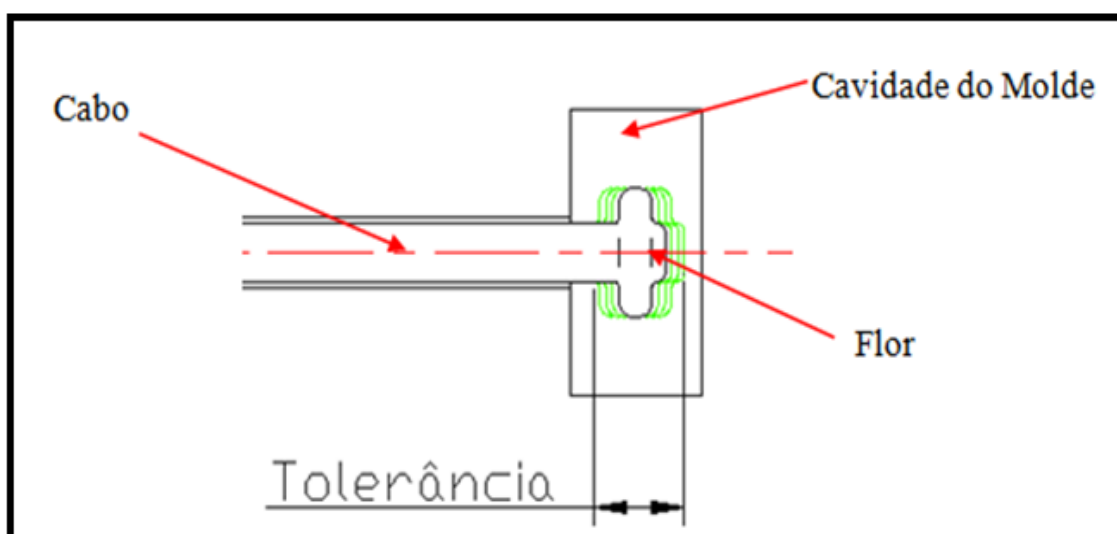


Figura 90 - Posicionamento da "Flor" no interior do molde.

3.3.2.4. Injeção

De forma a assegurar uma boa injeção, é essencial ter os equipamentos corretos para que o metal seja fundido, conduzido e abastecido no molde. Para isso, é necessário que o todo o processo tenha:

- A. Sistema de injeção – Sistema responsável por bombear o zamak desde o forno até ao interior do molde;
- B. Sistema de fecho do molde – Responsável por garantir um correto fecho do molde;
- C. Sistema de rotação da estrutura – Responsável por aproximar o molde ao bico de injeção;

- D. Estrutura para encaixe do molde – Responsável por garantir a refrigeração, acoplamento do molde e porta-extratores.
- E. Moldes – Cavidade e respetivos canais de alimentação, de acordo com os requisitos do cliente.
- F. Extração – Responsável pela extração do terminal injetado.

A. Sistema de injeção

Como já foi referido anteriormente, o sistema de injeção de zamak é em câmara quente, logo a bomba de injeção está mergulhada no forno de zamak. A bomba de injeção é aparafusada na “cruzeta”. Posteriormente, o pistão é inserido na bomba e é regulado o seu posicionamento dentro da camara de injeção (ver Figura 91).

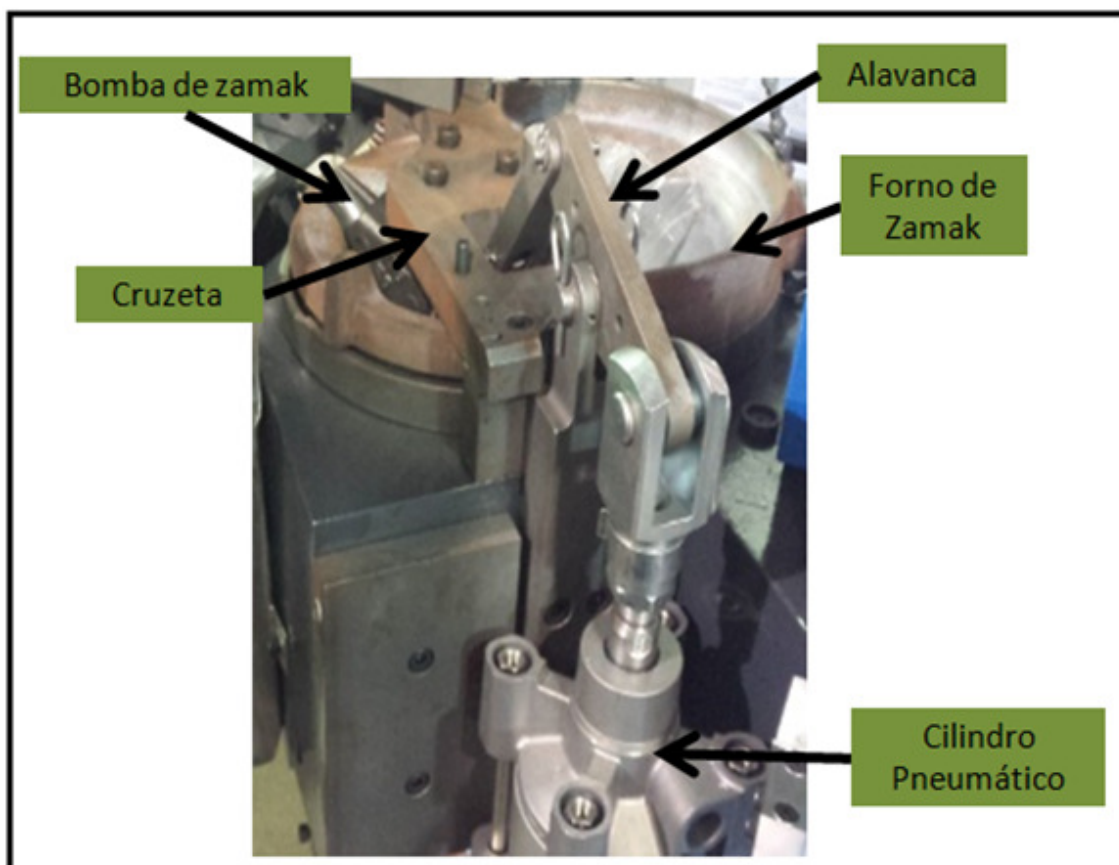


Figura 91 - Sistema de injeção.

Nesta fase, é necessário ter especial cuidado no posicionamento do pistão no interior da bomba de injeção. Um correto alinhamento é obtido quando o topo inferior do pistão fica alinhado com o topo superior do canal que abastece a camara de injeção da bomba (Figura 92, a):

- Se o pistão ficar abaixo do canal de abastecimento, poderá estar, a obstruir a passagem de metal fundido, e resultará em falhas de injeção (Figura 92, b));
- Se o pistão ficar muito acima, o tempo de injeção será superior, o que é desnecessário.

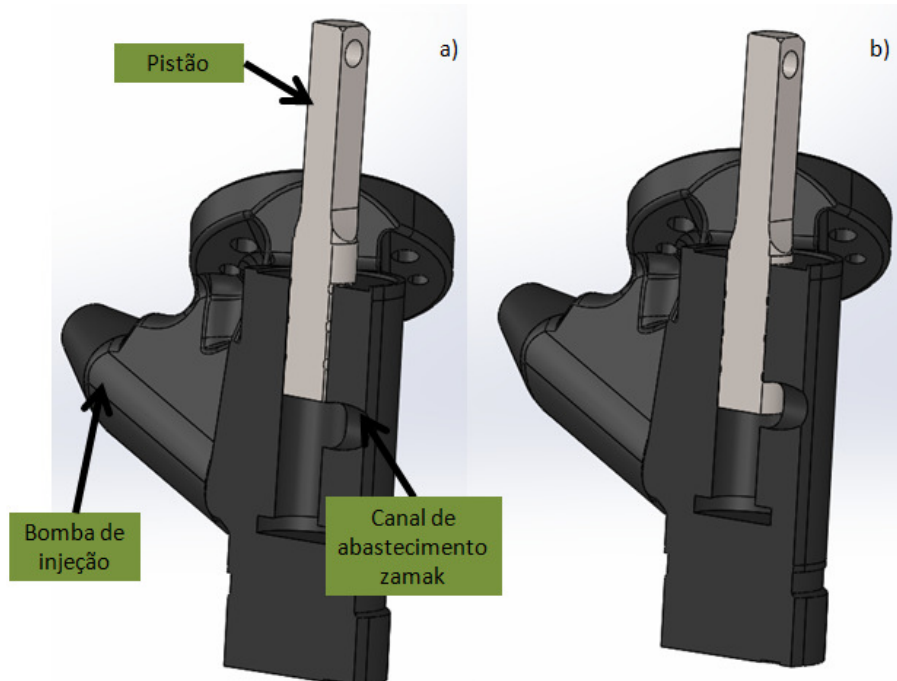


Figura 92 – Alinhamento do pistão vs canal de abastecimento de zamak, a) alinhamento correto, b) alinhamento incorreto.

É fundamental ter um correto alinhamento do pistão com a camisa da bomba de injeção, de forma a, garantir:

- Um desgaste uniforme da camisa;
- Evitar que haja fugas de zamak entre o contacto camisa/pistão;
- Evitar também falhas de injeção e de compressão.

Para que o processo de injeção se realize, é necessário ter algumas garantias de que o sistema está operacional (garantias de segurança). Para isso, existem dois sensores: sensor do sistema de rotação (ver ponto 3. sistema de rotação da estrutura) e o sinal do pressostato (ver ponto 4. estrutura para encaixe do molde). Após o fecho do molde, e tendo as garantias de segurança necessárias, é dado o sinal para injetar.

B. Sistema de fecho do molde

O fecho do molde realiza-se quando o *transfer* posiciona o cabo com a flor no molde e recebe o sinal de que a operação da flor foi realizada. O acionamento do fecho do molde é realizado

por um cilindro pneumático na parte superior da máquina, na posição horizontal (ver Figura 93). Na extremidade da haste do cilindro, tem uma peça acoplada, que permite transformar o movimento da haste (movimento linear) num movimento de rotação. Na Figura 94, é possível ver o mecanismo do fecho de molde, quando este se encontra aberto ou fechado.

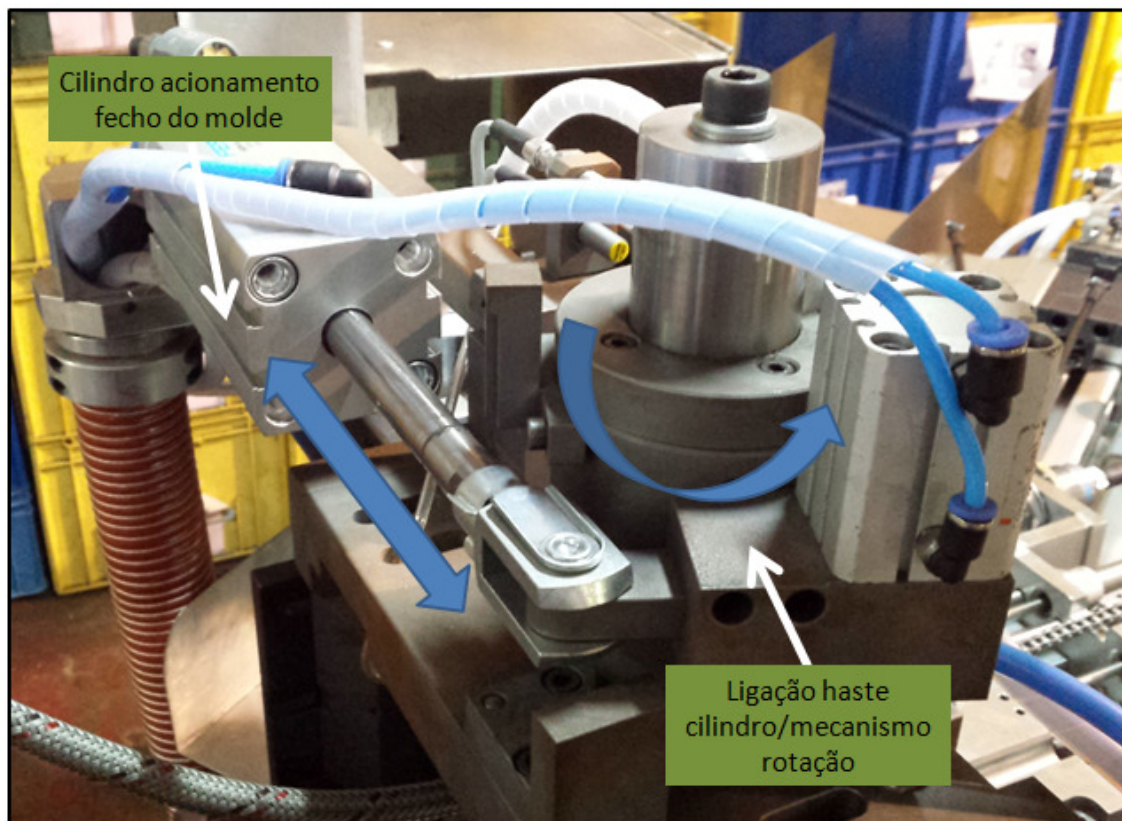


Figura 93 - Mecanismo fecho do molde.

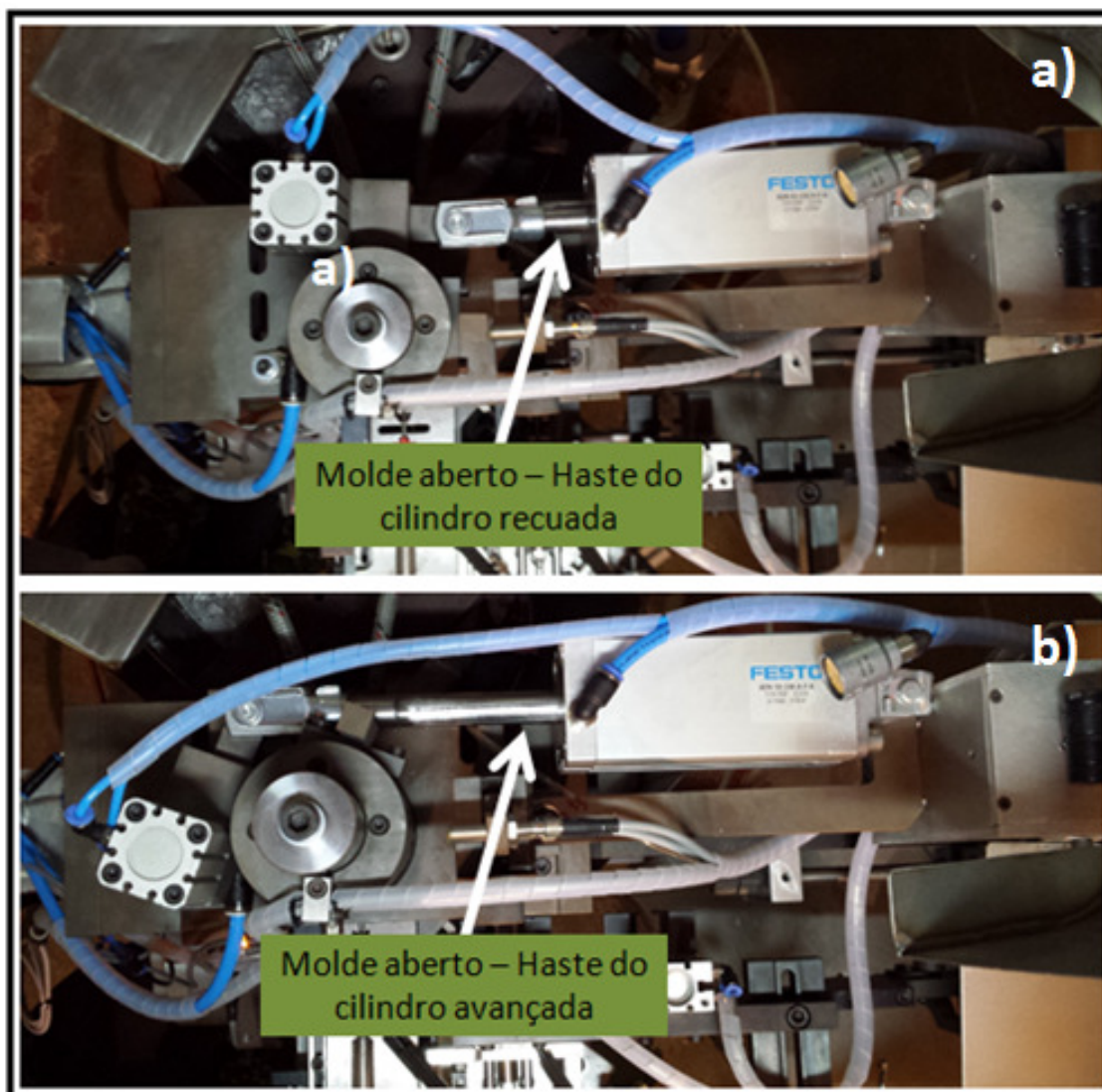


Figura 94 - Vista de topo - cilindro de fecho de molde, a) cilindro recuado, b) cilindro avançado.

O movimento de rotação é transmitido à peça 1 (ver Figura 95, a)). A força de rotação que é impressa na peça 1 irá obrigar à rotação da peça 2 (veio maciço que atravessa a peça 2 no seu interior e que liga ao molde superior). Este movimento é transmitido da peça 1, para a peça 2, através do entalhe existente na peça 1. Uma vez que a peça 2 tem um pino fixo à mesma (parafuso do fecho do molde), este será guiado pelo entalhe da peça 1, obrigando ao fecho ou abertura do molde, de acordo com o sentido de rotação.

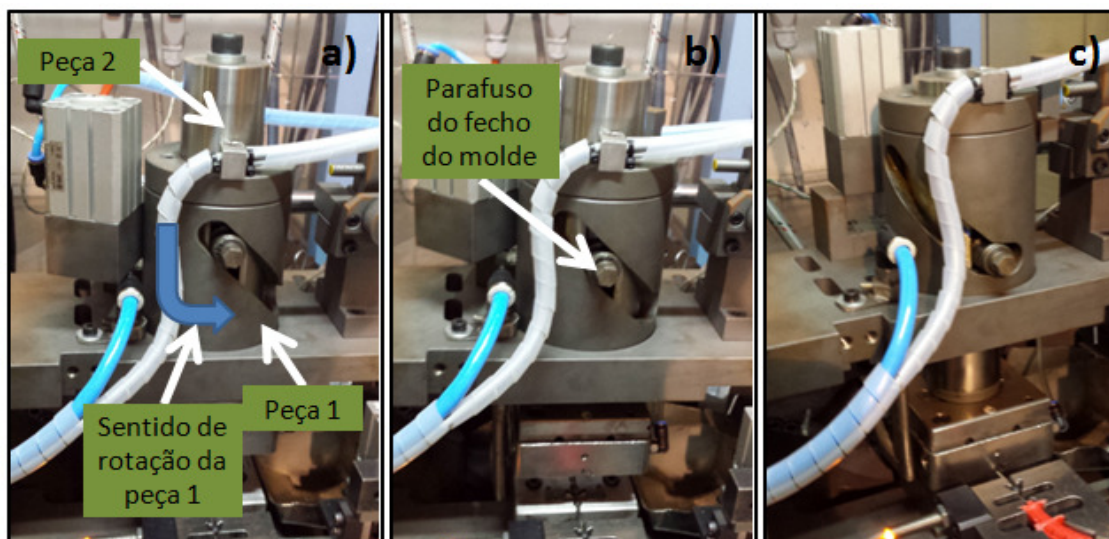


Figura 95 - Fases do fecho do molde.

Este sistema mecânico tem um entalhe na zona final, de forma a garantir que, em caso de falha do cilindro pneumático, a pressão de injeção não abra o molde. Durante o fecho do molde são realizadas duas pressões: baixa pressão e alta pressão. Basicamente, é feita uma primeira aproximação (baixa pressão) do molde superior ao molde inferior e, posteriormente, é feito o fecho (alta pressão). Isto evita que haja danos nas estruturas e desgaste das mesmas. Este sistema tem acoplados dois sensores que irão garantir quando está feita a primeira e segunda pressão do fecho do molde (ver Figura 96).

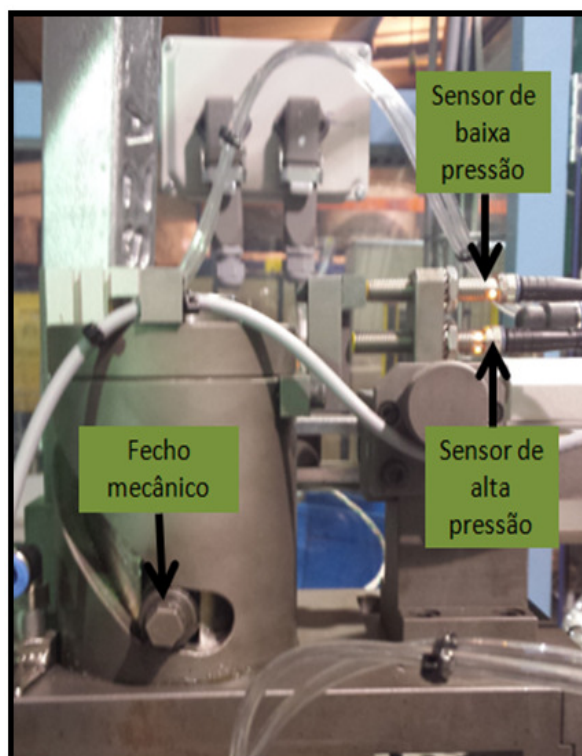


Figura 96 - Fecho mecânico e sensores para fecho do molde.

C. Sistema de rotação da estrutura

Este sistema é responsável por aproximar toda a estrutura ao bico de injeção (ver Figura 97). Este movimento de aproximação é feito quando o molde fecha.

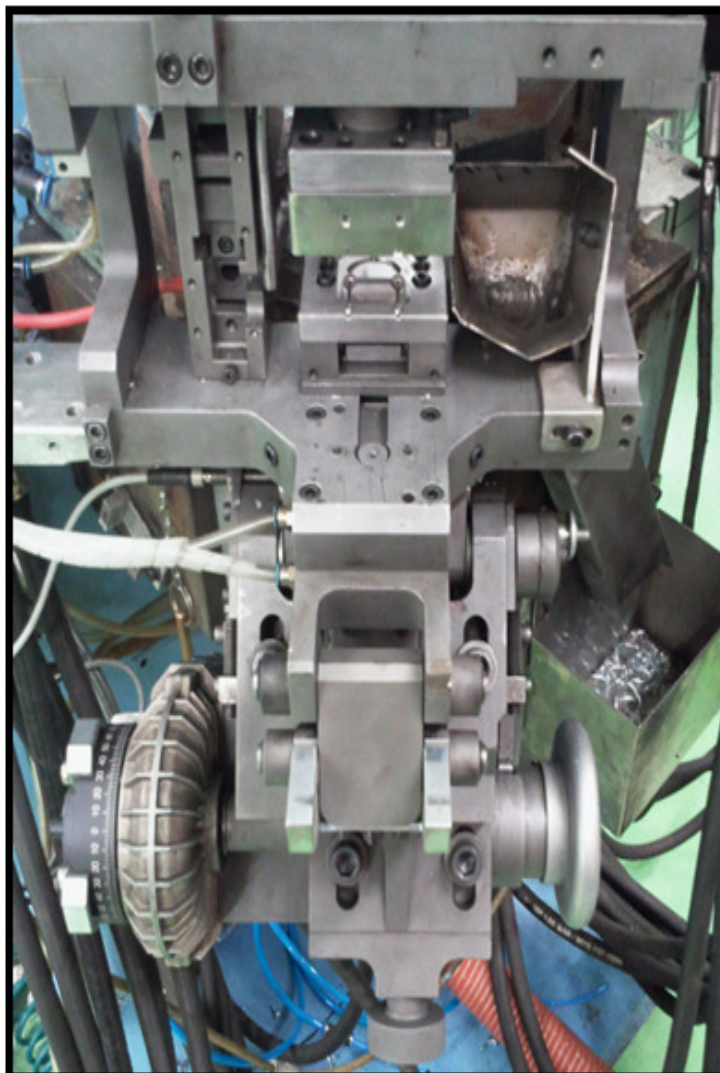


Figura 97 - Vista frontal do mecanismo de rotação e estrutura.

A zona fixa, está aparafusada ao chassi da máquina e tem um cilindro de rotação pneumático associado. A estrutura móvel é suportada por dois apoios (ver Figura 98), e realiza a rotação em torno dos mesmos. O primeiro apoio recebe o movimento de rotação do cilindro pneumático e o segundo serve apenas de guia. Na Figura 99 é possível visualizar os dois casos possíveis: base do molde afastada do bico de injeção (ver Figura 99 a)) e a base do molde em contacto com o bico de injeção (ver Figura 99 b)).

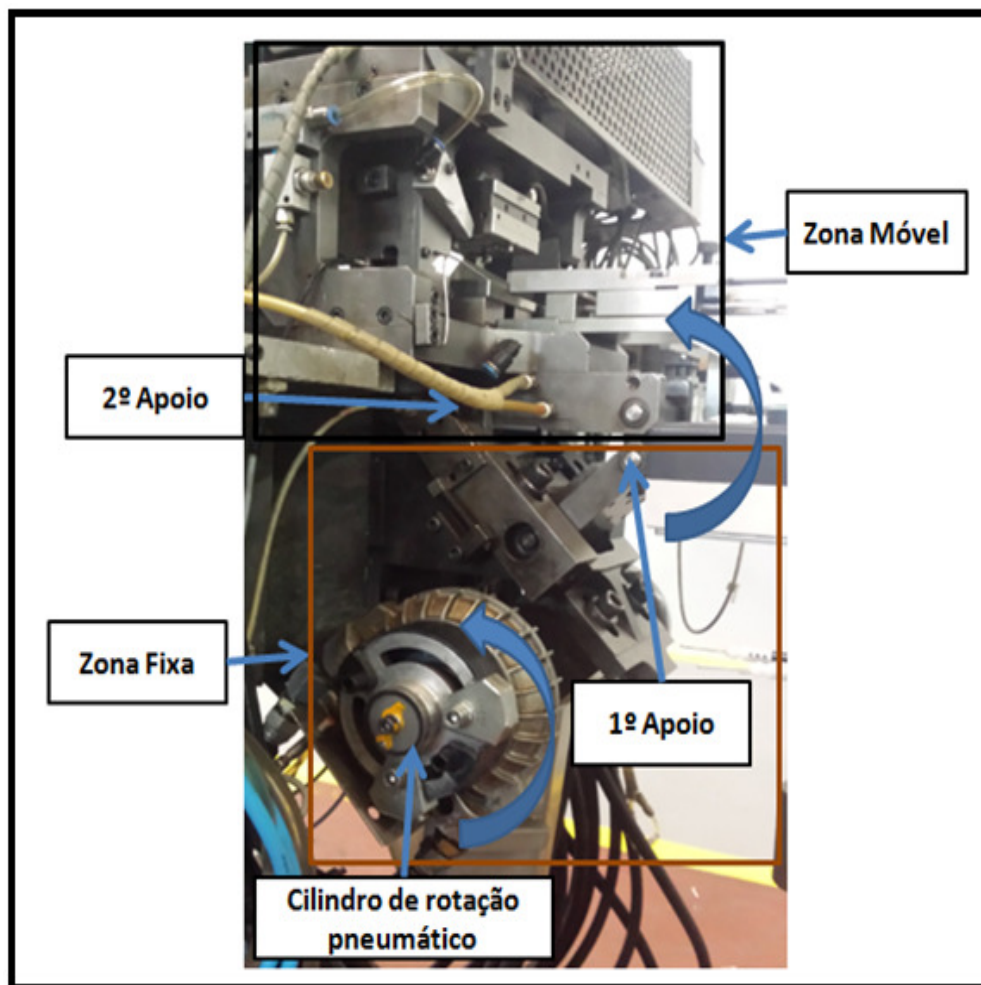


Figura 98 - Vista lateral do mecanismo de rotação.

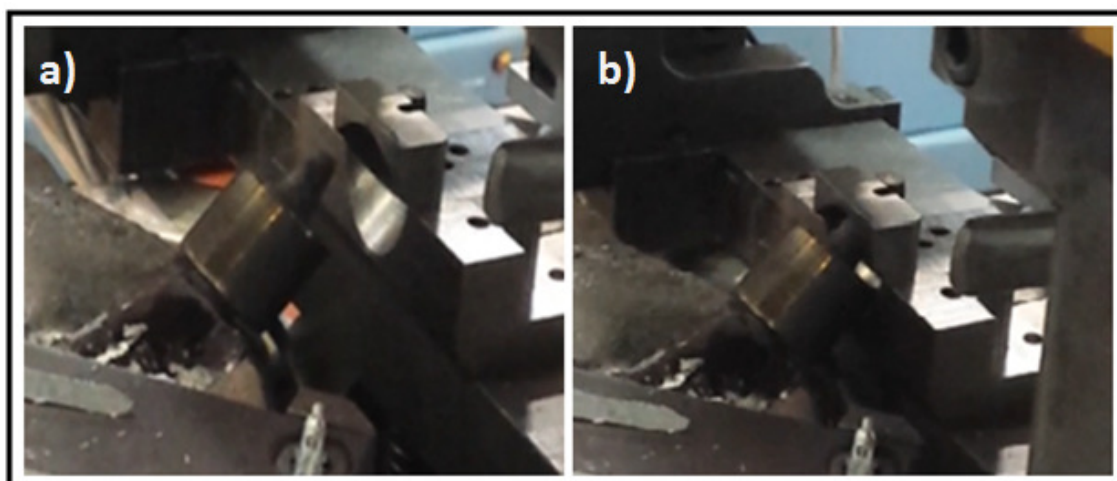


Figura 99 - Aproximação da estrutura ao bico de injeção.

Este sistema necessita de algumas afinações, tais como:

- Garantir o correto encosto da estrutura ao bico de injeção;
- Regulação da força de fecho após o encosto;

Após diálogo com os operadores, verificou-se que as respetivas afinações não eram realizadas da mesma forma por todos, e não existia nada documentado. Assim, foi realizada uma instrução sobre como afinar o encosto do molde ao bico de injeção (em anexo está a respetiva instrução de afinação).

D. Estruturas para encaixe do molde;

As estruturas para encaixe do molde (ver Figura 100), são um ponto-chave para a obtenção de terminais zamak em perfeitas condições. São responsáveis pela refrigeração dos moldes, ligação entre molde e o bico de injeção, canal de alimentação e por questões de segurança. Como em qualquer sistema de moldação, existe o molde superior e inferior. Neste caso, não é exceção, só que os moldes superior e inferior são montados nas estruturas, funcionando como “insertos”. Assim, quando o molde (superior ou inferior) fica fora de tolerância ou estiver danificado, apenas se trocam os mesmos. Assim sendo, não é necessário executar todo o sistema de canais de refrigeração, alimentação, etc., o que representaria um elevado custo.

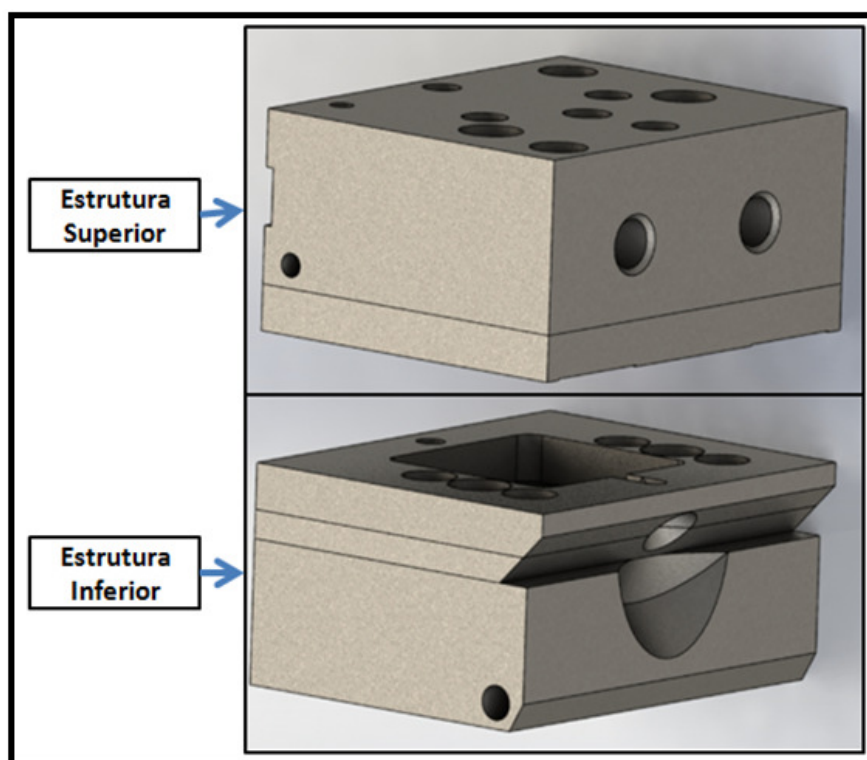


Figura 100 - Estrutura Superior e Inferior.

A estrutura superior é composta por duas peças (Figura 101, a)): Base superior do molde e o aro do molde. Na base superior do molde estão os canais de refrigeração e o pressoestato. O pressoestato funciona como um sistema de segurança, uma vez que este apenas permite a injeção se detetar cabo no molde. Se não tivesse este sistema de segurança, e fosse dado o

sinal para injeção, o zamak passaria pelo orifício do cabo e poderia queimar o operador. A necessidade de realizar a estrutura superior em dois componentes, deve-se ao facto da necessidade de garantir uma superfície retificada no contacto da estrutura com o molde. O aro apenas garante o posicionamento do molde. O facto de o molde assentar numa superfície retificada (Figura 101, b)), previne o aparecimento de rebarbas no terminal.

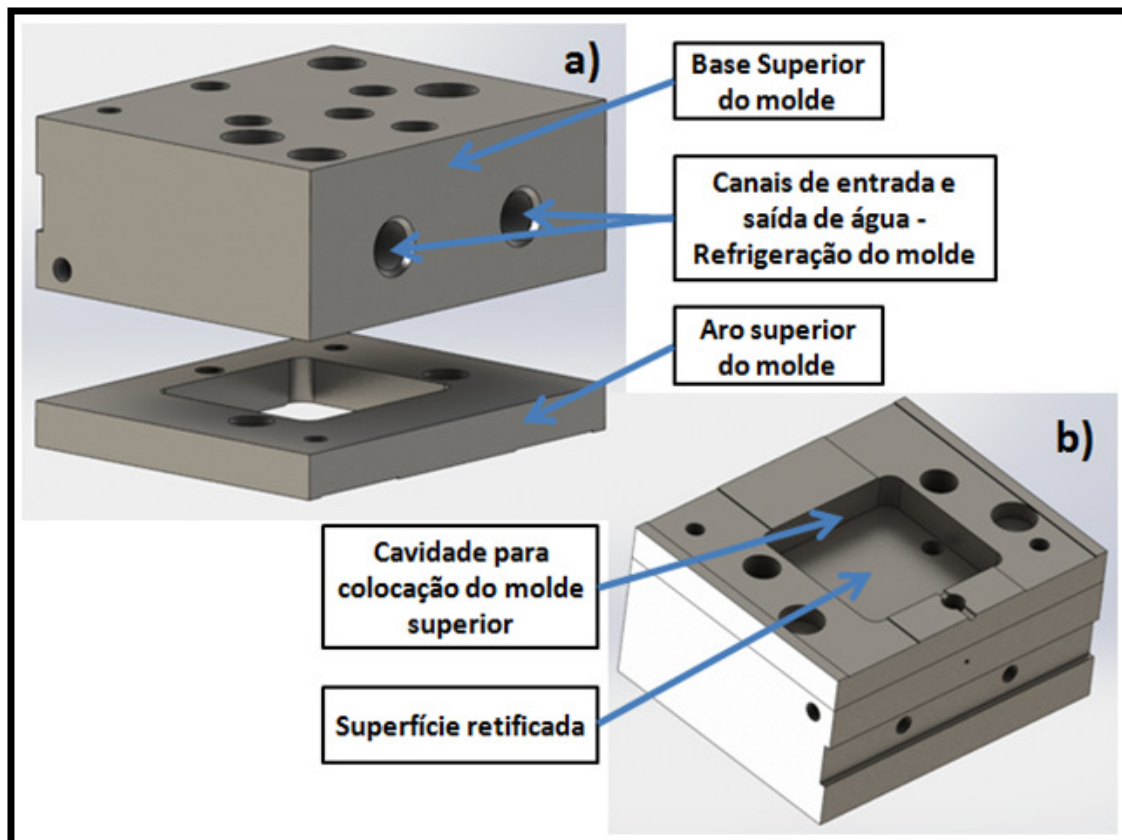


Figura 101 - Estrutura superior.

A estrutura inferior é composta por três peças (ver Figura 102): base da estrutura, base inferior e o aro inferior do molde. Na base da estrutura estão os canais de refrigeração e uma caixa para o porta extrator (Figura 103, a)). Tal como na estrutura superior, a estrutura inferior tem também uma base inferior do molde, de forma a garantir uma superfície retificada (Figura 103, b)). O aro superior, além de garantir o posicionamento do molde, também é responsável pelo encosto ao bico de injeção (Figura 103, a)). Na Figura 104, é possível ver a estrutura superior com o molde acoplado.

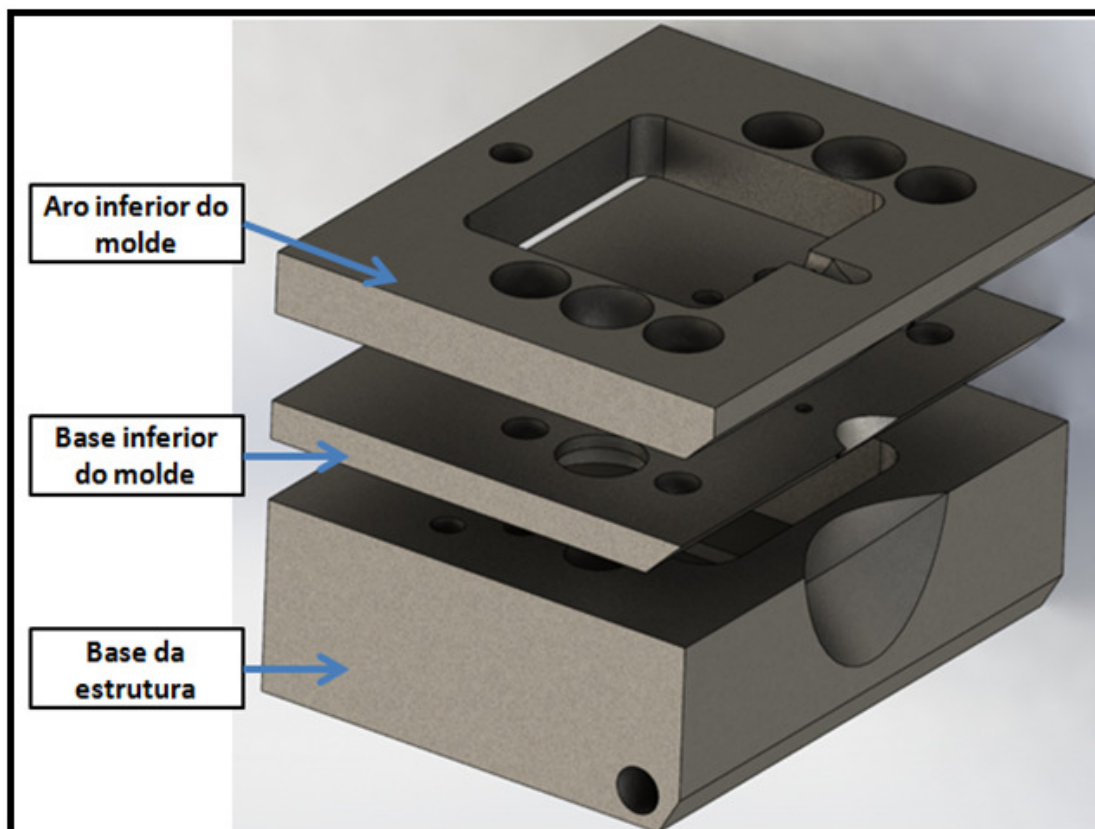


Figura 102 – Componentes da estrutura inferior.

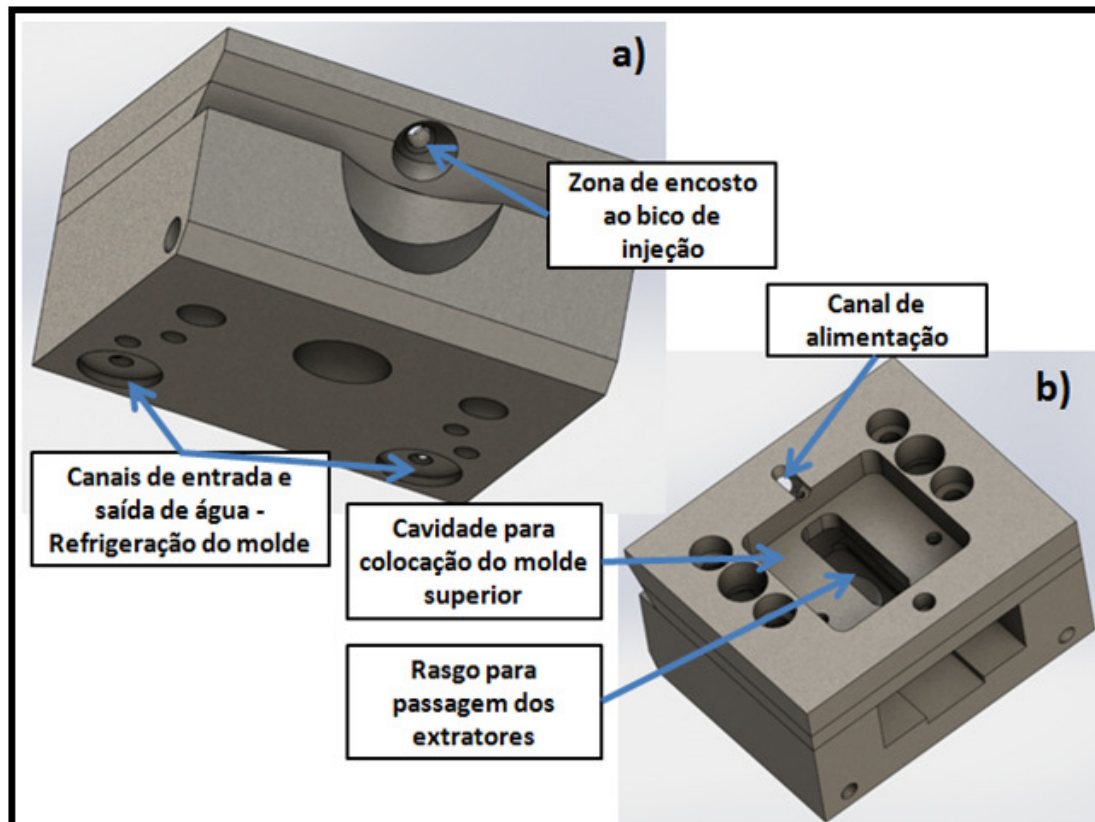


Figura 103 - Particularidades da estrutura inferior.

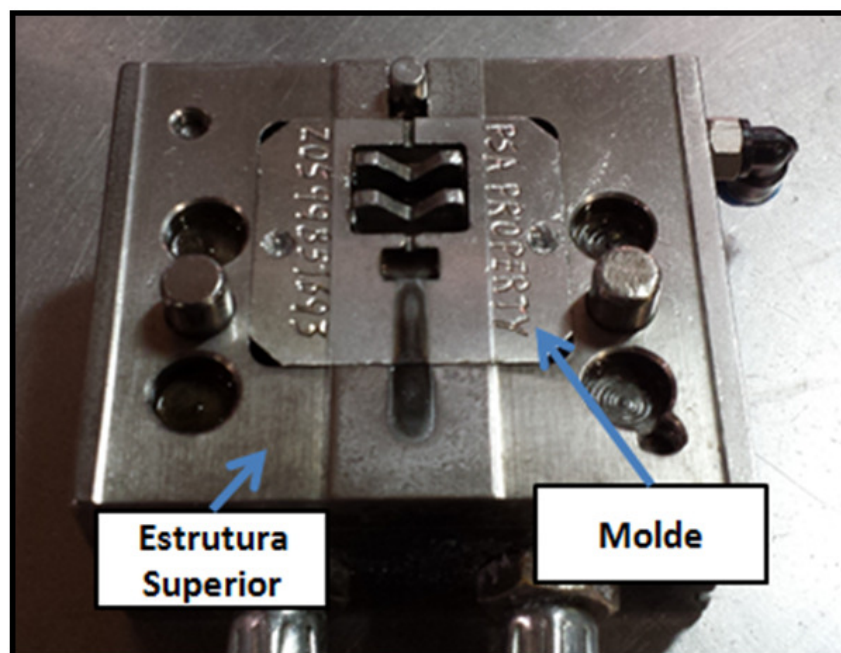


Figura 104 - Estrutura superior com molde acoplado.

E. Moldes

Como em qualquer sistema de moldação, existe o molde superior e molde inferior, como é possível ver, na Figura 105. Estes moldes são aparafusados às estruturas vistas anteriormente.

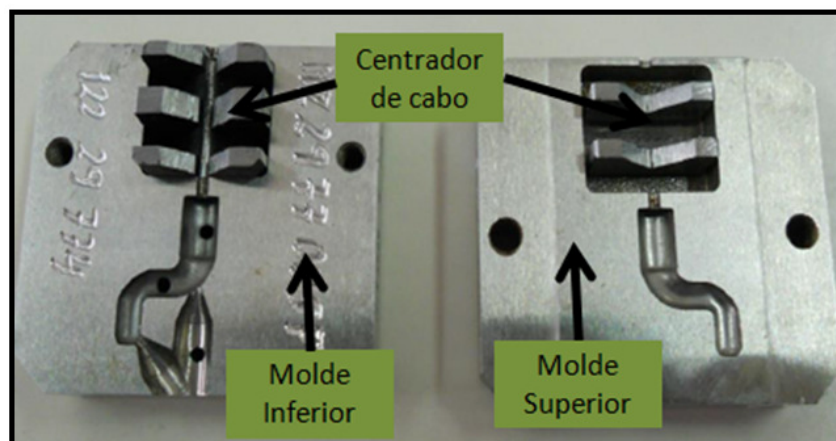


Figura 105 - Moldes de zamak.

De acordo com o tamanho do terminal, o molde pode ter várias medidas e, nesta fase, já existem moldes com a capacidade de injetar dois terminais simultaneamente, sendo designados por moldes de injeção dupla. As áreas funcionais (ver Figura 106) dos terminais são zonas onde o terminal irá ter contacto com outros componentes, não sendo permitidos pontos de injeção de zamak. Os pontos de injeção criam uma pequena caixa quando o gito é quebrado, o que pode fragilizar o terminal.

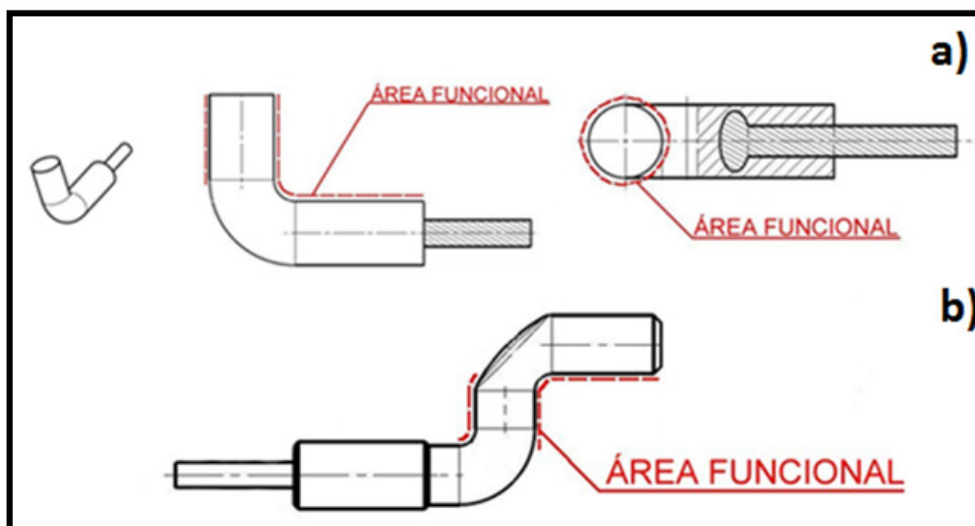
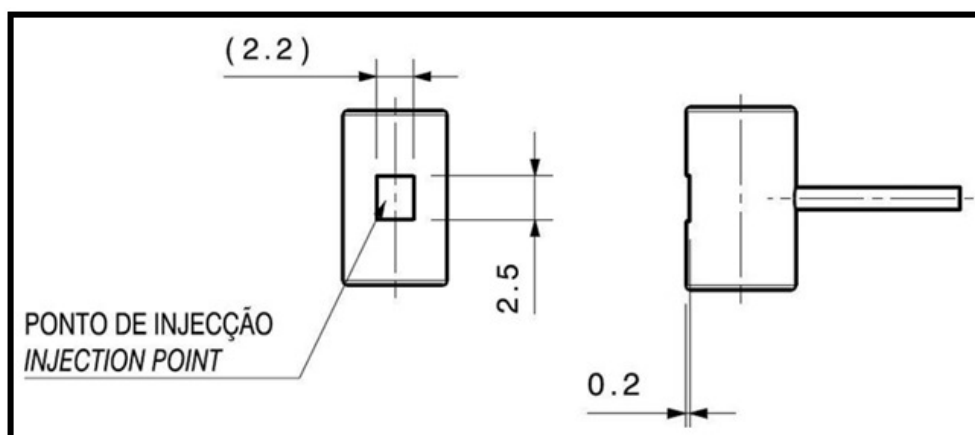


Figura 106 - Exemplo de área funcional, a) Terminal tipo L, b) Terminal tipo S ou Manivela.

Todos os terminais de cabo em zamak devem possuir uma caixa de rebaixo para aplicação dos pontos de injeção (ver Figura 107). Em termos dimensionais esta caixa de rebaixo considera-se *standard* e apresenta as seguintes dimensões: 2.5 mm x 2.2 mm x 0.2 mm.

Figura 107 - Caixa de rebaixo para pontos de injeção.



F. Extração

Este sistema é responsável por extrair os terminais do molde, após a abertura da estrutura. Como é possível ver na Figura 108, este sistema funciona como uma alavanca, em que o sistema é ativado pela entrada de ar na câmara, e o retorno é feito de forma mecânica com uma mola.

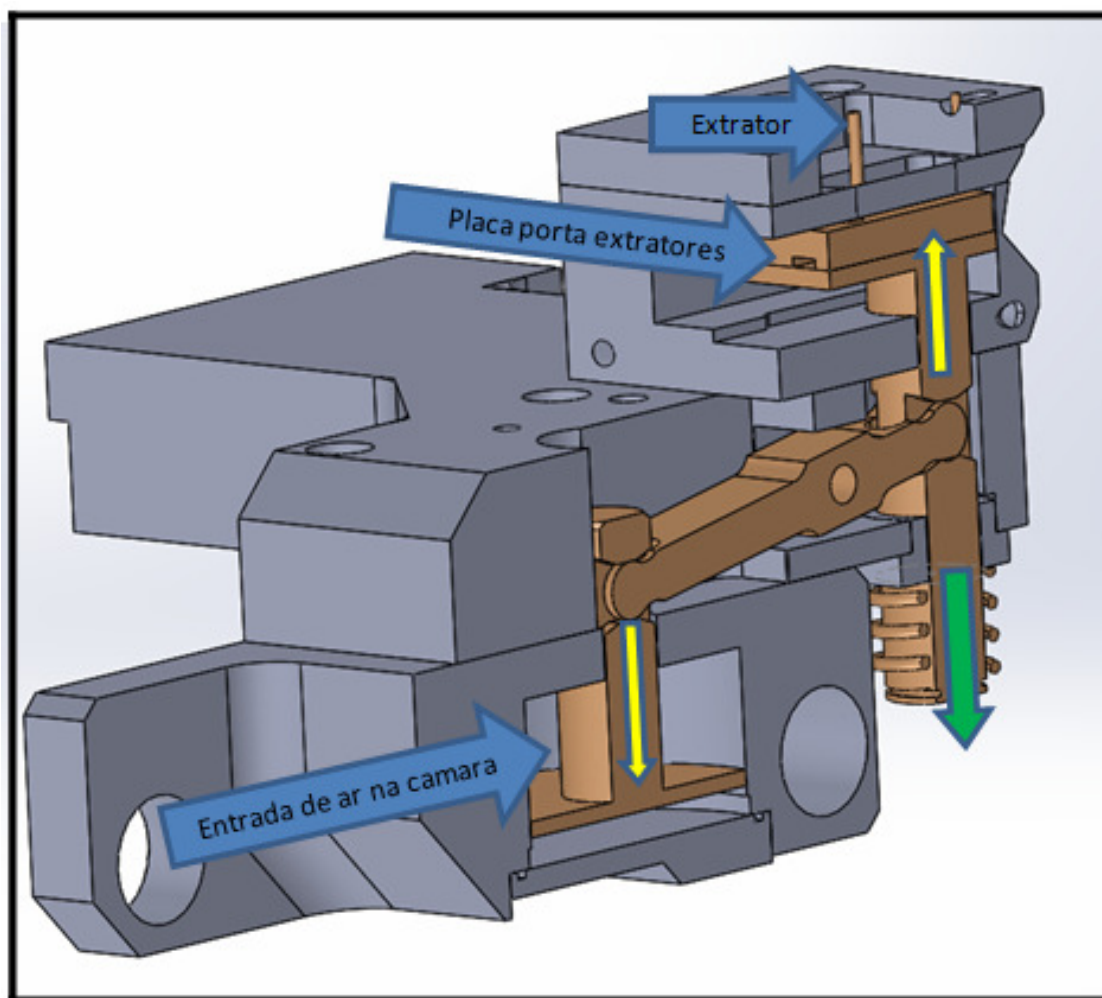


Figura 108 – Vista 3D em corte - Sistema de extração.

3.3.2.5. Cortante do gito

Após a operação de injeção, o *transfer* desloca o terminal com o respetivo gito (Figura 109, a)) até ao mecanismo do cortante, para se proceder à separação. O cabo com o respetivo gito fica apoiado no batente (peça com cor amarela), e de seguida o cilindro faz o avanço do cortante. Como é possível ver na Figura 109 b), existe a peça 1, que funciona como uma “almofada”, promovendo um encosto do terminal ao batente. Posteriormente, a peça 2 continua o curso do cilindro, realizando a separação do terminal com o gito. Este sistema não era o ideal, devido a questões de afinação e de saída dos gitos que acumulavam naquela zona. Este mecanismo foi posteriormente alvo de melhorias, como irá ser visto no tópico “Caracterização de outros problemas”.

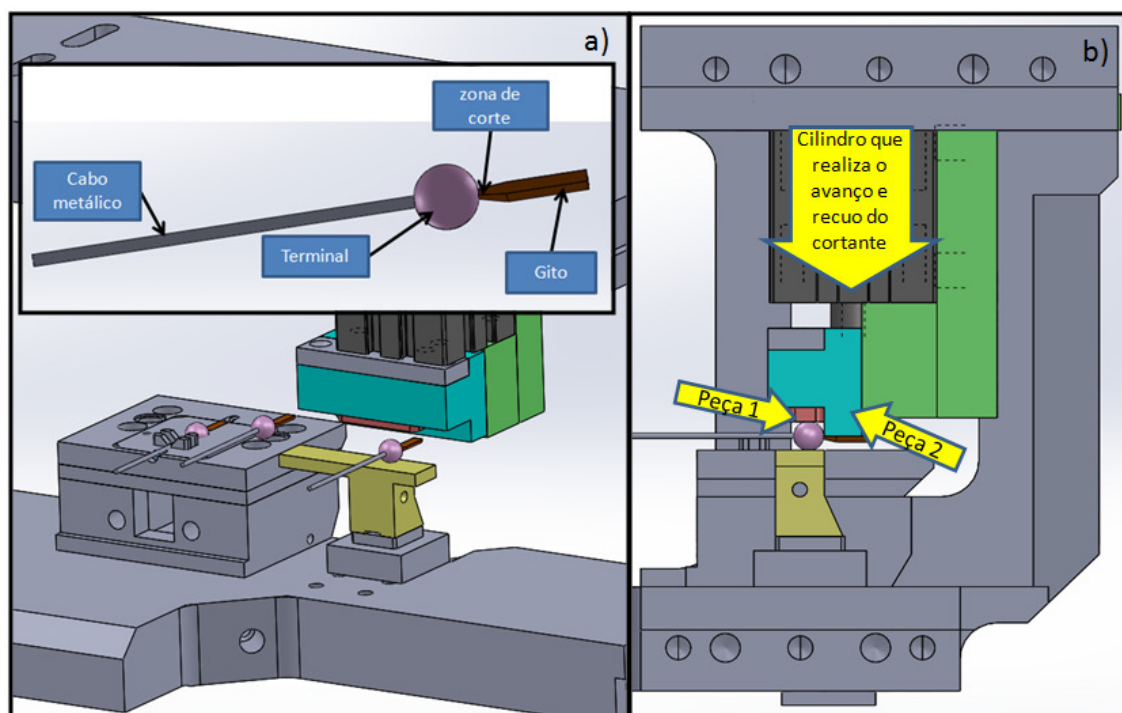


Figura 109 – Vista 3D - Cortante do gito

3.3.2.6. Aquecimento – Gás vs Resistência

Inicialmente, era utilizado o gás como forma de aquecimento do bico de injeção. A utilização de uma rede de gás, inicialmente, não representava grande custo, dado que não havia grandes limitações/restrições em termos de utilização. Nos dias de hoje, tornou-se cada vez mais um custo enorme, devido à necessidade obrigatória de ter garantias de segurança, homologação da rede, custo de manutenção, etc.. Devido a estas imposições legais, a empresa ponderou a possibilidade de mudar o formato de aquecimento. Após pesquisa de várias possibilidades, a que mais se adequou foi aquecer o bico de injeção com uma resistência elétrica tipo anel. Esta ideia foi testada, e os primeiros testes mostraram que era viável. Dado que a empresa tinha alguma urgência na mudança, iniciou-se a implementação em todas as máquinas existentes.

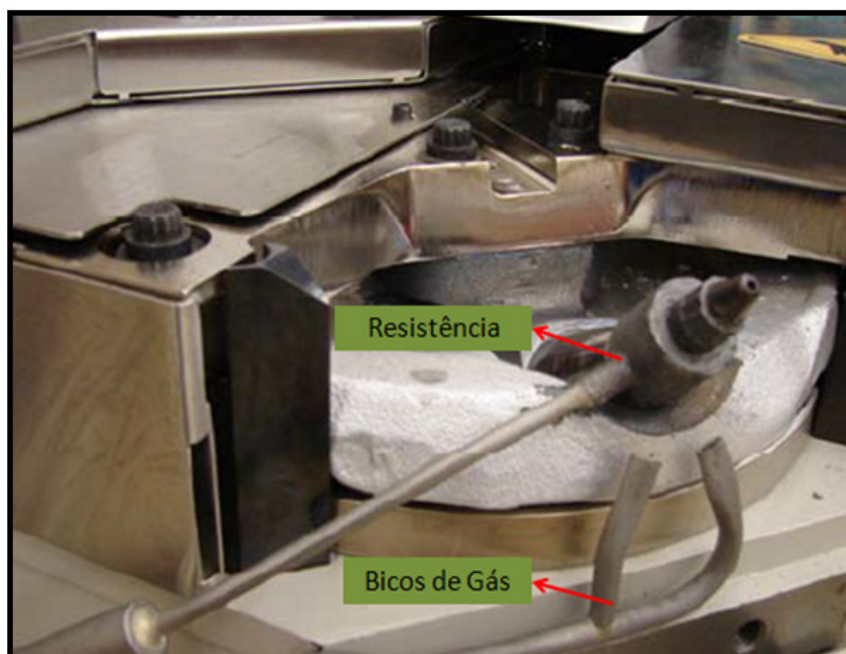


Figura 110 - Aquecimento a gás vs resistência.

Na Tabela 13, é possível ver as vantagens e desvantagens para os dois tipos de aquecimento.

Tabela 13 - Vantagens e desvantagens para o aquecimento a gás e resistência elétrica.

Gás	Resistência
Vantagens	Vantagens
Baixo custo da energia; Aquecimento ao longo de todo o bico de injeção.	Facilidade de <i>layout</i> das máquinas; Energia mais limpa; Processo mais seguro; Baixo custo de manutenção; Melhor controle.
Desvantagens	Desvantagens
Processo mais perigoso (possíveis fugas de gás, p.e); Custo de manutenção elevado (vistorias e homologação da rede de gás); Dificuldade de mobilidade de <i>layout</i> das máquinas (necessidade de intervenção de equipa especializada para alteração da canalização de abastecimento); Sistema de aquecimento vulnerável a correntes de ar que pode desviar a chama do bico e ocorrer falhas de injeção; Entupimento dos bicos de gás com zamak; Necessidade de afinação da chama correta para injeção; Processo mais sujo; Necessidade de unidade de armazenamento de gás.	Componentes de substituição mais caros; Aquecimento localizado do bico de injeção; Necessidade de um curso maior da máquina, derivado ao aumento do tamanho do bico de injeção e devido à necessidade de acoplamento da resistência.

3.4. O Problema

Este trabalho foi realizado com base na solicitação da empresa FicoCables, a fim de resolver o desgaste prematuro que ocorria nos bicos de injeção, no processo de injeção de zamak. Este desgaste prematuro estava a causar: aumento dos custos de manutenção, atrasos na entrega das encomendas e problemas de segurança para os operadores.

A situação inicial pode ser resumida da seguinte forma:

- Chão de fábrica possui 62 máquinas de injeção de zamak;
- Inicialmente, todos os bicos de injeção eram aquecidos a gás;
- Parâmetros para o sistema de aquecimento a gás, já dominados e estáveis;
- Sistema de aquecimento a gás representa um potencial perigo, necessitando de cuidados especiais, de forma a evitar perigos para a vida humana;
- Alteração de todas as máquinas com aquecimento a gás para resistência;
- Inicialmente, apenas 22 máquinas de injeção estavam a utilizar o aquecimento do bico de injeção com recurso a uma resistência elétrica já que estes novos parâmetros não estão ainda bem definidos, e o conhecimento em torno do processo é pobre;
- Os bicos de injeção que eram utilizados no processo de aquecimento a gás, agora representam um problema de desgaste grave, com uma durabilidade média de utilização de cerca de uma semana;
- As fugas de zamak que ocorrem, devido ao desgaste prematuro dos bicos de injeção, colocam em risco a segurança dos trabalhadores;
- Atrasos na produção ocorrem frequentemente, causando custos;
- Verifica-se a inclusão de outros materiais no terminal injetado, devido à inclusão de partículas de desgaste dos bicos de injeção;
- Os custos de manutenção relacionados com as máquinas de injeção de zamak aumentaram de forma brusca.

O desenho técnico original e vista em corte podem ser vistos na Figura 111.

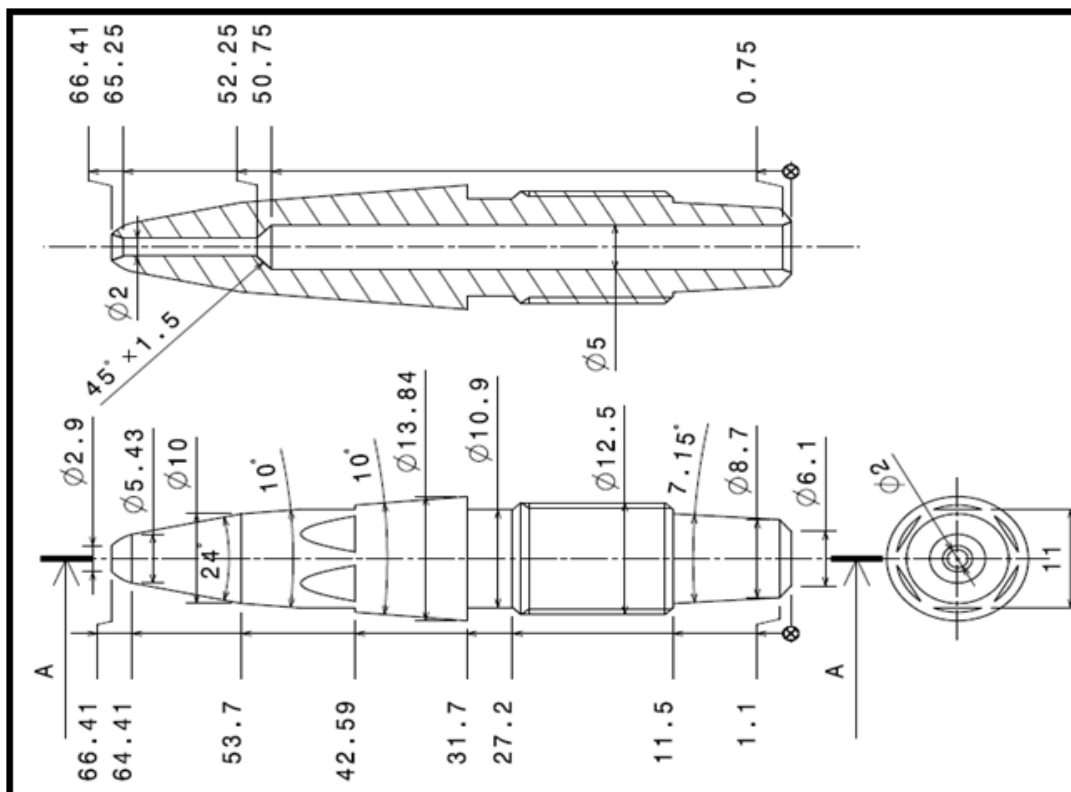


Figura 111 - Desenho técnico do bico de injeção.

Os problemas já existentes no bico de injeção interferem diretamente na durabilidade das resistências. Uma vez que estas estão em contacto direto com o bico de injeção, quando este atinge a rotura, o metal fundido começa a ter contacto com a resistência. Este contacto entre o metal fundido e a resistência funde o invólucro em cobre da resistência e deixa de haver contacto físico entre a resistência elétrica e o bico de injeção. A ausência deste contacto leva a uma diminuição da transferência de calor da resistência para o bico de injeção, sendo necessário aumentar a temperatura para valores que rondam os 650°C/700°C, para compensar esta perda. Uma vez que as resistências só estão preparadas para atingir uma temperatura máxima de 580°C, o tempo de vida útil das mesmas diminui drasticamente.

Outro problema que estava a ocorrer, devia-se ao contacto do bico de injeção com o molde. Este contacto, enquanto os conjuntos são novos é perfeito, e não ocorrem fugas, mas quando existe a troca de um dos componentes, este contacto já não é o ideal, e ocorrem fugas de injeção, se não for corretamente afinado o novo encosto.

3.4.1. Identificação do problema

De forma a conseguir dar uma resposta aos problemas, foi realizada uma análise baseada numa *tempestade de ideias* que resultou num diagrama de *Ishikawa*, Figura 112.

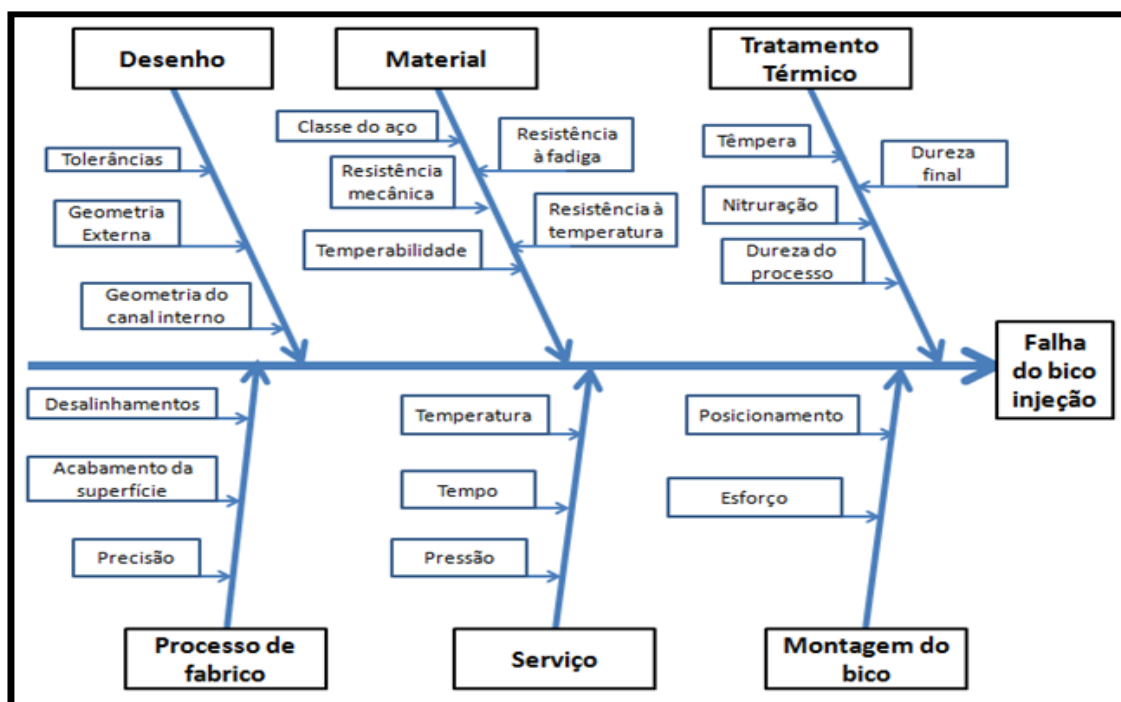


Figura 112 - Diagrama de *Ishikawa*.

Após a realização do diagrama, todas as questões foram cuidadosamente verificadas no chão de fábrica, na tentativa de perceber quais eram efetivamente os pontos que estavam fora dos parâmetros, como mostra a Tabela 14.

Tabela 14 – Itens selecionados para verificação.

GRUPO	ITEM	VERIFICAÇÃO
DESENHO	Tolerâncias	Tolerâncias bem definidas.
	Geometria Externa	Acoplamento perfeito entre resistência elétrica e bico de injeção.
	Geometria Interna	Canal interno consiste em dois furos com diâmetros diferentes.
MATERIAL	Classe do Aço	Wn. 1.2344 (Aço ferramenta para trabalho a quente).
	Resistência Mecânica	Aço apresenta resistência mecânica suficiente.
	Resistência à Fadiga	Muito boa resistência à fadiga.
	Resistência à Temperatura	Aço apropriado para trabalho a quente.
	Temperabilidade	Dureza mantém-se constante (cerca de 44 HRC) abaixo de 500°C.
TRATAMENTO TÉRMICO	Dureza	Dureza do aço.
	Têmpera	Apenas um aquecimento da ponta do bico com recurso a maçarico.
	Nitruração	Não aplicado.
	Dureza Final	Dureza do aço.
FABRICO	Desalinhamentos	Nenhum desalinhamento detetado.
	Precisão	Os bicos foram verificados e foram sendo cumpridas todas as tolerâncias.
	Superfície de Acabamento	Rugosidade da superfície é inferior ao definido.
MONTAGEM	Esforço	Nenhum torque excessivo foi aplicado.
	Posicionamento	A montagem foi corretamente efetuada.
SERVIÇO	Temperatura	Temperatura medida é de cerca de 700°C na superfície externa do bocal.
	Pressão	Pressão não exceda o valor normalmente usado.
	Tempo	Esperança média de vida de bocal é claramente abaixo do previsto.

Após análise da Tabela 14, verificou-se que grande parte dos pontos estão sob controlo, permitindo centrar o foco da pesquisa em outras questões, as quais podem ser responsáveis pelo desgaste prematuro. Cruzando as informações da Tabela 14, alguns temas merecem particular atenção, conforme descrito abaixo.

- Canal interno do bico de injeção - Como pode ser observado pela Figura 111, existem dois diâmetros diferentes no canal de alimentação de zamak. Os canais de passagem de zamak são realizados através de duas operações de furação, usando duas brocas de furação com diâmetros diferentes, o que provoca uma mudança brusca de um diâmetro para o outro, numa pequena área;

- Classe de aço selecionado - Através da visualização da curva de dureza, em relação às temperaturas no tempo, para o aço habitualmente utilizado, mostram que qualquer temperatura acima dos 500°C provoca perdas de dureza após 1000 horas, e que, a perda de dureza é mais acentuada, quando são usadas temperaturas superiores a 550°C durante 100 horas de trabalho. Temperaturas de trabalho de 650°C, ou mais, provocam perdas notáveis de dureza após 2 horas de trabalho;
- Dureza - Através da classe do aço, verifica-se a perda de dureza com a temperatura. Talvez fosse conveniente aumentar a dureza do mesmo, de forma a minimizar o desgaste do canal interno provocado pela erosão e fadiga térmica. Esta dureza diminuiria, posteriormente, para um patamar aceitável, quando exposto a temperaturas elevadas, permitindo assim obter boas propriedades, à temperatura do processo;
- Temperatura de trabalho - Baseado no ponto anterior, uma temperatura de trabalho selecionada (700°C) é sem dúvida excessiva, para uma liga com baixo ponto de fusão.

Através de uma análise profunda dos itens anteriores, permite perceber o seguinte:

- A possibilidade de um tratamento de nitruração, com o objetivo de minimizar o efeito de adesão de zamak às paredes do bico de injeção, é completamente neutralizado, porque este tratamento é realizado a temperaturas em redor de 580°C (necessário diminuir a temperatura do bico de injeção para valores aceitáveis);
- O tratamento térmico realizado nos bicos de injeção, é removido em algumas horas, porque a temperatura de revenido é inferior à temperatura de trabalho. Esta classe de aços apresenta alta perda de dureza a trabalhar nesta gama de temperaturas;
- Mudança abrupta de diâmetros no canal de alimentação, possivelmente precisa de ser revista, porque o metal fundido é injetado a alta velocidade pelo canal e esta mudança brusca de secção irá causar turbulência na área adjacente, e variações de pressão no interior dos mesmos.

No processo de aquecimento a gás, a chama durante o aquecimento abrange toda a área do bico de injeção, garantindo assim uma temperatura uniformemente distribuída ao longo do mesmo. Se for utilizado o aquecimento com uma resistência elétrica, devido ao processo, o aquecimento é localizado.

De maneira a garantir que o aço utilizado para o fabrico dos bicos de injeção não estava adulterado, bem como a própria liga de zamak, foi realizado, uma análise à composição dos mesmos. Esta análise realizada aos componentes, encontra-se descrita nos anexos. Após uma análise mais técnica das possíveis causas, foi realizada uma análise mais prática, através da

inspeção visual dos componentes, com o objetivo de tentar entender possíveis causas para o problema. No que toca ao aspeto exterior dos bicos de injeção, verificou-se que os que tinham uma duração de utilização não muito prolongada exibiam à superfície crateras que faziam ligação do interior do bico de injeção para o exterior (ver Figura 113, a)). Já em situações de duração mais prolongada, ocorriam casos em que a rotura era total, ficando o mesmo em duas partes (ver Figura 113, b)).

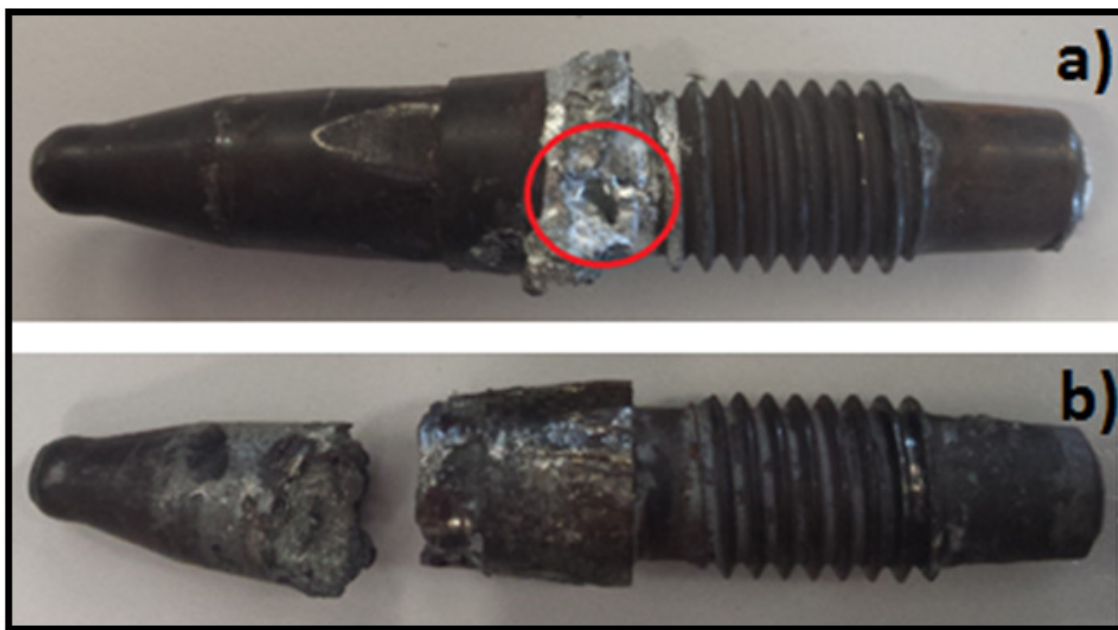


Figura 113 - Aspeto exterior dos bicos de injeção.

Muitas vezes, o que acontecia é que o bico de injeção ficava soldado à resistência. Quando o operador tentava retirar a resistência para poder trocar o bico de injeção, este partia, ficando metade na resistência e a outra metade na bomba de injeção (ver Figura 114). Este caso é o mais grave, porque implica a paragens da máquina bastante tempo, devido à necessidade de trocar a bomba de injeção.

Muitas vezes estes casos acabavam por não serem os mais críticos, uma vez que quando os componentes chegavam a esta fase, e as máquinas continuavam a trabalhar normalmente, muitas vezes o zamak fundido era injetado para o exterior, pondo em causa a integridade física dos operadores (houve casos de operadores queimados com zamak). Na Figura 115, são visíveis os resguardos das máquinas, com marcas de zamak quente projetado.

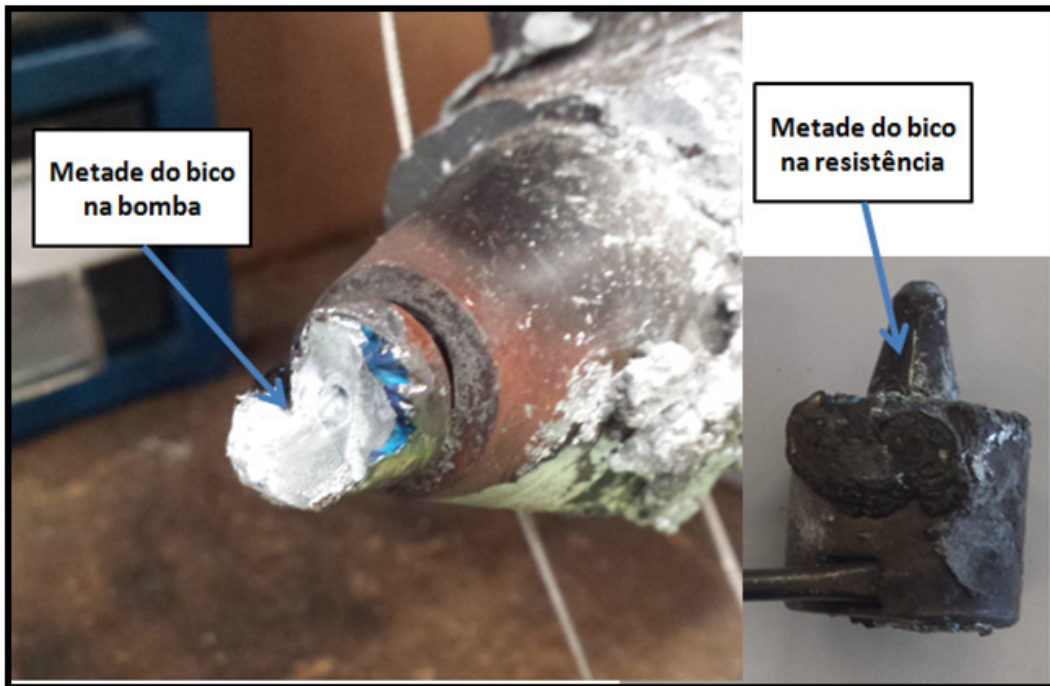


Figura 114 - Bico de injeção partido na bomba.



Figura 115 - Resguardos das máquinas de zamak.

Em alguns casos o zamak que era projetado para o exterior, não era só devido ao desgaste do bico mas também devido ao mau encosto entre o molde e o bico de injeção. Este mau encosto ia permitindo a fuga ligeira de zamak para a zona superior da resistência (ver Figura 116). Com uma acumulação excessiva, o encosto acabava por não ser o ideal e, no limite, não se realizava, projetando zamak para o exterior. As fugas de zamak que ocorrem do mau contacto, prejudicavam a eficiência das resistências a ponto de as danificar.



Figura 116 – Resistência com zamak.

3.4.2. Caracterização dos problemas referentes ao bico de injeção

A melhor abordagem para a resolução de um problema, começa por uma boa caracterização do mesmo. De forma a caracterizar os problemas existentes nos bicos de injeção, optou-se por criar uma folha *excel*, onde diariamente eram identificadas a saída e entrada dos bicos de injeção nas máquinas de zamak. Nessa folha de *excel* (ver, Figura 117, a)) estava separado por:

- Número da máquina de injeção zamak;
- Tipo de aquecimento (gás ou resistência);
- Data em que o bico foi substituído;
- Comentários ao aspeto exterior;
- Número de dias de utilização na máquina.

Uma vez que a fábrica trabalha a três turnos e os problemas ocorrem a toda hora, ficou definido com os três turnos que, sempre que fossem à manutenção buscar um bico de injeção para substituição, teriam de entregar o usado e preencher um impresso com os seguintes campos (Figura 117, b)):

- Referência da máquina;
- Respetiva linha de montagem;
- Data de substituição;
- Causa da troca.

Código Máq	Tipo de aquecimento (gás/Resistência)	Formato Bico de Injeção	Data de aplicação do bico de injeção	Data de substituição do bico de injeção	Duração da ponteira de injeção na máquina (dias)	a) Primeira inspeção visual - Comentários
IZS_00001F						
IZS_00002F						
IZS_00003F						

Referência Máq: IZS000_____

Linha:

Data:

Causa da Troca:

b)

Figura 117 - Controlo dos bicos de injeção, a) Controlo de substituição de componentes, b) formulário a preencher pelos operadores.

A maioria dos bicos de injeção substituídos pelos técnicos da manutenção tinha como principais razões a falha de injeção ou desgaste do topo do bico. Em alguns casos, os bicos de injeção partiam em funcionamento, e eram entregues em metades (ver Figura 118 a)). Após análise destas metades verificou-se que o canal interior não tinha a dimensão que deveria ter. Com isto, resolveu-se cortar transversalmente um bico de injeção usado que tivesse aproximadamente duas semanas de utilização, de forma a verificar se o mesmo tinha um desgaste idêntico (ver Figura 118 b)). Constatou-se então que o diâmetro inicial não correspondia ao diâmetro após utilização.

De forma a compreender melhor o desgaste existente nos bicos de injeção, resolveu-se seccionar longitudinalmente um bico de injeção com aquecimento a gás, e outro com aquecimento a resistência. Na Figura 119, é possível ver o desgaste original nos bicos de injeção.

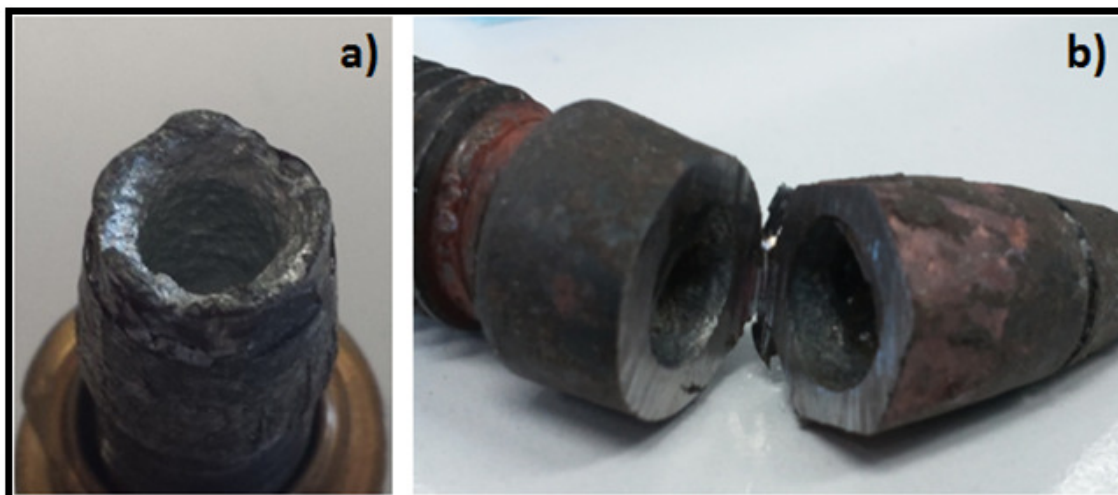


Figura 118 - a) Bico partido, b) Bico seccionado transversalmente.

Na Figura 119 a), é possível observar o canal interno do bico de injeção após mais de 500 horas de trabalho sujeito à chama, apresentando um desgaste insignificante do canal. Esta é a situação inicial da empresa, quando todos os bicos de injeção eram aquecidos a gás. O tempo de vida útil esperado para os bicos de injeção é de três meses, sendo esse o período considerado como limite para a troca dos mesmos, seguindo a política de prevenção da empresa. Na Figura 119 b), é possível ver o aquecimento de um bico de injeção com recurso a uma resistência elétrica. Considerando o novo formato de aquecimento adotado pela empresa, é possível ver o canal interno com desgaste, o que mostra que, com o novo sistema de aquecimento, o desgaste é claramente maior, com menor tempo de trabalho. Na Figura 119 c), mostra um bico de injeção similar, aquecido com recurso a uma resistência, que foi colocado fora de serviço ao fim de 200 horas de trabalho, onde também pode ser visto o desgaste do canal. Na Figura 119 d), retrata também um bico de injeção sujeito ao desgaste severo que atingiu a superfície. Neste caso, a segurança dos operadores esteve colocada em causa.

A composição do canal onde ocorre o desgaste também foi estudada. Foi realizado um corte, na secção onde seria esperado maior desgaste, e foi analisada a composição correspondente por EDX (microanálise de raios X de dispersão de energia). As imagens obtidas (ver, Figura 120) permitem concluir que existem quatro camadas diferentes na parede interna do bico de injeção, apresentando composições diferentes. A camada exterior está referenciada como sendo correspondente a Z1, na Figura 120 a), mostrando claramente a presença de ferro e os restantes elementos de liga, correspondente ao aço Nr. 1.2344, que é usado no seu fabrico. Realizou-se uma análise por espectroscopia de massa que permitiu validar a composição

química do aço em utilização (relatório em anexo). A área referenciada por Z2, na Figura 120 b), corresponde à liga zamak. É claramente visível um pico que corresponde à percentagem de zinco, e outros picos de menor intensidade que dizem respeito a elementos como: alumínio, ferro, oxigénio, crómio, carbono e silício. A camada mais interna, denominada como área Z4, na Figura 120 e), consiste essencialmente em zinco, apresentando como seria de esperar pequenas quantidades de outros elementos como alumínio, ferro, oxigénio e carbono. Assim pode-se afirmar que todas as camadas internas são principalmente constituídas por zamak, com camadas particularmente ricas em zinco e outras em alumínio. Estas camadas correspondem ao material que fica solidificado no bico, quando este deixa de injetar. A presença de pequenas quantidades de ferro nas camadas internas mostra que o processo de desgaste é consistente e permanente.

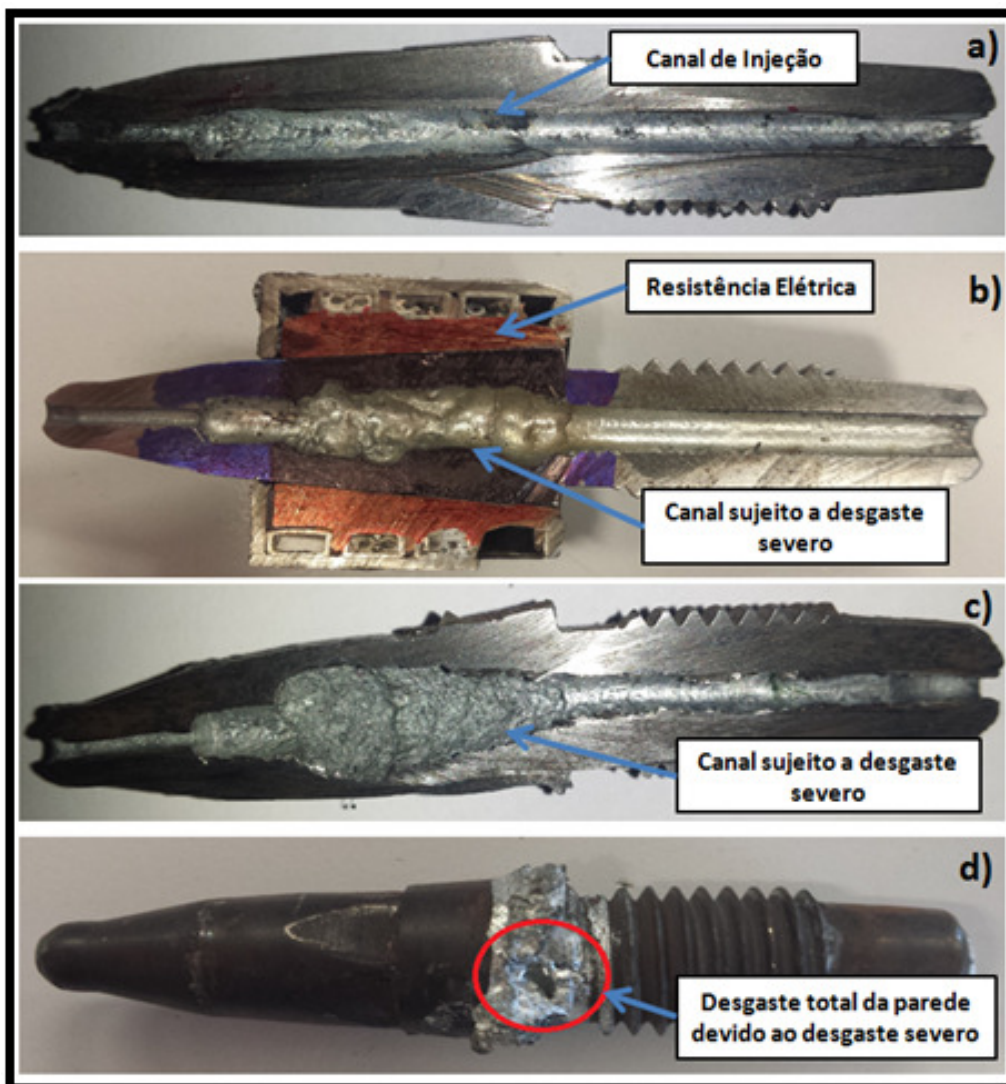


Figura 119 - a) Bico aquecimento a gás, b) Bico de aquecimento com resistência elétrica, c) Desgaste interno e d) Desgaste total.

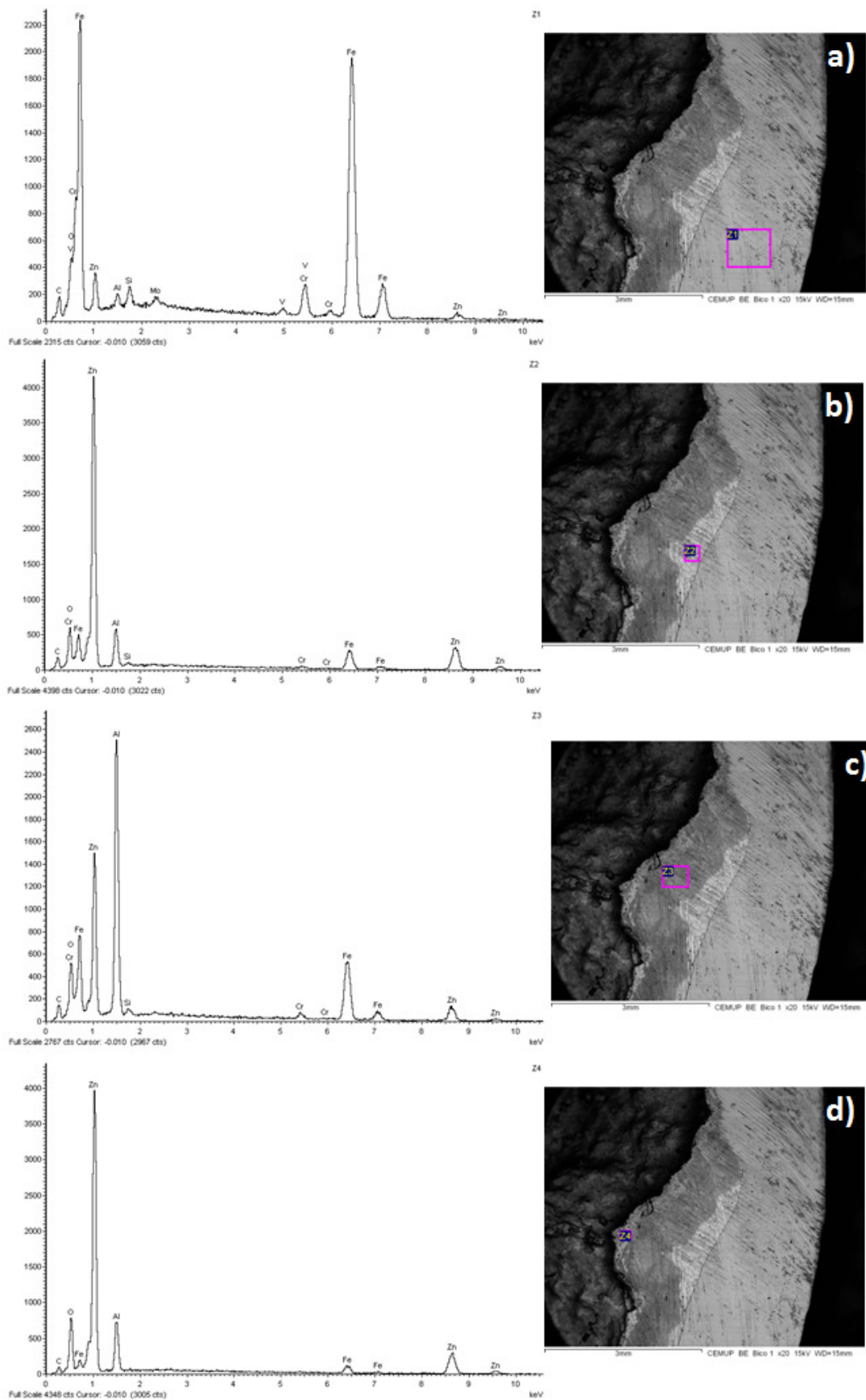


Figura 120 - Análise EDX do bico de injeção, a) Zona 1, b) Zona 2, c) Zona 3, d) Zona 4.

Após análise ao desgaste no interior do canal, verificou-se que este se localizava com maior relevância na zona onde a resistência eléctrica estava acoplada (designada por zona quente “ZQ”, a zona de contacto resistência/bico injeção). Em todos os casos analisados se verificou esta condição.

A possível razão para este desgaste, poderá ter origem não só no amaciamento do aço que era provocado na zona de contacto entre bico injeção/resistência, mas também com o “estrangulamento” provocado pela diferença de diâmetros no canal interno. A oposição a um fluxo contínuo de zamak, aliado a uma zona já fragilizada, devido a um excesso de temperatura, seriam as causas mais que evidentes para despoletar um processo de desgaste prematuro.

Como é possível ver na Figura 121, a zona de estrangulamento não permite um fluxo laminar no canal interno. Isto obriga a que uma parte do metal fundido passe pelo canal de menor diâmetro, mas outra parte retorne para trás. O metal fundido que recua promove um regime turbulento na ZQ, provocando orientações desorganizadas do metal fundido, que aliado à pressão de injeção e ao aço amaciado pelo excesso de calor, promove um desgaste nesta zona.

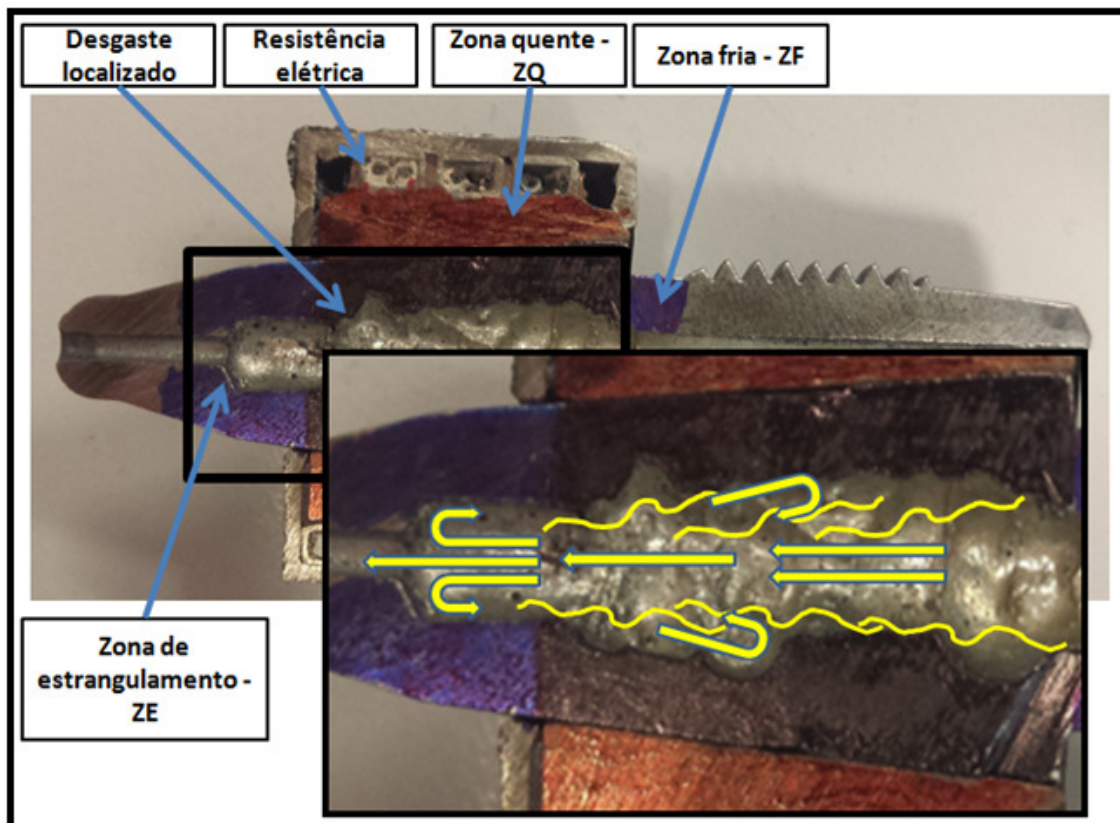


Figura 121 - Estudo do fluxo de metal fundido.

De forma a ficar com uma melhor percepção do desgaste interno, utilizou-se um bico com desgaste e encheu-se o mesmo com massa. Fechou-se o mesmo e retirou-se com cuidado uma das partes, com o objetivo de ver o relevo existente.

Da análise da Figura 122 poderá verificar-se a existência de três fases distintas. A fase designada por zona 1, é uma zona que ainda se mantém intacta e está fora da ZQ. A fase designada por, zona 2, engloba a passagem para a ZQ, e já é perceptível um início de desgaste. A fase designada por, zona 3, está localizada na ZQ e próxima da zona de estrangulamento, sendo aí onde se localiza a zona com maior desgaste.

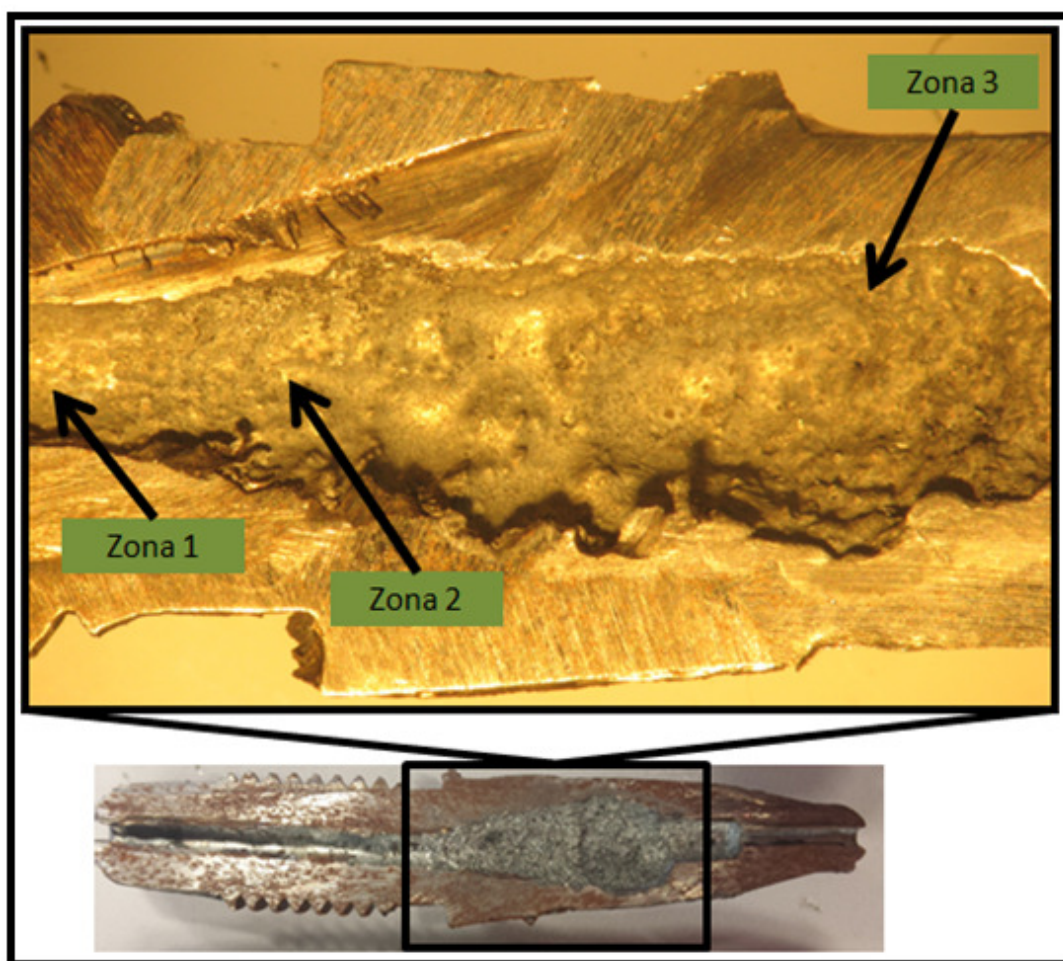


Figura 122 - Diversas fases do desgaste interno.

Em alguns casos, o desgaste do canal interno, era de tal maneira acentuado, que equivalia ao volume de um ou mais terminais a injetar. O tempo que era definido para injeção do terminal, não era suficiente devido ao desgaste e falhas de injeção que ocorriam.

De forma a avaliar o impacto provocado pela resistência de aquecimento na diminuição da dureza localizada na zona de contacto com o bico de injeção, realizou-se um ensaio de dureza ao longo do respetivo bico de injeção. Da análise ao perfil de dureza da Figura 123, relativo a

meio canal (do eixo até à extremidade), verifica-se que na zona de maior influência da resistência eléctrica (esquerda da figura) e onde existia o estrangulamento do diâmetro do canal, após utilização do bico durante 180 horas, se verifica um amaciamento significativo da zona, descendo de cerca de 400HV5 para cerca de 220HV2, ou seja, uma perda de dureza a rondar os 45%.

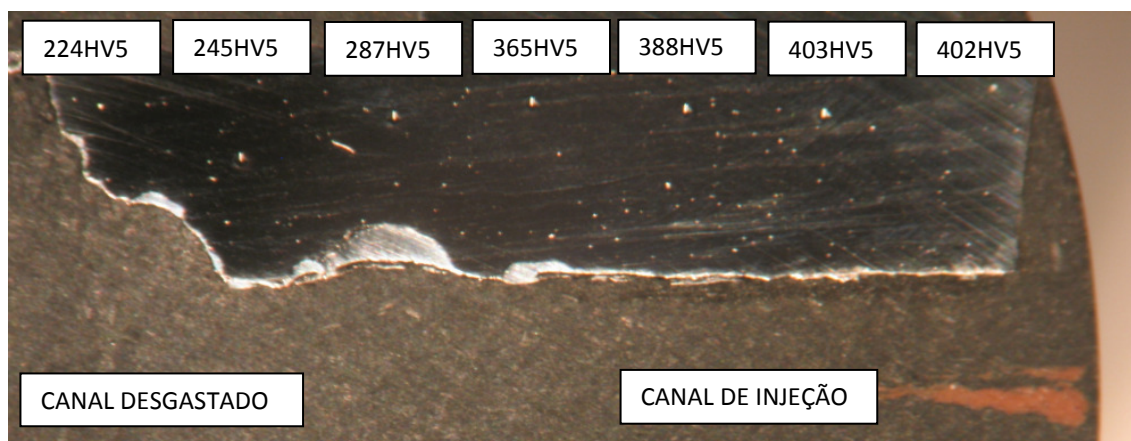


Figura 123 - Análise de dureza no bico de injeção após 180 horas de trabalho.

3.4.3. Caracterização dos problemas referentes às resistências

As resistências acabaram por tornar esta mudança bastante dispendiosa, uma vez que o custo das mesmas é elevado, e a durabilidade bastante reduzida. De forma a distinguir, irá ser designado como resistência eléctrica o corpo que contém a sonda e os fios eléctricos e por resistência a forma final com a resistência eléctrica, invólucro e proteção exterior (Figura 124). À medida que se ia passando as máquinas dotadas de aquecimento a chama para resistência, os custos com aquisição de resistências ia aumentando.

Aplicou-se o mesmo procedimento de controlo, que foi aplicado aos bicos de injeção, com a criação de uma tabela de excel e uma etiqueta para a troca das mesmas na manutenção.

Inicialmente pensou-se que pudesse existir algum fenómeno de degradação/corrosão, devido ao contacto que ocorria entre o cobre da resistência e o aço do bico de injeção, à temperatura de injeção (possível incompatibilidade de materiais). Na Figura 125 a), é possível ver uma resistência com o invólucro em cobre, e na Figura 125 b) é possível ver uma resistência usada em que o invólucro em cobre se degradou totalmente.

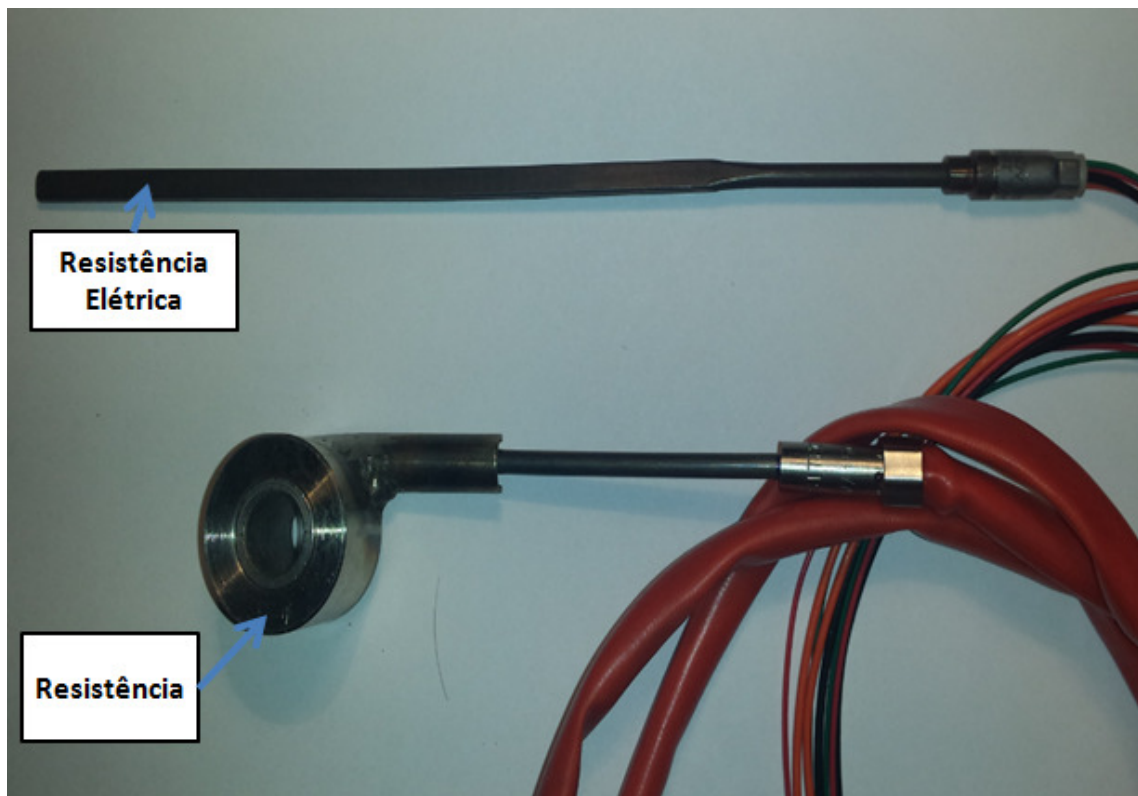


Figura 124 - Resistência elétrica e resistência.

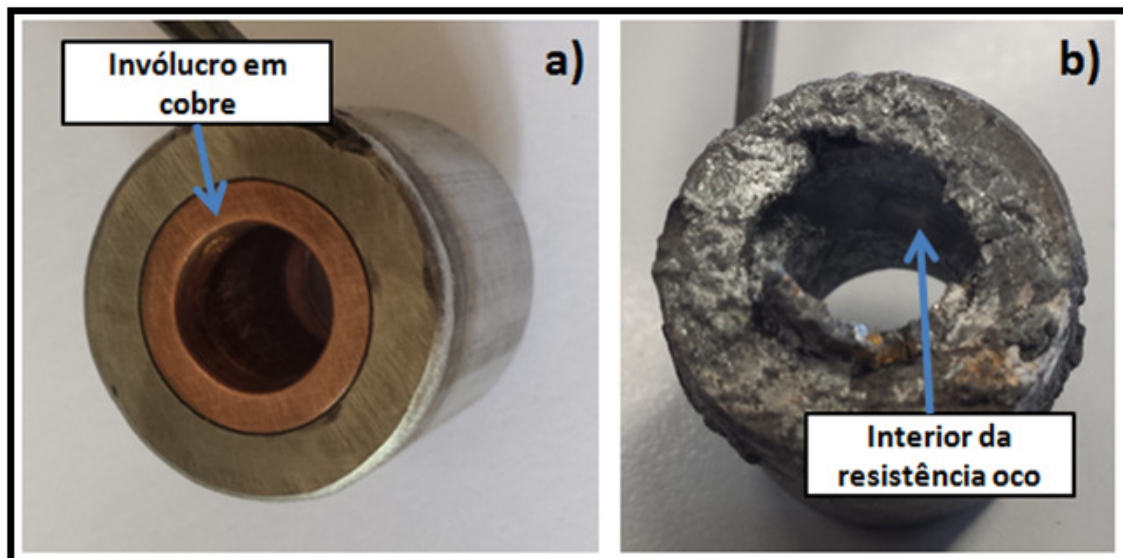


Figura 125 - a) resistência nova, b) resistência usada.

Da análise anteriormente realizada aos bicos de injeção, constatou-se que, quando a parede interna que guiava o metal fundido se desgastava por completo, era a parede do invólucro em cobre da resistência que realizava o guiamento do metal fundido. Uma vez que a dureza do cobre é bem menor que a do aço, em pouco tempo o invólucro deixava de guiar o metal e este era injetado para o exterior.

Tudo indicava, que o gasto das resistências era uma consequência dos problemas já existentes nos bicos de injeção e do mau acoplamento. Existia a expectativa de que, se fossem resolvidos estes problemas, os gastos com resistências diminuiria.

Verificou-se posteriormente que os problemas não só se deviam a um desgaste provocado pelos bicos de injeção, mas também a outros fatores ainda sem justificação, dado que, muitas vezes, resistências com bom aspeto (ver Figura 126) e sem razões aparentes, deixavam de funcionar.



Figura 126 - Resistência avariada.

De maneira a contornar este problema, efetuou-se um levantamento sobre possíveis causas que poderiam estar a ocorrer nas resistências, que obrigasse à substituição das mesmas.

Os possíveis defeitos identificados foram os seguintes:

- Sonda (variação na leitura da temperatura);
- Resistência elétrica em curto-circuito;
- Resistência danificada (normalmente má utilização do operador);
- Mau acoplamento entre bico injeção/ resistência (folga com o bico de injeção);

Foi utilizado um controlador de temperatura (ver Figura 127) para testar as resistências que iam sendo substituídas, e foi-se atribuindo um dos problemas acima mencionados.

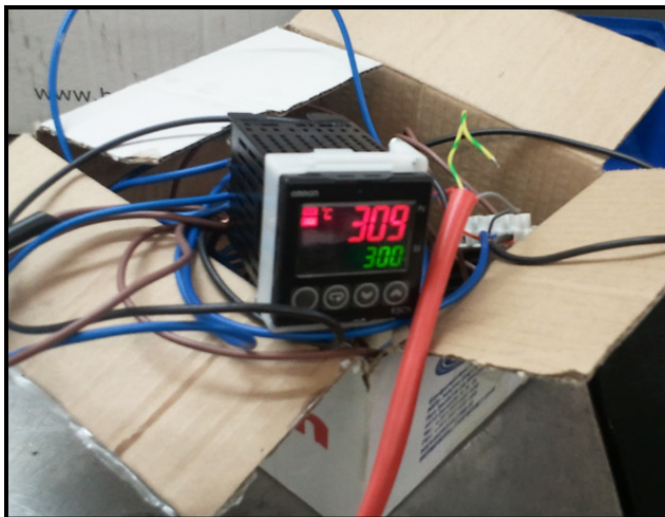


Figura 127 – Controlador de temperatura utilizado para análise de avarias.

Após um mês a identificar os problemas nas resistências foi realizado um diagrama de Pareto (ver Figura 128) para verificar qual o defeito que representava mais custos no processo e onde teria que ser focado o estudo.

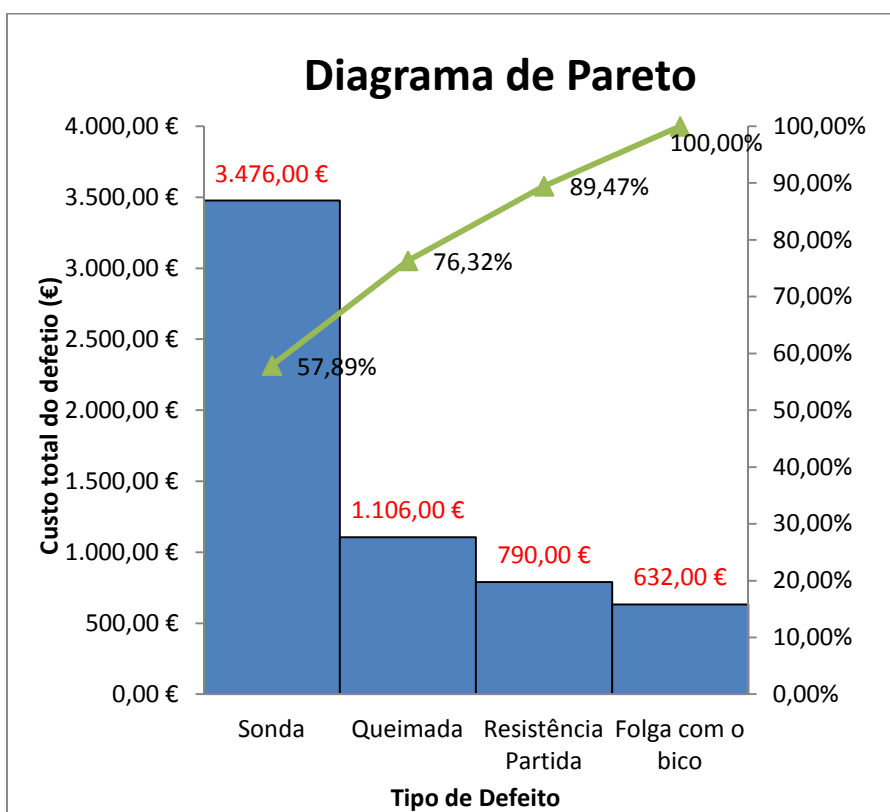


Figura 128 - Diagrama de Pareto relativo a avarias nas resistências.

Após análise do diagrama de Pareto, foi verificado que o estudo teria de estar focado nas sondas utilizadas no fabrico das resistências. Foi realizada uma pesquisa exaustiva sobre manuais de termopares numa tentativa de solucionar o problema.

O princípio de funcionamento dos sensores termoeletrônicos (termopares ou sondas) baseia-se no efeito de *Seebeck*. A junção de dois materiais metálicos diferentes, cria uma tensão proporcional à diferença de temperatura entre os terminais e a junção. A esta tensão dá-se o nome de tensão de *Seebeck*.

Todos os pares metálicos dissimilares apresentam este efeito, porém somente alguns deles produzem uma tensão de *Seebeck* considerável. Na Figura 129, é possível ver os pares metálicos, utilizados em termopares, assim como a tensão média gerada.

TIPOS DE TERMOPARES | Constituição e tensão média gerada

TIPO	ELEMENTO POSITIVO	ELEMENTO NEGATIVO	TENSÃO MÉDIA GERADA ($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$)
K	Ni90%Cr10% (Cromoníquel)	Ni95%Mn2%Si1%Al2% (Níquel)	41
T	Cu100% (Cobre)	Cu55%Ni45% (Constantan)	55
J	Fe99,5% (Ferro)	Cu55%Ni45% (Constantan)	55
N	Ni84,4%Cr14,2%Si1,4% (Nicrosil)	Ni95,45%Si4,4%Mg0,15% (Nisil)	36
E	Ni90%Cr10% (Cromel)	Cu55%Ni45% (Constantan)	75
R	Pt87%Rh13% (Ródio-Platina)	Pt100% (Platina)	10
S	Pt90%Rh10% (Ródio-Platina)	Pt100% (Platina)	10
B	Pt70,4%Rh29,6% (Ródio-Platina)	Pt63,9%Rh6,1% (Platina)	6
G	W100% (Tungstênio)	W74%Re26%(Tungstênio/Rênio)	14
C	W95%Re5% (Tungstênio)	W74%Re26%(Tungstênio/Rênio)	17
D	W97%Re3% (Tungstênio)	W75%Re25%(Tungstênio/Rênio)	18

Figura 129 - Tipos de termopares - Constituição e tensão média gerada (FFONSECA, 2010).

Testou-se as resistências avariadas com problemas na sonda e a maioria funcionava. Uma vez que a maioria funcionava, a primeira ideia que ocorreu seria a de que estavam a ser trocadas resistências sem que se detetasse realmente qual o problema que estava a ocorrer. Dado que funcionavam, voltou-se a colocar as mesmas em utilização mas, ao fim de algumas horas de trabalho, voltavam a deixar de funcionar.

Inicialmente, quando eram testadas as resistências no controlador de teste, era apenas com o objetivo de ver se estas funcionavam, e se o termopar realizava a leitura da temperatura (os primeiros testes que realizava era até aos 200/250°C). Uma vez que estes primeiros testes a temperaturas baixas, não exibiam quaisquer problemas e as mesmas voltavam a avariar, resolveu-se realizar o teste às mesmas, mas neste caso simulando com a temperatura utilizada no processo (550 °C). Constatou-se então que a resistência a temperaturas baixas funcionava sem problemas, mas quando se aumentava para as temperaturas de trabalho, começava a dar erro na leitura. Quando a temperatura da mesma diminuía, em alguns casos a resistência voltava a fazer uma leitura correta.

3.4.4. Caraterização dos problemas de acoplamento do bico de injeção ao molde.

Da análise realizada no tópico (3.3.2.4.), a máquina tem um mecanismo que faz a movimentação/rotação da estrutura frontal, para que se dê o encosto entre a estrutura inferior do molde e o bico de injeção. Este movimento provoca um desgaste tanto no bico de injeção como na estrutura. Quando são instalados componentes novos, o contacto entre eles é ideal. Se apenas um dos componentes for trocado, após horas de utilização, este contacto já não irá ser o melhor, mesmo após a afinação da máquina, dado que um dos componentes já sofreu um desgaste característico. Uma vez que, numa máquina de zamak por dia, podem ser trocadas várias vezes referências de injeção (referência corresponde a um terminal de injeção diferente), leva a que haja constantemente um encosto diferente entre os componentes. Na Figura 130 é possível visualizar a ponta de um bico de injeção após vários ciclos de utilização.



Figura 130 - Desgaste da ponta do bico injeção.

Na maior parte das vezes, detetou-se que os operadores não afinavam o encosto de maneira igual. Realizavam esta operação da forma como achavam melhor. De forma a evitar as más afinações, realizou-se uma instrução de afinação para as máquinas de zamak e foi dada formação aos operadores.

A solução não passaria apenas por garantir constantemente uma correta afinação. Seria essencial encontrar uma solução que, além de constantes afinações que levariam a perdas de tempo, permitisse também um contacto diferente entre estes componentes. Como foi possível ver anteriormente, este contacto entre o molde e o bico de injeção apresenta vários riscos e danos para a resistência, com acumulação de zamak na zona superior.

3.4.5. Caracterização dos problemas relativamente à parametrização da máquina de injeção

O controlo da temperatura nas máquinas a gás era realizado por inspeção visual, com o auxílio de passadores, de forma a regular a intensidade de gás. Com a alteração do meio de aquecimento (gás para resistência), obrigou a que todo o sistema de aquecimento sofresse uma alteração brusca. Foi necessário adquirir controladores de temperatura, alterar parâmetros de programação nas máquinas, adquirir novas competências, conhecimentos e posteriormente dar formação aos operadores.

Uma boa parametrização das máquinas de injeção tem como objetivo:

- Evitar o uso de excesso de temperatura para corrigir outros problemas;
- Evitar constantes falhas de injeção;
- Evitar paragens constantes nas máquinas devido à informação no painel de bico frio (quando são atingidas no controlador temperaturas inferiores ao que está definido para injeção, a máquina não permite injetar e dá informação de bico frio no painel);
- Desgaste da resistência devido à fadiga (ligar e desligar);
- Desgaste dos bicos de injeção por fadiga térmica.

Após a análise dos parâmetros utilizados inicialmente nas máquinas, verificou-se o seguinte:

- Máquinas com parâmetros de sonda mal definidos, visto que havia vários tipos de controladores e o parâmetro da sonda não é o mesmo em todos os controladores existentes na fábrica;
- O tempo definido para desligar o aquecimento, quando é atingida a temperatura máxima, era cerca de 10 segundos. Este tempo provocava uma queda da temperatura de cerca de 70/100°C, sendo suficiente para ter falhas de injeção ou então dava constantemente bico frio (desta forma, os operadores passavam o limite máximo definido para a temperatura, de forma a compensar o tempo que a resistência estava desligada);
- Inicialmente as máquinas realizavam o aquecimento com recurso a um potenciómetro. Quando este estava a uma potência mais baixa, as máquinas demoravam bastante tempo aquecer;
- Algumas máquinas tinham os alarmes definidos no controlador mas não estavam ativados. Quando era ligada a resistência, a temperatura subia e não desligava. As resistências estavam a trabalhar no limite máximo.

Este trabalho de parametrização das máquinas de zamak acabaria por ser essencial, uma vez que a durabilidade dos componentes dependia em grande parte deste controlo.

3.5. Resolução dos problemas

A caracterização dos problemas foi essencial, para proporcionar uma boa abordagem à resolução dos mesmos.

As ideias a reter da caracterização dos problemas são:

- Desgaste do canal interno dos bicos de injeção;
- Encosto entre o molde e o bico de injeção;
- Definir o tipo de sonda a aplicar nas resistências de maneira a garantir uma durabilidade maior;
- Erros de parametrização de aquecimento existente nas máquinas de injeção de zamak.

Após identificar alguns dos possíveis problemas que poderiam estar envolvidos na degradação prematura dos componentes, procedeu-se a algumas alterações, na tentativa de resolução dos mesmos. As primeiras alterações começaram por ser realizadas nos bicos de injeção, uma vez que representavam algum perigo para os operadores. Posteriormente foram abordados os

temas sobre quais as sondas mais indicadas a aplicar nas resistências e a parametrização a implementar nas máquinas de injeção de zamak.

3.5.1. Resolução dos problemas que afetam o bico de injeção

A primeira ideia seria corrigir a geometria interna do canal de zamak, e realizar um tratamento ao aço de forma a evitar o desgaste prematuro, provocado pela temperatura de trabalho e pelo escoamento do zamak.

Posteriormente, seria aproximar a resistência elétrica do canal interno de zamak, de forma a diminuir as perdas de temperatura por contacto, favorecendo uma diminuição da temperatura de trabalho.

3.5.1.1. Geometria interna

A informação a reter da caracterização dos problemas, seria de que o desgaste prematuro existente nos bicos de injeção tivesse origem no formato do canal interno. Ponderou-se numa fase inicial realizar um furo cónico (ver Figura 131, a)), de topo a topo, no bico de injeção. Assim, seria garantido um escoamento contínuo ao longo de todo o canal interno e não ocorreriam variações bruscas de pressão. Esta ideia foi deixada para segundo plano, visto que o custo do bico de injeção seria consideravelmente maior que o atual. Com isto, e de forma a diminuir a mudança brusca de secção, a solução seria aproximar o diâmetro dos furos internos, criando um fluxo o mais laminar possível, e ao mesmo tempo minimizar as diferenças de pressão. Na Figura 131 b), é possível ver o canal interno da versão original, com 5 e 2 mm de diâmetro. As alterações para que os canais tivessem 3 e 1.8 mm de diâmetro, estão visíveis na Figura 131 c).

Estas medidas foram tomadas, com base no diâmetro do canal à saída da bomba injeção (diâmetro 5 mm), e optou-se por 3 mm de diâmetro para não ficar uma discrepância maior entre estes componentes. Após o comprimento definido para o canal interno com 3 mm de diâmetro este passaria para um diâmetro de 1.8 mm. Com esta redução, seria garantido, uma maior robustez na ponta do bico de injeção e um fluxo laminar do metal fundido durante o processo.

As alterações não ficaram apenas pelos diâmetros internos do canal. Outra alteração sugerida foi que a zona com variação de diâmetros fosse antes da ZQ (ver Figura 131 d)). O objetivo desta alteração é evitar que haja refluxos de zamak nesta zona (ver Figura 121), que se encontra já fragilizada pela temperatura no local.

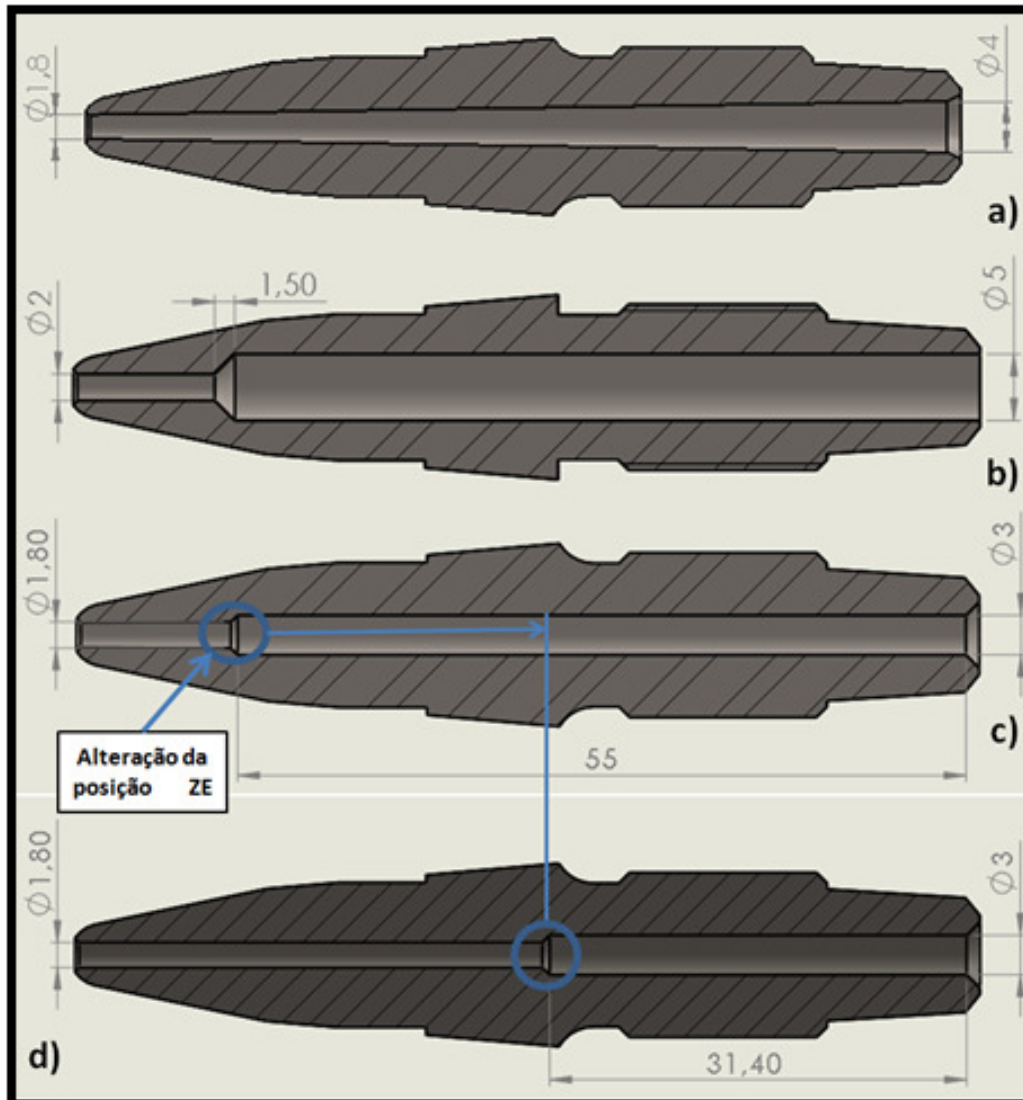


Figura 131 - Evolução do canal interno do bico injeção.

Foram realizadas 15 amostras de acordo com o formato anterior para serem testadas. Os resultados foram ótimos e em comparação com o formato anterior, os resultados são visíveis na Tabela 15 e Tabela 16. Na Tabela 17, é possível ver um teste realizado em que a zona de diferença de diâmetros está posicionada fora da zona quente.

Tabela 15 - Corte longitudinal dos bicos de injeção, antes da alteração.

Amostra 1

Condições de trabalho:

- 11 dias de utilização (temperado, zona de estrangulamento na **zona quente**, $\varnothing 2$ e $\varnothing 5$ mm);
- Máquina a trabalhar 2 turnos por dia;
- Cerca de 500 injeções por hora (máquinas de 1 injeção).

**Amostra 2**

Condições de trabalho:

- 17 dias de utilização (temperado, zona de estrangulamento na **zona quente**, $\varnothing 2$ e $\varnothing 5$ mm);
- Máquina a trabalhar 2 turnos por dia;
- Cerca de 500 injeções por hora (máquinas de 1 injeção).

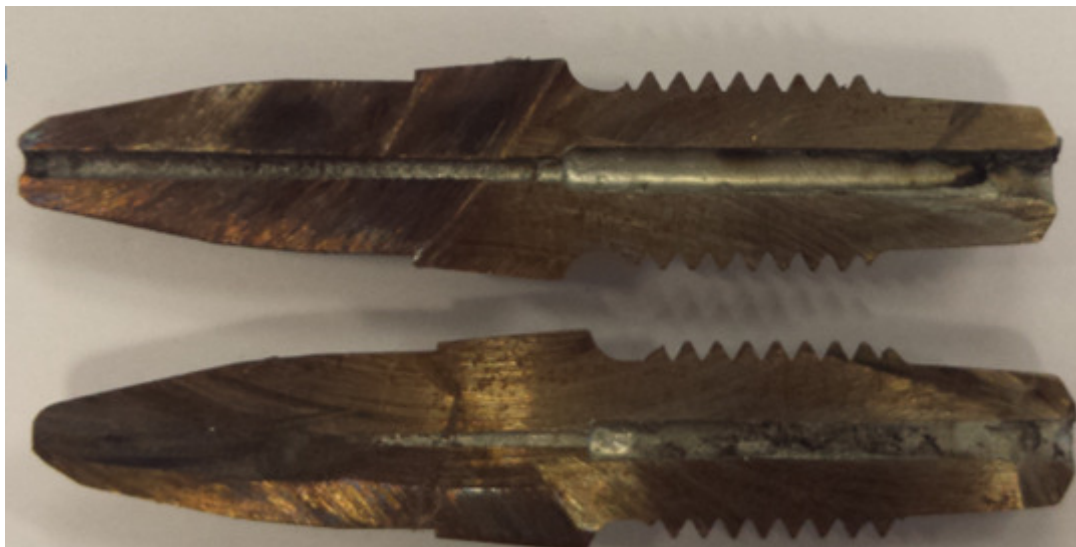


Tabela 16 - Corte longitudinal dos bicos de injeção, após a alteração.

Amostra 1

Condições de trabalho:

- 59 dias de utilização (temperado, nitrurado, zona de estrangulamento na **zona fria**, $\varnothing 1,8$ e $\varnothing 3$ mm);
- Máquina a trabalhar 2 turnos por dia;
- Cerca de 500 injeções por hora (máquinas de 1 injeção).

**Amostra 2**

Condições de trabalho:

- 47 dias de utilização (temperado, nitrurado, zona de estrangulamento na **zona fria**, $\varnothing 1,8$ e $\varnothing 3$ mm);
- Máquina a trabalhar 2 turnos por dia;
- Cerca de 500 injeções por hora (máquinas de 1 injeção).

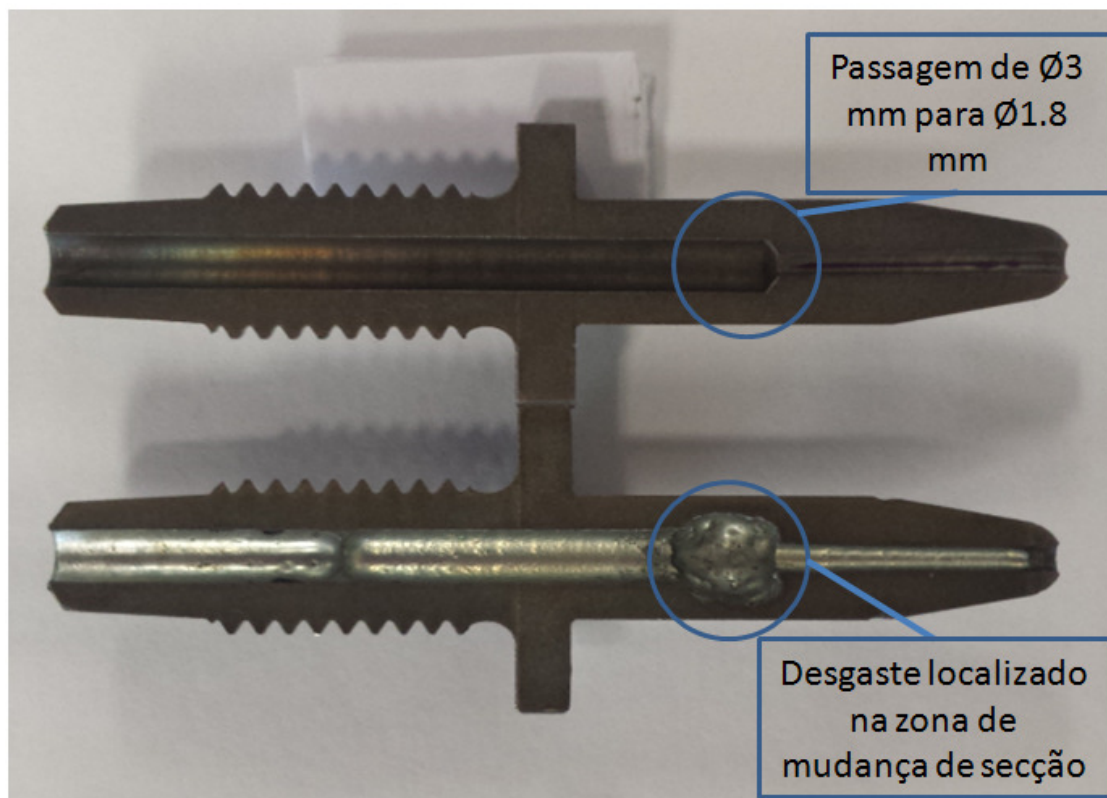


Tabela 17 - Teste realizado com formato de canal interno antigo e novo.

Amostra 1

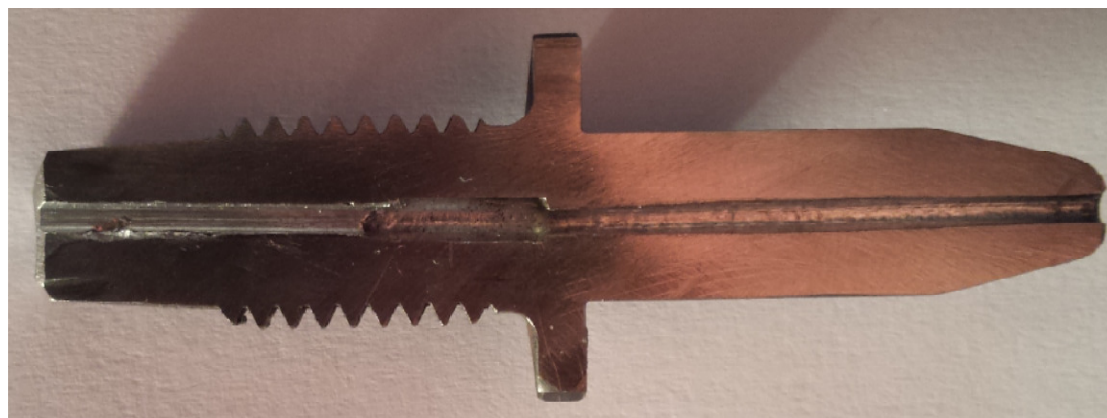
Condições de trabalho:

- 14 dias de utilização (temperado, nitrurado, zona de estrangulamento na **zona quente**, $\varnothing 1,8$ e $\varnothing 3$ mm);
- Máquina a trabalhar 2 turnos por dia;
- Cerca de 250 a 400 injeções por hora (máquinas de 2 injeção).

**Amostra 2**

Condições de trabalho:

- 63 dias de utilização (temperado, nitrurado, zona de estrangulamento na **zona fria**, $\varnothing 1,8$ e $\varnothing 3$ mm);
- Máquina a trabalhar 2 turnos por dia;
- Cerca de 500 injeções por hora (máquinas de 1 injeção).



3.5.1.2. Material e tratamentos

O aço utilizado para o fabrico do bico de injeção é o MG-50 ORVAR. Após várias pesquisas, verifica-se que é o mais indicado para o processo, e para a injeção de ligas de zinco, como é possível visualizar na

Tabela 18. É um aço ferramenta para trabalho a quente com uma excelente combinação entre dureza, boa resistência a choques térmicos e às fissuras por fadiga térmica, mantendo estas propriedades mesmo com temperaturas de trabalho na ordem dos 600°C. A combinação das suas propriedades, principalmente a temperaturas elevadas, torna este aço adequado para diferentes aplicações, sendo uma delas a fundição sob pressão. Como seria de esperar, as temperaturas utilizadas no processo afetam as propriedades mecânicas do aço, principalmente a dureza. Uma diminuição da dureza promove uma quebra na resistência ao desgaste, com a consequente degradação prematura do bico de injeção.

Tabela 18 - Aços e durezas recomendadas para as respetivas ligas a injetar (adaptado: (Uddeholm, 2015)).

Componentes	Ligas a injetar		
	Titânio/Zinco	Alumínio/Magnésio	Cobre/Bronze
Bicos de injeção	STAVAX ESR	ORVAR SUPREME	QRO 90 SUPREME
	40-44 HRC	ORVAR SUPERIOR	40-44 HRC
	ORVAR SUPREME	42-48 HRC	ORVAR SUPREME
	35-44 HRC	QRO 90 SUPREME	ORVAR SUPERIOR
Pinos ejetores	QR90 SUPREME	42-46 HRC	42-48 HRC
	ORVAR SUPREME	QRO 90 SUPREME	QRO 90 SUPREME
	46-50 HRC (niturado)	ORVAR SUPREME	ORVAR SUPREME
Êmbolos de injeção		46-50 HRC (niturado)	46-50 HRC (niturado)
		ORVAR SUPREME	QRO 90 SUPREME
	ORVAR SUPREME	ORVAR SUPERIOR	42-46 HRC (niturado)
	42-46 HRC (niturado)	42-48 HRC (niturado)	ORVAR SUPREME
		QRO 90 SUPREME	ORVAR SUPERIOR
		42-46 HRC (niturado)	42-46 HRC (niturado)

Como é possível ver no diagrama da Figura 132, a dureza (inicialmente de 40 a 45 HRC) cai abruptamente ao fim de duas horas de trabalho, e ao fim de 100 horas de uso, ou seja, cerca

de 6 dias a 2 turnos, é inferior a 25HRC. Estes valores foram calculados para uma temperatura de 650°C.

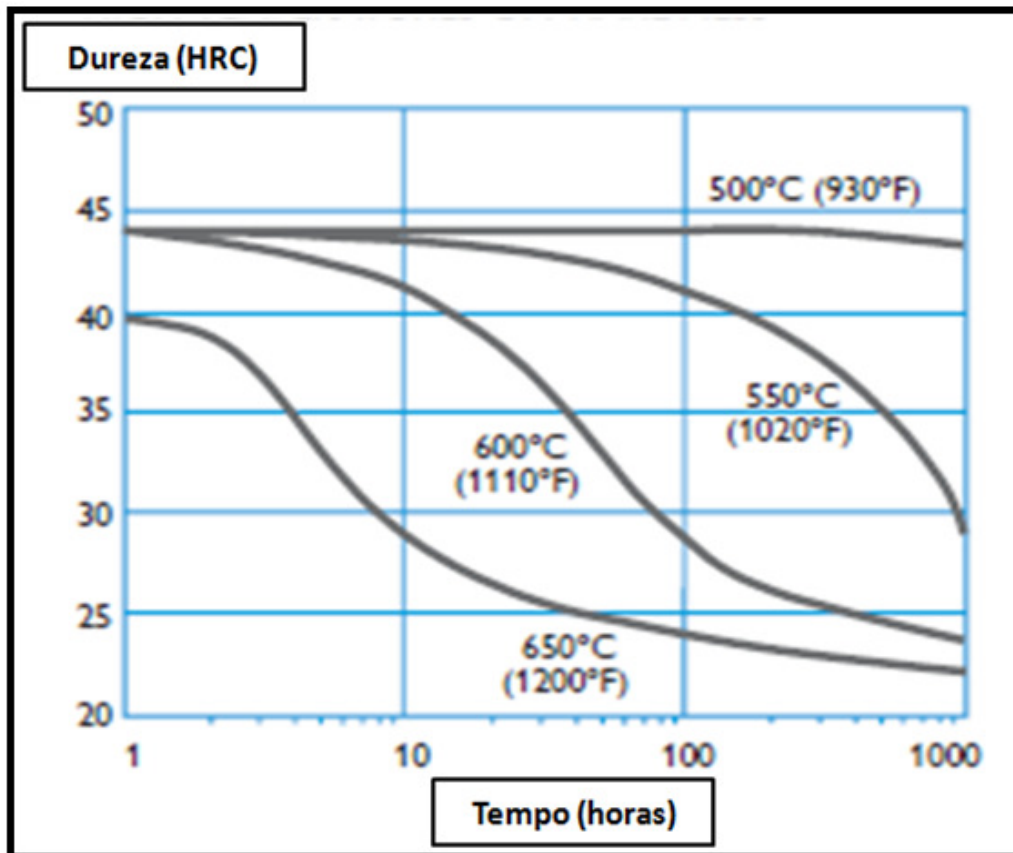


Figura 132 – Gráfico Tempo vs Dureza vs Temperatura adaptado (Uddeholm Orvar Supreme, 2015).

A dureza inicial é tanto mais elevada quanto maior for a temperatura de austenitização usada no processo de têmpera. Para tal, o processo de têmpera deverá ser devidamente efetuado, com um controlo da temperatura máxima atingida, estágio de uniformização da temperatura na zona a temperar e cuidado no arrefecimento, para que este seja realizado com a taxa de arrefecimento mais adequada à conveniente formação de martensite.

Uma vez que nas primeiras pesquisas tudo apontava para que o aço em utilização fosse o mais aconselhado, outras soluções foram ponderadas e avaliadas, de forma a seleccionar o material indicado para o fabrico do bico de injeção.

Outro aço pesquisado, X210Cr12 (1.2080), tem características ótimas de resistência ao desgaste mas é utilizado essencialmente em ferramentas de trabalho a frio. Pela Figura 133, verifica-se uma perda circunstancial da dureza quando utilizado em temperaturas de trabalho que rondam os 600°C.

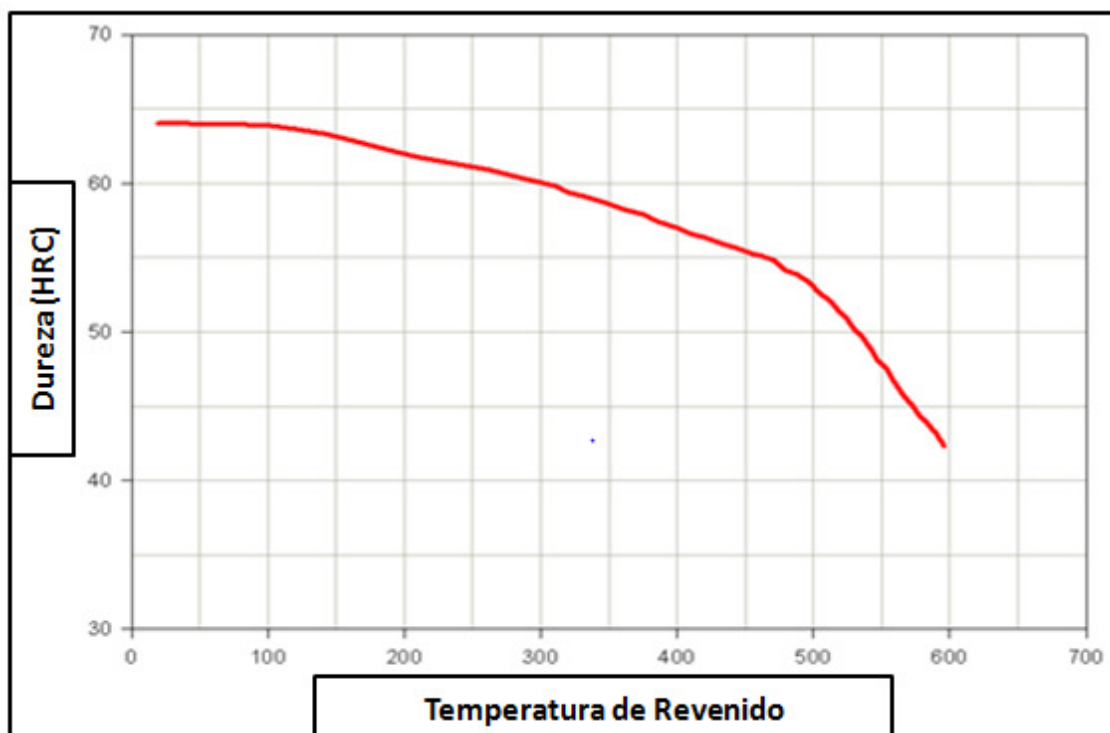


Figura 133 - Gráfico de dureza em função da temperatura para o aço X210Cr12 (Metal Ravne, 2015).

Outro aço pesquisado foi o Bohler W350 e, pelo que é possível analisar através da Figura 134, este possui propriedades mecânicas (tensão limite de proporcionalidade ($R_{p0.2}$) e tensão de rotura (R_m)), relativamente interessantes e estáveis à temperatura de trabalho de 630°C, mantendo estas propriedades acima dos 40 HRC, o que o torna extremamente interessante para o processo. É claramente um aço para trabalho a quente, mas apresenta alguns problemas que têm que ser levados em consideração, nomeadamente a erosão, fadiga térmica e elevado estado de tensão. Isto levará, inevitavelmente, à criação de fissuras com o tempo, o que, para evitar acidentes, obrigaria à criação de um plano de manutenção/substituição dos bicos ao fim de um determinado tempo de serviço. Nas curvas do tratamento térmico, a máxima dureza é atingida quando o material é revenido a cerca de 530 °C (ver Figura 135).

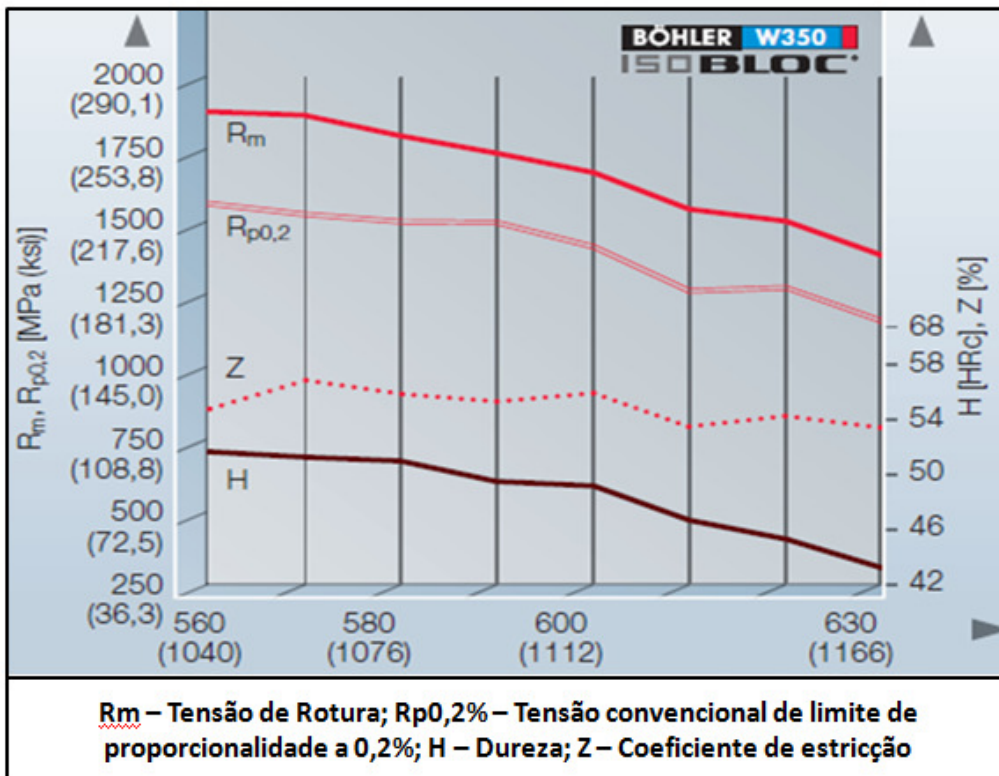


Figura 134 – Gráfico de propriedades mecânicas do aço BOHLER W350 (adaptado (Bohler Edelstahl, 2011)).

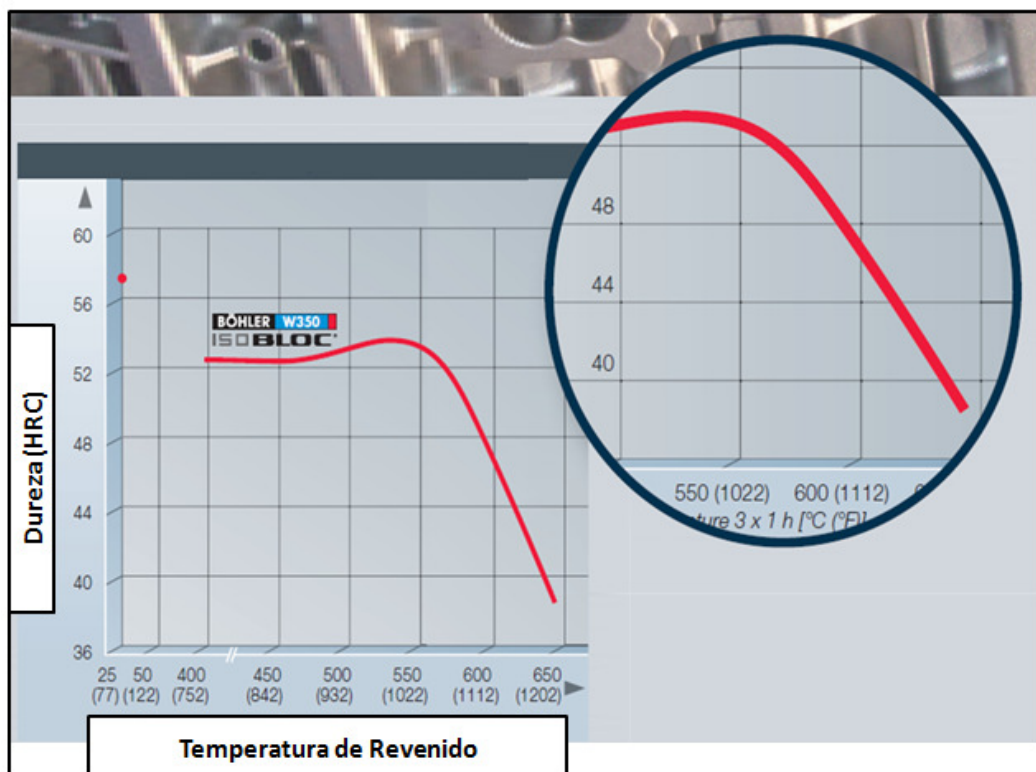


Figura 135 - Gráfico do revenido do aço Bohler W350 (adaptado (Bohler Edelstahl, 2011)).

Quando o mesmo é colocado a uma temperatura na casa dos 650°C ou mesmo 700°C, como acontece em algumas máquinas, o material perde dureza de forma significativa, pois, efetivamente estamos numa gama de temperaturas na qual se realizam os recozidos (alívio de tensões, normalizações, etc., conforme a composição de cada aço), pelo que não será de esperar que a dureza conferida por qualquer tratamento subsista à temperatura de trabalho a que está sujeito. No mesmo diagrama é possível ver que, se o aço fosse revenido a 650°C, a dureza seria muito pouco interessante (abaixo dos 40 HRC), ou seja, estaríamos a recozer o aço, que é o que, está a acontecer quando os parâmetros da temperatura de injeção são demasiados elevados.

Uma outra possibilidade, e talvez o mais indicado para a aplicação em causa, será o BOHLER W705, que é o aço que melhor conserva as suas características acima dos 550°C, embora perca propriedades de forma drástica acima dos 600°C (ver Figura 136).

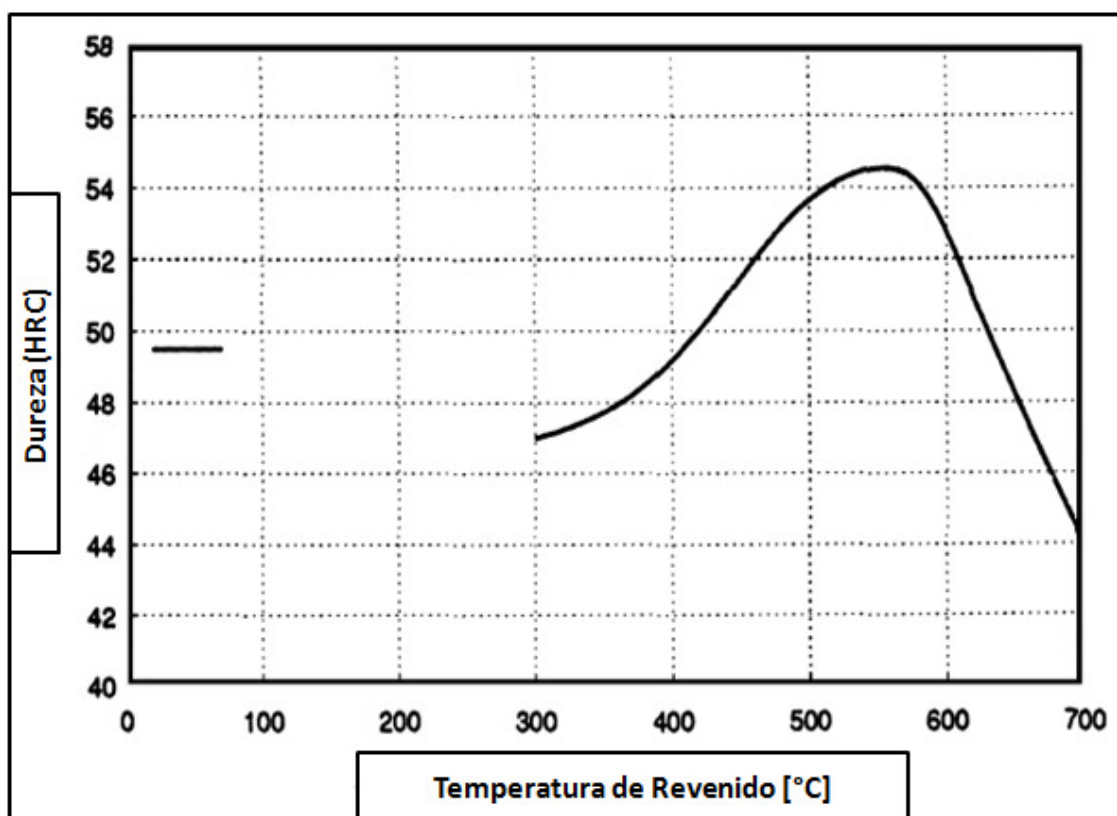


Figura 136 - Gráfico do revenido aço Bohler 750 (adaptado de (Bohler Edelstahl, 2011)).

Esta será, provavelmente, a melhor solução para o material a aplicar na conceção do bico de injeção, pelas características que o manual técnico apresenta, mas o problema da perda de tenacidade mantém-se a altas temperaturas mantendo-se na mesma a necessidade de uma manutenção preventiva/substituição que já foi relatada anteriormente.

A pesquisa por um aço como alternativa estava realizada, só faltava rever o processo, e tentar diminuir drasticamente a temperatura de injeção. Caso não fosse possível, a alternativa seria investir num aço com propriedades melhores.

Inicialmente manteve-se o aço ORVAR-MG50, fornecido pelo F.Ramada, mas com a realização de um tratamento de nitruração em vácuo a 580°C, dado que este já estava provido de um tratamento de têmpera e revenido. A aplicação de um tratamento de nitruração têm como objetivo promover um aumento da dureza superficial do canal interno do bico de injeção. Este tratamento superficial permite dar uma boa resistência ao desgaste, mas a temperatura de realização da nitruração é de aproximadamente 580 °C, isto é, a temperatura a que se dá a difusão do Azoto para a superfície. Quando o componente é colocado a trabalhar a uma temperatura superior, o efeito do tratamento esvai-se, já que se verifica a migração do Azoto para o restante material (que não a superfície), e o efeito de endurecimento e redução do desgaste por adesão desaparece.

A nitruração consiste na introdução de azoto, sob a forma de nitretos de ferro, numa película superficial do aço, obtendo-se grande dureza superficial. Aplica-se este processo quando se pretende conferir uma dureza superficial superior. Em princípio, qualquer aço pode sofrer uma nitruração. Entretanto, somente aqueles que, têm quantidades suficientes de elementos capazes de formar nitretos especiais (alumínio, cromo, molibdénio, tungsténio e vanádio), obterão as durezas superficiais máximas. Os aços que possuem apenas uma percentagem mínima desses elementos, apresentarão após a nitruração somente um pequeno aumento da dureza superficial, conhecida como nitruração macia. Num grande número de casos, a nitruração aumenta consideravelmente a duração das ferramentas ou dos elementos de construção. A nitruração é efetuada no estado gasoso, sendo um processo que pode demorar de 20 a 60 horas. Deve-se levar em conta, que a camada nitrurada é muito frágil e fina, não devendo ser exposta a choque ou grandes esforços locais de compressão. Depois da nitruração não é necessário realizar qualquer outro tratamento. (Ramada Aços, 2015)

3.5.1.3. Geometria externa

A primeira correção exterior a realizar no bico de injeção, foi a execução de um “*fillet*”, onde se localizava, a maior variação de secção externa (ver Figura 137). Como foi possível ver na Figura 114, em alguns casos, os bicos de injeção partiam durante o funcionamento na máquina. Da

análise realizada, detetou-se que a maioria fraturava nessa zona. Possivelmente, esta mudança de seção abrupta, provoca concentração de tensões, tornando esta zona suscetível ao corte.

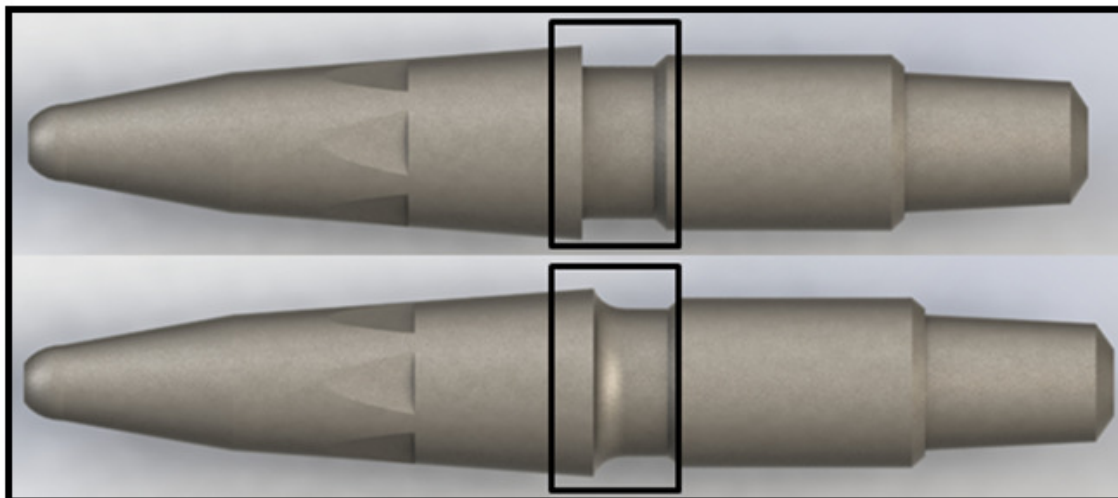


Figura 137 - Zona com maior variação de seção.

Posteriormente foi detetado, que a zona roscada estava com um comprimento superior ao definido no desenho. Com isto, parte da rosca do bico de injeção ficava fora da zona roscada da bomba, o que poderia fragilizar o bico de injeção. O comprimento de rosca foi posteriormente corrigido para a medida correta.

Uma vez que os problemas começavam a ficar solucionados, surgiu a possibilidade de desenvolver um formato exterior diferente. As primeiras alterações pensadas tinham como objetivo diminuir as perdas de calor por condução durante o aquecimento.

Utilizando o formato cónico, não permitia diminuir a distância da resistência elétrica para menos do que 6 mm (ver Figura 138, a)). Esta medida é definida pela cota máxima, que vai desde o diâmetro exterior do canal interno, até à distância mais exterior do bico de injeção, necessitando ainda de adicionar a espessura do invólucro (inicialmente a uma distância de 8,25 mm).

O objetivo seria aproximar a resistência elétrica ao canal por onde escoa o metal fundido. Para isso, seria necessário diminuir a cota de 6 mm para uma medida inferior. A distância mínima escolhida foi a menor distância desde o eixo do furo de diâmetro 1.8 mm, até à distância mínima de contacto, atualmente, com a resistência (5 mm) (ver Figura 138, b)). A ideia também seria uniformizar a espessura de cobre, de forma, a que a transmissão de calor também o fosse.

O sextavado existente no bico de injeção (ver Figura 138, c)), para apertar e desapertar o bico na bomba de injeção, teria que ser mantida, mas em outro local, de forma a facilitar essa operação.

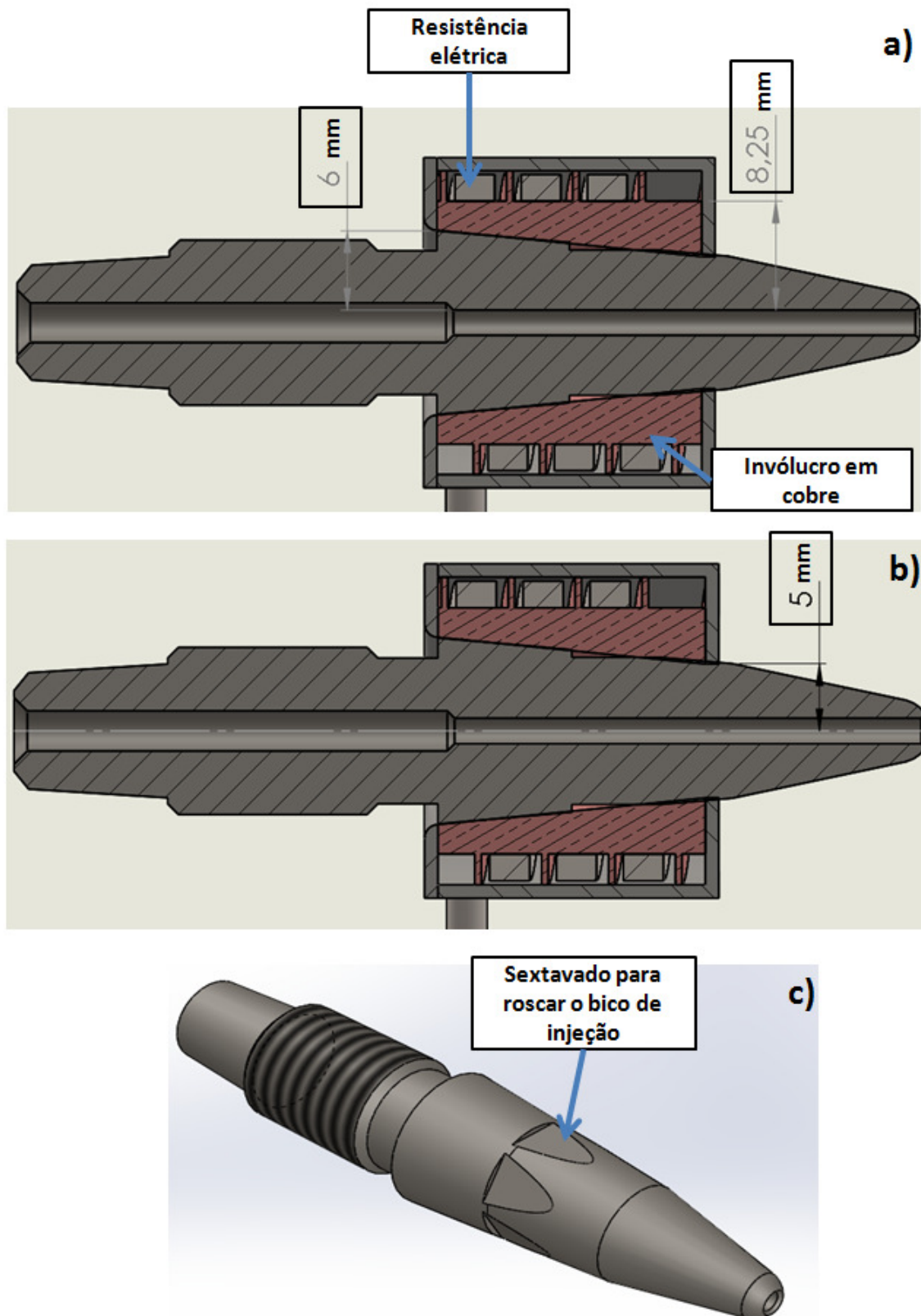


Figura 138 - Distâncias do furo interno à resistência.

Os primeiros exemplares físicos ficaram com o formato visível na Figura 139 a). Esta alteração permitiu diminuir a distância de 8.25 mm para 7 mm de distância.

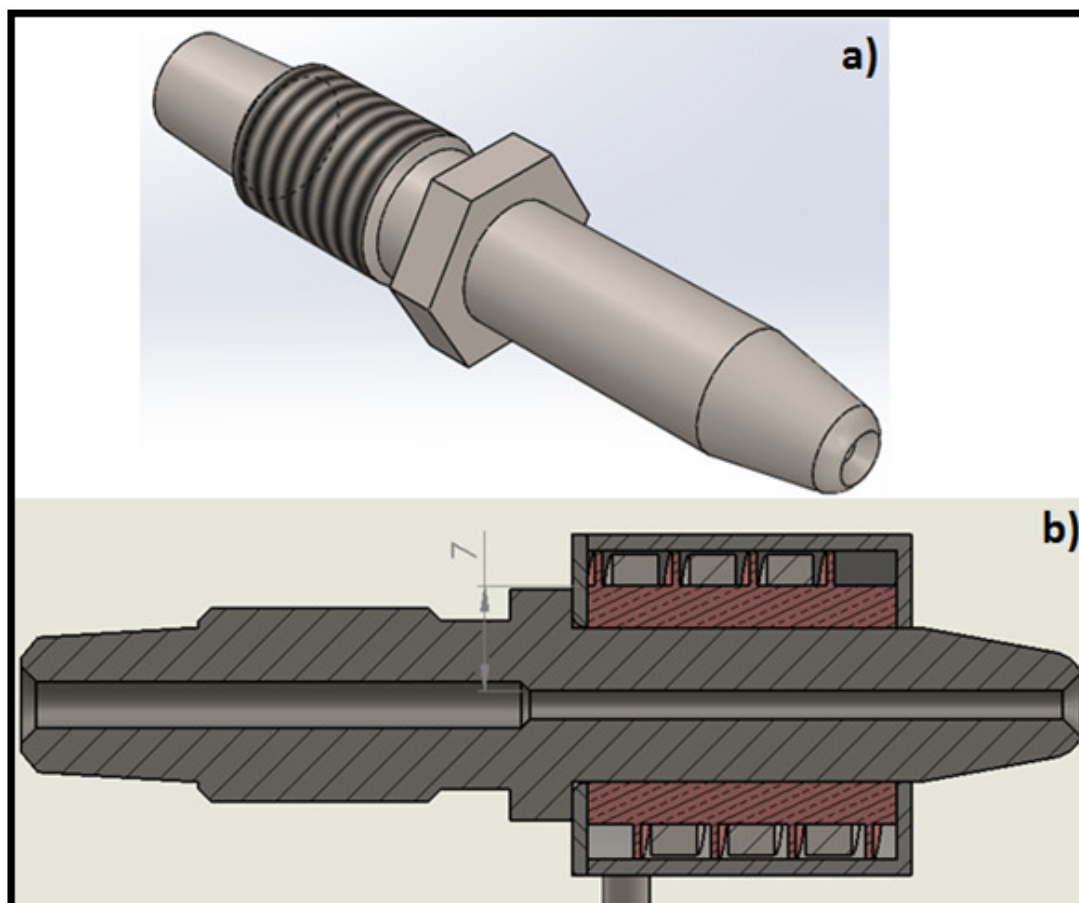


Figura 139 - Versão do bico de injeção a direito.

Numa fase posterior, e com o objetivo de diminuir os custos com a resistência, surgiu a ideia de tentar enrolar a resistência elétrica diretamente no bico de injeção (ver Figura 140), e desenvolver uma cápsula para proteger a mesma. Sendo assim, a tentativa de aproximar a resistência elétrica do canal interno, permitiu-nos ter um novo *design* para o bico de injeção. O desenvolvimento da cápsula para proteger a resistência elétrica será explicado no tópico seguinte.

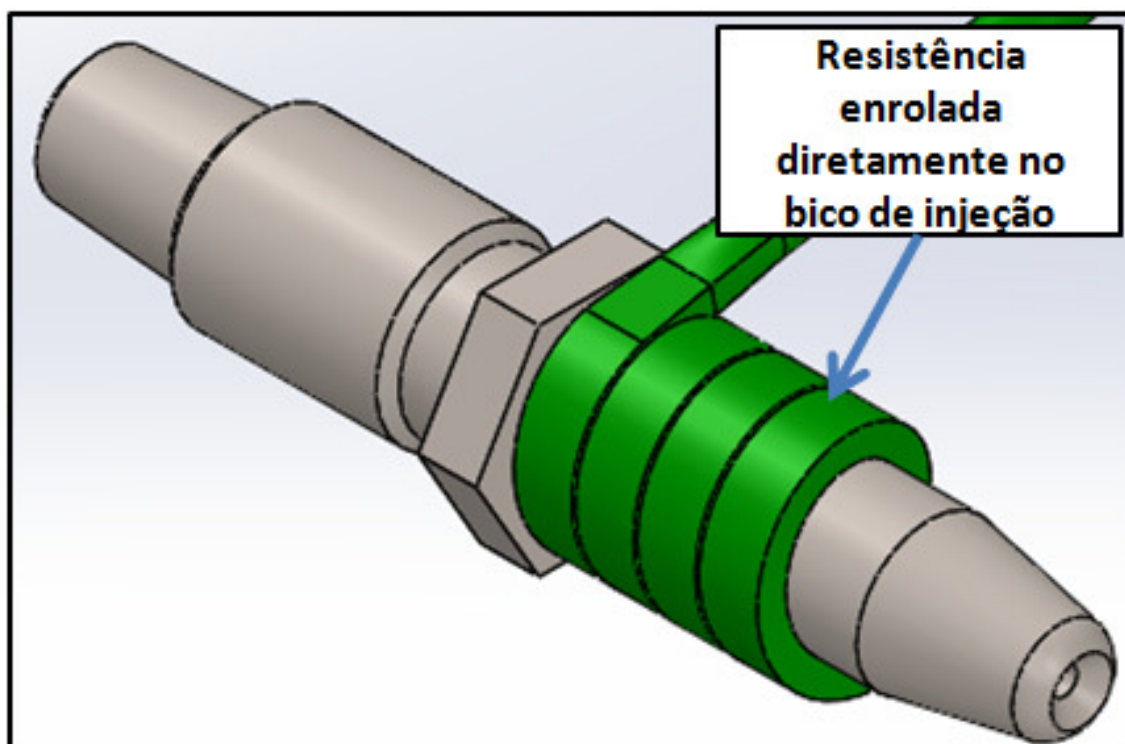


Figura 140 - Resistência enrolada diretamente no bico de injeção.

3.5.2. Resolução dos problemas que afetam a resistência

Como foi possível visualizar no tópico referente à caracterização dos problemas relativamente às resistências, o maior problema estava associado aos termopares. O termopar que estava a ser utilizado nas resistências era do tipo J (ver Figura 129), e após várias pesquisas detetou-se que, não é o mais indicado para as temperaturas de trabalho utilizadas no processo, mesmo que se consiga diminuir as temperaturas de injeção.

Os termopares são constituídos (ver Figura 141) por um elemento positivo (não magnético) e outro negativo (magnético). Uma das razões encontradas, como justificação para a variação de temperatura indicada pelo controlador, tem a ver com o fenómeno de histerese magnética.

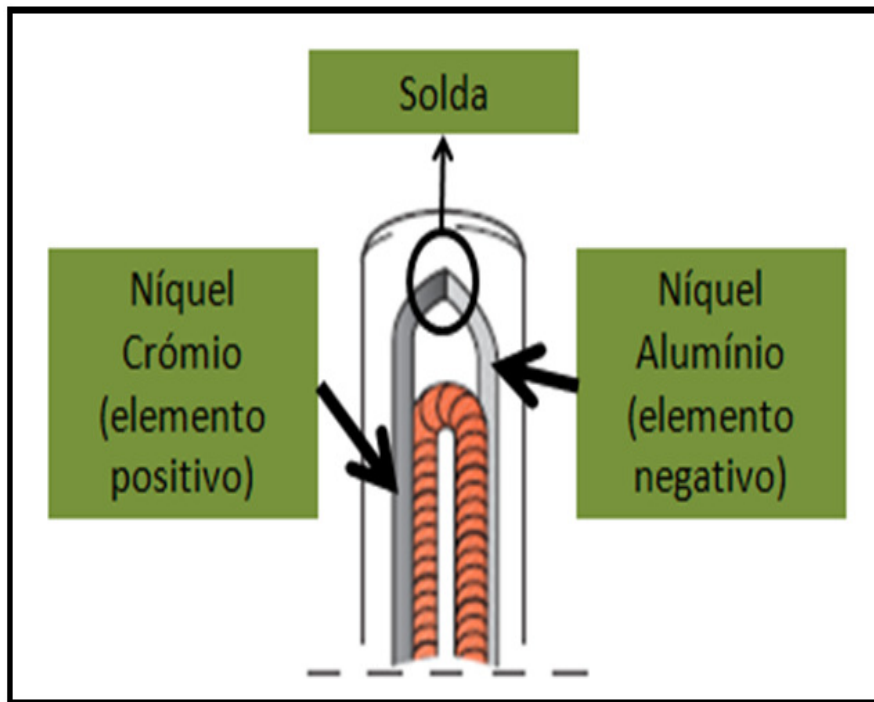


Figura 141 - Esquema de uma resistência elétrica.

A histerese (ver Figura 142) pode ser definida como a tendência de um material ou sistema em conservar as suas propriedades na ausência do estímulo que as gerou. Podem encontrar-se diferentes manifestações desse fenómeno, de acordo com o material utilizado. Quando um campo magnético, aplicado a um material ferromagnético, for aumentado até à saturação, e em seguida for diminuído, a densidade do fluxo B não diminui tão rapidamente quanto o campo H . Dessa forma, quando H chega a zero, ainda existe uma densidade de fluxo remanescente, B_r . Para que B chegue a zero, é necessário aplicar um campo negativo. Se H continuar a aumentar no sentido negativo, o material é magnetizado com polaridade oposta. Desse modo, a magnetização inicialmente será fácil, quando se aproxima da saturação, passando a ser difícil no ponto de saturação. A redução do campo novamente a zero, deixa uma densidade de fluxo remanescente, $-B_r$, e, para reduzir B a zero, deve-se aplicar uma força que percorra o sentido positivo. Aumentando-se mais ainda o campo, o material fica novamente saturado, com a polaridade inicial (CiênciaHoje, 2015)

Este fenómeno, que causa o atraso entre a densidade de fluxo e o campo magnético, é chamado de histerese magnética, enquanto o ciclo traçado pela curva de magnetização é chamado de ciclo de histerese.

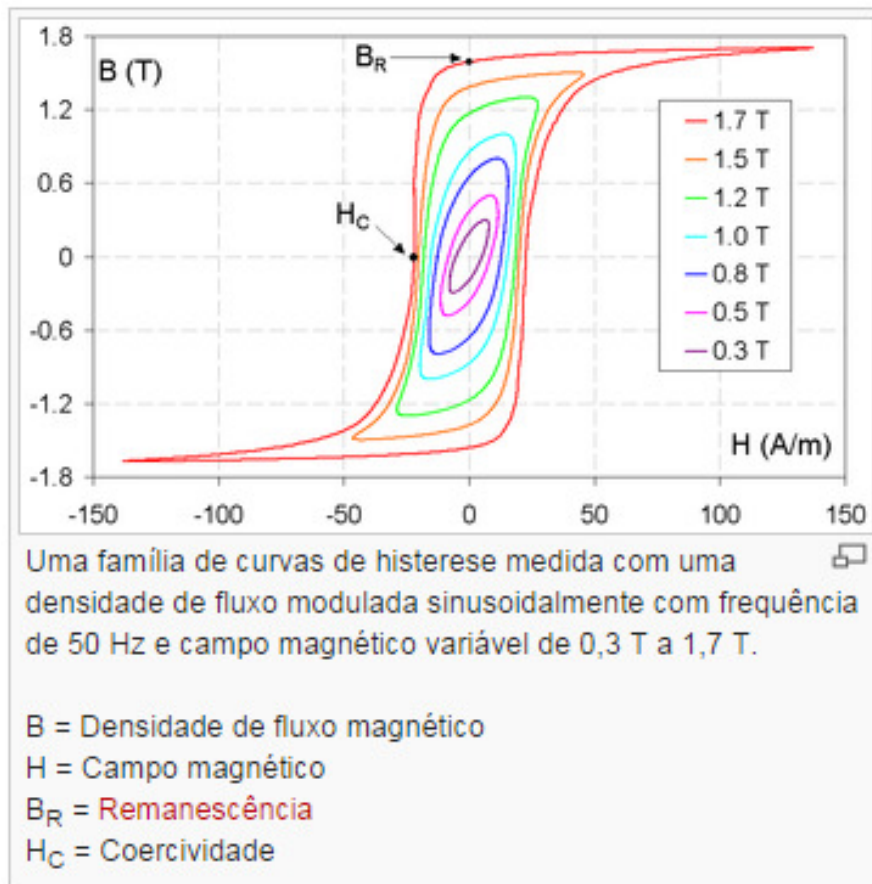


Figura 142 - Histerese magnética. (CiênciaHoje, 2015)

Simplificando, o que ocorria é que a tensão média gerada em função da temperatura atingia o ponto de saturação mais facilmente no tipo de sonda J, e provocava variações na leitura da temperatura. Isto explicava o facto de a baixas temperaturas a leitura ser correta, e a altas temperaturas o controlador realizar leituras incorretas.

O fenómeno descrito anterior não era explicação para todos os problemas identificados, uma vez que outros casos ocorriam, tais como: a sonda não dar qualquer informação no controlador de temperatura ou medir até uma determinada temperatura e depois entrar em “erro”. Estes problemas ocorriam normalmente para temperaturas que rondavam os 550°C. Quando a temperatura baixava, havia casos em que o controlador voltava a realizar a leitura correta ou então continuava a dar erro de leitura. Uma vez que os elementos positivo e negativo são soldados (ver Figura 143), possivelmente com o aumento da temperatura a ligação (soldadura) entre o elemento positivo e o negativo dessoldava, e não fazia a leitura da temperatura (controlador dava erro). Duas situações poderiam ocorrer quando a temperatura diminuía:

- Deixava de haver a ligação entre os materiais constituintes do termopar e, por consequência, deixava de medir a temperatura;
- Poderia acontecer que a solda voltasse a ter contacto, e voltava a fazer leitura da temperatura normalmente.

Detetado o problema, iniciou-se um processo para escolha do termopar ideal a aplicar no processo.

Da informação, retirada dos guias de referência dos termopares, verificou-se que:

- O tipo de termopar depende das temperaturas de trabalho (ver Tabela 19);
- Diâmetro dos fios da sonda depende, das temperaturas de trabalho (ver Tabela 20);
- Tabela 20);
- A qualidade da solda que une os materiais influencia nos resultados;

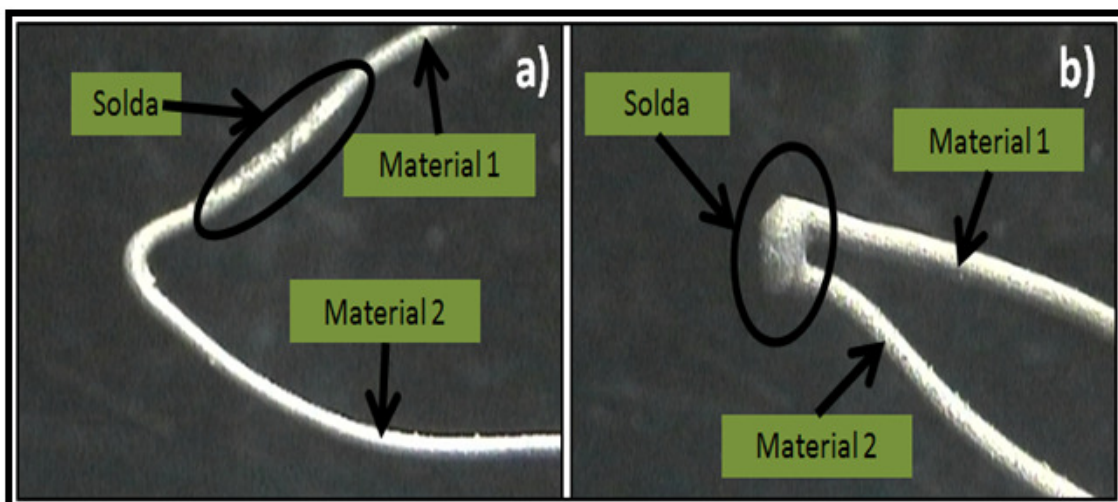


Figura 143 - Vista microscópica de uma sonda tipo J (a), e sonda tipo K (b), com respetiva zona soldada.

Tabela 19 - Especificações relativamente aos termopares tipo J e K (adaptado (OMEGA, 2003-2015)).

Símbolo	Recomendação para termopares			Código de cor ANSI
	Material de calibração	Positivo (+)	Negativo (-)	
K	Chromega - Alomega	Chromega (não magnético) 90% Ni – 10% Cr	Alomega (magnético) 96%Ni – 2% Mn – 2% Al	Amarelo
		Recomendação de alcance de temperaturas (-200 a 1250 °C).		
J	Ferro-Constantan	Ferro (magnético)	Constantan (não magnético) 55% Cu – 45% Ni	Preto
		Recomendação de alcance de temperaturas (0 a 750 °C).		

Tabela 20 - Temperaturas máximas vs diâmetros dos fios que compõe o termopar (adaptado (OMEGA, 2003-2015)).

Tipo de termopar	3.25 mm	1.63 mm	0.81 mm	0.51 mm	0.32 mm	0.25 mm
K	1260°C	1090°C	980°C	870°C	870°C	760°C
J	760°C	590°C	480°C	370°C	370°C	320°C

Uma vez que as temperaturas de trabalho rondam os 550/580°C, verifica-se pela

Tabela 20, que a sonda com um diâmetro de 0,51 mm (diâmetro medido às sondas que estão a ser utilizadas, tipo J), apenas está preparado para temperaturas que rondam no máximo 370°C. A utilizar uma sonda J, teriam que ser utilizados fios com diâmetros de 3.25 mm. Sendo assim só restava uma solução, e seria avançar para um termopar tipo K. Com diâmetros de fios de 0.25 mm seria suficiente, mas resolveu-se manter o diâmetro de 0.51 mm, como “coeficiente de segurança”.

A alteração do tipo de sonda de J para K, foi sem dúvida a alteração que permitiu reduzir de forma direta os custos da aquisição de resistências de aquecimento.

Uma vez que a ideia de enrolar a resistência elétrica diretamente no bico de injeção já estava pensada e os problemas relativamente à resistência elétrica estavam solucionados, começou-se a desenhar/dimensionar, uma proteção para envolver a resistência elétrica. Isto porque a mesma, depois de enrolada no bico de injeção, necessita de algo que a comprima contra o mesmo, e ao mesmo tempo uma proteção para que não fique em contacto direto com o exterior.

A ideia seria fazer o enrolamento da resistência elétrica à parte (num mecanismo, ver Figura 144), posteriormente colocar no interior da cápsula de proteção (ver Figura 145, a)) e depois quando necessário realizava-se a montagem no bico de injeção (ver Figura 145, b)).

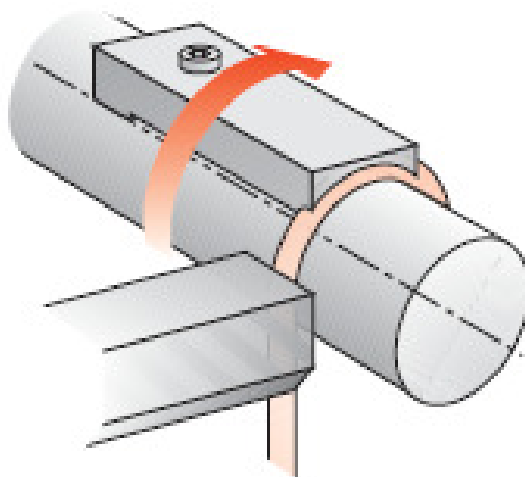


Figura 144 - Mecanismo para enrolar resistências. (Turk+Hillinger, 2013)

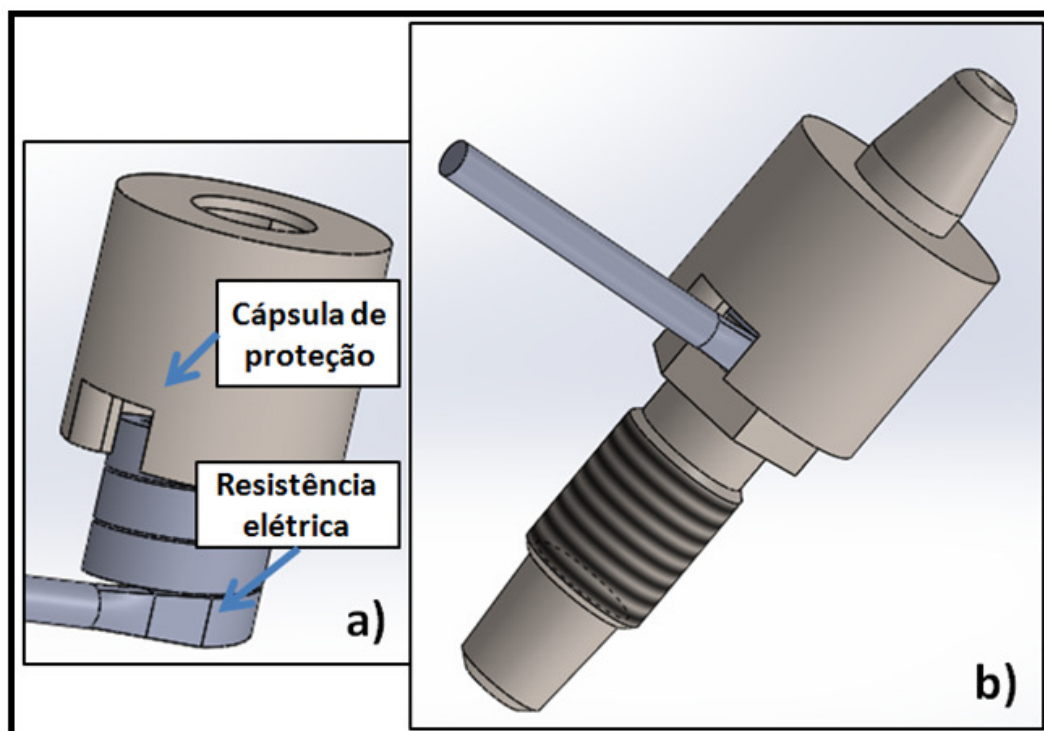


Figura 145 - Montagem da resistência elétrica na cápsula a), montagem da resistência no bico de injeção b).

Da informação a reter com as resistências anteriores, o contacto da resistência elétrica com as paredes da cápsula leva a uma grande perda de calor. A prova disso é que, quando se liga a resistência, as paredes da cápsula ficam com um tom avermelhado (ver Figura 146).



Figura 146 - Resistência em funcionamento.

Uma vez que o ideal seria minimizar as perdas por condução (perdas por contacto, ver Figura 147, a) e b)), a opção recairia no formato estriado (ver Figura 147, c) e d)), concentrando assim o calor no interior da mesma. O formato estriado tem três “caixas-de-ar” que permitem diminuir as perdas térmicas por condução. Na Figura 148, é possível ver um exemplar físico da montagem de uma resistência na cápsula estriada. Verifica-se então que as zonas da resistência elétrica que estão em contacto com a cápsula, não são zonas onde a temperatura seja máxima.

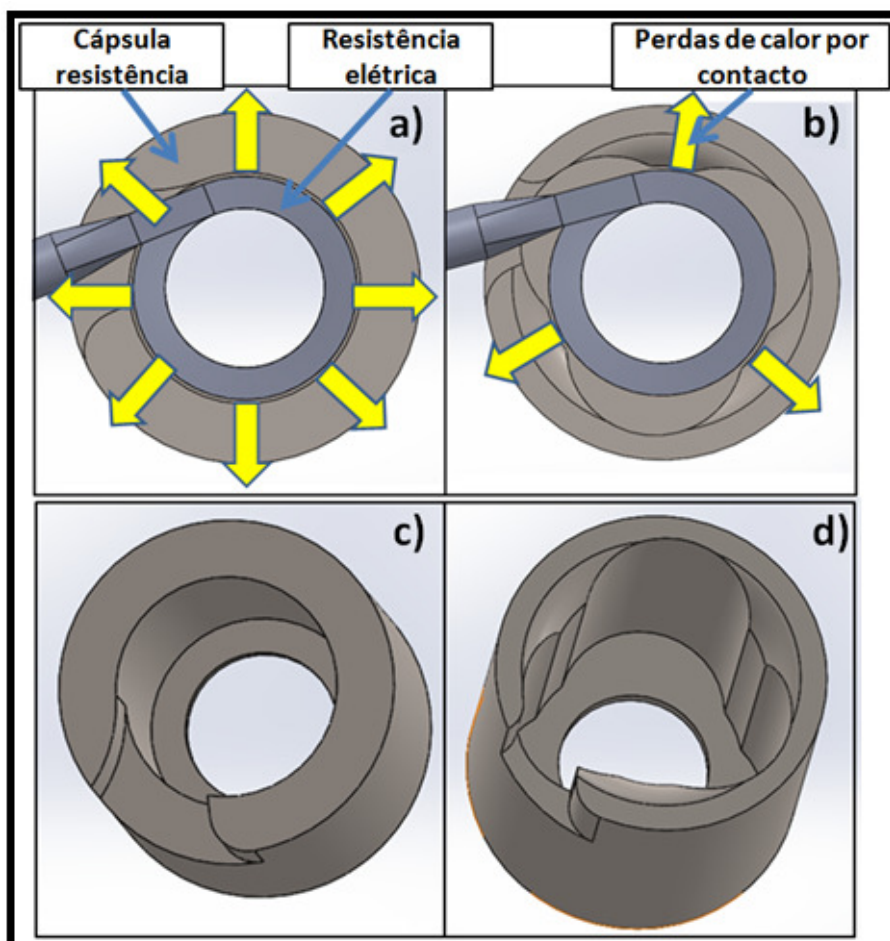


Figura 147 - Cápsula de proteção. Perdas por contacto no modelo maciço e estriado.

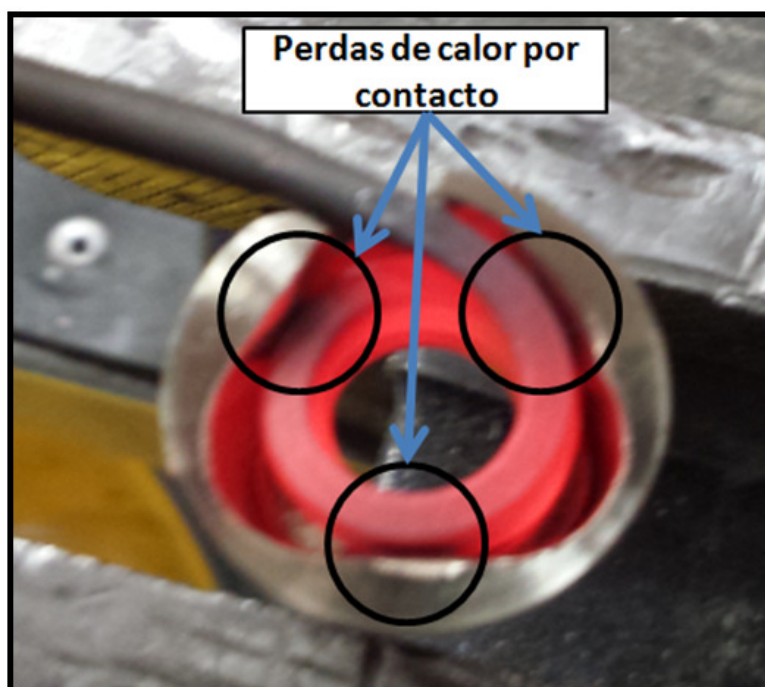


Figura 148 - Foto vista de topo da montagem da resistência na cápsula estriada.

Durante os primeiros testes verificou-se que era possível avançar com a ideia, mas era preciso corrigir alguns pormenores na capsula de proteção. O primeiro exemplar da cápsula de proteção tinha uma parede de contacto com a resistência elétrica bastante fina (Figura 149), de forma a ter menos perdas de calor. Esta ideia não foi a melhor solução, uma vez que durante o processo de montagem da resistência no bico de injeção, esta parede bastante fina danificava as resistências. Detetado o problema resolveu-se fazer algumas alterações e aumentou-se à espessura da parede de contacto (cerca de 3 mm). Com esta espessura, já não ficavam visíveis deformações na resistência elétrica.



Figura 149 - Capsulas de proteção com diferentes espessuras de contacto.

Outra dúvida que surgiu, seria qual o diâmetro interior a utilizar para colocação da resistência. Durante a fase de desenho, o diâmetro a utilizar para que os componentes ficassem todos em contacto seria de 14,3 mm. Só que esta medida não absorvia todas as tolerâncias que os materiais necessitariam. Os primeiros exemplares foram fornecidos com este diâmetro, mas posteriormente, verificou-se que não dava para montar no bico de injeção, nem a frio, nem a quente. Posteriormente testou-se outras medidas, sendo que a ideal seria o diâmetro 14,5 mm (ver Figura 150). Com este diâmetro continuava a ter problemas com a montagem a frio mas, realizando um pré-aquecimento, os materiais dilatavam para o exterior, permitindo assim uma montagem justa à mão. Foi realizado uma instrução de montagem para as resistências, que está disponível em anexo.

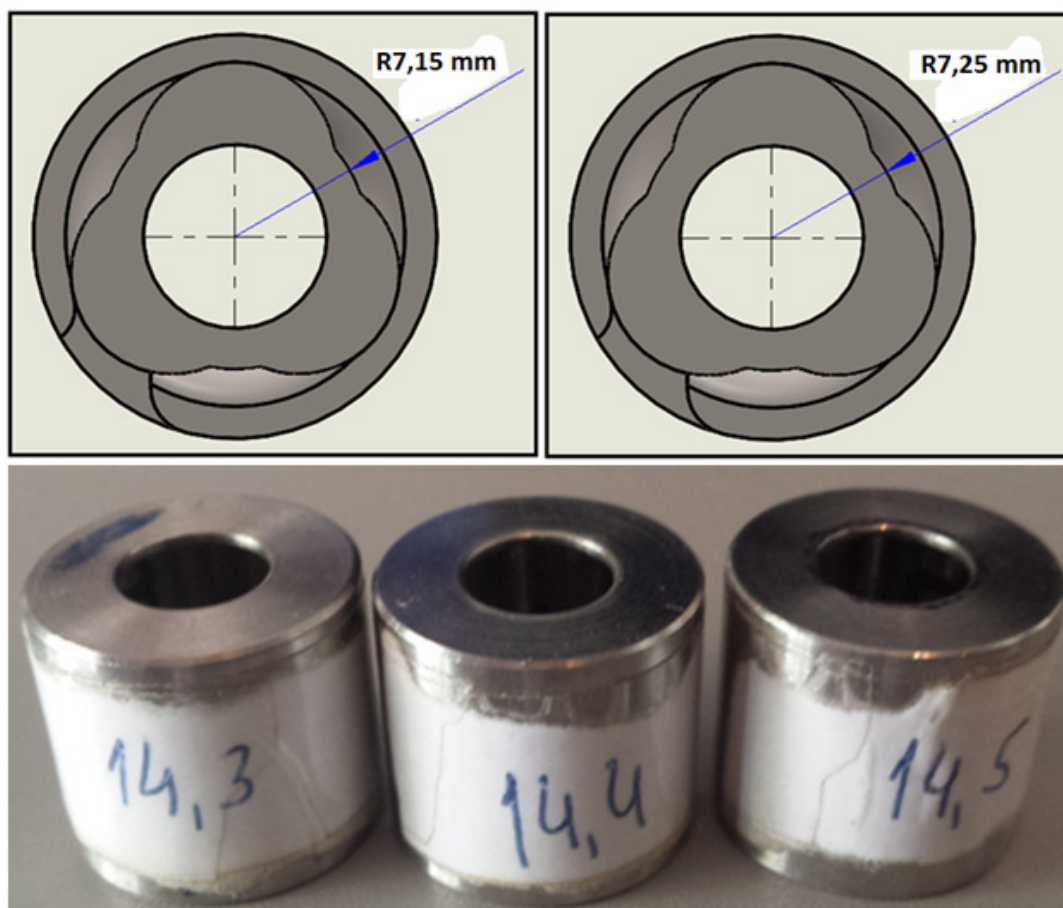


Figura 150 - Capsulas de proteção com diferentes diâmetros para encaixe da resistência elétrica.

Existia outro problema por resolver, que estava relacionado com o comprimento das resistências elétricas que estavam a ser utilizadas, as quais tinham como dimensões $2,2 \times 4,2 \times 265 \text{ mm}^3$ (resistências elétricas utilizadas com invólucro) e seria necessário arranjar outras com dimensões de $2,2 \times 4,2 \times 130 \text{ mm}^3$. Isto porque o comprimento útil de aquecimento agora era menor (enrolamento realizado num diâmetro menor) e, por questões de segurança, não era permitido ter zona quente fora da cápsula de proteção. A procura por uma resistência com o comprimento desejado tornou-se uma grande dificuldade, porque não existiam no mercado. Isto obrigou a uma pesquisa exaustiva em fabricantes de resistências, principalmente internacionais. Foi realizado um primeiro contacto com um fornecedor alemão que foi bastante positivo, uma vez que este tinha exatamente o pretendido, tendo como único inconveniente o prazo mínimo para entrega, que era de três meses.

3.5.3. Resolução dos problemas de acoplamento do bico de injeção ao molde

Da análise realizada na página 142 (Caracterização dos problemas de acoplamento do bico de injeção ao molde), a solução não passaria apenas por dar formação aos operadores sobre como afinar as máquinas. Em discussão na FicoCables ponderou-se a ideia de pensar numa estrutura que, quando fosse necessário mudar a referência, o contacto entre estrutura e bico de injeção se mantivesse.

Na Figura 151 temos do lado esquerdo a estrutura antiga. Neste caso, alterar a referência obrigava a ter um contacto diferente com o bico de injeção. Do lado direito, temos a estrutura designada por encaixe rápido, e quando é necessário alterar a referência, o contacto da estrutura com o bico de injeção mantém-se. Com esta alteração, após troca de referência, não obriga a afinar a estrutura ao bico de injeção, uma vez que a zona de contacto não foi alterada.

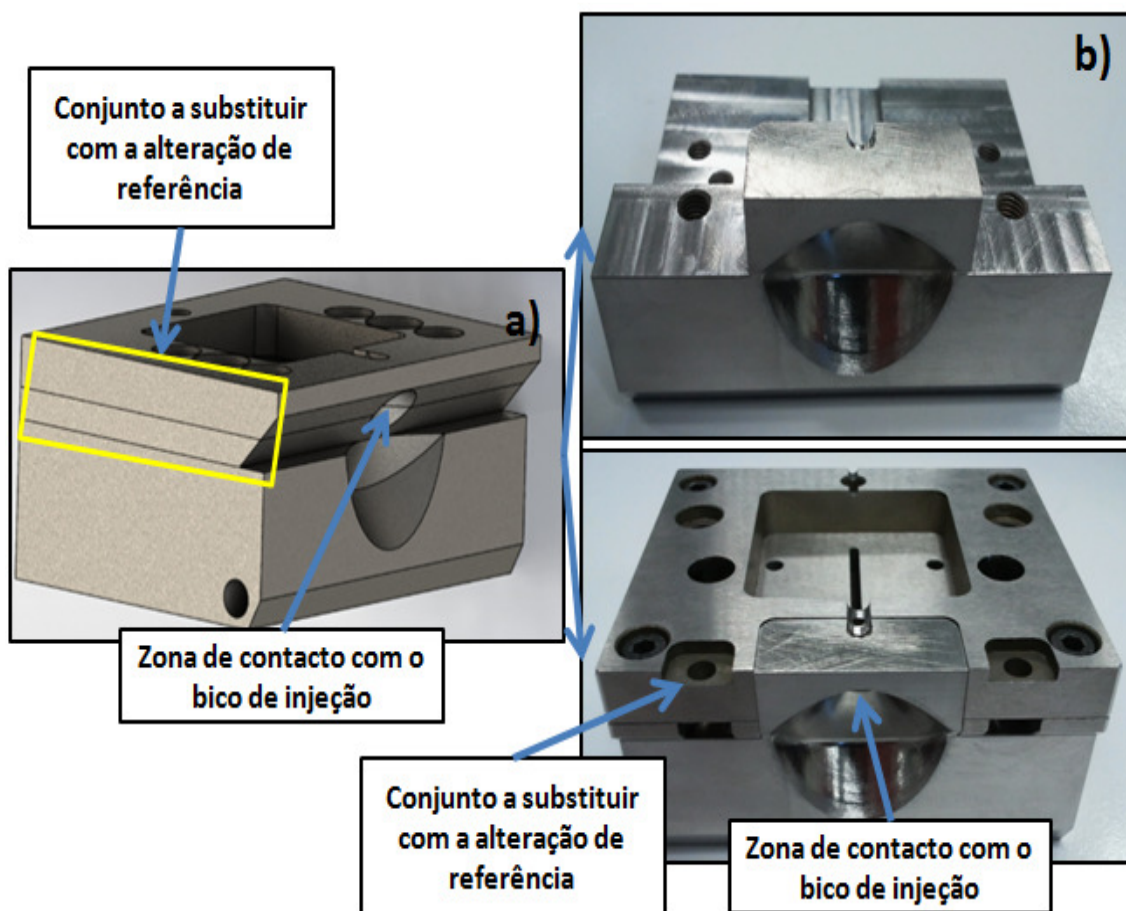


Figura 151 - Estrutura antiga a), estrutura nova b).

A estrutura de encaixe rápido, não seria suficiente para garantir todas as questões de segurança necessárias. Era fundamental garantir que, em situações em que o encosto não ocorria, a máquina não autorizasse a injeção. De forma a contornar esta situação, foi colocado um sensor (sensor de proximidade – M30), que controla a distância do encosto (ver Figura 152). Quando é realizada a operação de afinação do encosto da estrutura ao bico de injeção, o operador define no painel como sendo o ponto zero. Se houver alterações nesta distância durante o funcionamento da máquina, esta não permitirá a injeção de zamak, e será necessário realizar todo o processo de afinação e respetivo ponto zero do sensor.

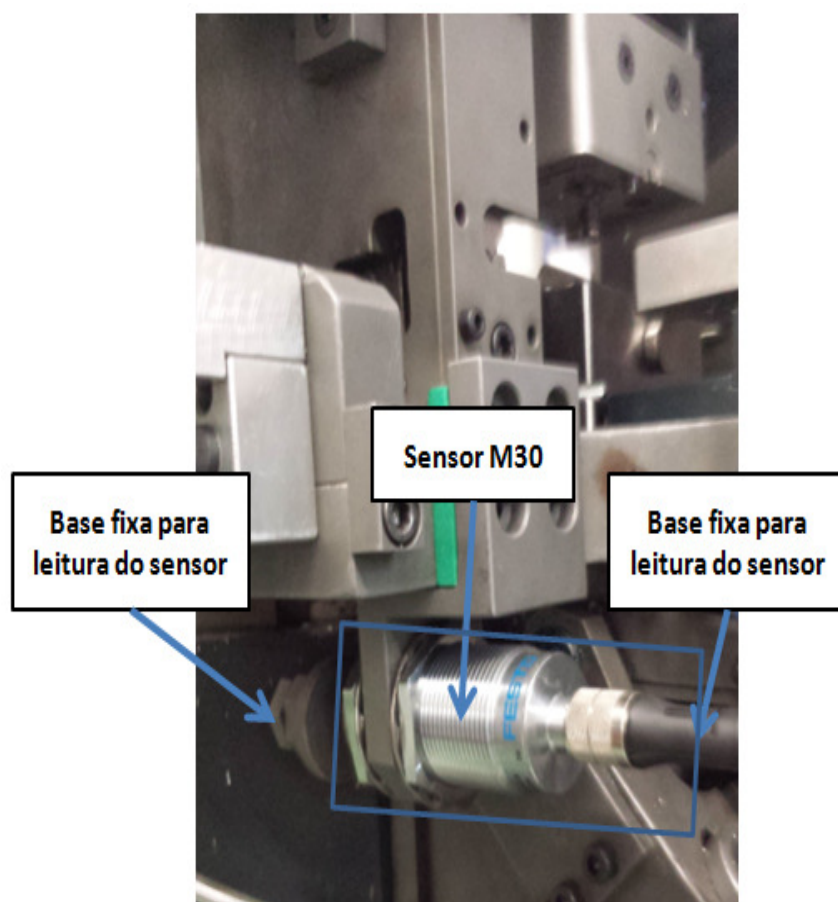


Figura 152 - Sensor de proximidade que garante o encosto da estrutura ao bico de injeção.

3.5.4. Resolução dos problemas de parametrização da máquina

Como foi possível ver na caracterização dos problemas, existia a necessidade de corrigir alguns problemas na parametrização das máquinas. Da abordagem realizada anteriormente aos problemas que envolviam a parametrização das máquinas, verificou-se que grande parte dos

problemas poderiam ser resolvidos se se conseguisse definir os parâmetros ideais e uniformizar os mesmos em todas as máquinas.

Após verificação e análise a várias máquinas, a parametrização pretendida foi a seguinte:

- Realizar o aquecimento do bico de injeção com uma corrente elétrica de 230 V na resistência, desde a temperatura ambiente até 510°C, mantido durante 6 segundos;
- Após atingir os 510°C, mantidos durante 6 segundos, é acionado o alarme 1 (alarme para a temperatura mínima). Nesta fase, a informação no painel passa de bico frio a bico quente;
- Ao atingir o alarme mínimo (alarme 1), existe um relé que irá comutar dos 230 V para controlo com potenciômetro ou transformador (se utilizar transformador, usar uma diferença de potencial entre 180 e 190 V);
- Após ativar o potenciômetro/transformador, o controlo da temperatura será realizado pelo mesmo até atingir uma temperatura de 560°C, (alarme para a temperatura máxima, alarme 2);
- Atingindo o alarme 2 (alarme para a temperatura máxima), desliga o relé durante 3 segundos e a resistência deixa de receber energia nesse tempo (a temperatura baixa cerca de 10°C, no máximo);
- Após esses 3 segundos, volta a ligar o controlo por potenciômetro/resistência.

O controlo da corrente elétrica com recurso a potenciômetro (ver Figura 153, a)) seria o ideal, uma vez que a resistência começa a perder eficiência após várias horas de utilização. Para compensar essa perda, o potenciômetro é a solução mais indicada, uma vez que permite regular a corrente elétrica. O único senão é o facto de ser necessário um multímetro para medir a diferença de potencial para a corrente elétrica pretendida. A utilização de um transformador (ver Figura 153, b)) permite manter sempre a mesma potência elétrica e sem grandes variações, mas não permite compensar a perda de eficiência ao longo do tempo de utilização.

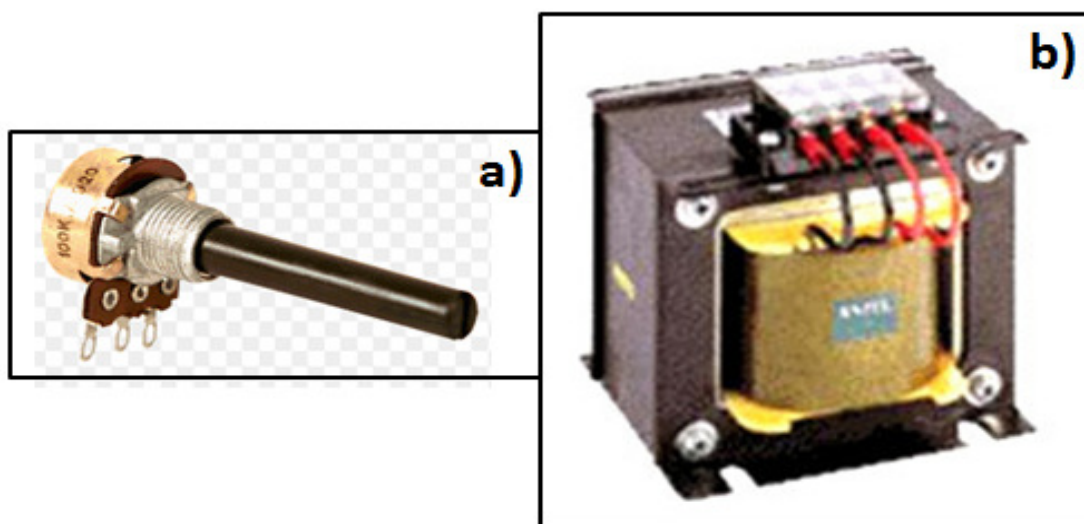


Figura 153 - Potenciômetro a), transformador b).

Após programação das primeiras máquinas de acordo com a sequência proposta de parâmetros, verificou-se que:

- Quando era atingida a temperatura de trabalho pretendida, a variação da temperatura apresentava variações de mais ou menos 10°C;
- As resistências não estavam sujeitas a temperaturas excessivas que as danificavam (principalmente a sonda, que é responsável por grande parte do problema de mudança das resistências);
- Problemas de falha de injeção não ocorriam com frequência;
- As máquinas estavam disponíveis a injetar mais depressa (aquecimento inicial a 230 V).

Esta etapa foi de difícil execução, uma vez que a fábrica trabalha a três turnos e reprogramar todas as máquinas, quando estas estão em produção tornou esta operação complicada demorada.

3.6. Outras melhorias implementadas

No decorrer deste trabalho foram sendo detetadas outras melhorias que podiam ser aplicadas nas máquinas de injeção de zamak. Nos tópicos seguintes, estão descritas algumas das melhorias implementadas no processo de injeção de zamak.

3.6.1. Colocação de fichas de encaixe rápido para as resistências

Uma das primeiras ideias implementadas foi a colocação de fichas de encaixe rápido para ligar os fios da resistência elétrica e da sonda que controla a temperatura do forno. Inicialmente, quando era necessário trocar uma resistência, tinha que ser o electricista, e fazia a ligação dos fios diretamente no quadro elétrico (ver Figura 154). Isto obrigava a que tivesse que passar o cabo ao longo da máquina, para realizar a ligação dos fios no quadro elétrico. O facto de o electricista ter de passar os cabos elétricos, desde o local onde está o bico de injeção até ao quadro elétrico, não era prático e perdia bastante tempo com esta operação. Achou-se por bem, que se devia evitar mexer no quadro elétrico, sendo que esta ligação devia ser realizada numa tomada exterior. O objetivo seria também que qualquer operador da manutenção pudesse trocar uma resistência, não necessitando de a máquina estar parada à espera do electricista. Para isso, bastava ligar os fios a um conector da ficha de encaixe rápido (ver Figura 155) e depois ligar na tomada que está na máquina.

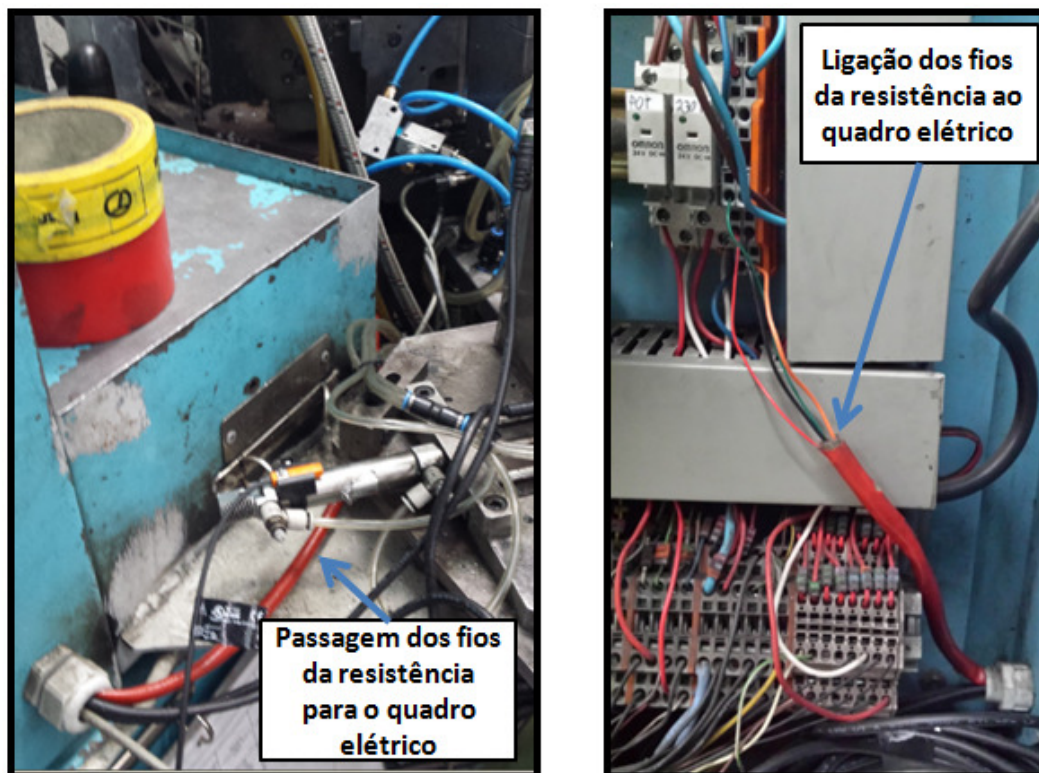


Figura 154 - Ligação dos fios da resistência no quadro elétrico.

De maneira a que esta operação não fosse realizada exclusivamente por um electricista, realizou-se uma instrução (ver em anexo) com as ligações necessárias e os códigos de cor a realizar no módulo, tendo sido dada formação.

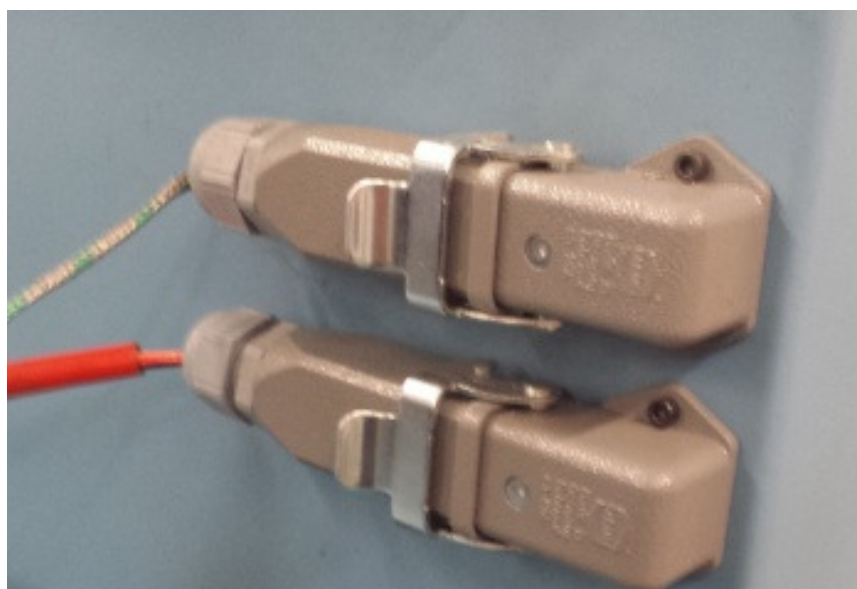


Figura 155 - Tomadas elétricas de encaixe rápido para as resistências.

3.6.2. Revestimento nos moldes e extratores

A aplicação de desmoldantes na indústria de injeção, é uma prática comum na grande maioria dos casos e tem como objetivo facilitar a extração das peças injetadas. Se não for um processo bem controlado, a aplicação de desmoldante pode causar defeitos na peça injetada (porosidade gasosa). Os problemas, com a aplicação de desmoldante não afetam apenas a qualidade das peças mas colocam também em causa o bem-estar dos operadores, visto que estes estão sujeitos ao óleo que é vaporizado para o molde. As vantagens seriam muitas desde que o revestimento fosse possível e viável. Após um primeiro contacto com uma empresa que realiza revestimentos, optou-se por realizar um revestimento em PVD (ver Figura 156) designado pelos mesmos como HardTill (ver em anexo informação sobre o revestimento). Realizou-se o revestimento no molde com maior taxa de utilização na FicoCables e ia sendo avaliada a sua *performance* diariamente. Ao fim de alguns dias de utilização, o sistema de extração começou a ter problemas na retirada das peças. Após uma primeira análise, verificou-se que os extratores não realizavam o movimento completo de subida e descida, ficando muitas vezes a meio da distância definida. A razão pela qual este problema estava a ocorrer, era devido à falta de lubrificação nos extratores. Até então, a lubrificação destes era realizada pelo desmoldante utilizado no molde de forma indireta. Surgiu então a necessidade de realizar um revestimento nos extratores (ver Figura 157), só que neste caso o revestimento teria de ter outras características. Em vez de ter baixa molhabilidade, teria de ser auto lubrificante. O revestimento mais indicado é o DLC – *Diamond-Like Carbon* (ver em anexo informação acerca do revestimento). Ambas as alterações se revelaram positivas, necessitando ser posteriormente implementado nos restantes moldes existentes.

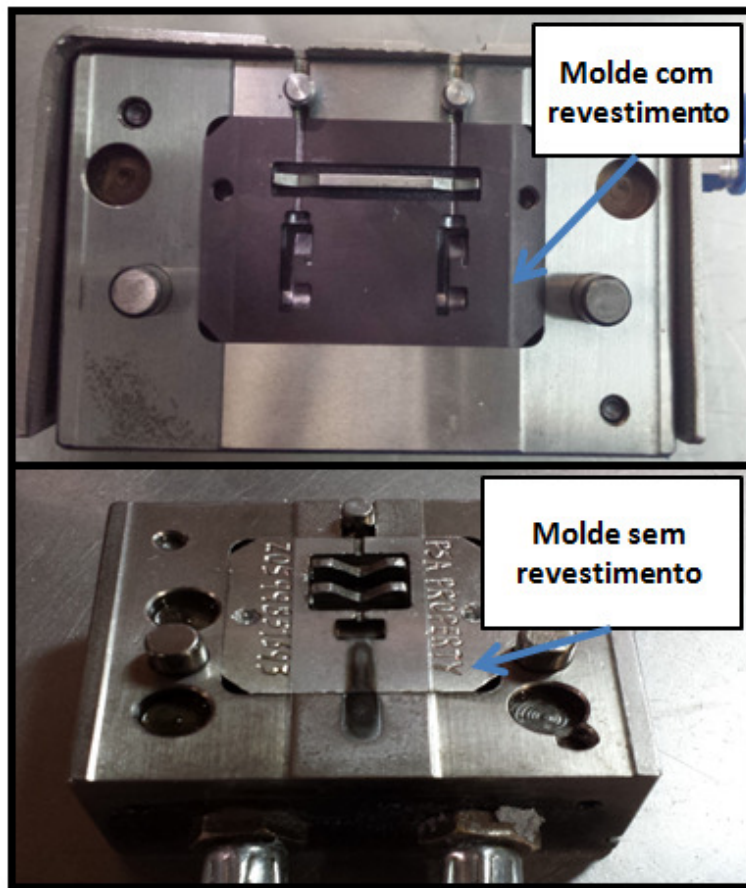


Figura 156 - Diferença de aspeto superficial de um molde com revestimento e outro sem revestimento.



Figura 157 - Extratores com revestimento e sem revestimento.

3.6.3. Mecanismo de cortante do gito

O cortante do gito, como já foi visto anteriormente, separa o terminal do gito. O mecanismo que é utilizado atualmente é funcional, mas tem algumas limitações. As limitações devem-se ao facto de ter um processo de afinação complicado e não abranger todas as referências. Como é possível ver na Figura 158, é necessário alinhar o batente com a zona onde é pretendido realizar essa separação e depois alinhar o cortante, tornando o processo de afinação complicado (a posição do cabo não pode ser alterada por questões de cota de saída do cabo). Na Figura 159, é possível ver a posição com que o cabo sai do molde não coincide com o batente e aí não existe a possibilidade de utilizar o cortante do gito. O problema reside no facto de o batente inferior só ter três posições de encaixe (ver Figura 159), e não abranger todas as distâncias. Quando a afinação é possível, obriga a que os operadores despendam de muito tempo a realizar essa afinação e como muitas vezes no turno seguinte é necessário trocar de referência, optavam por não afinar. O facto de não afinarem obrigava a que a remoção do gito tivesse de ser realizada posteriormente, de forma manual.

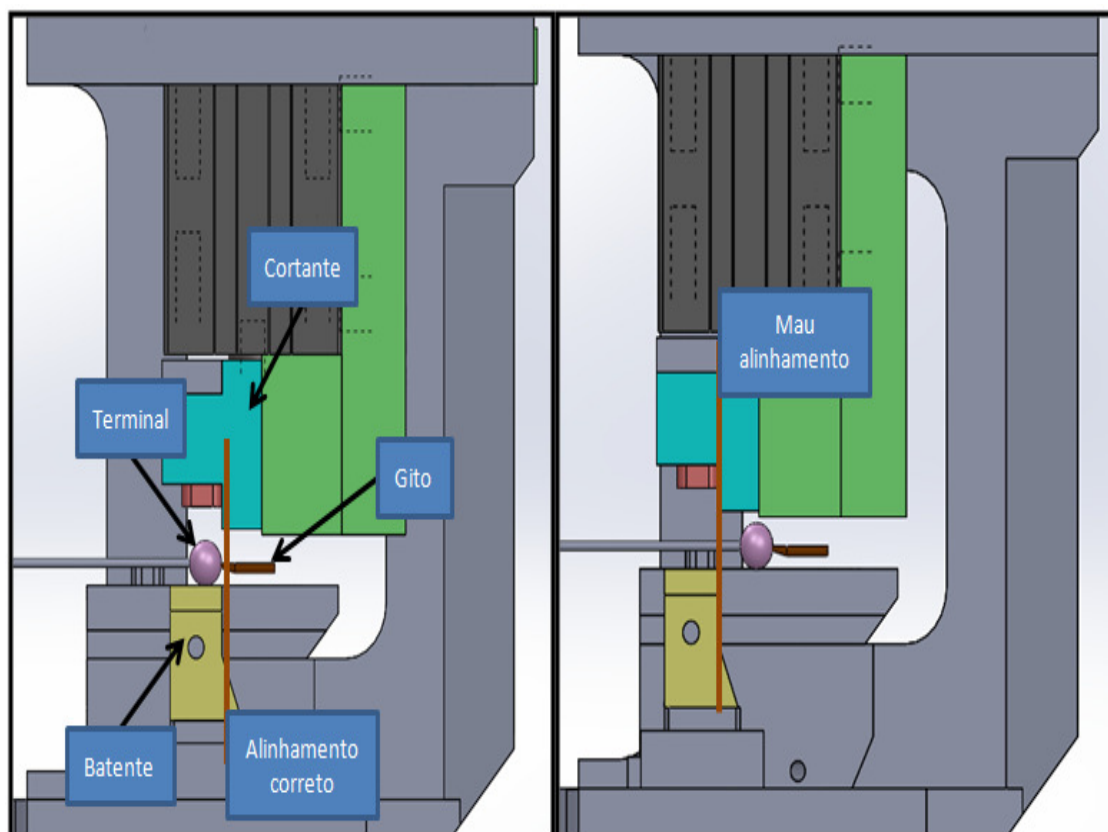


Figura 158 - Afinação do cortante

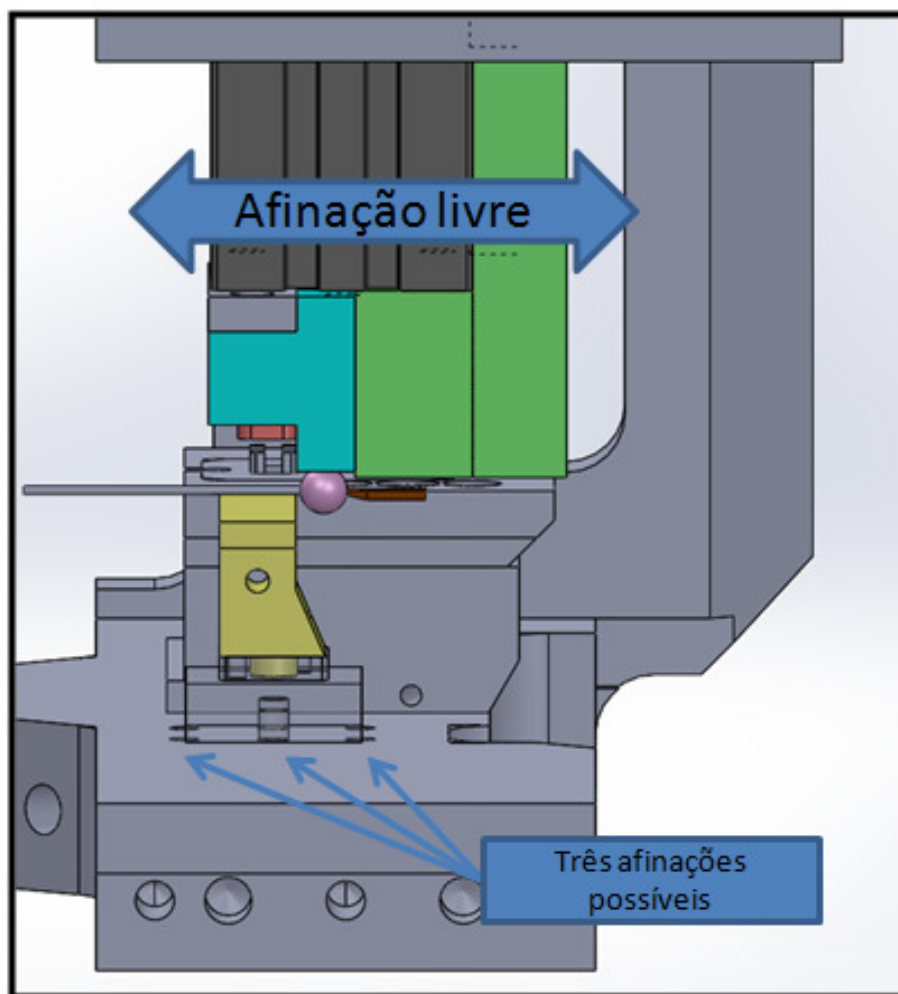


Figura 159 - Limitações do mecanismo.

Após análise do atual mecanismo, verificou-se que é possível resolver estas limitações. Para isso bastava ter um alinhamento fixo entre o cortante e o batente (ver Figura 160) e posteriormente esse conjunto afinava-se em simultâneo para a zona de corte pretendida (ver Figura 161). A extração do gito também foi solucionada, desenvolvendo-se uma calha rotativa, para que, quando o cortante realizasse o movimento completo de descida, não colidisse com a rampa e o gito caísse sobre a mesma. Quando o cortante recuasse, a rampa voltava à posição inicial (ver Figura 162).

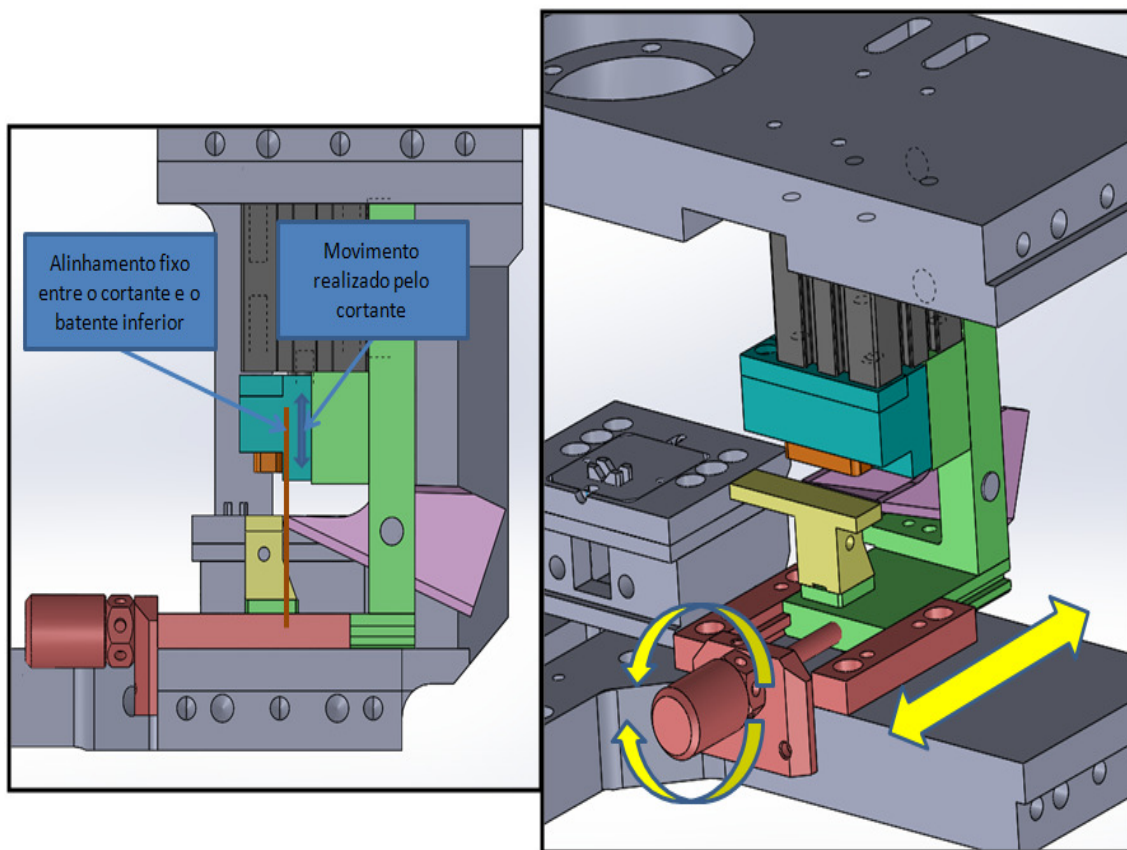


Figura 160 - Mecanismo proposto.

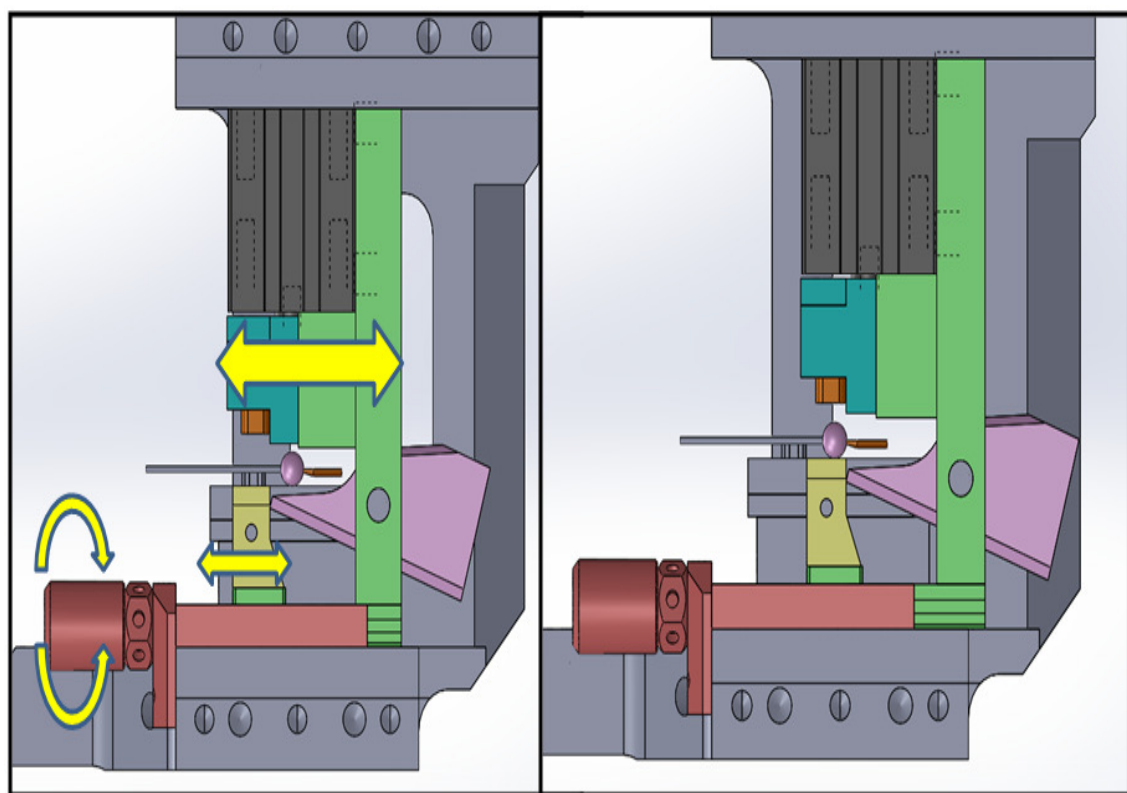


Figura 161 - Vista lateral - Afição do cortante

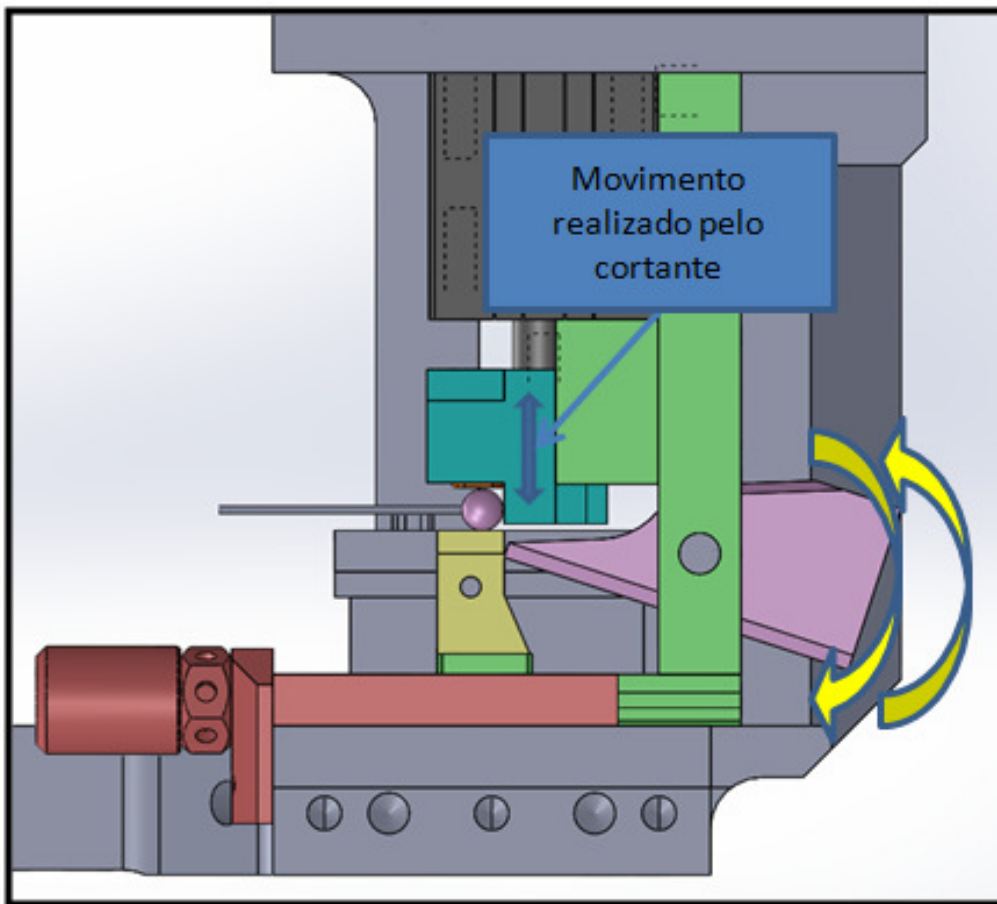


Figura 162 - Extração do gito.

3.7. Resumo de todas as melhorias projetadas e implementadas

Durante a execução deste trabalho, foi sendo possível detetar e aplicar na prática melhorias que poderiam favorecer o processo.

Com as melhorias implementadas, verificou-se que os operadores deixaram de correr riscos devido à projeção de zamak. A qualidade dos terminais, que estava colocada em causa devido à contaminação de partículas de desgaste dos componentes (bico de injeção e resistências) foi eliminada. As alterações realizadas permitiram dar aos componentes uma durabilidade superior e ganhar tempo de produção. Como em todas as empresas, todo o tempo que é despendido para questões de manutenção não-preventiva é nefasto. Na Tabela 21 e Tabela 22, é possível ver, os tempos de produção ganhos devido a um aumento da durabilidade dos componentes.

Tabela 21 - Ganho de tempo de produção (bicos de injeção).

Tempo ganho com a não substituição de componentes	
De Janeiro 2013 a Julho 2013	<i>Foram gastos 694 bicos de injeção</i>
De Agosto 2013 a Julho 2014	<i>Foram gastos 193 bicos de injeção (com as alterações sugeridas)</i>
Poupança	<i>694 - 193 = 501 Bicos de injeção</i>
Tempo estimado pela empresa para a troca de um bico de injeção	<i>20 Minutos/bico</i>
Tempo poupado (minutos)	<i>501 * 20 = 10020 Minutos (tempo poupado com a troca de bicos de injeção)</i>
Tempo poupado em 7 meses (horas)	<i>10020 (min) / 60 (min) = 167 horas</i>
Tempo poupado (horas/mês)	<i>167 (horas) / 7 (meses) = 24 horas/mês</i>

Da análise da Tabela 21, verifica-se que com o simples facto de se ter diminuído a troca de componentes, a empresa ganhou um dia de trabalho (a três turnos) por mês. Foi realizada a mesma análise no que diz respeito às resistências, o qual está detalhado na Tabela 22.

Tabela 22 - Ganho de tempo de produção (resistências)

Tempo ganho com a não substituição de componentes	
De Janeiro 2013 a Julho 2013	<i>Foram gastas 184 resistências</i>
De Agosto 2013 a Julho 2014	<i>Foram gastas 109 (com as alterações sugeridas)</i>
Poupança	<i>184 - 109 = 75 Resistências</i>
Tempo estimado pela empresa para a troca de uma resistência	<i>20 Minutos/resistência</i>
Tempo poupado (minutos)	<i>76 * 20 = 1520 Minutos (tempo poupado com a troca de resistências)</i>
Tempo poupado em 7 meses (horas)	<i>10020 (min) / 60 (min) = 25 horas</i>
Tempo poupado (horas/mês)	<i>25 (horas) / 7 (meses) = 3,5 horas/mês</i>

A poupança em termos de tempo não foi tão acentuada nas resistências, mas não deixa de ser disponibilidade de máquina que se ganhou e, por consequência, tempo de produção ganho.

As melhorias implementadas em termos de revestimentos nos moldes permitiram uma garantia de qualidade em termos de produto final. Foi comunicado ao cliente a substituição de desmoldante por um revestimento nos moldes e o mesmo passou a ser requisito obrigatório.

A parametrização das máquinas foi também uma das melhorias essenciais para a estabilização do processo, além de se ter sensibilizado os operadores para o correto funcionamento das máquinas, permitindo corrigir algumas ineficiências que o processo tinha.

3.8. Estudo de benefícios económicos da melhoria do processo

De forma a contabilizar as poupanças com o gasto de material de substituição, pediu-se na manutenção o extrato de movimentos de compras realizados (desde o início do ano de 2013, até fevereiro de 2014) com bicos de injeção e resistências. Em anexo, encontra-se discriminado, esses movimentos de compras. Na Tabela 23, estão os respectivos gastos mensais com bicos de injeção.

Tabela 23 - Consumos mensais de bicos de injeção.

Mês	Ano	Consumo de Bicos de Injeção
Janeiro	2013	80
Fevereiro	2013	114
Março	2013	50
Abril	2013	150
Maió	2013	120
Junho	2013	90
Julho	2013	90
Total		694
Agosto	2013	30
Setembro	2013	50
Outubro	2013	30
Novembro	2013	40
Dezembro	2013	14
Janeiro	2014	24
Fevereiro	2014	5
Total		193

A data de início deste trabalho na FicoCables foi a meio do mês de Maio de 2013. Nessa altura, ainda estavam em processo de mudança, no modo de aquecimento dos bicos de injeção.

Desde janeiro de 2013 a Julho de 2013 (7 meses), o consumo de bicos de injeção foi de 694 unidades. O preço destes era de 12,5 Euros.

$$\text{Custo (7 meses de consumíveis)} = 694 * 12.5 = 8675 \text{ Euros}$$

No início de Agosto de 2013, começaram a ser fornecidos os bicos de injeção com as respetivas alterações. As alterações propostas encareceram o preço dos bicos de injeção para 13.3 Euros (um aumento de 80 cêntimos por unidade). De Agosto de 2013 até Fevereiro de 2014 (7 meses), o consumo de bicos de injeção foi de 193 unidades. Com isto, foi conseguida uma poupança mensal de 872 euros por mês.

$$\text{Custo (7 meses de consumíveis)} = 193 * 13.3 = 2566.9 \text{ Euros}$$

Com esta mudança, apesar de ter encarecido o preço de cada bico, houve uma poupança de:

$$\text{Poupança (7 meses)} = 8675 - 2566.9 = 6108,1 \text{ Euros}$$

$$\text{Poupança (mensal)} = \frac{6108,1 \text{ Euros}}{7 \text{ Meses}} = 872 \text{ Euros/Mês}$$

Foi realizado o mesmo estudo com consumo de resistências. Da Tabela 24, verifica-se que com as alterações sugeridas houve uma diminuição no consumo. O custo das mesmas manteve-se inalterado, apesar de se ter alterado o tipo de sonda, mantendo-se nos 168 euros por unidade.

Tabela 24 - Consumos mensais de resistências.

Mês	Ano	Consumo de Resistências
Maio	2013	31
Junho	2013	26
Julho	2013	32
Agosto	2013	34
Setembro	2013	19
Outubro	2013	17
Novembro	2013	25
Total		184
Dezembro	2013	18
Janeiro	2014	16
Fevereiro	2014	14
Março	2014	13
Abril	2014	21
Maio	2014	11
Junho	2014	16
Total		109

Desde Maio de 2013 até Novembro de 2013, o gasto com resistências foi de 184 unidades.

$$\text{Custo (7 meses de consumíveis)} = 184 * 168 = 30912 \text{ Euros}$$

A alteração do tipo de sonda começou a ser implementada no início de Dezembro de 2013, e manteve-se a alteração durante 7 meses (final de Junho 2014).

$$\text{Custo (7 meses de consumíveis)} = 109 * 168 = 18312 \text{ Euros}$$

Com esta mudança, houve uma poupança de:

$$\text{Poupança (7 meses)} = 30912 - 18312 = 12600 \text{ Euros}$$

$$Poupança (mensal) = \frac{12600 \text{ Euros}}{7 \text{ Meses}} = 1800 \text{ Euros/Mês}$$

Com isto foi conseguida uma poupança mensal média de 1800 euros por mês. Verifica-se então que a alteração do tipo de sonda só beneficiou o processo, garantindo uma maior durabilidade das mesmas.

Com o novo modelo de resistência aplicada diretamente ao bico de injeção, diminuiu-se substancialmente os custos com aquisição de resistências. Esta alteração permitiu baixar o custo da resistência de 168 euros para 70 euros (45 para a resistência elétrica e 25 para a cápsula de proteção). Em anexo encontram-se os orçamentos de dois fabricantes para as resistências elétricas.

Fazendo uma previsão da poupança que se poderia conseguir se, em vez de se usar resistências com um custo de 168 euros, se tivesse usado o novo modelo com um custo de 70 euros. A quantidade de resistências a utilizar, para realizar esta comparação será a dos últimos 7 meses, que é de 109 resistências.

$$Custo (7 meses de consumiveis) = 109 * 70 = 7630 \text{ Euros}$$

$$Custo (7 meses de consumiveis) = 109 * 168 = 18312 \text{ Euros}$$

$$Poupança estimada = 18312 - 7630 = 10682 \text{ Euros}$$

Com esta comparação verifica-se que se tivesse sido utilizado o novo modelo de resistências, a poupança seria de 10682 Euros, como é possível ver nos cálculos realizados. Foram realizados vários testes com este modelo de resistência e a durabilidade rondou os dois meses.

4. Conclusões

Este trabalho permitiu corrigir e melhorar alguns aspetos relativamente ao processo de injeção de zamak.

Os objetivos foram gradualmente sendo ultrapassados e de forma muito positiva. De seguida é apresentado o Gráfico 2, através do qual é possível efetuar uma análise comparativa mais objetiva entre a situação inicial e a situação após as alterações implementadas, relativamente aos bicos de injeção e às resistências.

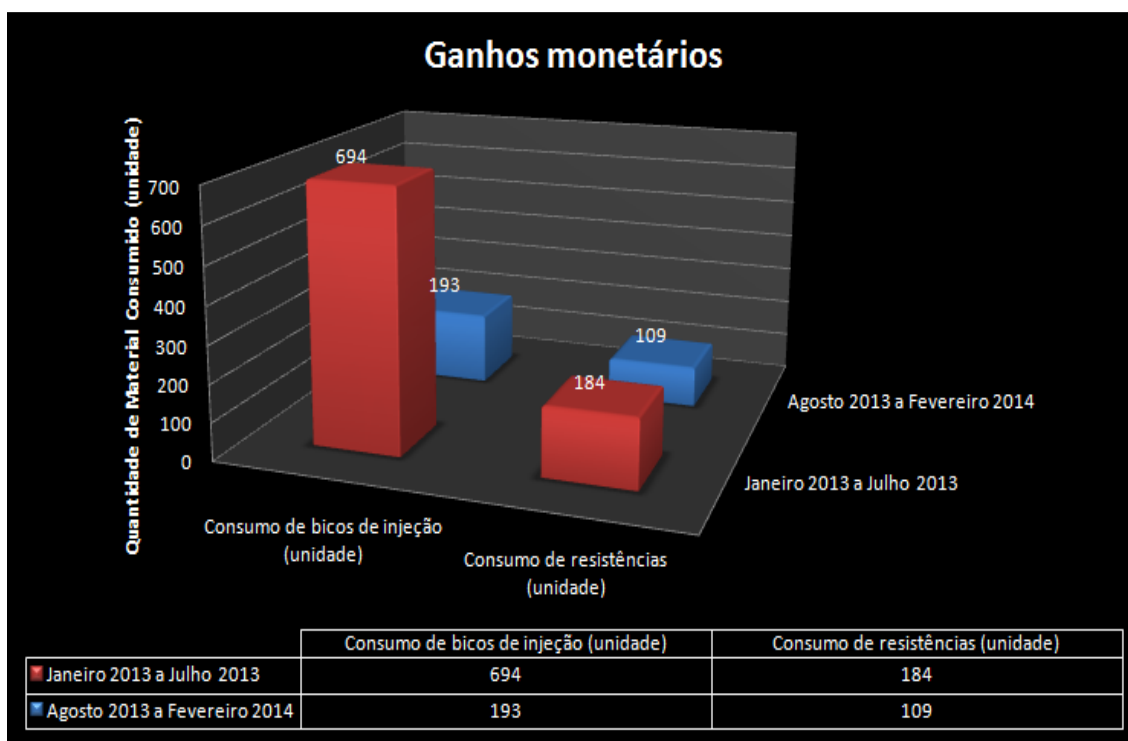


Gráfico 2 - Ganhos económicos conseguidos com as implementações efetuadas.

Da análise do Gráfico 2, verifica-se que as alterações aplicadas permitiram reduzir de 694 para 193 bicos de injeção. Esta redução traduziu-se numa poupança de 6108 euros o que equivale a 872 euros por mês. Ainda no Gráfico 2 é possível concluir que houve uma redução do consumo de resistências de 184 para 109. Esta redução traduziu-se numa poupança de 12600 euros o que equivale a 1800 euros por mês. A informação a reter relativamente aos bicos de injeção, era se o desgaste tinha a ver com um fenómeno de corrosão gerado pela incompatibilidade de materiais e se essa corrosão era do exterior para o interior ou vice-versa. Verificou-se que este desgaste era do interior para o exterior e que as causas tinham a ver com o excesso de

temperatura que provocava fadiga térmica. Além da fadiga térmica, o excesso de temperatura utilizada no aquecimento do bico de injeção provocava um amaciamento do aço (diminuição de dureza) e o escoamento do zamak provocava um desgaste por erosão. Se aliado a esse amaciamento do aço estivesse presente um regime turbulento, o desgaste seria mais acentuado, levando ao desgaste total da parede do bico de injeção. A tentativa de criar um regime o mais laminar possível numa zona já fragilizada pela temperatura, ajudou a aumentar a durabilidade do componente. Com este trabalho, foi possível perceber que, por vezes, uma simples alteração num componente pode fazer a diferença, aumentando drasticamente o tempo de vida útil do mesmo. No que diz respeito às resistências, verifica-se que é essencial ajustar os componentes às necessidades do processo. Neste caso, o mais importante era adaptar o tipo de sonda e os respetivos diâmetros que a constituem às temperaturas de trabalho.

Mas os ganhos não se limitaram apenas a ganhos monetários, uma vez que o simples facto de não ser necessário trocar componentes, permite obter ganhos em termos de disponibilidade das máquinas. No Gráfico 3 é possível visualizar os ganhos em termos de disponibilidade de máquina.

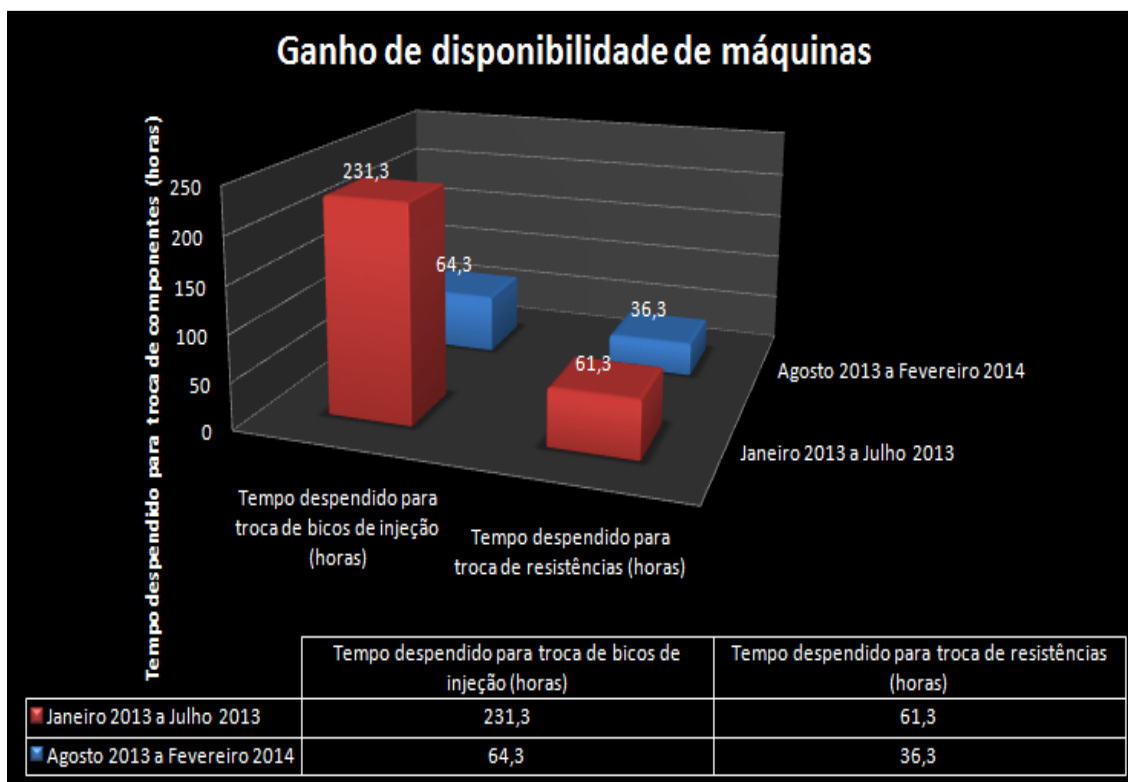


Gráfico 3 - Ganho de disponibilidade de máquinas com as implementações efetuadas.

Da análise ao Gráfico 3, verifica-se que pelo simples facto de não ser necessário trocar tantos componentes, houve um ganho de 167 horas relativamente ao bicos de injeção, o qual se

traduz em 24 horas por mês, e relativamente apenas às resistências de 25 horas, o que se traduz em 3,5 horas por mês.

A procura pela melhoria contínua também permitiu obter ganhos, não só a nível económico, mas também em termos de eficiência com o novo formato de resistência. Relativamente à quantificação em termos de eficiência, não foi possível obter valores concretos, mas é evidente que a diminuição da distância da resistência elétrica relativamente ao bico de injeção, permite obter uma melhor transferência de calor. Em termos de ganhos económicos, é possível analisar no Gráfico 4 a diminuição do custo da resistência.

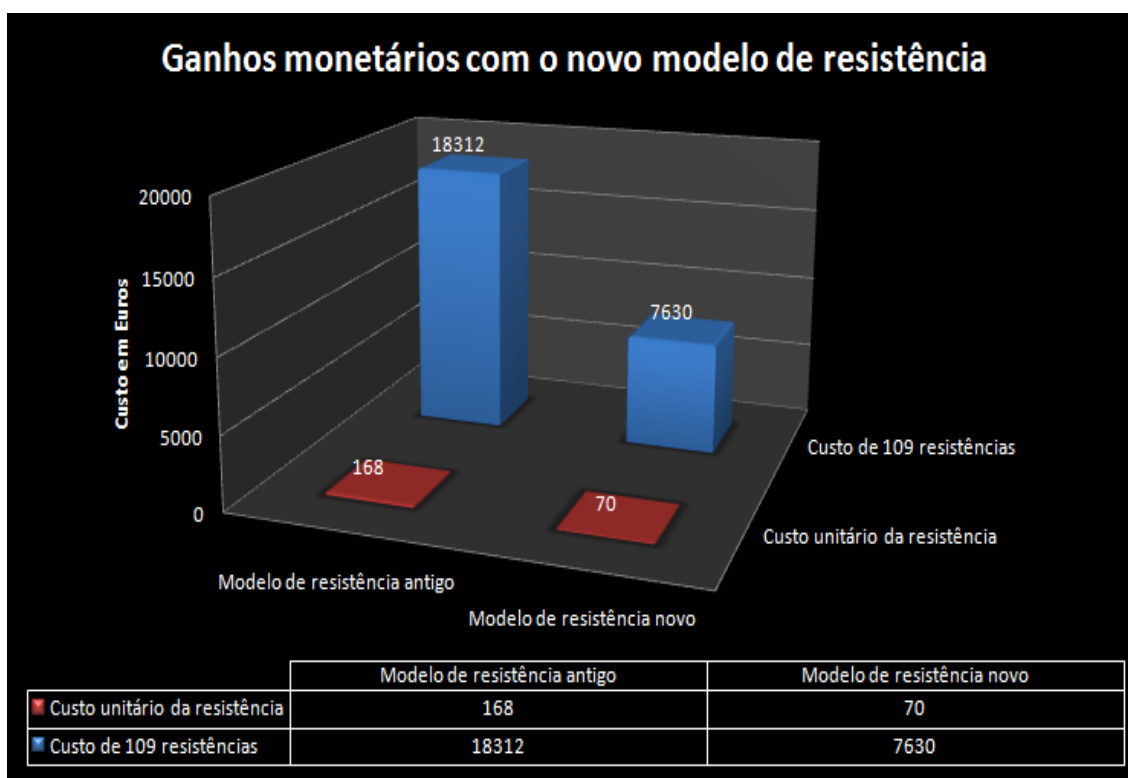


Gráfico 4 - Custo das resistências no formato antigo vs novo

Da respetiva análise ao Gráfico 4, verifica-se que permitiu uma redução do custo de quase 60% (de 168 euros para 70 euros), e se nos últimos sete meses tivesse sido utilizado o mesmo gasto de resistência (109 resistências) com o novo formato, a poupança seria de 10682 euros.

O sucesso deste trabalho deveu-se também a uma rastreabilidade dos componentes e monitorização constante das máquinas. A procura por parâmetros de máquina ideais e a respetiva alteração em todas as máquinas, revelou-se um grande desafio e uma parte fundamental de todo o trabalho.

Foi essencial passar bastante tempo no chão de fábrica para primeiro conhecer o processo e, numa fase posterior, poder otimizá-lo. Apesar de ser um trabalho com alguma componente de

gabinete, sem dúvida não seria possível ter os resultados que teve sem a componente do chão de fábrica. Foi importante porque permitiu ter contacto com fornecedores, ter poder de decisão, pesquisar produtos concorrentes, aplicar conhecimentos adquiridos na vida académica, desenvolver uma ideia no papel e aplicar na prática e corrigir problemas que na fase de projeto não são visíveis.

5. Bibliografia e Outras Fontes de Informação

Hi-Lex. 2006. Hi-Lex, Corporation. [Online] Seat Cable, 2006. [Citação: 03 de 04 de 2015.] <http://www.hi-lex.co.jp/e/cable/automobile/automobile10.html>.

Agostinetto, Juliana Silva. 2006. *Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho: o caso de uma empresa de autopeças*. São Carlos : s.n., 2006.

Alumatter. [Online] [Citação: 03 de 04 de 2015.] <http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=79&pageid=-297682400>.

ASM Handbook, ASM International Vol.9. 2004. *Metallography and Microstructures*. 2004.

Sequeira, Fernando. 2010. 2010, Economia. *Automóvel e indústria automóvel. Perspectivas de desenvolvimento*.

Bohler Edelstahl. 2011. [Online] 2011. [Citação: 28 de 05 de 2015.] <http://www.bohler-edelstahl.com/english/files/W750DE.pdf>.

—. **2011.** Bohler Edelstahl. [Online] BÖHLER EDELSTAHL GMBH & Co KG, 2011. [Citação: 28 de 05 de 2015.] <http://www.bohler-edelstahl.com/english/files/W350DE.pdf>.

CMACABLE. 2015. CMA - Cable Manufacturing & Assembly Company, INC. [Online] 2015. [Citação: 22 de 09 de 2013.] <http://www.cmacable.com/engineering/catalog/#book/Cover>.

Covey, Stephen R. 1984. Achieve goal setting success. [Online] 1984. [Citação: 05 de 03 de 2015.] <http://www.achieve-goal-setting-success.com/7-habits.html>.

Eastern Alloys Inc. 2012. [Online] 2012. [Citação: 03 de 03 de 2015.] <http://www.eazall.com/zinc-die-casting-alloys>.

Erik, Fábio Toledo. 2011. *Influencia do Teor de Alumínio em Injetados Sob Pressão nas Ligas de Zinco*. 2011.

Fábio, Rodrigo Vargas e Gustavo, Gomes Hoff. 2012. *Análise da Porosidade no Processo de Fundição Sob Pressão em Máquinas Injetoras de Zamak*. 2012.

Automóvel, Associação de Fabricantes para a Indústria. 2014. 2014, Jornal de Notícias, p. 8. *Fabricantes de componentes para a Indústria Automóvel*.

Ficocables. 2004. *Manual Técnico de Zamak*. Maia : s.n., 2004.

FisherTech. 2015. FisherTech. *FisherTech*. [Online] 2015. [Citação: 2015 de 08 de 03.]

HI-LEX. 2006. HI-Lex. [Online] 2006. [Citação: 03 de 07 de 2015.] <http://www.hi-lex.co.jp/e/cable/automobile/automobile04.html>.

- HI-LEX, Corporation. 2006.** HI-LEX, Automobiles and Industrial Equipment. [Online] 2006. [Citação: 2015 de 08 de 10.] <http://www.hi-lex.co.jp/e/cable/automobile/automobile02>.
- I. Rosindale, K. Davey. 1997.** *Steady state thermal model for the hot chamber injection system*. s.l. : Elsevier, Elsevier, 1997.
- Itáqua. 2007.** Itáqua Resistências Elétricas. [Online] 2007. [Citação: 04 de 06 de 2015.] <http://www.itaquaresistencias.com.br/>.
- Kalid, Dr.Ricardo de Araujo. 2015.** *Otimização de Processos*. São Paulo : Escola Politécnica da UFBA, 2015.
- Key to Metals. 2015.** Key to Metals. [Online] 2015. [Citação: 11 de 08 de 2015.] www.steel.keytometals.com/Articles/Art161.htm.
- Laura Costa Maia, Anabela C. Alves, Celina P. Leão. 2015.** *Metodologias para Implementar Lean Production: Uma revisão critica de Literatura*. 2015.
- Lima, Leo Carmen Nogueira. 2012.** *Melhoria de "performance" em linhas de montagem e secções de fabrico com metodologias Lean/Kaizen*. Porto : s.n., 2012.
- Matweb. 2015.** Matweb. [Online] 2015. [/www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=e30d1d1038164808a85cf7ba6aa87ef7](http://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=e30d1d1038164808a85cf7ba6aa87ef7).
- Metal Ravne. 2015.** *Metal Ravne*. [Online] 2015. [Citação: 26 de 05 de 2015.] <http://www.metalravne.com/steelselector/steels/OCR12.html>.
- Moniz, António Brandão. 2010.** *Competitividade no sector automóvel e formas inovadoras*. 2010.
- Northwire. [Online] [Citação: 07 de 03 de 2015.] <http://www.northwire.com/technical-resources/flex>.
- OMEGA. 2003-2015.** OMEGA Engineering inc. [Online] 2003-2015. [Citação: 08 de 06 de 2015.] <http://www.omega.com/temperature/z/tcref.html>.
- Oswaldo, Junior Alves Soares. 2008.** *Melhorias de Produto/Processo pela utilização de ligas de zamak*. São Paulo : s.n., 2008.
- Pinto, João Paulo. 2009.** *Introdução ao Lean Thinking*. Lisboa-Porto : Lidel - Edições Técnicas, 2009.
- Ramada Aços. 2015.** Ramada Aços. [Online] 2015. [Citação: 28 de 05 de 2015.] <http://www.ramada.pt/index.php?cat=127>.
- Reis, Luis Carlos Pereira Batista. 2001.** *Factores Estratégicos de Desenvolvimento da Indústria de Componentes para Automóvel em Portugal*. UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA : s.n., 2001.
- Ruian Yumin Machine Screw Co.,Ltd. 2014.** PYM. [Online] 2014. [Citação: 06 de 04 de 2015.] <http://www.ymscrew.com/category/screw-barrel-for-injection-molding-machine-7.html>.
- Santana, Herto de Alencar. 2004.** *Moldes de Injeção*. Paraná : Sociedade Educacional de Santa Catarina, 2004.
- Soares, Oswaldo Junior Alves. 2008.** *Melhoria de Produto/Pocesso pela utilização de Ligas de Zamac*. São Paulo : s.n., 2008.

Suzuki, Luciane Yumi. 2007. *Propriedades Superficiais do aço AISI H13 após tratamento duplex para moldes de injeção.* Curitiba : Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2007.

Szmigielska, Justyna. 2007. *"Design Hand Book" - Sistemas de Transmissão de Movimento.* Porto : s.n., 2007.

T.Melton. 2005. *The Benefits of Lean Manufacturing.* United Kingdon : Icheme, 2005.

The Library of Manufacturig. 2015. The Library of manufacturig. [Online] 2015. [Citação: 04 de 04 de 2015.] www.thelibraryofmanufacturing.com/hot_chamber_diecasting.html.

Toledo, Erik Fábio. 2011. *A influência do teor de alumínio em injetados sob pressão nas ligas de zinco.* s.l. : SENAI, 2011.

Turk+Hillinger. 1963-2013. Turk+Hillinger. [Online] 1963-2013. [Citação: 17 de 06 de 2015.] <http://www.turk-hillinger.us/fileadmin/media/pdfs/rp-web.pdf>.

Uddeholm. 2015. UDDEHOLM. [Online] 2015. [Citação: 26 de 05 de 2015.] http://www.uddeholm.com/files/AB_die_casting_eng.pdf.

Uddeholm Orvar Supreme. 2015. Uddeholm. [Online] 2015. [Citação: 26 de 05 de 2015.] http://www.uddeholm.com/files/PB_orvar_supreme_english.pdf.

Uddeholm. Uddeholm Orvar Supreme. Uddeholm. [Online] [Citação: 26 de 05 de 2015.] http://www.uddeholm.com/files/PB_orvar_supreme_english.pdf.

UFPR, Universidade Federal do Paraná. 2007. *Fundição sob pressão.* Curitiba : s.n., 2007.

Unicomm, Unipress - Banco de conhecimentos da. 2009. Otimização de processos: abordagem integrada de método e tecnologia. [Online] 13 de Agosto de 2009. [Citação: 21 de 05 de 2014.] www.uni.com.br/knowledge_base/index.php/2009/08/21/otimizacao-de-processos-abordagem-integrada-de-metodo-e-tecnologia/.

V.Krishnan - Karl T.Ulrich. 2001. *Product Development Decisions: A review of the Literature.* Texas : s.n., 2001. 1526-5501.

Votorantim, Metais. 2013. Manual de Fundição sob Pressão. 2013.

Wikipédia (Histerese). 2015. [Online] 2015. [Citação: 08 de 06 de 2015.] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Histerese>.

Wikipédia, Otimização de Processos. 2015. Wikipédia. [Online] 2015. [Citação: 21 de 05 de 2014.] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Otimiza%C3%A7%C3%A3o>.

Zhu, Yao Hua. 2004. *General rule of Pahse Decomposition in Zn-Al Based Alloys (II).* Japan institue of Metals : Materials Transaction, 2004.

ANEXO I

Instruções/CheckList

Instrução afinação do mecanismo da flor:

Afinações do mecanismo da flor

Mecanismo Flor Duplo e Simples

Batente

A operação de execução da flor é essencial, uma vez que, esta irá promover uma maior área de contacto com o zamac, como consequência irá aguentar esforços maiores quando tracionada.

Injected Zinc Alloy

Mordente Superior - É accionado pelo excentrico do mecanismo, comprimindo o cabo ao mordente inferior.

Mordente Inferior - É fixo por um parafuso e não está animado de movimento.

A regulação deste parafuso permite aumentar/diminuir a força de fecho entre os mordentes.

Alguns aspetos a ter com a regulação deste parafuso:

- Excesso de força de fecho pode provocar:
 - Desgaste prematuro dos mordentes;
 - Cabo trilhado;
 - Cabo deformado;
- Falta de força de fecho pode provocar:
 - Não obtenção da flor
 - Flor em más condições;


Com a regulação deste parafuso permite que seja possível afinar o tamanho da flor.

A rotação do parafuso no sentido horário irá afastar o batente dos mordente. Isto faz com que se tenha mais cabo entre estes fazendo com que a flor seja maior. A rotação no sentido anti horário diminui o comprimento de cabo entre o batente e o mordente promovendo a formação de uma flor de menor diâmetro.

Esta afinação permite mover todo o mecanismo da flor nos sentidos representados pela seta. Esta regulação é possível de acordo com a rotação dada ao parafuso. O objetivo desta afinação é poder posicionar a flor no molde quando é transferida do mecanismo da flor para o molde. Alguns problemas que podem ocorrer com má regulação:

- Flor muito chegada à frente leva a que o terminal não seja injectado devido a obstruir o canal de injeção.
- Fora da posição da figura pode ocorrer o não fecho

Instrução para afinação máquina de zamak:

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23
		Edição : 1
		Data : 23-07-2013
		Página: 1 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamak		


REGISTO DE REVISÕES

Edição	Data	Descrição da Alteração	Iniciais
1			
2			
3			
4			
5			
6			

ÍNDICE

I	INTRODUÇÃO	2
II	ÂMBITO.....	2
III	DOCUMENTOS RELACIONADOS	2
IV	INSTRUÇÃO	2
	1. Método	2
	1.1. Estrutura base	3
	1.2. 1ª Fase.....	4
	1.3. 2ªFase.....	5
	1.4. 3ª Fase.....	6
	1.5. 4ª Fase.....	9
V	ANEXOS.....	11
VI	FORMATOS RELACIONADOS.....	11

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23
		Edição : 1
		Data : 23-07-2013
		Página: 2 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		

I INTRODUÇÃO

Esta instrução tem como objectivo definir os passos para afinação do encosto do molde ao bico de injeção.

Operação obrigatória sempre que se substitua o molde e/ou o bico de injeção.

II ÂMBITO

Aplicável a todas as máquinas de injeção de zamac.

III DOCUMENTOS RELACIONADOS

Não aplicável...


IV INSTRUÇÃO

1. Método

O processo de afinação deve seguir os seguintes requisitos:

1. Fase – Fixação do molde à estrutura;
2. Fase – Desapertar os parafusos para permitir afinação;
3. Fase – Garantir concentricidade do molde com o bico de injeção;
4. Fase – Ajuste da pressão do encosto do molde ao bico de injeção;

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23
		Edição : 1
		Data : 23-07-2013
		Página: 3 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		

1.1. Estrutura base .

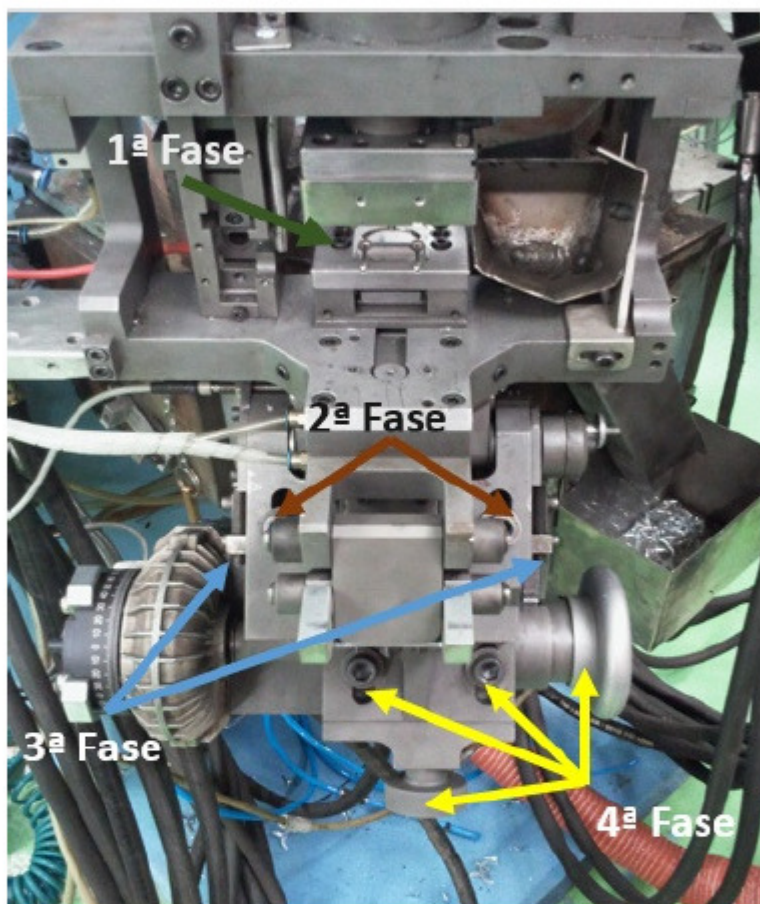



Imagem 1 - Várias etapas para afinação

O processo de afinação do encosto do molde ao bico de injeção irá incidir sobre esta estrutura da máquina de injeção. O processo de afinação irá ser feito em 4 fases.

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23
		Edição : 1
		Data : 23-07-2013
		Página: 4 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		


1.2. 1ª Fase.

- Garantir que o molde está bem fixo á estrutura. Com isto evita-se:
 - Descentramentos na altura do encosto;
 - Possíveis fugas de zamac;



Imagem 2 - Fixação do molde á estrutura.

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23
		Edição : 1
		Data : 23-07-2013
		Página: 5 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		

1.3. 2ª Fase.

- Desapertar parafusos para permitir folga para afinação da estrutura.

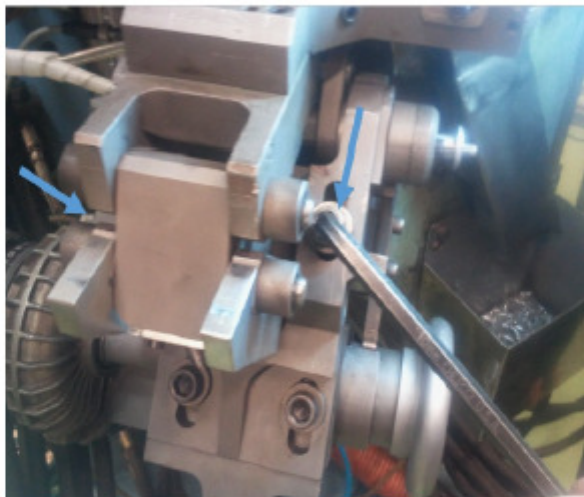


Imagem 3 - Parafusos para a 3ª Fase.

- Desapertar parafusos para permitir folga para afinar a máquina para a 4ª fase.

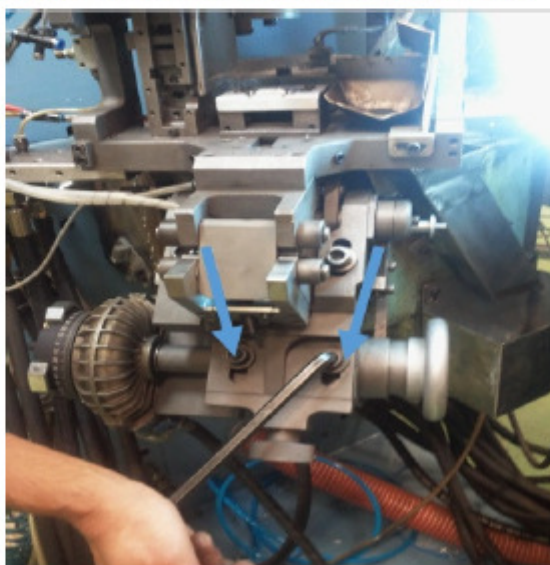



Imagem 4 - Parafusos para a 4ª Fase.

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23
		Edição : 1
		Data : 23-07-2013
		Página: 6 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		

1.4. 3ª Fase.

- Garantir concentricidade do molde com o bico de injeção.
- Com o auxílio dos parafusos que estão visíveis na imagem abaixo será possível regular o posicionamento do molde em relação ao bico.

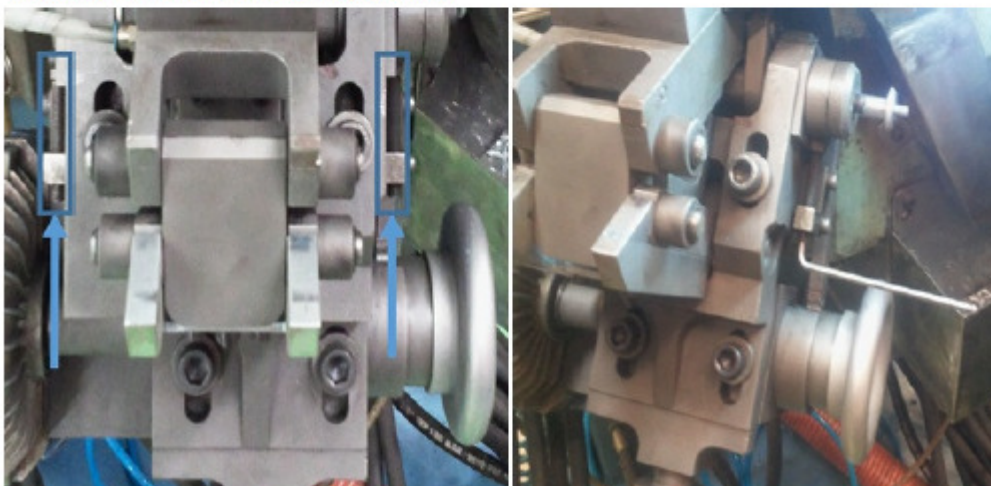



Imagem 5 - Parafusos para afinação de concentricidade do molde com o bico injeção.

- Na imagem abaixo é possível ver uma má afinação.



Imagem 6 - Exemplo de má afinação.

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23
		Edição : 1
		Data : 23-07-2013
		Página: 7 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		

- Com a regulação dos parafusos acima (imagem 5) é possível mover a estrutura para posicionar o molde em relação ao bico de injeção.




Imagem 7 - Afinação do molde em relação ao molde.

- Se tiver pouca luminosidade, utilizar uma lanterna para verificar o posicionamento.
- Correta afinação (imagem 8).



Imagem 8 - Correta afinação.

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23 Edição : 1 Data : 23-07-2013 Página: 8 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		

- Após correta afinação é essencial apertar bem os parafusos para não ocorrer descentramentos.

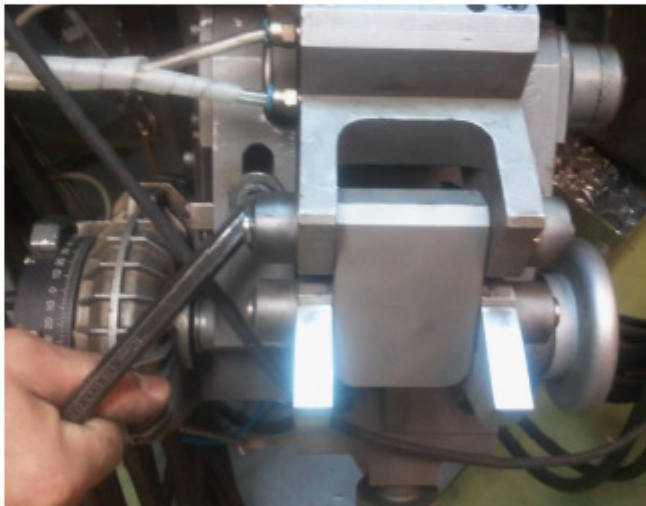



Imagem 9 - Aperto dos parafusos.

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23
		Edição : 1
		Data : 23-07-2013
		Página: 9 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		

1.5. 4ª Fase

- Ajustar a pressão do encosto do molde ao bico de injeção.
- Essencial garantir que os parafusos estão com folga.

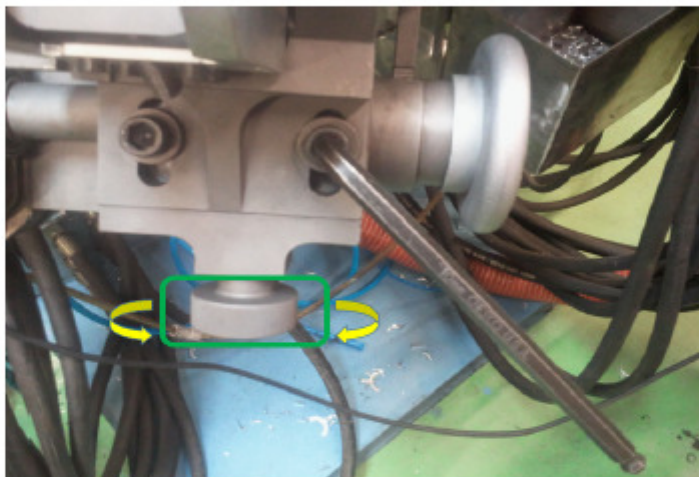


Imagem 10 - Afinação da pressão do encosto do molde ao bico injeção

- Rodar manípulo para efectuar aproximação do molde ao bico de injeção.
- Verificar se o encosto está bem feito.

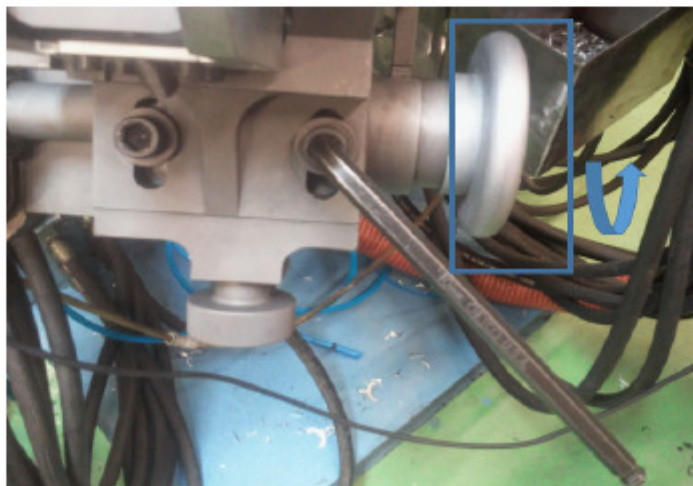



Imagem 11 - Aproximação da estrutura ao bico de injeção.

- Se o encosto não ficar perfeito voltar afastar o encosto do molde ao bico de injeção.

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23
		Edição : 1
		Data : 23-07-2013
		Página: 10 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		

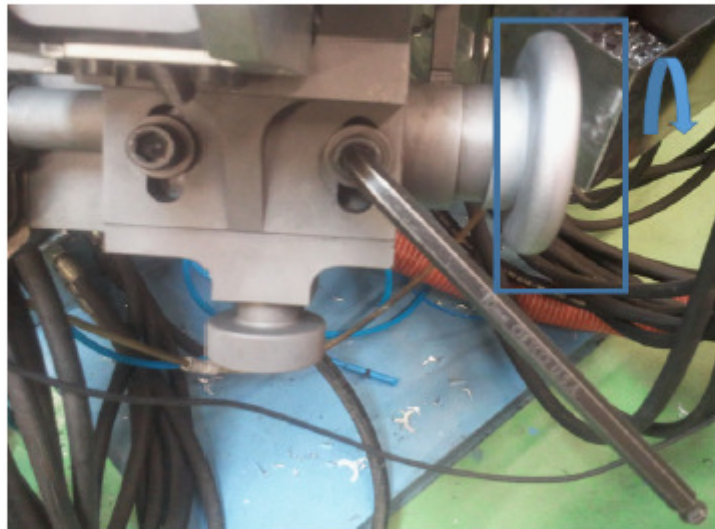


Imagem 12 - Desencosto do molde do bico de injeção.

- Ajustar novamente a pressão.

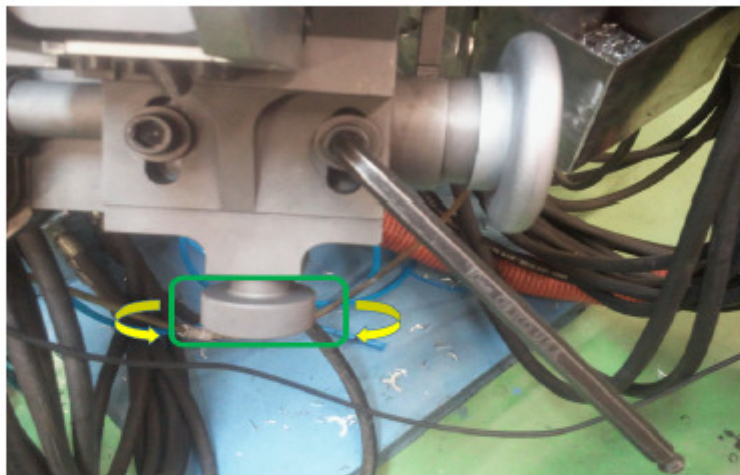



Imagem 13 - Nova regulação da pressão do encosto do molde ao bico de injeção

- Efectuar nova aproximação do molde ao bico de injeção. Nesta fase é fundamental ter alguma sensibilidade uma vez que se quer um bom encosto ao bico de injeção sem que ocorra a degradação do mesmo.

P-QA-XX/XX-01-A

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código : I-OP-CA/MA-23 Edição : 1 Data : 23-07-2013 Página: 11 de 11
Afinação Máquinas Injeção Zamac		

V ANEXOS


Não Aplicável ...

VI FORMATOS RELACIONADOS

Não Aplicável ...

P-QA-XX/XX-01-A

Instrução para montagem das resistências diretas ao bico de injeção:


	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 1 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		

Índice

<i>Registo de Revisões</i>	1
I. INTRODUÇÃO.....	3
II. ÂMBITO	3
III. DOCUMENTOS RELACIONADOS	3
IV. INSTRUÇÃO	3
1. Método.....	3
1.1 Breve abordagem ao esquema final	3
1.2 Preparação da resistência para montagem na capsula de proteção;	4
1.3 Montagem da resistência na cápsula de proteção;	8
1.4 Montagem da resistência no bico de injeção;	10
V. ANEXOS.....	11
VI. FORMATOS RELACIONADOS.....	14


Registo de Revisões

Edição	Data	Descrição da Alteração	Iniciais
1			
2			
3			
4			
5			
6			

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 2 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		

Índice de ilustrações

<i>Imagem 1 - Resistência conjunta final</i>	4
<i>Imagem 2 - Vista inferior resistência</i>	4
<i>Imagem 3 - Ferramenta de dobrar resistências</i>	4
<i>Imagem 4 - Aperto da resistência á ferramenta de dobrar</i>	5
<i>Imagem 5 - Dimensão da resistência e respetivo diâmetro mínimo de enrolamento (Modelo utilizado pela FicoCables marcado com caixa a vermelho)</i>	5
<i>Imagem 6 - Posicionamento da resistência na ferramenta de dobrar</i>	6
<i>Imagem 7 - Posicionamento do alicate de pressão para auxiliar a dobragem da resistência</i>	6
<i>Imagem 8 - Dobragem da resistência</i>	7
<i>Imagem 9 - Ferramenta de aperto da resistência após dobrada</i>	7
<i>Imagem 10 - Aperto da resistência na ferramenta com o auxílio do torno</i>	8
<i>Imagem 11 - Aspeto da resistência após dobragem e aperto</i>	8
<i>Imagem 12 - Posicionamento da resistência na cápsula de proteção</i>	9
<i>Imagem 13 - Dano na resistência durante a montagem</i>	9
<i>Imagem 14 - Posicionamento final da resistência na cápsula de proteção</i>	9

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 3 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		

I. INTRODUÇÃO

Esta instrução tem como objetivo definir os passos necessários para um correto enrolamento e montagem na cápsula de proteção da resistência e aplicação da resistência conjunto no bico de injeção

II. ÂMBITO

Alteração do formato das resistências elétricas e bicos de injeção nas máquinas de zamak.
Aplicável a todas as máquinas de injeção de zamak.

III. DOCUMENTOS RELACIONADOS

- Desenho 2D da cápsula de proteção;
- Desenho 2D do bico de injeção;

IV. INSTRUÇÃO

1. Método

Para efetuar uma correta montagem da resistência elétrica e aplicação no bico de injeção é essencial seguir as seguintes fases:

1. Fase – Preparação da resistência para montagem na capsula de proteção;
2. Fase – Montagem da resistência na cápsula de proteção;
3. Fase – Montagem da resistência no bico de injeção;

1.1 Breve abordagem ao esquema final

Após seguir todos os passos que serão detalhados mais adiante fica aqui a ideia como será o formato final:


	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 4 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		



Imagem 1 - Resistência conjunto final

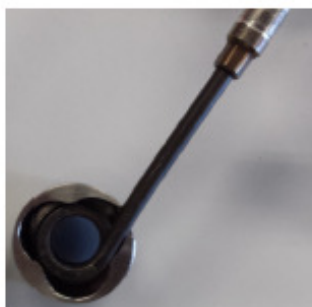


Imagem 2 - Vista inferior resistência

1.2 Preparação da resistência para montagem na capsula de proteção;

Para auxiliar no enrolamento da resistência irá ser usada a ferramenta que está na Imagem 3.



Imagem 3 - Ferramenta de dobrar resistências

Posicionar a ferramenta na bucha do torno (torno desligado e destravado) e apertar a resistência na respetiva ferramenta.


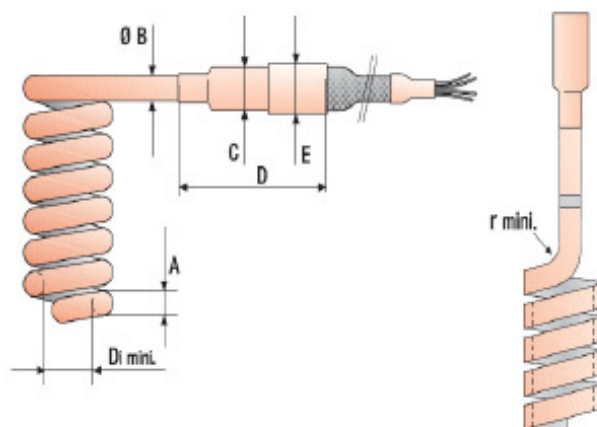
	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I-
		Edição: 1
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		Data: 05-05-2014
		Página: 5 de 14



Imagem 4 - Aperto da resistência á ferramenta de dobrar










TYP TYPE	BAUFORM SECTION	QUERSCHNITT / PROFILE					MAX. LÄNGE MAX LENGTH	INT. THERMOELEMENT INT. THERMOCOUPLE	ANSCHLÜSSKÖPFE CONNECTION HEADS	DI MIN.	RI MIN.
RP 14 x 2,3		1,4 x 2,3	1,8	70	25	10,0	3000 mm		1	6 mm	4 mm
RP 18 x 3,2		1,8 x 3,2	2,75	70	25	10,0	3000 mm		1	6 mm	4 mm
RP 22 x 4,3		2,2 x 4,3	3,5	70	25	10,0	3000 mm	x	1	7 mm	4 mm
RP 25 x 4,0		2,5 x 4,0	3,5	70	25	10,0	3000 mm	x	1	7 mm	4 mm
RP 32 x 3,2		3,2 x 3,2	3,5	70	25	10,0	3000 mm	x	1	7 mm	4 mm
RP 55 x 3,9		5,5 x 3,9	5,0	100	40	12,0	3000 mm	x	1	10 mm	5 mm

Imagem 5 - Dimensão da resistência e respetivo diâmetro mínimo de enrolamento (Modelo utilizado pela FicoCables marcado com caixa a vermelho)

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 6 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		

O aperto da resistência na ferramenta tem que ser o suficiente para que durante o esforço de tração esta não se desprenda e durante o aperto que não danifique a mesma.



Imagem 6 - Posicionamento da resistência na ferramenta de dobrar

Com o auxílio de um alicate de pressão prender na zona que se encontra na imagem abaixo para preparar a fase de enrolamento da resistência.



Imagem 7 - Posicionamento do alicate de pressão para auxiliar a dobragem da resistência

Com uma mão segurar o alicate de pressão na ponta e com a outra rodar a bucha do torno de forma a enrolar a resistência.

Durante este processo inclinar a resistência para fora para evitar que durante o enrolamento a resistência não fique por cima da zona já enrolada.


	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 7 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		



Imagem 8 - Dobragem da resistência

Após ter a resistência enrolada, utilizar a ferramenta que se encontra na Imagem 9 para quebrar a mola da resistência e com isto facilitar a montagem na cápsula de proteção. Com esta ferramenta ainda ajuda a quebrar algumas irregularidades provenientes do enrolamento.

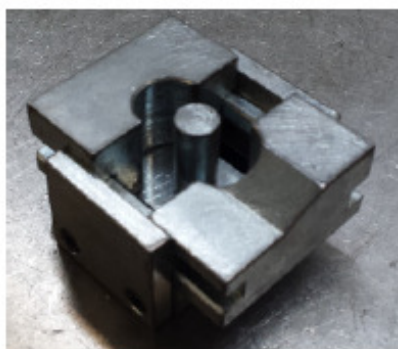


Imagem 9 - Ferramenta de aperto da resistência após dobrada

Colocar a resistência previamente enrolada no pino da ferramenta e apertar no torno.


	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 8 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		



Imagem 10 - Aperto da resistência na ferramenta com o auxílio do torno



Imagem 11 - Aspeto da resistência após dobragem e aperto

1.3 Montagem da resistência na cápsula de proteção;

Nesta fase é necessário primeiro verificar se a cápsula de proteção da resistência desliza sem grande esforço no bico de injeção de forma a garantir que durante a montagem esta desliza sem esforço.

Se não houver um deslizamento folgado, com recurso a um limatão redondo, limar um pouco o furo de forma aliviar o deslizamento do copo no bico de injeção

Se todos os passos forem feitos corretamente esta fase será simples e muitas vezes é possível colocar a resistência á mão.


	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 9 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		



Imagem 12 - Posicionamento da resistência na cápsula de proteção

Se esta não ficar á face do copo utilizar um batente para ajudar mas sem grande força para evitar danos na resistência.



Imagem 13 - Dano na resistência durante a montagem

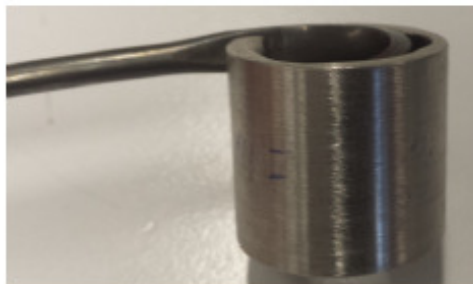




Imagem 14 - Posicionamento final da resistência na cápsula de proteção


	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 10 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		

1.4 Montagem da resistência no bico de injeção;

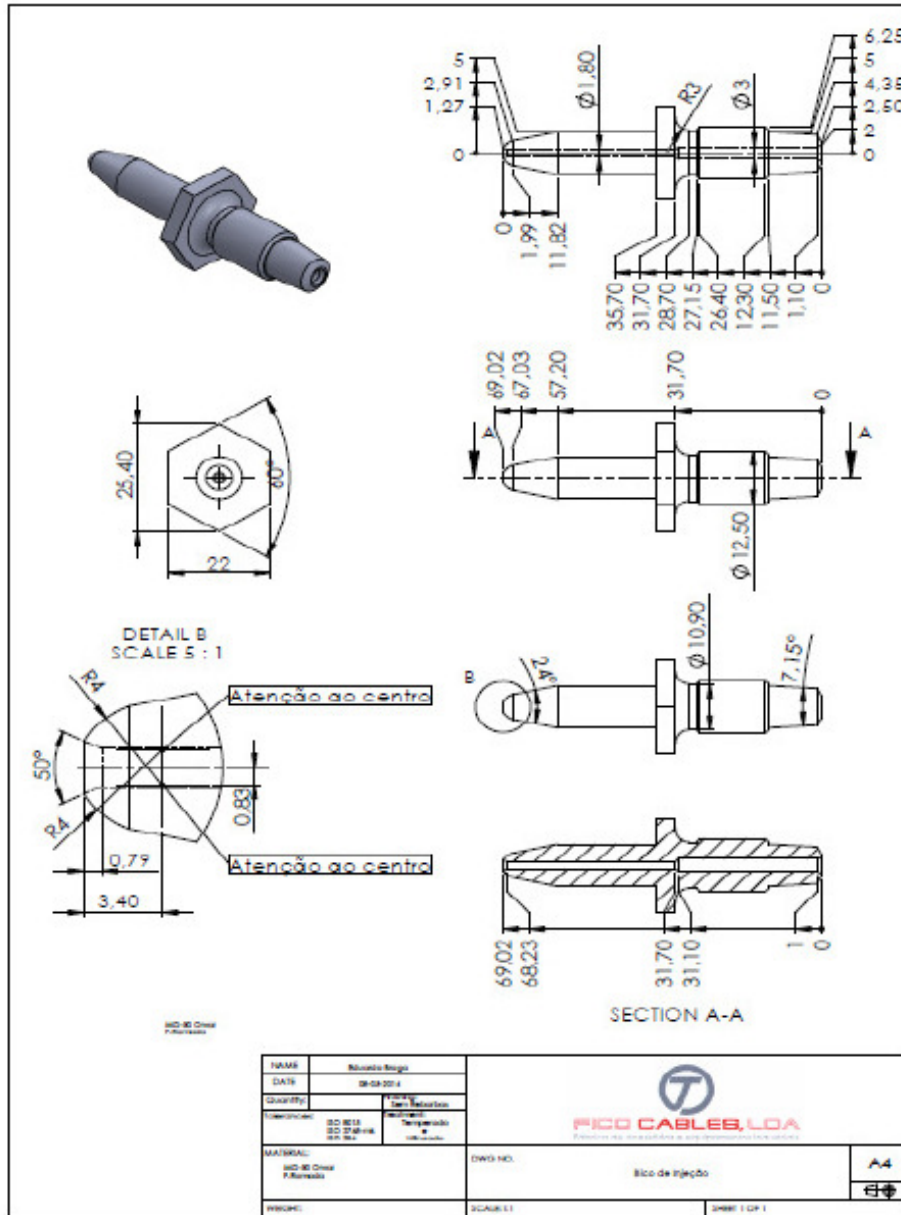
Nesta fase com o bico de injeção já montado na bomba, aquecer a resistência e posteriormente começar a montagem.


 The logo for FICOSA, featuring a stylized 'X' symbol to the left of the word 'FICOSA' in a bold, outlined font.	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 11 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		

V. ANEXOS

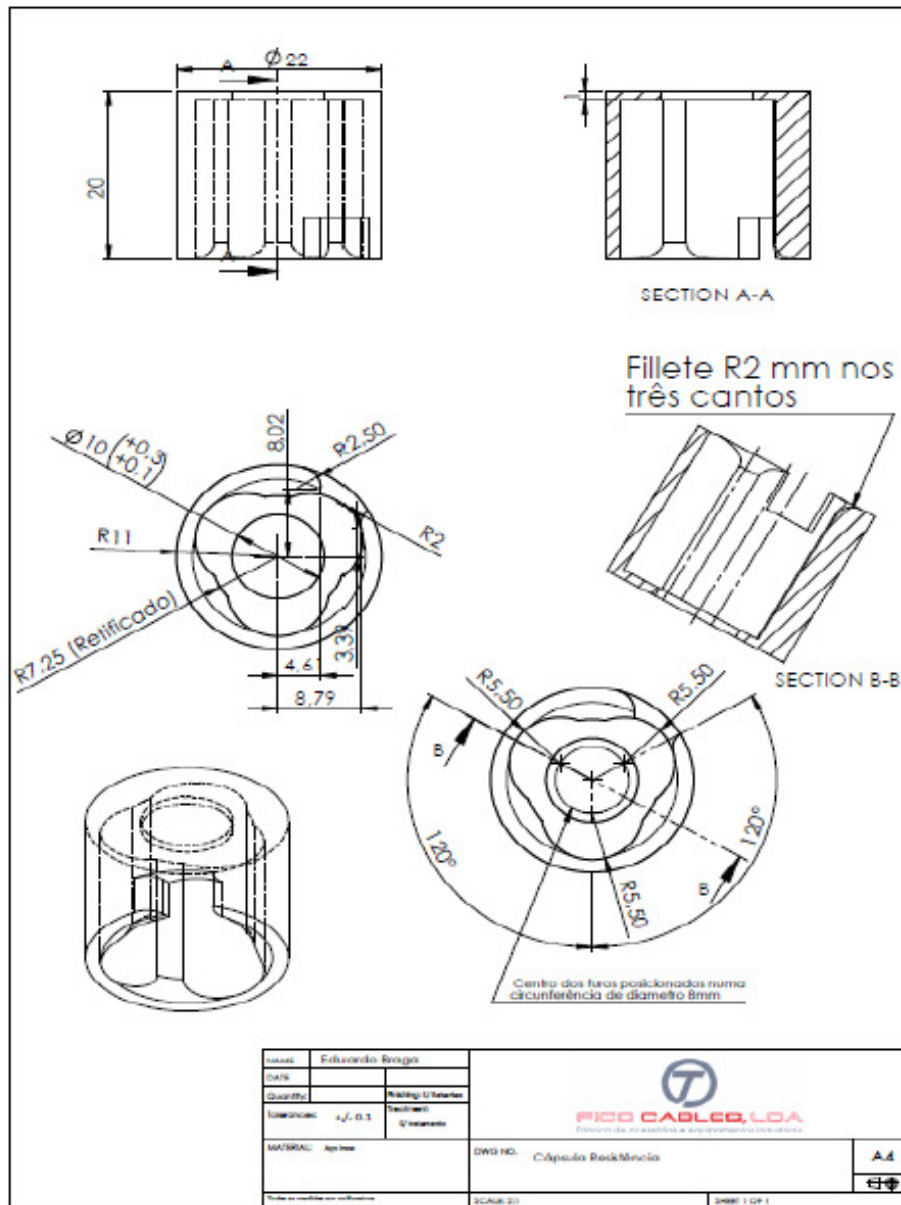
	<h2>INSTRUÇÃO INTERNA</h2>	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 12 de 14
		Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção


Desenho 2D – Bico de injeção:



	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I-
		Edição: 1
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		Data: 05-05-2014
		Página: 13 de 14

Desenho 2D – Cápsula de proteção:




	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I- Edição: 1 Data: 05-05-2014 Página: 14 de 14
Enrolamento e montagem de resistências elétricas e respetiva montagem no bico de injeção		

VI. FORMATOS RELACIONADOS

Não Aplicável ...

Definir o tipo de sonda para cada controlador de temperatura:


	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I-OP Edição: 1 Data: 23-07-2013 Página: Página 1 de 8
Validação da Parametrização dos Controladores de Temperatura		

Índice

<i>Registo de Revisões</i>	1
I. INTRODUÇÃO.....	2
II. ÂMBITO	2
III. DOCUMENTOS RELACIONADOS	2
IV. INSTRUÇÃO.....	2
1. Método.....	2
1.1 Tipos de controladores de temperatura utilizados.....	2
1.2 Tipos de sonda.....	3
1.3 Correspondência entre o controlador da temperatura com o tipo de sonda.	4
1.4 Parâmetros a verificar no controlador da temperatura.....	6
1.5 Exemplo.....	7
V. ANEXOS.....	8
VI. FORMATOS RELACIONADOS.....	8

Registo de Revisões

Edição	Data	Descrição da Alteração	Iniciais
1			
2			
3			
4			
5			
6			

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I-OP Edição: 1 Data: 23-07-2013 Página: Página 2 de 8
Validação da Parametrização dos Controladores de Temperatura		

I. INTRODUÇÃO

Esta instrução tem como objetivo definir os passos para mudança do tipo de resistência. Operação obrigatória sempre que se substitua a resistência.

II. ÂMBITO

Aplicável a todas as máquinas de injeção de zamak com controladores de temperatura da ONROM.

III. DOCUMENTOS RELACIONADOS

Não aplicável...

IV. INSTRUÇÃO

1. Método

Definir o tipo de sonda nos controladores:

1. Fase – Verificar o tipo de controlador que está a ser utilizado na máquina de zamak;
2. Fase – Identificar a sonda que está a ser utilizada na resistência;
3. Fase – Ajustar no controlador o tipo de sonda que está na resistência;
4. Fase – Ajustar os parâmetros da temperatura;

1.1 Tipos de controladores de temperatura utilizados.

Controladores mais usuais no controlo da temperatura de aquecimento dos bicos de injeção:

	<p style="text-align: center;">INSTRUÇÃO INTERNA</p>	<p>Código: I-OP Edição: 1 Data: 23-07-2013 Página: Página 3 de 8</p>
Validação da Parametrização dos Controladores de Temperatura		



Imagem 1 - E5CN R2MTC-500



Imagem 2 - E5CN R2MT-500

1.2 Tipos de sonda.

É fundamental saber identificar o tipo de sonda através das cores (os fios que constituem a sonda são os de menor diâmetro "mais finos"). Os tipos de sondas mais usados na empresa são as do tipo J e tipo K. O código de cores normalmente corresponde á norma internacional (IEC 584-4) ou a norma alemã (DIN 43710).

Posicionar a ferramenta na bucha do torno (torno desligado e destravado) e apertar a resistência na respetiva ferramenta.

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I-OP Edição: 1 Data: 23-07-2013 Página: Página 4 de 8
		Validação da Parametrização dos Controladores de Temperatura

















Tipo	Liga		ANSI		IEC 584-3	DIN 43719	JIS C 1601-1981
	Condutor	Condutor	Classe Especial	Estimado			
Jx	Ferro (Fe Inapreciável)	Constantan (Cu-Ni)					
Kx	Níquel-Cromo (Ni-Cr)	Níquel-Alumínio (Ni-Al) Magnético					
Wx Compensação	Ferro (Fe)	Dupontel	Não estabelecido	Não estabelecido	Não estabelecido		Não estabelecido
Tx	Cobre (Cu)	Constantan Cobre-Níquel (Cu-Ni)					

Imagem 3 - Código de cores para diferentes tipos de sonda

1.3 Correspondência entre o controlador da temperatura com o tipo de sonda.

Quando se procede à configuração do tipo de sonda no controlador é essencial conhecer a numeração correspondente da sonda no controlador.

Uma vez que a numeração da sonda correspondente ao tipo de controlador, muda de referência para referência, fica a respetiva correspondência para cada referência de controladores nas imagens abaixo.

	<h2 style="margin: 0;">INSTRUÇÃO INTERNA</h2>	Código: I-OP Edição: 1 Data: 23-07-2013 Página: Página 5 de 8
Validação da Parametrização dos Controladores de Temperatura		

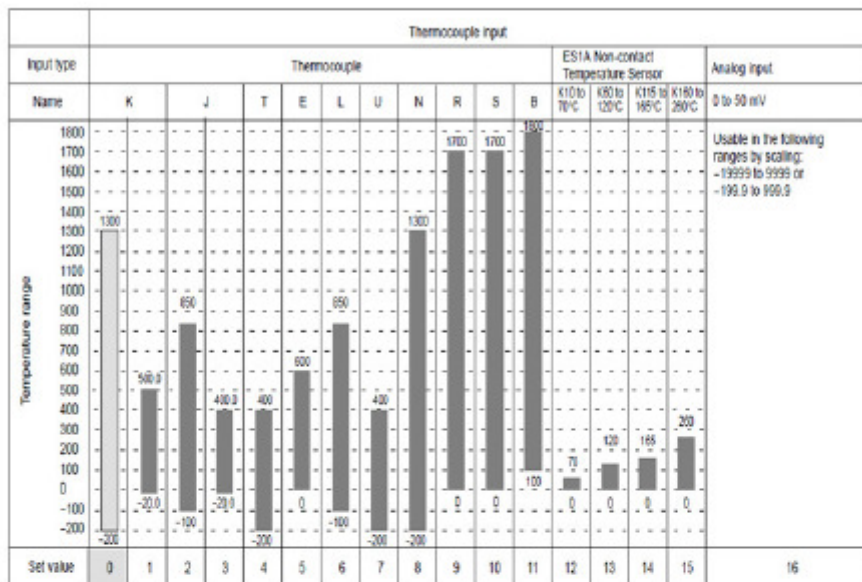


Imagem 4 - ESCN-R2MTC-500

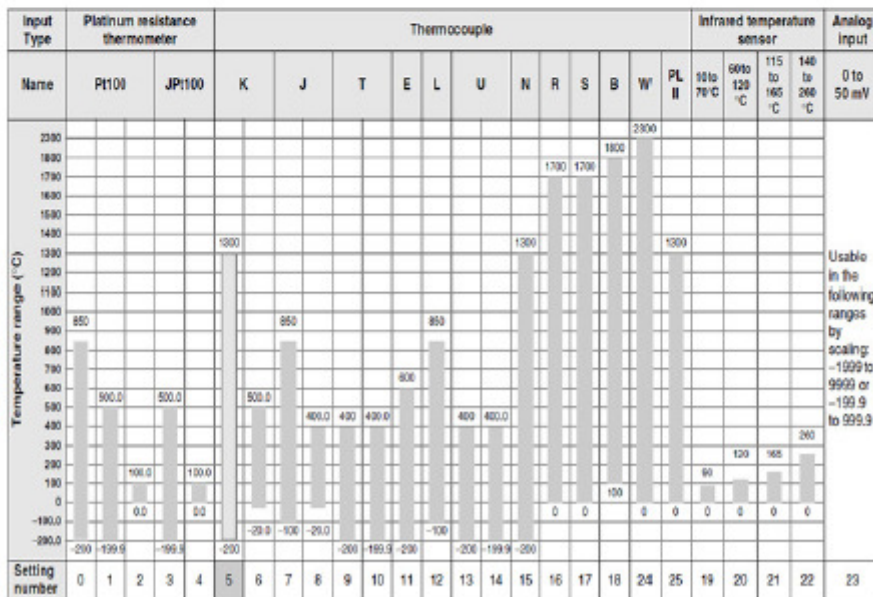


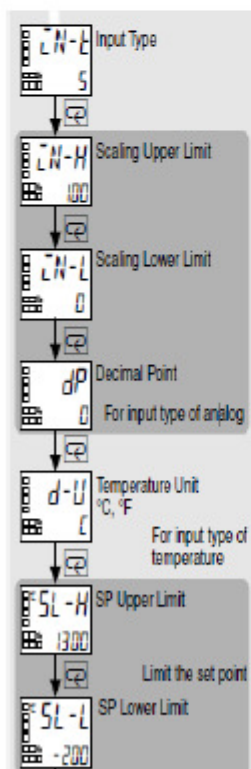
Imagem 5 - ESCN-R2MT-500

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I-OP
		Edição: 1
		Data: 23-07-2013
		Página: Página 6 de 8
Validação da Parametrização dos Controladores de Temperatura		

Model (temperature input)	Set value	Input type	Range	
			°C	°F
TC Input	0	K	-200 to 1,300	-300 to 2,300
	1		-20.0 to 500.0	0.0 to 900.0
	2	J	-100 to 850	-100 to 1500
	3		-20.0 to 400.0	0.0 to 750.0
	4	T	-200 to 400	-300 to 700
	5		-199.9 to 400.0	-199.9 to 700.0
	6	R	0 to 1,700	0 to 3,000
7	S	0 to 1,700	0 to 3,000	

Imagem 6 - ESCB-R1TCD

1.4 Parâmetros a verificar no controlador da temperatura.



Identificado a sonda da resistência, o tipo de controlador, a numeração para a respetiva sonda e a gama de temperaturas podemos começar a configurar o tipo de sonda no controlador.

Parâmetro CN-t - é onde vamos configurar a sonda através do número correspondente.

Verificar se os parâmetros:

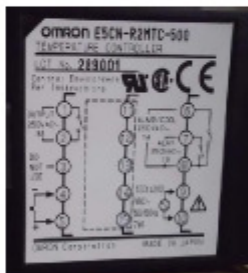
SL-H está com o parâmetro da temperatura de acordo com o máximo correspondente ao tipo de sonda

SL-L está com o parâmetro da temperatura de acordo com o mínimo correspondente ao tipo de sonda

	<p style="text-align: center;">INSTRUÇÃO INTERNA</p>	<p>Código: I-OP Edição: 1 Data: 23-07-2013 Página: Página 7 de 8</p>
		<p style="text-align: center;">Validação da Parametrização dos Controladores de Temperatura</p>

1.5 Exemplo

Tipo de controlador – E5CN-R2MTC-500



Sonda – Cores dos fios – Vermelho e azul – logo corresponde de a J segundo a norma DIN43710

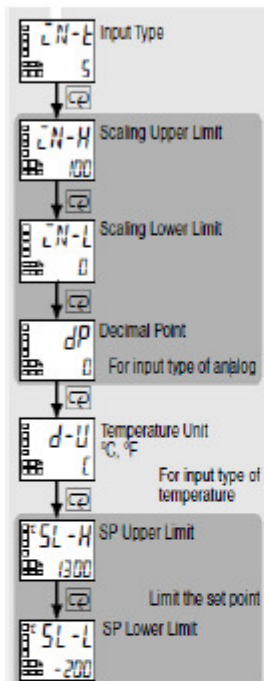
Tipo	Liga		ANSI		IEC 984-3	DIN 43710	JIS C 1619-19E1
	Condutiva	Condutor	Classe Especial	Extensão			
Jx	Ferro (Fe) (magnético)	Constantan (Cu-Ni)					

Pesquisar na tabela a numeração para a sonda correspondente ao controlador. Neste caso como o aparelho é o E5CN-R2MTC-500 de acordo com a tabela para a sonda J a numeração é o 2.

Temperature range	Thermocouple input															
	Thermocouple											E514 Non-contact Temperature Sensor			Analog input	
	Name	K	J	T	E	L	U	N	R	S	B	K10 to 30°C	K10 to 130°C	K10 to 160°C	K10 to 200°C	0 to 50 mV
1800																Unable in the following ranges by scaling -1500.0 to 500.0 or -100.0 to 500.0
1700																
1600																
1500																
1400																
1300																
1200																
1100																
1000																
900																
800																
700																
600																
500																
400																
300																
200																
100																
0																
-100																
-200																
Set value	3	1	2	5	4	5	6	7	8	5	10	11	12	13	14	15

	INSTRUÇÃO INTERNA	Código: I-OP Edição: 1 Data: 23-07-2013 Página: Página 8 de 8
Validação da Parametrização dos Controladores de Temperatura		

No menu do controlador definir os parâmetros:



Neste caso o parâmetro CN-t seria o 2 porque é o que diz respeito à sonda J para o controlador E5CN-R2MTC-500

E os parâmetros de:

SL-H – 850 °C

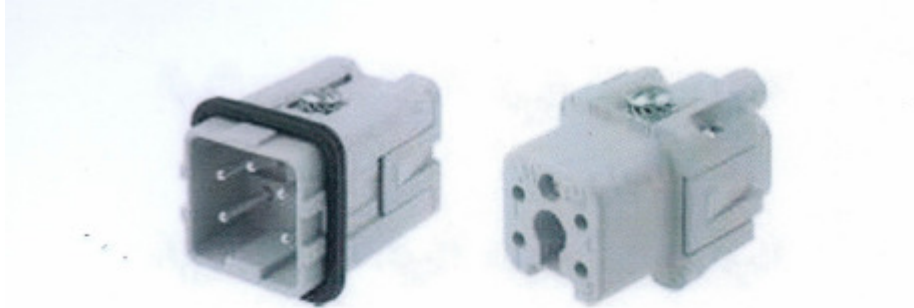
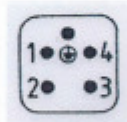
SL-L – -100 °C

V. ANEXOS

Não Aplicável ...

VI. FORMATOS RELACIONADOS

Não Aplicável ...

Instrução para montagem de fios elétricos nas fichas de encaixe rápido:**Macho**

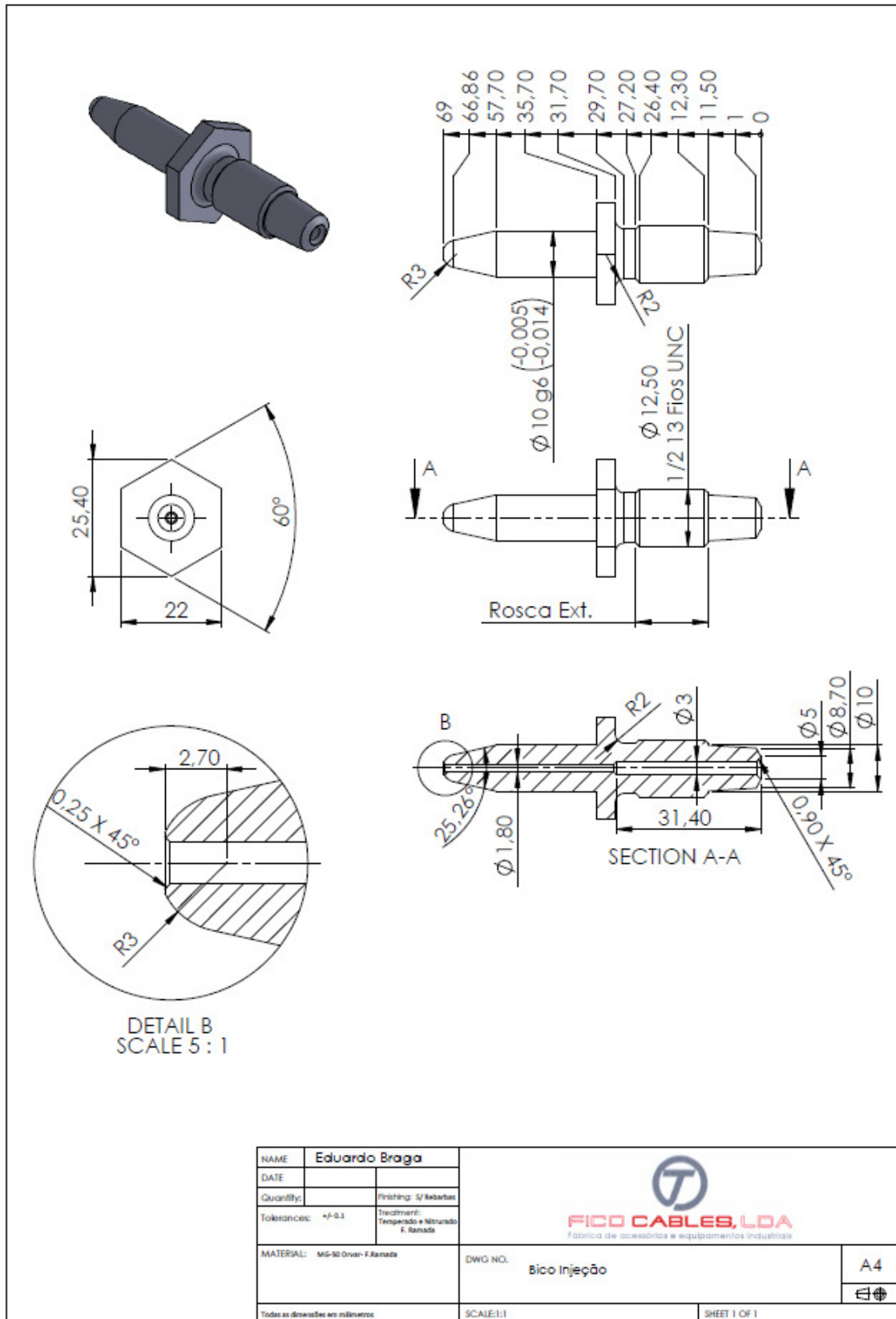
PINO	LIGAÇÕES
1	SONDA + (VERMELHO)
2	SONDA - (AZUL)
3	ALIMENTAÇÃO RESISTÊNCIA *
4	ALIMENTAÇÃO RESISTÊNCIA *
PE	TERRA

* LIGAÇÃO INDIFERENTE (LARANJA / CINZENTO)

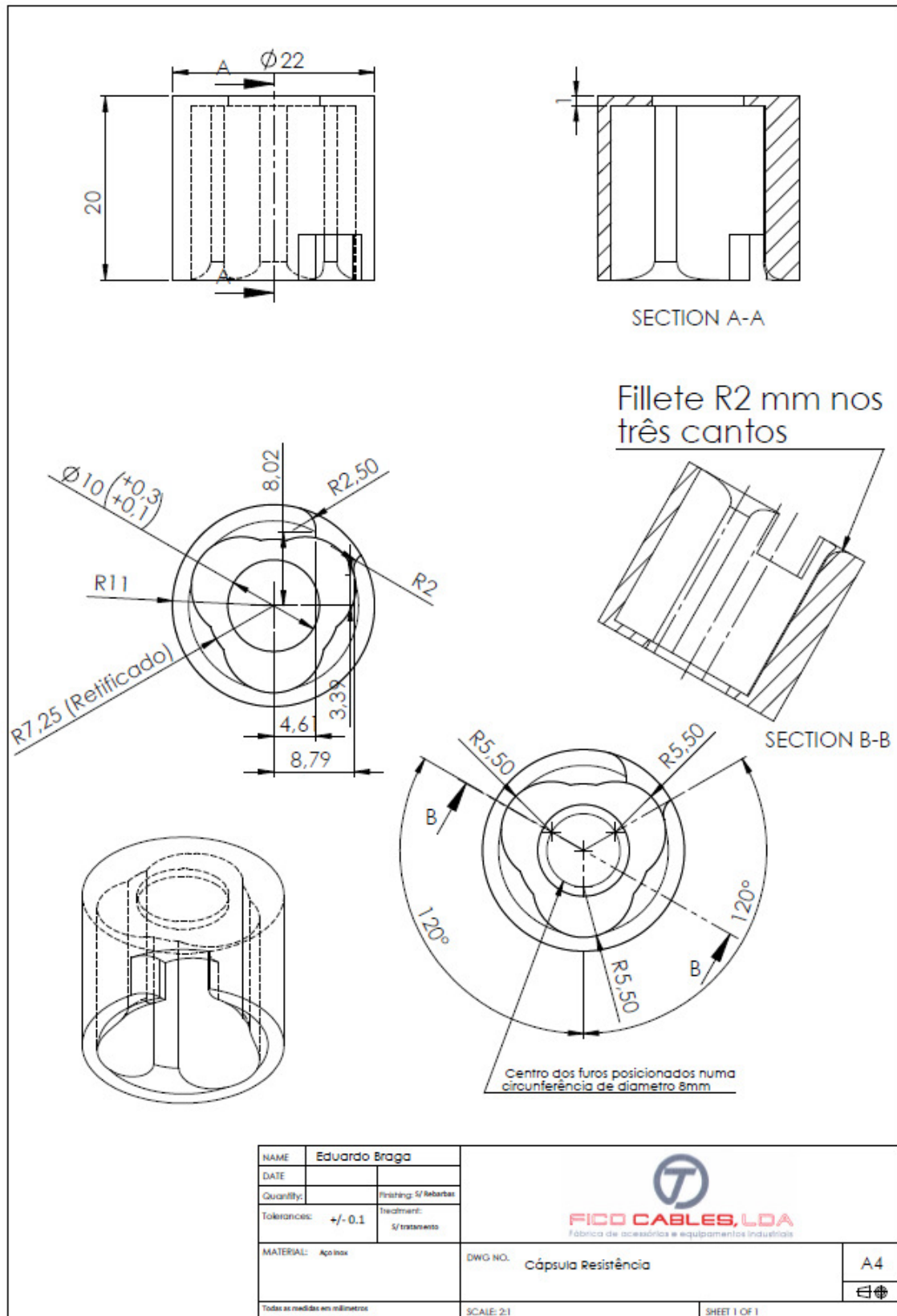
ANEXO II

Desenhos 2D de Componentes

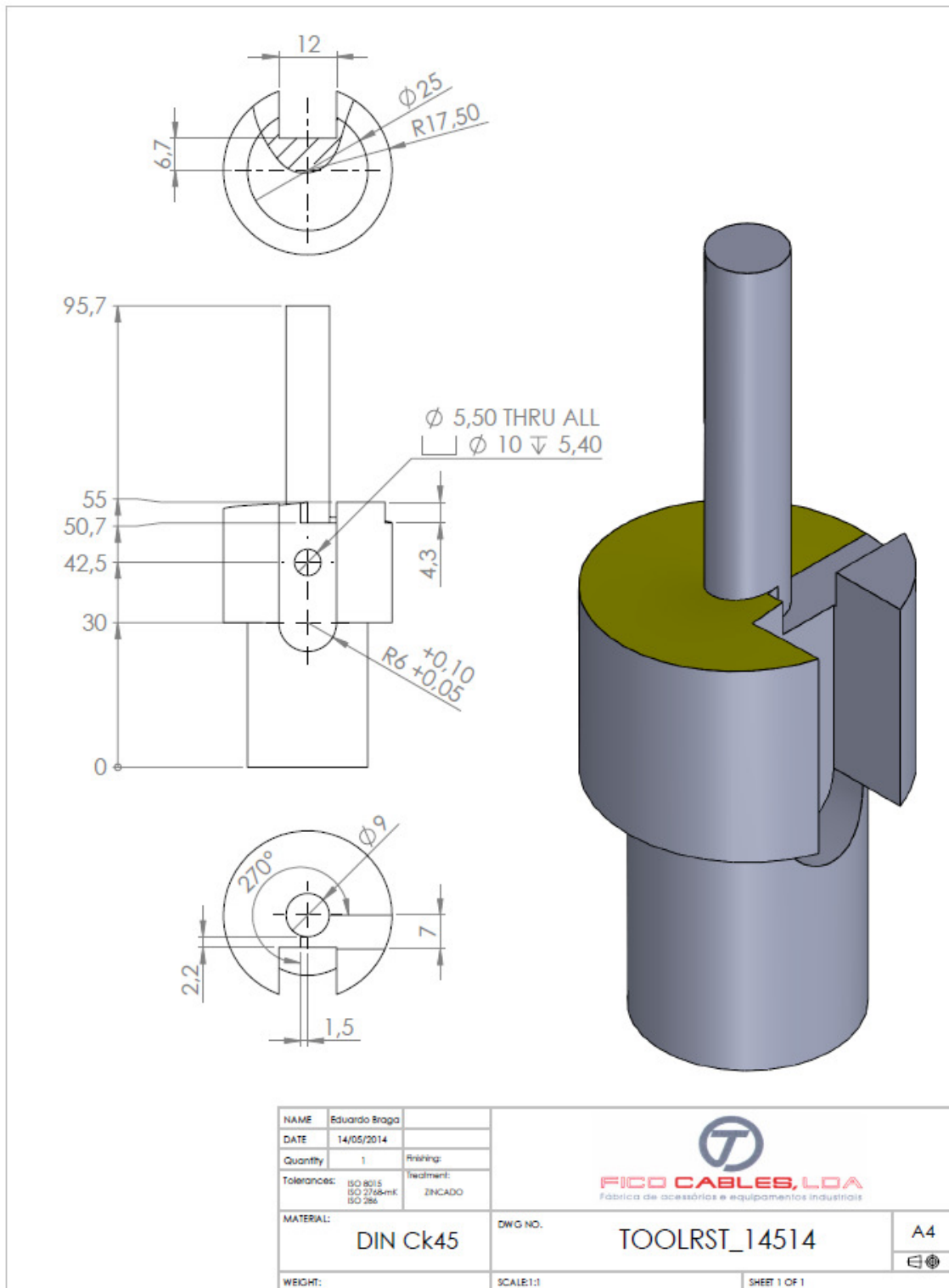
Bico de Injeção:

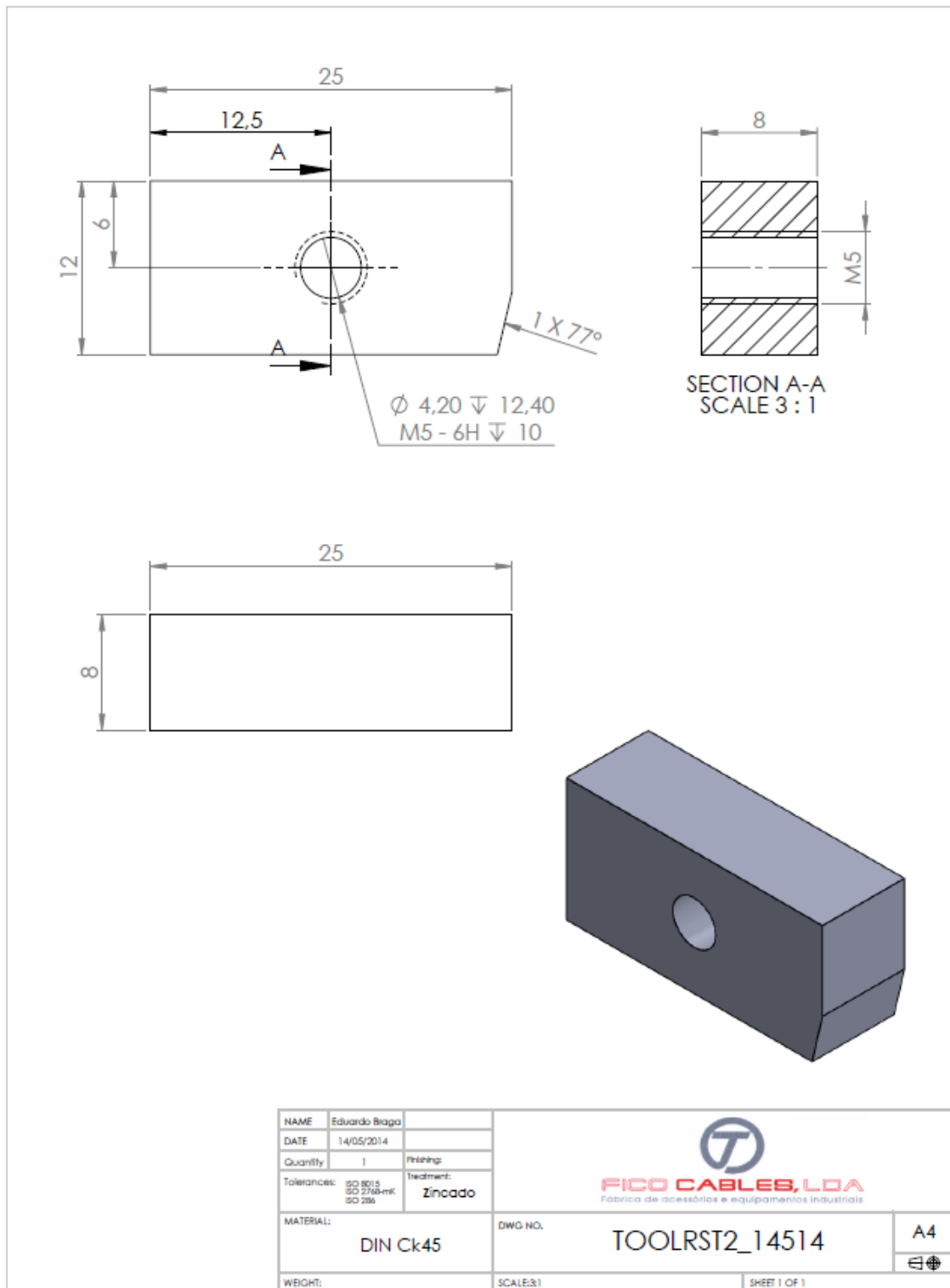


Cápsula de proteção





Ferramenta para enrolar resistência elétrica:

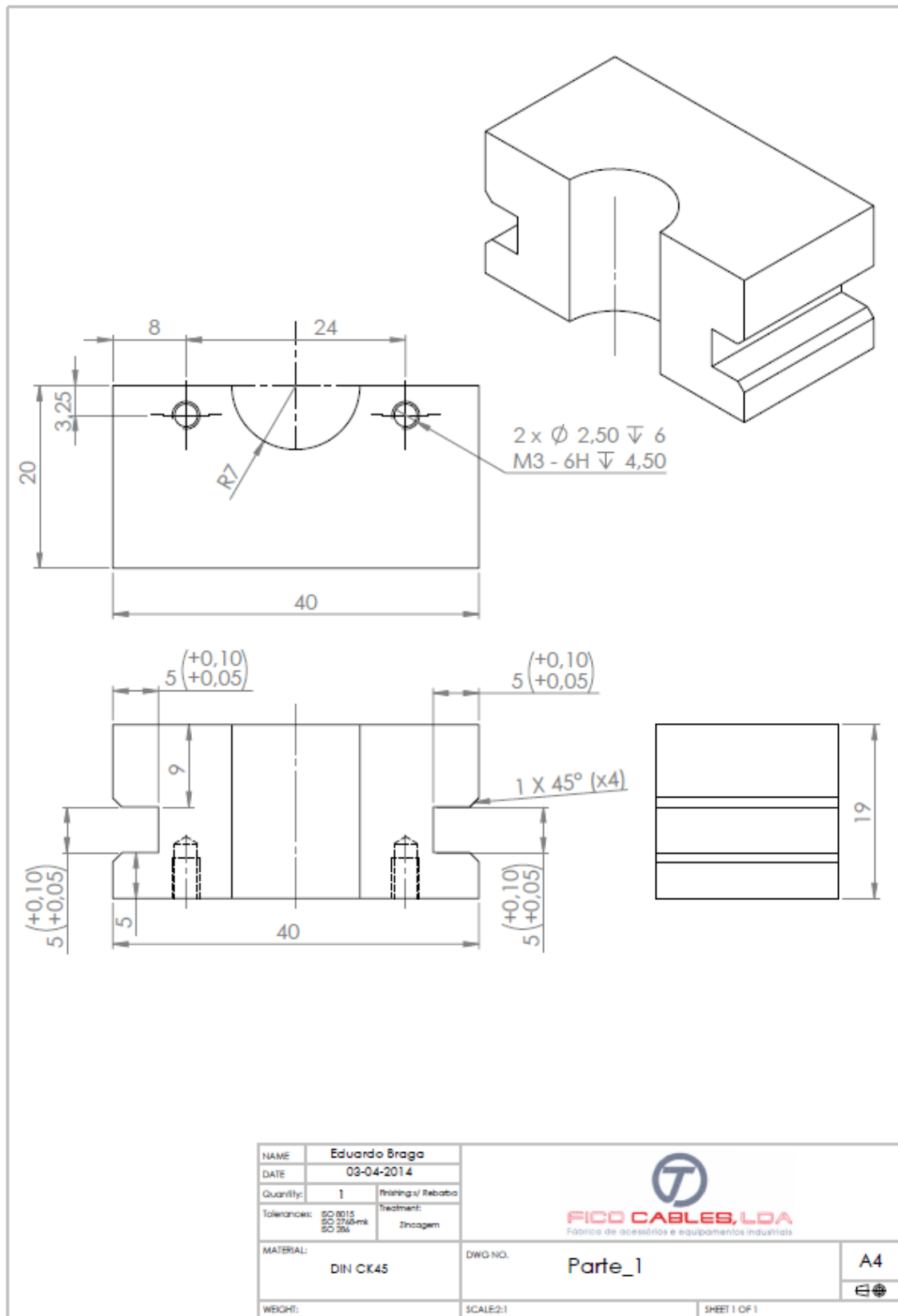


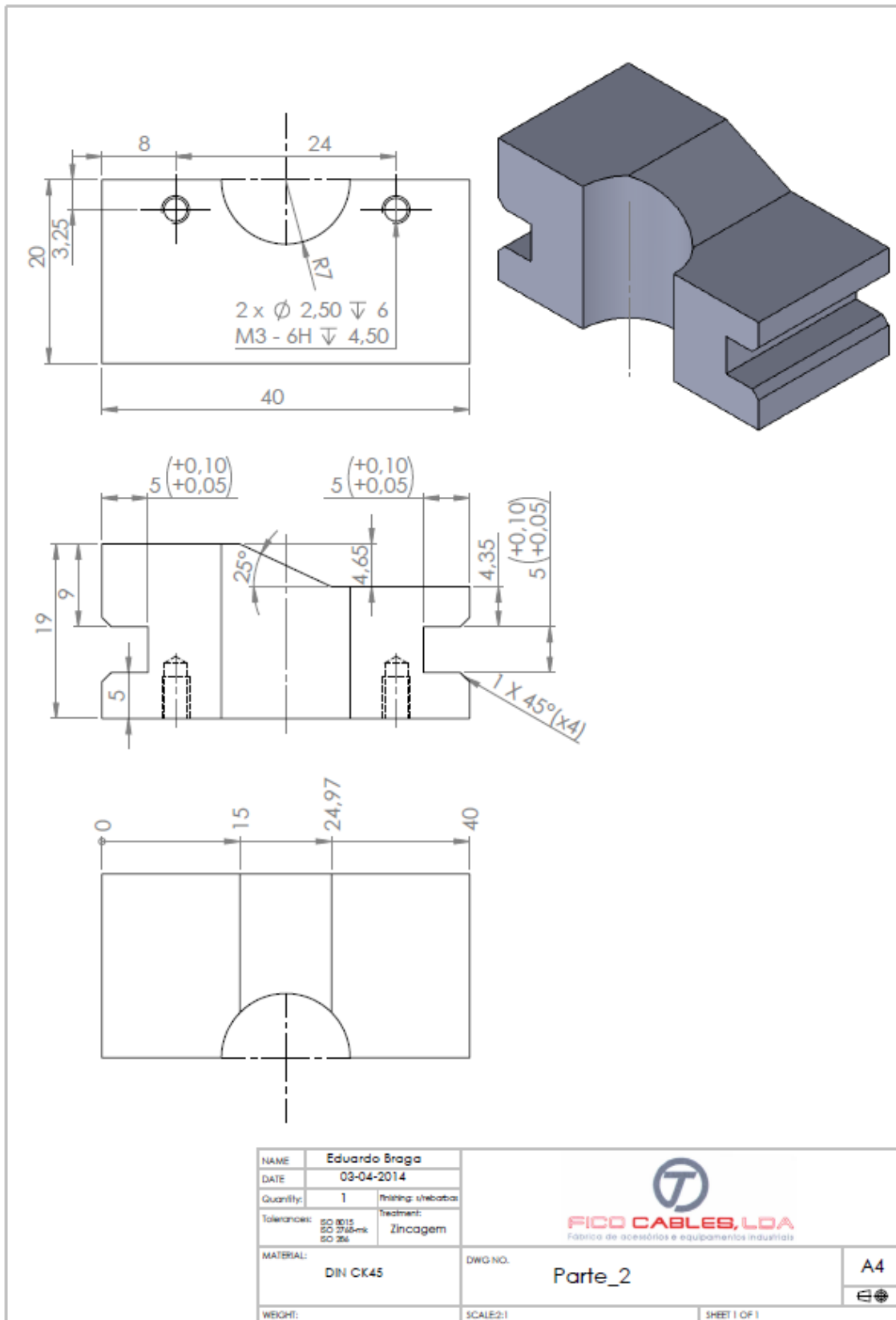


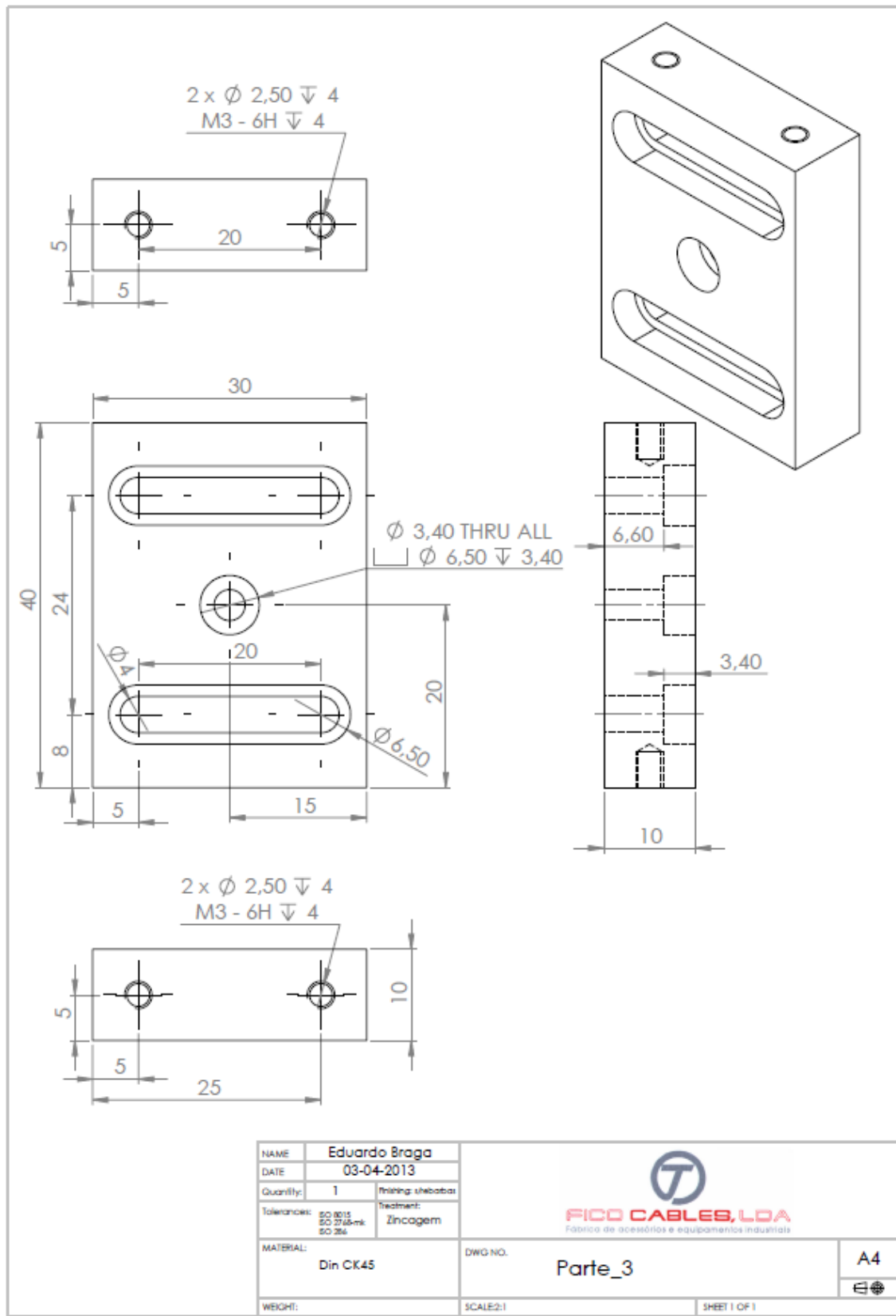
Ferramenta para comprimir a resistência elétrica:

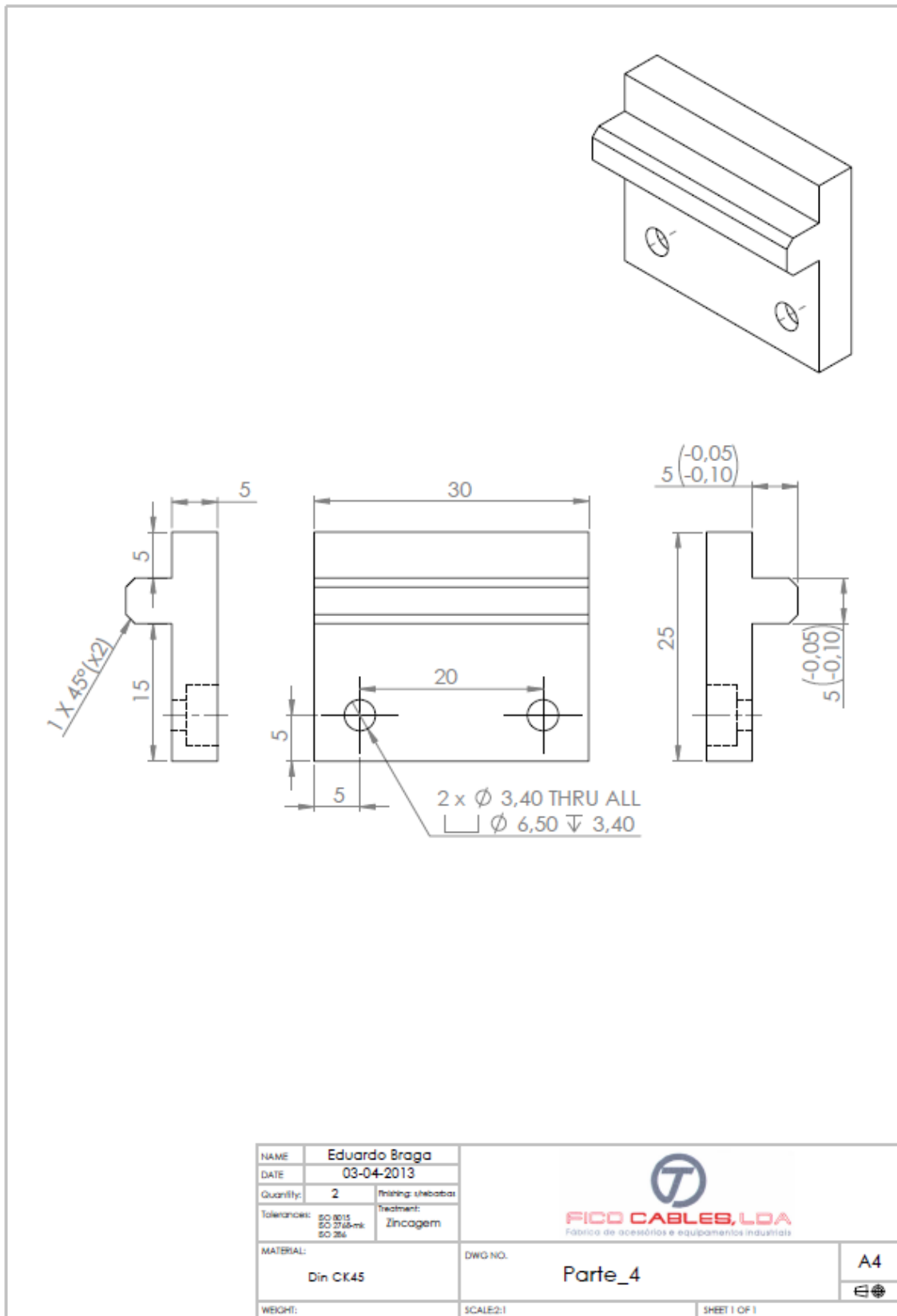
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Parte_1	1
2	Parte_2	1
4	Parte_3	1
5	Parte_5	1
6	ISO 4762 M3 x 5 --- 5N	3
7	ISO 4762 M3 x 6 --- 6N	1
8	ISO 4762 M3 x 12 --- 12N	5
9	Parte_4	2

NAME	Eduardo Braga		 FICO CABLES, LDA Fábrica de acessórios e equipamentos industriais
DATE	12/05/2014		
Quantity:		Finishing:	
Tolerances:	ISO 8015	Treatment:	
MATERIAL:		DWG NO.	A4
WEIGHT:		SCALE: 1:1	
		SHEET 1 OF 1	









ANEXO III

Material

Aço MG-50 Orvar:

**FICHA TÉCNICA DO AÇO**

Marca: MG 50 Orvar Supreme

Cor: Vermelho-Branco-Vermelho

Designação: Aço Ligado para Trabalho a Quente

Cópia Não Controlada

1 ⇒ QUALIDADE E NORMAS EQUIVALENTES

Num. Do Material	EURONORM	AISI	DIN	AFNOR
1.2344	X40CrMoV5-1-1	H13	X40CrMoV5-1	Z40CrMoV5-1

2 ⇒ ESTADO DE FORNECIMENTO:

Recozido e obtido por "ESR"

Dureza: ≤ 255 HB

3 ⇒ COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Elemento Químico (%)	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	P	W
Máximo	0,43	1,20	0,50	5,50	1,50	1,10	0,030	0,030
Mínimo	0,37	0,90	0,30	4,80	1,20	0,90		-

4 ⇒ CERTIFICADOS AÇOS (segundo a norma EN 10204:2004)

2.1- Certificado de conformidade	<input type="radio"/>
2.2- Relatório de ensaio	<input type="radio"/>
3.1- Certificado de inspeção (+)	<input type="radio"/>

(+)- Em casos especiais quando previamente acordado

5 ⇒ CERTIFICADOS DE TRATAMENTO TÉRMICO


Relatório de ensaio	<input type="radio"/>
Relatório de ensaio específico	<input type="radio"/>
Certificado de inspeção (+)	<input type="radio"/>

(+)- Em casos especiais quando previamente acordado

ANEXO IV

Outros

Análise realizada ao material:



BOLETIM DE ENSAIO / Testing Bulletin
 CINFU - Centro de Formação Profissional da Indústria de Fundição
 R. Delfim Ferreira, 800 - 4100-199 Porto

Telef. 351 (22) 6175760/80
 Fax. 351 (22) 6103160

LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS
(Chemical Analysis Laboratory)

ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X
(X-Rays Fluorescence Spectrometry)


EQUIP. DE ENSAIO / Testing Apparatus: Espectrómetro XRF Bruker S8 Tiger PROCEDIMENTO INTERNO: PRANAXRF

MATERIAL / Material: 4 bicos de injeção e 2 peças zamak


REQUISITANTE / Client:	Fico Cables - Fab. de Acessórios e Equip. Industriais, Lda	Nº DE CONTRIBUINTE / Vat Number: 500423261
ENDEREÇO /Address:	Rua do Cavaco, nº115, 4470-263 Maia	
DATA DE ENTR./ Entrance date:	23-05-2013	VOSSA REF.ª / Your Order Number: e-mail 13-05-2013 (Eng.ª Carla Martins)

NOSSA REF.ª / Our Reference: **000291FRX** DATA DE ENSAIO / Testing Date: **24-05-2013**


Elementos analisados (% de massa)	Ref.ª do item					
	bico inj. 1	bico inj. 2	bico inj. 3	bico inj. 4	PR Metal	Ficocables
Cr	5,23	5,29	5,28	5,22	—	—
Mo	1,50	1,52	1,51	1,49	—	—
V	1,02	1,03	1,01	1,0	—	—
Si	0,97	0,97	0,99	0,98	—	—
Mn	0,33	0,35	0,33	0,42	—	—
Cu	0,11	0,11	0,1	0,07	—	—
Ni	0,09	0,1	0,09	0,09	—	—
S	0,01	0,001	0,002	0,001	—	—
C	0,40	0,41	0,4	0,44	—	—
Fe	Restante					
Ni	—	—	—	—	0,004	0,005
Al	—	—	—	—	4,17	4,20
Cu	—	—	—	—	0,94	0,82
Zn	—	—	—	—	Restante	




Bico inj. 1




Bico inj. 2



Bico inj. 3

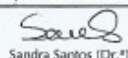



Zamak Ficocables



Zamak PR Metal

OBSERVAÇÕES / Remarks

<p style="text-align: center; font-size: small;">TÉCNICOS RESPONSÁVEIS Responsible Technicians</p> <div style="text-align: center;">  Sandra Santos (Dr.ª) </div>	<p style="text-align: center; font-size: small;">Responsável pelos Serviços Técnicos e Tecnológicos Technical and Technological Services Responsible</p> <div style="text-align: center;">  Fernando Barbosa (Eng.) </div>	<p style="text-align: center; font-size: small;">DATA Date</p> <p style="text-align: center;">2013/05/27</p>
---	--	--

Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra, salvo autorização expressa do CINFU.
 Os resultados de ensaio apresentados referem-se exclusivamente aos itens ensaiados.

Mat.003 LAB
C:\relatórios_boletim de ensaio final\000291FRX Ficosa

O período de reclamação dos itens ensaiados é de trinta dias, findo o qual o CINFU não se responsabiliza pelo destino dos mesmos.

pág.1 de 1

Esta folha deverá ter o símbolo CINFU na cor vermelha. Caso contrário trata-se de uma cópia não autorizada.

Resultado de ensaio laboratorial:



Relatório de ensaio laboratorial

DATA: 20 de Setembro de 2013

Referência: FicoCables Boletim 221

IDENTIFICAÇÃO DO REQUISITANTE E AMOSTRA ENVIADA:

FicoCables – Fábrica de acessórios e Equipamentos Industriais, LDA Rua Cavaco 115, Maia 4470-263 Porto	IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTO: Nº de peças analisadas:5 1717 – Zona 1 1718 – Zona 2 1719 – Zona 3 1720 – Zona 4 1721 – Zona 5
---	--

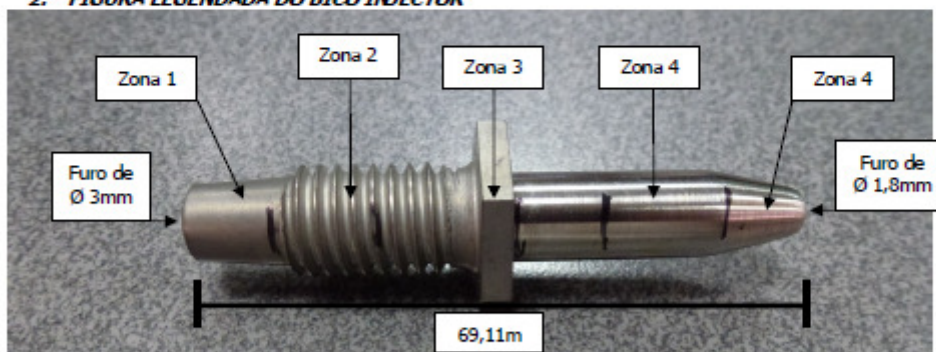
INFORMAÇÕES RELATIVAS ÀS CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO

EQUIPAMENTO: 1. MÁQUINA DE ENSAIOS DE DUREZA VICKERS MARCA: SHIMADZU – ASSISTIDO POR COMPUTADOR	NORMAS E/OU MÉTODOS DE ENSAIO APLICADOS: 1. ME067
---	--

1. DETERMINAÇÃO DE CAMADAS VICKERS

Zona	Distância do furo à extremidade (mm) HV0,2						Camada (mm)
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	
1	663	630	573	567	565	559	0,055
2	653	650	580	561	563	563	0,047
3	643	592	565	561	556	554	0,062
4	661	616	589	571	563	560	0,051
5	701	585	568	568	568	567	0,066

2. FIGURA LEGENDADA DO BICO INJECTOR



ELABORADO POR:	Rui Almeida
APROVADO POR:	Paulo Duarte

OVAR-PORTUGAL

Apartado 10
3884-909 OVARTel 351 256 580 400 Fax 351 256 580 430 E-MAIL: paulo.duarte@ramada.pt
Registo na Conservatória de Ovar Nº 151 - Sociedade Aberta - Contribuinte Nº 500 103 844 - Capital 15.000.000 Euros

D2003

Sensor M30 Festo:

Proximity sensors SIEN-...-PA, inductive



Technical data – S standard switching distance, polyamide housing

Dimensions Download CAD data → www.festo.com

M30

- 1 Connecting cable
- 2 Active surface
- 3 LED

Fitting instructions

Flush fitting

- 2 Active surface
- 5 Metal-free zone

Non-flush fitting

- 2 Active surface
- 5 Metal-free zone

Size	B1	B2	H
M12	18	24	6
M18	27	36	15
M30	45	60	30

Size	B1	B2	H1	H2
M12	18	36	8	12
M18	27	54	16	24
M30	45	90	30	45

Ordering data

Size	S _n ¹⁾ [mm]	Mounting type	Switching output	Switching element function	Electrical connection	
					Cable	Part No. Type
 M12	2.0	Flush	PNP	N/O contact	53 8323	SIEN-M12B-PS-K-L-PA
			NPN			53 8324
	4.0	Non-flush	PNP		53 8329	SIEN-M12NB-PS-K-L-PA
			NPN		53 8330	SIEN-M12NB-NS-K-L-PA
 M18	5.0	Flush	PNP	N/O contact	53 8325	SIEN-M18B-PS-K-L-PA
			NPN			53 8326
	8.0	Non-flush	PNP		53 8331	SIEN-M18NB-PS-K-L-PA
			NPN		53 8332	SIEN-M18NB-NS-K-L-PA
 M30	10.0	Flush	PNP	N/O contact	53 8327	SIEN-M30B-PS-K-L-PA
			NPN			53 8328
	15.0	Non-flush	PNP		53 8333	SIEN-M30NB-PS-K-L-PA
			NPN		53 8334	SIEN-M30NB-NS-K-L-PA

1) S_n Rated operating distance [mm]

Orçamento resistência resitec (2.2x4.2x265 mm):



PROPOSTA Nº
PROPOSAL No. 20132469

Data / Date : 2013-12-06

Cliente nº / Customer no. : 2263

V/Nº Contribuinte / Vat Number no. : 500423261

V/ Telefone nº / Telephone no. : 22 943 29 00 / ARMAZ.22 943 29

V/ Fax nº / Fax no. : 22 948 69 92

Vendedor: BRUNO

Para / To : FICO CABLES, LDA. (20588)

ATT.: Sr. EDUARDO BRAGA

RUA CAVACO 115

VERMOIM

4470-263 VERMOIM - MAIA

V/REF.: VISITA VEND.

Exmos. Senhores, / Dear Sirs,

Conforme solicitado, apresentamos a nossa Proposta com os nossos preços e prazos de entrega, para o possível fornecimento do seguinte material:

As requested, we presented our Proposal with our prices and delivery terms, for the possible supply of the following material:

Ref.	Designação/Description	Quant.	Preço/Price	Desc.	Total
	RESIST. 2,2/4,2x265mm 230V-150W C/ TC K	30,000	65,120		1.953,60

NOTA : PREÇO VÁLIDO PARA 30 UNIDADES

Nota: Agradecemos que mencionem sempre o número da proposta na vossa encomenda
Note: We would be grateful if you could mentioned the number of our Proposal on your order

Total € 1.953,60

Preços sujeitos ao Regime Geral do IVA

Prazo de Entrega / Delivery term: CERCA DE 3 A 4 SEMANAS APOS CONFIRMAÇÃO

Modo de Expedição / Shipment:

Condições de Pagamento / Payment conditions: 30 Dias da data da factura

Validade da Proposta: 30 DIAS

VISITE-NOS EM www.resitec.pt

Elaborado por / Elaborate by:

BRUNO

Software PHC - Processado por programa certificado nº 0006/AT-Documento de uso Interno

Pag. 1

RESITEC - Componentes Industriais, Lda.

Zona Industrial dos Pousos - 2410 205 Leiria * PORTUGAL

Tel.º 244 800070 * Fax 244 800079 * E-mail: resitec@resitec.pt * Web: www.resitec.pt

Nº Contribuinte Nº / Our Vat number no. : 501 847 154

Socied. por Quotas - Capital Social 30 904,00 € - Matriculada na C.R.C. de Leiria sob o nº 2233



Mod 2403.0

Orçamento resistência resitec (2.2x4.2x130 mm):



PROPOSTA Nº
PROPOSAL No. 20140110

Para / To : **FICO CABLES, LDA. (20588)**

ATT.: **Sr. ENGº MÁRIO / Sr. EDUARDO**

RUA CAVACO 115

VERMOIM

4470-263 VERMOIM - MAIA

Data / Date : 16.01.2014

Cliente nº / Customer no. : 2263

V/Nº Contribuinte / Vat Number no. : 500423261

V/ Telefone nº / Telephone no. : 22 943 29 00 / ARMAZ.22 943 29

V/ Fax nº / Fax no. : 22 948 69 92

Vendedor: BRUNO

V/REF.: VISITA VEND.

Exmos. Senhores, / Dear Sirs,

Conforme solicitado, apresentamos a nossa Proposta com os nossos preços e prazos de entrega, para o possível fornecimento do seguinte material:

As requested, we presented our Proposal with our prices and delivery terms, for the possible supply of the following material:

Ref.	Designação/Description	Quant.	Unid.	Preço/Price	Desc.	Total
	RESIST. 2,2/4,2x130mm 230V-150W C/TC K C/ ISOLAMENTO MANGA	25,000		53,280		1.332,00
	RESIST. 2,2/4,2x130mm 230V-150W C/TC K C/ ISOLAMENTO MANGA	50,000		49,590		2.479,50
	RESIST. 2,2/4,2x130mm 230V-150W C/TC K C/ ISOLAMENTO MANGA	100,000		46,350		4.635,00

NOTA: PREÇO VÁLIDO PARA AS SEGUINTE QUANTIDADES.

Nota: Agradecemos que mencionem sempre o número da proposta na vossa encomenda
Note: We would be grateful if you could mentioned the number of our Proposal on your order

Total € 8.446,50

Preços sujeitos ao Regime Geral do IVA

Prazo de Entrega / Delivery term: CERCA DE 4 A 5 SEMANAS APOS CONFIRMAÇÃO

Modo de Expedição / Shipment:

Condições de Pagamento / Payment conditions: 30 Dias da data da factura

Validade da Proposta: 30 DIAS

VISITE-NOS EM www.resitec.pt

Elaborado por / Elaborate by:
BRUNO

Software PHC - Processado por programa certificado nº 0006/AT-Documento de uso Interno

RESITEC - Componentes Industriais, Lda.

Zona Industrial dos Pousos - 2410 205 Leiria * PORTUGAL

Tel. 244 800070 * Fax 244 800079 * E-mail: resitec@resitec.pt * Web: www.resitec.pt

Nº Contribuinte Nº / Our Vat number no. : 501 847 154

Socied. por Quotas - Capital Social 99 904,00 € - Matriculada na C.R.C. de Leiria sob o nº 2238



Pag. 1

Mod 2403.0

Orçamento resistência Turk+Hillinger (2.2x4.2x130 mm):


TURK HILLINGER
ELEKTROWÄRME

Turk+Hillinger GmbH • Postfach 242 • 78503 Tuttlingen

Pr-Metal Ld

Herr Udo Weil

Rua Prof. Antonio Marques, N.º330

4425-364 Maia (Portugal)

E-Mail: udo.weil@qipvaest.com

Tel. 07461-70 14 237

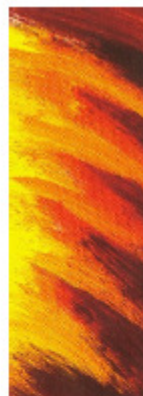
Fax 07461-70 14 97237

Unser Zeichen: N.Pastore

npastore@turk-hillinger.de

Seiten: 1

Tuttlingen, 29. Januar 2014

**Bei Auftragserteilung bitte unbedingt Angebotsnummer angeben!**

ANGEBOT	Nr. THAN005402	Gültig bis: 30.04.2014
Anfrage per Mail am 27.01.2014		

Vielen Dank für Ihre Anfrage.

Zu unseren Ihnen bekannten Geschäftsbedingungen bieten wir an:

www.tuerk-hillinger.de

Pos.	Bezeichnung	Stück	Einzelpreis/ €
01	Hochleistungs-Rohrpatrone, Typ RP T 2.2x4.3 mit integriertem Thermoelement Typ K T+H Artikel Nr. 124489		
	Querschnitt: 2,2 x 4,3mm ± 0,1mm		
	Länge gesamt: 170mm ± 2%	25-49	54,12
	Beheizte Länge: 120mm ± 2%	50-99	49,61
	Spannung: 230V	100-249	45,10
	Leistung: 150W ± 10%		
	Ausführung:		
	- Standardanschluss mit teflonisolierten Anschlusslitzen Typ LETEF, 1000mm lang		
	- Integriertes Thermoelement TE, Typ K (NiCr-Ni), isoliert, Messpunkt am Patronenende, mit teflonisolierter Ausgleichsleitung Typ LEAUS, 1000mm lang		
	- Gestreckte Ausführung		
	- Sonderanfertigung		
	- Wir bereits geliefert		
Please send the order to Ms. Stender			
Phone: +49(0)7461-7014-177 Fax: -155 stender@turk-hillinger.de			

Liefertermin: zurzeit ca. 4-5 Wochen nach Zahlungseingang
Preisstellung: rein netto + MTZ ab Werk, ausschließlich Verpackung + MwSt.
Zahlung: Vorkasse

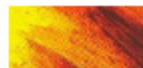
Mit freundlichen Grüßen
 Türk+Hillinger GmbH

i.A. Nunzio Pastore

info@turk-hillinger.de
www.tuerk-hillinger.de
 Geschäftsführer:
 Dipl. Kfm. Michael Mann

Gerichtsstand Stuttgart
 Registerintrag HRB 450291
 USt.-Id Nr. DE 811300816
 Steuer-Nr. 21100/35225

Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70) 732 86 700
 Volksbank Tuttlingen eG (BLZ 643 901 30) 10 42 009
 Kreissparkasse Tuttlingen (BLZ 643 500 70) 23 45
 Deutsche Bank Tuttlingen (BLZ 653 700 75) 2102 440



Revestimento HardTill nos moldes:

TEandM

Página 1 de 1



HardTIL



revestimentos finos

PVD - PHYSICAL VAPOR DEPOSITION

Processo de revestimento fino (espessura de 2-5µm) de deposição em vácuo onde um material é transformado em vapor, transportado e por fim depositado na superfície de um substrato.

VANTAGENS

Aumento de vida útil das peças
(ferramentas de corte, moldes, curtos e cortantes, etc.)
Diminuição de paragens de máquinas
Diminuição de custos de manutenção
Curtos de produtividade
Melhor acabamento do produto
Diminuição/eliminação da lubrificação

TiAlN

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Revestimento de alta performance
Alta resistência ao desgaste
Alta dureza
Alta resistência à oxidação a altas temperaturas
Coeficiente de dilatação elevado
Alta resistência à corrosão
Alta tenacidade

APLICAÇÕES TÍPICAS:

Ferramentas de corte para maquinaria a alta velocidade (HSM - "high speed machining")
Ferramentas de corte para maquinaria de alta performance (HPM - "high performance machining")
Ferramentas de corte para maquinaria de ligas de alumínio
Curtos e cortantes para conformação/corte de aço inox
Acabos de injeção de ligas de alumínio
Acabos de injeção de plásticos

<http://www.teandm.pt/hardtil.htm>

11-08-2015

Revestimento DLC nos extratores:

DIAPLUS

Dureza (Hv _{0,05})	Temp. Máx. de serviço (°C)	Coefficiente de atrito*	Espessura (µm)
3300	550	0,2-0,3	2-5

* A seco com contra-corpo de aço inox

Pertencente à classe de materiais DLC ("Diamond Like Carbon"), este nanocompósito multicamada comporta-se como um lubrificante sólido de alta dureza, capaz de suportar temperaturas até aos 550°C.

Estas características peculiares permitem que o DiaPlus® apresente alta performance onde os outros revestimentos falham. É o caso do mandrilamento profundo, onde a facilidade de escoamento da apara permitem um comportamento inigualável por parte deste revestimento. São também disso exemplo a conformação metálica profunda ou a prevenção da gripagem entre os elementos móveis de moldes de injeção de plástico.

+35%

Caso de estudo
Furação de aço 42CrMo4, com os seguintes parâmetros de corte:

- Vc = 100 m/min
- fz = 0,25 mm

O revestimento DiaPlus® apresentou um desempenho 35% superior face a um revestimento de TiAlN aplicado por uma empresa líder no mercado da maquinaria.

TiAlN

DiaPlus®

154 001 - EN 1901
07 001
0006-02 VERITAS
Certificação

mais CENTRO
Programa Operacional Regional do Centro

QREN
QUADRO DE REFERÊNCIA ESTRATÉGICO NACIONAL
2014-2020

UNião Europeia
Iniciativa Europeia
de Desenvolvimento Regional

Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A.

www.teandm.pt · tem@teandm.pt · tel. +351 2 39 980 430

Movimentos de compra de bicos de injeção e resistências:

FICO CABLES, LDA

Movimentos de Compras

07/02/14

Período : 01/01/13 a 07/02/14

Data	Artigo	Deslg. do Material / Serviço	Qt. Forn.	UC	Fornecedor	Encom.	Total €
03/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	3467	
03/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	3255	
07/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	3467	
08/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	3467	
08/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	3567	
09/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	3617	168,00
10/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	3617	168,00
17/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	3649	336,00
17/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	3617	168,00
21/01/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	3792	336,00
11/02/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	4080	168,00
11/02/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	4080	336,00
25/02/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	4321	168,00
25/02/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	4321	504,00
06/03/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	4443	336,00
07/03/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	4443	168,00
08/03/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	4552	168,00
08/03/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	4552	336,00
15/03/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	4643	168,00
15/03/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	4643	336,00
20/03/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	4690	504,00
25/03/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	4730	336,00
25/03/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	4730	168,00
03/04/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	4857	336,00
04/04/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	4857	168,00
06/04/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	4927	168,00
08/04/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	4927	504,00
08/04/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	4927	504,00
17/04/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	5108	336,00
19/04/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	5108	504,00
26/04/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	5187	336,00
30/04/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	5232	336,00
02/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5232	168,00
02/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	5232	336,00
06/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5279	168,00
06/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	5,00	UN	PR Metal	5279	840,00
14/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	5402	336,00
17/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5456	168,00
17/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	5462	504,00
21/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5498	168,00
21/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5456	168,00
22/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	5529	336,00
23/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	5545	336,00
23/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5509	168,00
27/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5571	168,00
27/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5561	168,00
27/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5561	168,00
28/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	5606	504,00
30/05/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	5660	504,00
04/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5726	168,00
04/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	5726	336,00
06/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3,00	UN	PR Metal	5726	504,00
11/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5561	168,00
11/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1,00	UN	PR Metal	5773	168,00
12/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2,00	UN	PR Metal	5773	336,00

Data	Artigo	Desig. do Material / Serviço	Qt. Forn.	UC	Fornecedor	Encom.	Total €
12/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	5773	336.00
14/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	5773	168.00
14/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	5850	336.00
17/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	5850	504.00
19/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	5904	168.00
21/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	5904	504.00
26/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	5990	168.00
27/06/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	5990	504.00
01/07/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	6033	168.00
01/07/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	6033	336.00
04/07/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	5.00	UN	PR Metal	6068	840.00
04/07/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	5.00	UN	PR Metal	6068	840.00
12/07/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	5.00	UN	PR Metal	6195	840.00
19/07/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	6269	504.00
23/07/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	6269	168.00
24/07/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	6306	672.00
25/07/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	6.00	UN	PR Metal	6340	1,008.00
02/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	6.00	UN	PR Metal	6415	1,008.00
10/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	6.00	UN	PR Metal	6484	1,008.00
14/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	6518	336.00
19/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	6541	672.00
22/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	6553	672.00
23/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	6553	336.00
26/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	6591	504.00
28/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	6541	168.00
28/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	6654	504.00
29/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	6654	168.00
29/08/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	6666	336.00
06/09/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	6774	672.00
12/09/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	6.00	UN	PR Metal	6842	1,008.00
20/09/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	6945	504.00
27/09/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	6996	672.00
30/09/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	7045	336.00
02/10/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	7045	336.00
11/10/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	7219	504.00
15/10/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	7248	168.00
16/10/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	7248	336.00
18/10/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	7300	168.00
18/10/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	7300	168.00
18/10/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	7315	504.00
21/10/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	7332	672.00
04/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	7334	168.00
05/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	7334	168.00
09/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	7574	672.00
12/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	7610	336.00
15/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	7655	504.00
21/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	7732	504.00
22/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	7752	672.00
26/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	7777	336.00
27/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	7826	504.00
30/11/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	7864	336.00
06/12/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	7873	504.00
12/12/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	7974	336.00
12/12/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	7968	336.00
16/12/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	7982	336.00
17/12/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	8005	168.00
18/12/13	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	8005	168.00
08/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	8036	
10/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	8134	
13/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	8134	
14/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	8188	

Data	Artigo	Desig. do Material / Serviço	Qt. Forn.	UC	Fornecedor	Encom.	Total €
16/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	3.00	UN	PR Metal	8264	
21/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	8320	
25/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	8395	336.00
27/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	8401	
29/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	8464	336.00
31/01/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	2.00	UN	PR Metal	8505	
01/02/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	1.00	UN	PR Metal	8525	
03/02/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	8538	
03/02/14	4513000099	RESIST.BICO ZAMAK 230V-150W TC	4.00	UN	PR Metal	8562	
28/01/13	7200000003	CARTUCHO DE MASSA MAXIGRAS 400G	24.00	un	PR Metal	3862	214.80
03/01/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	6.00	UN	PR Metal	3552	75.00
09/01/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	24.00	UN	PR Metal	3552	300.00
17/01/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	3747	125.00
21/01/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	20.00	UN	PR Metal	3747	250.00
29/01/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	20.00	UN	PR Metal	3867	250.00
06/02/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	4023	375.00
14/02/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	20.00	UN	PR Metal	4176	250.00
19/02/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	4262	375.00
23/02/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	7.00	UN	PR Metal	4307	87.50
25/02/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	27.00	UN	PR Metal	4307	337.50
07/03/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	40.00	UN	PR Metal	4525	500.00
22/03/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	4731	125.00
03/04/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	9.00	UN	PR Metal	4862	112.50
05/04/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	21.00	UN	PR Metal	4862	262.50
10/04/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	5009	125.00
11/04/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	20.00	UN	PR Metal	5009	250.00
17/04/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	20.00	UN	PR Metal	5092	250.00
18/04/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	17.00	UN	PR Metal	5131	212.50
23/04/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	13.00	UN	PR Metal	5131	162.50
23/04/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	5092	125.00
24/04/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	5178	375.00
02/05/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	13.00	UN	PR Metal	5245	162.50
03/05/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	87.00	UN	PR Metal	5245	1,087.50
31/05/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	20.00	UN	PR Metal	5662	250.00
07/06/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	5747	375.00
19/06/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	5883	375.00
26/06/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	5981	375.00
10/07/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	6152	375.00
19/07/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	6267	375.00
24/07/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	6307	375.00
16/08/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	6516	133.00
24/08/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	6580	133.00
28/08/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	6625	133.00
04/09/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	50.00	UN	PR Metal	6726	665.00
02/10/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	30.00	UN	PR Metal	7048	399.00
04/11/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	7489	133.00
12/11/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	7608	133.00
26/11/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	7777	133.00
26/11/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	7693	133.00
11/12/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	8.00	UN	PR Metal	7967	106.40
17/12/13	9100000011	Bico Injecção de Zamak	6.00	UN	PR Metal	8004	79.80
13/01/14	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	8052	
16/01/14	9100000011	Bico Injecção de Zamak	10.00	UN	PR Metal	8255	133.00
30/01/14	9100000011	Bico Injecção de Zamak	4.00	UN	PR Metal	8473	53.20
05/02/14	9100000011	Bico Injecção de Zamak	5.00	UN	PR Metal	8566	66.50
09/01/13	9100000038	BATENTE FLOR PMDSUP0118	2.00	UN	PR Metal	3628	65.00
08/02/13	9100000038	BATENTE FLOR PMDSUP0118	2.00	UN	PR Metal	3953	65.00
22/03/13	9100000038	BATENTE FLOR PMDSUP0118	1.00	UN	PR Metal	4701	32.50
26/03/13	9100000038	BATENTE FLOR PMDSUP0118	2.00	UN	PR Metal	4777	65.00
19/04/13	9100000038	BATENTE FLOR PMDSUP0118	1.00	UN	PR Metal	4896	32.50
06/05/13	9100000038	BATENTE FLOR PMDSUP0118	3.00	UN	PR Metal	4896	97.50